

De l'enseignement en présentiel à l'enseignement hybride, d'une approche par "cours" à une approche "holistique", du modèle unique à la différenciation : Une étude située du déploiement progressif d'une écologie d'apprentissage dans un cours de physique en première année universitaire

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences

soutenue le 18 décembre 2024

par

Pierre-Xavier Marique

Promotrice

Prof. dr. M. Hoebeke

Jury

Prof. dr. H. Caps

Prof. dr. L. Dreesen

Prof. dr. B. Leyh

Prof. dr. M. Radid

Prof. dr. D. Verpoorten

Prof. dr. N. Younès



Résumé – Dans un contexte universitaire marqué par la massification des populations étudiantes et l’hétérogénéité des profils, cette thèse explore le potentiel de la notion d’écologie d’apprentissage. Centrée sur l’étudiant, cette approche propose des ressources variées et des initiatives pédagogiques, développées progressivement dans un cours de physique en première année de médecine et dentisterie, permettant aux étudiants de mobiliser librement les outils adaptés à leurs besoins. Parmi ces dispositifs, une attention particulière est accordée au diagnostic et à la déconstruction des conceptions alternatives, qui perturbent l’apprentissage des concepts physiques. Ces initiatives, combinant outils numériques, tests formatifs, feedbacks personnalisés, ou encore modifications de pratiques pédagogiques, visent à renforcer des compétences transversales telles que l’autonomie et l’engagement, clés de leur réussite. Ce travail se positionne à la croisée des innovations pédagogiques et des enjeux théoriques, démontrant la valeur ajoutée d’un apprentissage différencié et adapté aux besoins individuels dans le cadre d’un cours de physique universitaire.

Summary – In a university context marked by the massification of student populations and the heterogeneity of profiles, this thesis explores the potential of the concept of learning ecology. Centered on the student, this approach offers various resources and pedagogical initiatives, progressively developed within a physics course in the first year of medical and dental studies, enabling students to freely mobilize tools suited to their needs. Particular attention is given to diagnosing and addressing alternative conceptions that disrupt the learning of physical concepts. These initiatives, combining digital tools, formative assessments, personalized feedback, and adjustments in teaching practices, aim to strengthen transversal skills such as autonomy and engagement, which are key to student success. This work positions itself at the crossroads of pedagogical innovation and theoretical challenges, demonstrating the added value of differentiated learning tailored to individual needs within the context of a university physics course.



Remerciements

Ce parcours de dix années de recherche, jalonné de défis et d'apprentissages, n'aurait pu être mené à bien sans le soutien et l'accompagnement précieux de nombreuses personnes, que je tiens ici à remercier chaleureusement.

Je souhaite remercier ma promotrice, Maryse Hoebeke, de m'avoir permis d'entamer des recherches en didactique de la physique et d'avoir toujours soutenu les initiatives pédagogiques que je voulais mettre en place dans le cadre de ses cours. Nos échanges stimulants autour des conceptions alternatives ont enrichi non seulement ce travail, mais aussi ma vision de l'enseignement.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers Dominique Verpoorten, dont l'implication a été déterminante pour la réalisation de cette thèse. Votre expertise, vos encouragements constants et votre rigueur méthodologique m'ont permis de naviguer dans ce long processus et ont été un moteur essentiel dans les moments de doute.

Un immense merci aux membres de mon comité d'accompagnement, Hervé Caps et Bernard Leyh, pour leurs retours constructifs et leurs conseils éclairés. Je remercie également Nathalie Younès et Mohamed Radid, membres du jury, pour leur disponibilité et leurs encouragements. Un remerciement tout particulier à Laurent Dreesen, président du jury, pour nos discussions inspirantes sur l'enseignement de la physique en première année universitaire, ainsi que pour vos encouragements qui m'ont considérablement aidé.

Je suis profondément reconnaissant à Dominique Duchâteau, qui a rendu possible l'intégration de la recherche dans mes responsabilités professionnelles. Ton soutien administratif, ainsi que les moments conviviaux que nous avons partagés lors des colloques et en dehors, ont marqué cette expérience de manière indélébile.

Je tiens à adresser un remerciement spécial à Pauline T, la meilleure des collègues de bureau. Merci pour ton amitié et pour notre collaboration professionnelle. Nos discussions, qu'elles aient été professionnelles ou personnelles, ont été une véritable bouffée d'air frais tout au long de ce parcours. J'ai vraiment apprécié chaque moment de nos collaborations, notamment pour le MOOC. Nous pouvons être fiers, je pense, de nos réalisations.

Un merci sincère à Fred, pour ton amitié et ton soutien, tant professionnel que personnel. Les moments passés ensemble, entre discussions profondes et instants de détente, ont été essentiels pour maintenir un équilibre sur ce long chemin.

Merci également à Pauline N pour ta disponibilité et ton engagement toujours présents pour les étudiants. Nos discussions ont, par ailleurs, toujours été importantes pour moi et m'ont permis de garder le cap.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance à toute l'équipe enseignante avec laquelle j'ai eu le plaisir de collaborer au fil des années. Merci à Carole, Clémentine, Dany, Élodie, François, Jean-Roch, Jonathan, Julie, Justine, Marko, Martine, Sarah, Sébastien, Simon et Vivien. Votre engagement et votre enthousiasme ont largement contribué à la réussite des nombreux projets pédagogiques.

Mes remerciements vont aussi à mes collègues du premier étage et des TP, pour leur aide précieuse et l'atmosphère chaleureuse qu'ils savent entretenir : Alain, Alexis, Anne, Christine, Carine, Florence, Jean-Marc, Sabine, Thomas et Yves-Éric. Une mention spéciale à Christelle pour ton écoute et ton aide dans mes projets. Je remercie chaleureusement Christophe pour nos discussions passionnées, tant politiques que pédagogiques (et avec des couleurs donc). Merci également à Jacqueline, pour tes attentions délicates : le chocolat, c'est la vie !

Je remercie l'ensemble des personnes impliquées dans la création du MOOC : Anicée, Céline, Pierre, Sam, Thibault, Véronique, ainsi que tous les intervenants. Un merci particulier à Olo pour les illustrations qui ont donné vie à ce projet, ainsi que celle de la couverture de cette thèse.

Je tiens à saluer mes collègues chercheurs avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer : François, Jean-François, Marianne et Maud. Merci aussi à mes collègues de Didadoc : Anouchka, Audrey, Gaël, Hamad, Hélène, Noëlle, Pierre et Vincent, pour leur amitié et leurs précieux conseils.

Je remercie également les présidents successifs du Département de Physique, Nicolas, Thierry et John, pour la confiance qu'ils m'ont accordée.

Merci également à mes collègues de l'UR Didactifen pour leurs échanges enrichissants et stimulants, en particulier Corentin, Germain, Marie-Noëlle et Valérie.

Un grand merci aux équipes d'aide à la réussite, de Guidance Etude, d'e-campus et du SMART, avec qui j'ai eu l'occasion d'échanger, de collaborer, mais aussi, pour certains, de passer d'agréables moments lors de colloques et en dehors : Amélie A, Amélie B, Brigitte, Catherine, Estelle, France, Johanne, Laurent, Marc, Marie-Martine, Matthieu, Pascal, Patrick, Sylviane et Vinciane. Merci tout particulier à Anne-France pour ta présence et ton enthousiasme ces dernières années.

Merci encore à Björn-Olav, Marc, Valérie et Yves pour leur soutien.

Merci à toutes celles et tous ceux qui ont été présents à leur manière, au travail et en dehors, pour m'apporter leur énergie, leur bonne humeur et pour m'aider à garder le cap et à équilibrer ma vie personnelle tout au long de ce parcours exigeant. Merci donc à Adé, Alex, Ammien, Angeliki, Antoine, Arthur, Ayman, Bruno, Caro, Chris, Damien, David, Dorian, Eddy, Eric, Eugenia, Fabian, Fanny D, Fanny VH, Florence, France, Geoffroy, Gilles, Guy, Hélène, Joséphine, Julie, Julien, Kevin, Kilian, Lemo, Loïc, Loris, Lucas, Manu, Margotte, Max, Marie C, Marie S, Megan, Melissa, Mitch, Nadège, Nathalie, Nathan, Nico, Nicolas, Pierre-Henry, Sara, Sarah, Sébastien, Stéphane, Stéphanie, Thibault et Ylona.

Je tiens également à remercier chaleureusement toutes les étudiantes et tous les étudiants qui ont participé à mes recherches. Leur enthousiasme, leur curiosité et leur engagement ont été une source d'inspiration constante. Je les remercie également d'avoir massivement accepté de participer aux nombreuses enquêtes que je leur ai soumises.

Un immense merci à mes proches, à ma famille et ma belle-famille. Chacun d'entre vous a joué un rôle précieux par votre soutien indéfectible tout au long de ces années. À ma mère, pour ses relectures minutieuses et son attention aux détails, y compris aux accents circonflexes.

Enfin, je remercie énormément ma compagne, Laura. Merci pour ton soutien, pour toute l'aide que tu m'as apportée et pour les échanges que nous avons eus qui ont considérablement enrichi cette thèse. Merci pour ta présence qui illumine le quotidien.

.

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	25
APERÇU GENERAL DE LA THESE.....	28
1. CHAPITRE 1 : CONTEXTE GÉNÉRAL	31
1.1 CATALYSEUR 1 – MASSIFICATION DES POPULATIONS ÉTUDIANTES	32
1.2 CATALYSEUR 2 – ÉVOLUTIONS DU CONTEXTE INSTITUTIONNEL	37
1.2.1 RÉDUCTION DE LA DURÉE DES ÉTUDES DE MÉDECINE (MISE EN APPLICATION EN SEPTEMBRE 2012) 38	
1.2.2 INTRODUCTION D’UN TEST D’ORIENTATION OBLIGATOIRE MAIS NON CONTRAIGNANT (MISE EN APPLICATION EN SEPTEMBRE 2013)	40
1.2.3 ÉTALEMENT ET RÉORIENTATION (MISE EN APPLICATION EN SEPTEMBRE 2013)	40
1.2.4 DÉCRET « PAYSAGE » (MISE EN APPLICATION EN SEPTEMBRE 2014)	41
1.2.5 CONCOURS EN FIN DE PREMIÈRE ANNÉE (MISE EN APPLICATION EN SEPTEMBRE 2015).....	41
1.2.6 INSTAURATION D’UN EXAMEN D’ENTRÉE (MISE EN APPLICATION EN JUILLET 2017)	42
1.2.7 RÉFORME DU DÉCRET « PAYSAGE » (MISE EN APPLICATION EN SEPTEMBRE 2022)	44
1.2.8 REMPLACEMENT DE L’EXAMEN D’ENTRÉE PAR UN CONCOURS D’ENTRÉE (MISE EN APPLICATION EN JUILLET 2023).....	44
1.3 CATALYSEUR 3 – ATTITUDES DES ÉTUDIANTS.....	45
1.3.1 AUTONOMIE DES ÉTUDIANTS	45
1.3.2 MÉTIER D’ÉTUDIANT	50
1.3.3 COMPÉTENCES NUMÉRIQUES	52
1.4 CATALYSEUR 4 – LES CONCEPTIONS ALTERNATIVES EN PHYSIQUE	54
1.5 CONCLUSIONS.....	55
2. CHAPITRE 2 – CONCEPTIONS ALTERNATIVES EN MÉCANIQUE	59
2.1 INTRODUCTION	60
2.2 CADRE THÉORIQUE.....	60
2.2.1 CONCEPTIONS ALTERNATIVES EN PHYSIQUE.....	62
2.2.2 CONCEPTIONS ALTERNATIVES EN MÉCANIQUE.....	63
2.3 MÉTHODOLOGIE	68
2.3.1 POPULATION ET DÉROULEMENT	68
2.3.2 INSTRUMENTS	69
2.4 RÉSULTATS	74
2.4.1 PREMIER TEST (SEPTEMBRE 2020).....	74
2.4.2 SECOND TEST (DÉCEMBRE 2023)	86

2.5	DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES	93
	TRANSITION	101
3.	CHAPITRE 3 – ECOLOGIES D’APPRENTISSAGE	103
3.1	TYPES D’APPRENTISSAGE	104
3.2	APPROCHE ÉCOLOGIQUE DE L’APPRENTISSAGE	106
3.2.1	APPROCHE ÉCOLOGIQUE DU DÉVELOPPEMENT	106
3.2.2	TRANSITIONS ÉCOLOGIQUES	110
3.2.3	ADAPTATION DU MODÈLE DE BRONFENBRENNER À D’AUTRES DOMAINES.....	110
3.2.4	ADAPTATION DU MODÈLE À L’APPRENTISSAGE À L’UNIVERSITÉ.....	112
3.2.5	LIENS AVEC LES CATALYSEURS IDENTIFIÉS	115
3.3	ECOLOGIES D’APPRENTISSAGE	117
3.3.1	SYNTHÈSE GLOBALE PAR JACKSON (2013).....	118
3.3.2	ADAPTATION DES ÉCOLOGIES D’APPRENTISSAGE AUX TYPES D’APPRENTISSAGE	120
3.4	SYNTHÈSE : COMPOSANTES ET BÉNÉFICES D’UNE ÉCOLOGIE D’APPRENTISSAGE	123
	TRANSITION	128
4.	CHAPITRE 4 – PROPOSITION D’EXTENSION N°1 : HYBRIDATION DU COURS ..	131
4.1	INTRODUCTION	133
4.1.1	LA PROBLÉMATIQUE DE L’HÉTÉROGÉNÉITÉ	133
4.1.2	LA PROBLÉMATIQUE DE L’ELEARNING.....	135
4.2	INTERVENTION N°1 : EVALUATIONS FORMATIVES EN LIGNE	139
4.2.1	INTRODUCTION	139
4.2.2	DESCRIPTION DE L’INTERVENTION	139
4.2.3	METHODOLOGIE	142
4.2.4	RESULTATS.....	143
4.2.5	DISCUSSION	149
4.3	INTERVENTION N°2 : OUTILS D’ENTRAÎNEMENT A LA RESOLUTION D’EXERCICES	152
4.3.1	INTRODUCTION	152
4.3.2	DESCRIPTION DE L’INTERVENTION	153
4.3.3	PREMIERE EXPERIMENTATION – MARS 2012 [PRESENTE DANS MARIQUE ET AL., 2017]	157
4.3.4	DÉPLOIEMENT DE L’OUTIL	166
4.4	INTERVENTION N°3 : FORUMS ET QUESTIONS-DEBAT (QUESTIONS DE REFLEXION)	168
4.4.1	INTRODUCTION	168
4.4.2	DESCRIPTION DE L’INTERVENTION	168
4.4.3	SOURCES DE DONNEES.....	172

4.4.4	RESULTATS.....	172
4.4.5	DISCUSSION	175
4.4.6	CONCLUSIONS	176
4.5	CONCLUSIONS GENERALES ET DEVELOPPEMENTS ULTERIEURS	177
5.	CHAPITRE 5 – PROPOSITION D’EXTENSION N°2 : EVOLUTION DE L’ORGANISATION DES SEANCES DE RESOLUTION D’EXERCICES	181
5.1	INTRODUCTION : CONTEXTE ET PROBLEMES	183
5.2	CADRE THEORIQUE.....	184
5.2.1	EXERCICE OU PROBLEME ?.....	184
5.2.2	AUTONOMIE EN APPRENTISSAGE	190
5.2.3	AUTONOMIE EN RESOLUTION D’EXERCICES	195
5.2.4	SCAFFOLDING OU FADING ?.....	196
5.3	INTERVENTION : EVOLUTION DE L’ORGANISATION DES SEANCES D’EXERCICES	198
5.3.1	LIGNE DU TEMPS DES DIFFERENTES PHASES	198
5.3.2	POSSIBILITES DE REMEDIATIONS.....	204
5.4	INSTRUMENTS	206
5.5	RESULTATS : PERCEPTION PAR LES ETUDIANTS.....	207
5.6	DISCUSSION	210
5.7	PERSPECTIVES	212
6.	CHAPITRE 6 – PROPOSITION D’EXTENSION N°3 : SIMULATEUR D’EXAMENS LUDIFIÉ.....	215
6.1	INTRODUCTION : CONTEXTE ET PROBLEME (MARIQUE ET AL., 2019)	217
6.2	CADRE THÉORIQUE.....	218
6.2.1	LEVIERS POUR AMÉLIORER L’APPRENTISSAGE.....	218
6.2.2	LA NOTION DE LUDIFICATION	219
6.3	L’OUTIL D’INTERVENTION : LE SIMULATEUR D’EXAMENS LUDIFIE.....	221
6.3.1	RECYCLAGE DE QUESTIONS D’ANCIENS EXAMENS.....	222
6.3.2	STRUCTURE DU SIMULATEUR D’EXAMENS LUDIFIE.....	222
6.3.3	BADGES.....	224
6.3.4	LE PASS	225
6.3.5	DÉROULEMENT.....	226
6.4	INSTRUMENTS, TRACES ET DONNEES RECUEILLIES	226
6.5	RESULTATS	227
6.5.1	PARTICIPATION.....	227
6.5.2	PERFORMANCE.....	232

6.5.3	PERCEPTION.....	239
6.6	DISCUSSION	241
6.6.1	PARTICIPATION.....	241
6.6.2	PERFORMANCE.....	242
6.6.3	PERCEPTION.....	244
6.7	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	245
7.	CHAPITRE 7 – PROPOSITION D’EXTENSION N°4 : VIDEOS D’INTRODUCTION AUX SEANCES DE TRAVAUX PRATIQUES	251
7.1	INTRODUCTION : CONTEXTE ET PROBLÈME	253
7.1.1	ENQUÊTE AUPRÈS DES ENCADRANTS	254
7.1.2	SUITES DONNÉES À L’ENQUÊTE.....	264
7.2	CADRE THÉORIQUE.....	265
7.2.1	CLASSE INVERSÉE	265
7.2.2	MOTIVATION.....	268
7.2.3	LA VIDÉO EN CONTEXTE D’ÉDUCATION.....	269
7.2.4	PRINCIPES DE L’APPRENTISSAGE MULTIMÉDIA.....	270
7.2.5	HYPOTHÈSES	273
7.3	CRÉATION DE VIDÉOS D’INTRODUCTION AUX TRAVAUX PRATIQUES.....	273
7.3.1	PRÉSENTATION DU DISPOSITIF PROPOSÉ.....	273
7.3.2	DÉFIS PROPOSÉS	277
7.3.3	MODIFICATIONS DU CONTENU DES SÉANCES DE TRAVAUX PRATIQUES	280
7.3.4	DES PRINCIPES DE LA CLASSE INVERSÉE.....	282
7.3.5	DE LA MOTIVATION	284
7.3.6	DES PRINCIPES DE L’APPRENTISSAGE MULTIMÉDIA	286
7.4	INSTRUMENTS	288
7.5	RÉSULTATS	289
7.5.1	PARTICIPATION AU DÉFI	289
7.5.2	PARTICIPATION ET PERFORMANCE AU TEST FORMATIF	290
7.5.3	PERFORMANCE À L’EXAMEN	291
7.5.4	PERCEPTION.....	293
7.6	DISCUSSION	294
7.6.1	PARTICIPATION.....	294
7.6.2	PERFORMANCE.....	294
7.6.3	PERCEPTION.....	296
7.7	DÉVELOPPEMENTS ULTÉRIEURS.....	296
7.8	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	297

8. CHAPITRE 8 – PROPOSITION D’EXTENSION N°5 : MISE EN PLACE D’UN SYSTEME D’EVALUATION FORMATIVE CONTINUE ET DE FEEDBACKS PERSONNALISES	303
8.1 CONTEXTE.....	305
8.2 AUGMENTATION DU NOMBRE D’ÉVALUATIONS FORMATIVES ORGANISÉES EN PRÉSENTIEL.....	307
8.2.1 DESCRIPTION DE L’INTERVENTION	307
8.2.2 INSTRUMENTS ET SOURCES DE DONNÉES.....	308
8.2.3 RÉSULTATS.....	310
8.2.4 DISCUSSION	318
8.2.5 CONCLUSIONS	320
8.3 MISE EN PLACE DE L’ÉVALUATION FORMATIVE CONTINUE ET DE FEEDBACKS PERSONNALISÉS	320
8.3.1 DESCRIPTION DE L’INTERVENTION	320
8.3.2 INSTRUMENTS	328
8.3.3 RÉSULTATS.....	328
8.3.4 DISCUSSION	332
8.4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	333
9. CHAPITRE 9 – PROPOSITION D’EXTENSION N°6 : CREATION D’UN MOOC SOUTENANT LA TRANSITION SECONDAIRE-SUPERIEUR.....	339
9.1 CONTEXTE.....	341
9.1.1 REPRÉSENTATIONS ALTERNATIVES	341
9.1.2 AUTRES OBSTACLES	342
9.2 RETOUR SUR LE TEST DIAGNOSTIQUE DE SEPTEMBRE 2020	343
9.2.1 QUESTIONS N°2 ET N°3 : ANALYSE DU MOUVEMENT PARABOLIQUE.....	343
9.2.2 QUESTION N°12 : ANALYSE D’UN CORPS DÉVALANT UN PLAN INCLINÉ.....	347
9.2.3 CONCLUSIONS	350
9.3 CADRE THÉORIQUE	350
9.3.1 MOOC.....	350
9.3.2 VIDÉOS INTERACTIVES	352
9.4 INTERVENTION : LE MOOC « LA PHYSIQUE GENERALE POUR BIEN ENTAMER L’ENSEIGNEMENT SUPERIEUR »	353
9.4.1 STRUCTURE GÉNÉRALE DU MOOC	354
9.4.2 STRUCTURE DES SÉQUENCES	356
9.4.3 RENDRE LA PHYSIQUE CONCRÈTE GRACE A DES SITUATIONS SPORTIVES ET DE LA VIE QUOTIDIENNE	357
9.4.4 CONFRONTATION AUX OBSTACLES.....	370
9.5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES	378

CONCLUSION.....	381
BIBLIOGRAPHIE.....	387
ANNEXE 1 : TEST DIAGNOSTIQUE - SEPTEMBRE 2020.....	418
ANNEXE 2 : TEST DIAGNOSTIQUE - DECEMBRE 2023	428
ANNEXE 3 : MODE D'EMPLOI DU COURS EN LIGNE (2013)	431

Liste des schémas, tableaux, images

Tableau 1.1 : Lambert (2021) sur base du rapport OCDE 2020.....	35
Figure 1.1 : Depuis 2012, de nombreuses réformes ont modifié l'organisation des études de médecine en Fédération Wallonie-Bruxelles. L'année indiquée pour chacune d'elle est celle de la mise en application.....	38
Figure 1.2 : L'engagement est déterminé par les perceptions du contexte et les perceptions de soi de l'étudiant (Galand, 2023).....	50
Figure 1.3 : Michaut et Romainville (2012) illustrent les facteurs permettant d'expliquer la réussite, l'échec et l'abandon à l'université.....	51
Figure 1.4 : Les développements pédagogiques réalisés dans le cadre de cette thèse concernent les conceptions de l'étudiant, les conditions dans lesquels il étudie et son rôle dans son métier d'étudiant.	57
Figure 2.1 : Avion volant horizontalement et lâchant un obus. Il est demandé aux élèves de décrire la trajectoire que suivra l'obus une fois lâché.....	64
Figure 2.2 : Types de réponse issus de McCloskey, 1983.....	65
Figure 2.3 : Le test de Viennot (1978) questionne les raisonnements spontanés en dynamique.....	67
Tableau 2.1 : Les étudiants ont été interrogés avant de suivre le cours de physique de leur section.	74
Figure 2.4 : Les étudiants issus des sections de médecine et des sciences dentaires présentent des résultats significativement meilleurs aux QCM de mécanique.....	75
Figure 2.5 : Près de la moitié des étudiants sondés ont bien identifié l'égalité des forces appliquées respectivement par la voiture sur le camion et par le camion sur la voiture lors de la collision.....	76
Figure 2.6 : L'adhérence force-vitesse est présente dans la justification à la réponse fournie (quelle qu'elle soit) par plus d'un étudiant sur deux.....	78
Figure 2.7 : 45,1 % ont confondu la vitesse et l'accélération dans la situation décrite (pièce lancée en l'air), entraînant une mauvaise orientation de la résultante des forces. Seuls 25,7 % des étudiants sondés ont correctement orienté la résultante des forces.	81
Figure 2.8 : Près de 60 % des étudiants sondés ont indiqué, à raison, que l'accélération de la voiture était plus grande que celle du camion.....	82
Figure 2.9 : Taux de sélection des réponses à la QCM portant sur la comparaison des accélérations des véhicules et analyse des justifications données.....	83
Figures 2.10 et 2.11 : La performance des étudiants de médecine et dentisterie est supérieure sur la réponse et sa justification à l'étude des forces lors de la collision et supérieure sur la justification accélération collision.....	85
Figure 2.12 : Les étudiants ayant indiqué (à tort) que la force appliquée par le camion sur la voiture était plus grande que la force exercée par la voiture sur le	

camion ont eu tendance à indiquer (à raison) que l'accélération de la voiture lors de cette collision était plus importante que celle du camion.....	86
Tableau 2.2 : 212 étudiants de médecine et dentisterie ayant entamé leurs études entre septembre 2020 et septembre 2023 ont répondu au second test.....	87
Figure 2.13 : Plus de deux tiers des étudiants de médecine et de sciences dentaires identifient correctement l'égalité des forces réciproques des 2 véhicules lors de la collision, et ce, même après plusieurs années sans avoir le moindre cours de physique.....	88
Figure 2.14 : Même plusieurs années après avoir réussi l'EXMD, les étudiants de médecine et dentisterie indiquent massivement l'égalité des actions réciproques en jeu entre les deux véhicules et justifient correctement leur réponse.....	89
Figure 2.15 : Quelle que soit la durée écoulée entre leur dernier cours de physique et le moment de ce second test, les étudiants sondés réussissent massivement la question portant sur les forces et justifient correctement leur réponse.....	90
Figure 2.16 : Différents types de préparation à l'EXMD permettent aux étudiants de performer à l'analyse de la collision.....	90
Figure 2.17 : Une large majorité d'étudiants a correctement identifié le fait que l'accélération de la voiture était plus importante que celle du camion.....	91
Figure 2.18 : Moins d'un étudiant sur trois identifie correctement l'évolution de la résultante des forces subies par la pièce lors de son vol.....	92
Figure 2.19 : Les étudiants s'étant préparés à l'EXMD récemment sont moins sujets à l'adhérence force-vitesse.....	93
Figure 2.20 : Deux QCM issues de l'EXMD 2018 et 2019 (ARES, s. d.c).....	97
Figure 3.1 : Représentation du modèle de Bronfenbrenner 1979 (Davis & Francis, 2023).....	107
Figure 3.2 : Adaptations du modèle écologique de Bronfenbrenner dans différents domaines : 2a : violences sexuelles (Hébert et al., 2018) ; 2b : promotion de la santé et de l'activité physique (Désautels et al., 2021) ; 2c : habitudes alimentaires chez les jeunes enfants (De Rosso, 2022).....	111
Figure 3.3 : Adaptation du modèle écologique de Bronfenbrenner à l'apprentissage à l'université et dans l'enseignement supérieur.....	114
Figure 3.4 : L'e-learning occupe une place importante dans notre écologie d'apprentissage et couvre différents systèmes/niveaux de notre modèle.....	115
Figure 3.5 : Illustration de la définition de l'écologie d'apprentissage selon Jackson (2013).....	120
Tableau 3.1 : Ecologies d'apprentissage dans des cadres éducatifs formels et informels.....	121
Figure 3.6 : modélisation d'une écologie d'apprentissage dans un cadre éducatif formel (Jackson (2013) adapté de Richardson (2002)).....	122
Figure 3.7 : Sept éléments clé des écologies d'apprentissage (González-Sanmamed et al., 2019, p. 1648).....	125

Figure 3.8 : Développement au cours du temps des propositions d'extension de l'écologie d'apprentissage des étudiants.....	129
Figure 4.1 : L'hybridation initiale du cours vise principalement à répondre aux cohortes pléthoriques inscrites dans les filières d'étude concernées et à leur fournir des outils d'entraînement répondant aux réformes imposées dans l'organisation des études.....	133
Figure 4.2 : Cet étudiant semble maîtriser les prérequis en optique, mais pas en dynamique ni en électromagnétisme.....	140
Figure 4.3 : Malgré son apparente bonne maîtrise des prérequis en cinématique, l'étudiant peut bénéficier de ressources théoriques et de problèmes à résoudre s'il en ressent le besoin.....	141
Tableau 4.1 : A l'exception des tests généraux portant sur les unités et ordres de grandeurs et sur la cinématique (a), les autres tests diagnostiques (a) ainsi que les tests diagnostiques par chapitre ((b), (c) et (d)) n'ont pas rencontré un franc succès auprès des étudiants.....	144
Tableau 4.2 : Au cours du quadrimestre, la fréquentation des tests formatifs est faible et en diminution.....	145
Tableau 4.3 : Même si certains présentent un nombre important de tentatives valides, la moyenne du nombre de tentatives valides par étudiant actif est assez faible.....	145
Figure 4.4 : Environ un étudiant sur deux n'a aucune tentative sur chacun des tests formatifs proposés.....	145
Figure 4.5 : Les taux d'échec aux tests formatifs d'optique (a) et d'électricité (b) sont les plus importants chez les étudiants ne totalisant qu'une seule tentative, et diminuent avec le nombre de tentatives valides.....	146
Tableau 4.4 : Une corrélation est observée entre la participation aux tests formatifs en ligne et la performance à l'examen, mais les forces d'association mesurées sont faibles.....	147
Figure 4.6 : Les étudiants sont globalement satisfaits de pouvoir bénéficier de tests formatifs pour préparer l'examen.....	148
Tableau 4.5. Structure de la résolution guidée.....	155
Figure 4.7 : Les feedbacks fournis peuvent prendre plusieurs formats : un texte (a), une image (b), une vidéo réalisée sur tablette (c) ou encore un animation vidéo commentée (d).....	156
Tableau 4.6 : Environ un quart des étudiants ont utilisé ce nouvel outil d'entraînement en ligne à la résolution d'exercices.....	159
Tableau 4.7 : La question de compréhension est généralement assez bien réussie, à l'inverse de la mise en ordre du chemin de résolution.....	160
Tableau 4.8 : Ce sont principalement les étapes du bloc « Analyse » qui posent le plus de difficultés aux étudiants.....	160

Figure 4.8 : Les étudiants ayant travaillé en ligne obtiennent de meilleurs scores à l'examen de physique.....	162
Figure 4.9 : Les étudiants ayant résolu les 6 problèmes d'entraînement en ligne performant mieux à l'examen.....	162
Figure 4.10 : Les étudiants ayant travaillé en ligne sur les 6 problèmes d'entraînement performant mieux lors de l'examen tant à la partie « problèmes » (a) qu'au problème de mécanique des fluides (b).....	163
Tableau 4.9 : L'outil d'entraînement en ligne à la résolution d'exercices n'a pas rencontré un grand succès.	167
Figure 4.11 : Question-débat en optique.....	170
Figure 4.12 : Question-débat en optique.....	170
Figure 4.13 : Question-débat en mécanique.....	171
Figure 4.14 : Les étudiants actifs sur les forums (a) et, en particulier, sur les questions-débat (b) performant mieux à l'examen.....	173
Figure 4.15 : L'utilité des forums et des questions-débat est plébiscitée par les étudiants ayant répondu à l'enquête de satisfaction.	174
Figure 5.1 : Ce sont essentiellement les attitudes des étudiants qui sont visées par cette intervention.	183
Figure 5.2 : Les applications simples et les problèmes ne mobilisent pas les mêmes processus cognitifs définis dans les pyramides de Bloom (1956), présentée à gauche, et d'Anderson & Krathwohl (2001), proposée à droite.....	189
Figure 5.3 : Les étudiants sont progressivement amenés vers l'autonomie lors de la résolution d'exercices.	199
Figure 5.4 : Cet exemple de fiche d'exercices illustre la structure énoncée avec en premier lieu les « exercices résolus en classe » au tableau par l'assistant, puis les « exercices guidés » pour lesquels le chemin de résolution est fourni par l'intermédiaire des sous-questions posées, et enfin, les « exercices d'entraînement » classés par niveau de difficulté.....	203
Figure 5.5 : L'étudiant suit d'abord les cours théoriques, avant de se rendre aux séances d'exercices (appelées « répétitions ») associées et d'éventuellement profiter des remédiations en cas de besoin.....	205
Tableau 5.1 : En fonction des années, la proportion d'étudiants répondant à l'enquête de satisfaction varie.....	207
Figure 5.6 : Les étudiants semblent majoritairement satisfaits de la manière dont sont organisées les séances consacrées à la résolution d'exercices (répétitions).	208
Figure 5.7 : Une majorité des étudiants considère que l'organisation de ces répétitions leur permet d'augmenter leur niveau de maîtrise de la matière.....	208
Figure 5.8 : Une large majorité des étudiants considère que les exercices supplémentaires fournis leur permettent de préparer efficacement l'examen.	209
Figure 5.9 : Bien que cette intervention ait pour objectif principal d'agir sur les attitudes des étudiants et donc l'individu lui-même, elle affecte également les	

relations qu'il entretient avec l'équipe pédagogique notamment, mais aussi éventuellement les autres étudiants.	213
Figure 6.1 : Le simulateur d'examens ludifié permet aux étudiants de s'entraîner à la résolution de QCM et de collecter des badges, ce qui influence leur motivation à entrer en contact avec le cours de physique.	217
Figure 6.2 : Poumay (2014) identifie six leviers pour améliorer l'apprentissage des étudiants de l'enseignement supérieur (Poumay, 2014, p. 4).	219
Figure 6.3 : L'étudiant doit d'abord réussir un test portant sur les bases de la matière avant de pouvoir utiliser l'outil dans le thème voulu.	223
Figure 6.4 : L'étudiant fixe le niveau du test qu'il génère.	224
Figure 6.5 : L'étudiant peut visualiser, grâce à ce tableau, les badges qu'il a déjà réussi à collecter.	225
Figure 6.6 : Le pass est automatiquement délivré à l'étudiant ayant collecté 4 médailles d'or.	226
Figure 6.7 : Le simulateur d'examens est proposé tout au long du quadrimestre et jusqu'à l'examen.	226
Tableau 6.1 : La fréquentation du simulateur d'examens est importante même si on observe une érosion au fur et à mesure de l'avancement du quadrimestre (les matières sont présentées dans ce tableau dans l'ordre chronologique des séquences d'enseignement).	228
Figure 6.8 : La fréquentation diminue au cours du quadrimestre.	228
Figure 6.9 : Les étudiants collectent massivement les médailles d'or, sauf en imagerie.	229
Figure 6.10 : Diverses stratégies sont mises en œuvre par les étudiants pour collecter les médailles d'or.	230
Tableau 6.2 : Près d'un étudiant sur deux a récolté les médailles nécessaires pour pouvoir participer au test formatif de décembre quelle que soit sa stratégie, travail régulier (REG) ou rush de dernière minute (RUSH).	232
Figure 6.11 : L'introduction du simulateur d'examens ludifié a permis d'augmenter le taux de réussite à l'examen de janvier.	233
Figure 6.12 : Le taux de réussite à l'examen de janvier augmente avec le nombre de badges collectés.	234
Figure 6.13 : Les étudiants ayant 4 ou 5 clés d'accès ont obtenu de meilleures notes lors de l'examen de janvier.	235
Figure 6.14 : Les étudiants ayant 4 ou 5 médailles d'or ont obtenu de meilleures notes lors de l'examen de janvier.	236
Figure 6.15 : Un travail régulier sur le simulateur augmente la performance à l'examen.	236
Figure 6.16 : Un travail régulier à l'aide du simulateur ludifié a un impact positif sur la performance à l'examen de janvier.	237

Figure 6.17 : Les étudiants ayant collecté la médaille d'or dans une matière y performant mieux à l'examen, et ce, quelle que soit la matière.....	238
Tableau 6.3 : Plus le badge collecté dans un thème de matière est élevé, meilleure est la performance à l'examen aux questions s'y rapportant.....	239
Figure 6.18 : Une très large majorité d'étudiants voit l'outil comme une aide dans la préparation de l'examen.....	240
Figure 6.19 : Une majorité d'étudiants voit dans le simulateur un rôle de facilitateur dans l'organisation du travail grâce aux différentes durées des tests proposées sur cet outil.....	240
Figure 6.20 : Les médailles à collecter sont majoritairement vues comme un vecteur d'augmentation de la motivation.....	241
Figure 6.21 : Ce simulateur d'examens ludifié prend place dans les éléments les plus centraux de l'écologie d'apprentissage des étudiants.	245
Figure 6.22 : Hormis la partie consacrée à l'étude de l'imagerie médicale, les contenus du cours de physique enseigné en médecine (PHYS3018-1) font également partie du cours de physique en sciences biomédicales (PHYS3038-1).	246
Figure 6.23 : Une deuxième version du simulateur d'examens a été créée pour les étudiants inscrits au cours de physique PHYS 3038-1 en sciences biomédicales (Sbim).....	247
Figure 6.24 : En fonction du thème de matière, cet étudiant a adopté des stratégies d'utilisation différentes.....	248
Figure 7.1 : L'objectif de cette intervention étant ciblée sur le travail préparatoire de l'étudiant aux séances de travaux pratiques et sur le rapport qu'il entretient avec la matière, en particulier sa motivation, ce sont principalement les attitudes qui sont visées.	253
Figure 7.2 : Les encadrants sondés considèrent généralement importante l'aide fournie aux étudiants dans le cadre des séances de travaux pratiques.	256
Figure 7.3 : Les encadrants considèrent les étudiants insuffisamment motivés lors de leur entrée au laboratoire.	256
Figure 7.4 : Les encadrants sont partagés lorsqu'il leur demandé de se prononcer sur l'investissement des étudiants au cours des séances de travaux pratiques.....	257
Tableau 7.1 : Adjectifs recueillis auprès des encadrants concernant l'attitude des étudiants lors des séances de travaux pratiques.....	258
Tableau 7.2 : Pistes d'amélioration proposées par les encadrants.	258
Figure 7.5 : Poumay (2014) présente six leviers pour améliorer l'apprentissage des étudiants de l'enseignement supérieur (Poumay, 2014, p. 4).	262
Figure 7.6 : Schéma de la dynamique motivationnelle au regard d'une activité (Viau, 2014, p. 234).....	265
Figure 7.7 : Planning conseillé des activités préparatoires à la séance de travaux pratiques.....	274

Figure 7.8 : Van de Poël et al. (2016) proposent une typologie des ressources multimédia.....	275
Figure 7.9 : a) Capture d'écran de powerpoint animé et commenté ; b) Captures d'écran de vidéos d'expérience.....	276
Figure 7.10 : Dans le défi proposé à la fin de la première vidéo d'optique, il est demandé à l'étudiant comment il est possible d'observer une image virtuelle.....	278
Figure 7.11 : L'étudiant doit mobiliser les concepts vus au cours et lors des séances d'exercices pour pouvoir résoudre ce défi d'optique.....	279
Figure 7.12 : Illustrations des rappels concernant la charge et la décharge d'un condensateur placé en série avec une résistance.	279
Figure 7.13 : Dans ce défi d'électricité, il est demandé ce qu'il se passe au niveau du condensateur lorsqu'on remplace un générateur par un autre fournissant une plus faible tension.....	279
Figure 7.14 : L'explication de la réponse au défi est fournie au début de la 2 ^e vidéo d'introduction.	280
Figure 7.15 : L'électrocardiogramme a été ajouté au laboratoire d'électricité prévu au programme du cours PHYS3018-A-a en première année de médecine et dentisterie afin de renforcer les liens entre ce cours et la filière d'étude.....	281
Figure 7.16 : Dans le cas de l'optique, afin de renforcer les liens entre le cours et la filière d'étude choisie, ce sont les corrections aux différents défauts de l'œil qui ont trouvé une nouvelle place dans la séance au laboratoire.....	282
Figure 7.17 : Les notes obtenues au test formatif introductif en optique semblent s'améliorer au cours des années étudiées.	290
Figure 7.18 : Les étudiants présentent de meilleures notes aux questions d'examen portant sur l'optique depuis la mise en place des vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques, mais pas aux questions portant directement sur cette séance.	291
Tableau 7.3 : La participation au test formatif d'introduction aux séances pratiques est toujours corrélée avec la performance aux questions portant sur l'optique lors de l'examen.....	292
Figure 7.19 : Une large majorité d'étudiants perçoit positivement ou très positivement ce projet de vidéos d'introduction à la séance de travaux pratiques d'optique.	293
Figure 7.20 : Illustrations des vidéos d'introduction à la séance de travaux pratiques portant sur la mécanique des fluides.....	297
Figure 7.21 : Ce projet vise essentiellement l'individu et en particulier, sa motivation et ses éventuelles lacunes.....	299
Figure 8.1 : Cette intervention pédagogique vise à fournir une réponse personnalisée à un grand nombre d'étudiants suite à la passation d'évaluations formatives régulières.....	305

Tableau 8.1 : Taux de participation aux tests formatifs de novembre et de décembre.....	310
Tableau 8.2 : La participation aux tests formatifs en présentiel et la performance à l'examen sont liées.....	311
Figure 8.2 : Les étudiants ayant participé au test formatif en présentiel organisé en novembre présentent de meilleures notes à l'examen de janvier.....	311
Figure 8.3 : Participer au test formatif organisé en décembre est synonyme de meilleure performance à l'examen de janvier.....	312
Tableau 8.3 : La performance aux tests formatifs en présentiel et la performance à l'examen sont souvent liées.....	312
Figure 8.4 : Les notes obtenues par les étudiants ayant réussi le test formatif de novembre sont supérieures à celles de ceux y ayant échoué.	313
Figure 8.5 : Les étudiants ayant réussi le test formatif de décembre réussissent généralement mieux l'examen de janvier que les étudiants ayant échoué en décembre.....	314
Figure 8.6 : Le test formatif organisé en présentiel en novembre a aidé une majorité des étudiants à se rendre compte de leur maîtrise réelle de la matière (a), mais ils n'ont pas été surpris par le résultat qu'ils y ont obtenu (b).	315
Figure 8.7 : Les étudiants ayant présenté le test formatif de décembre considèrent que ce test les a aidés à mesurer leur maîtrise réelle de la matière (a), et s'attendaient au résultat qu'ils y ont obtenu (b).	315
Figure 8.8 : La majorité des étudiants déclare avoir travaillé davantage à l'issue du test formatif de novembre (a), mais ils sont moins nombreux à avoir modifié leur méthode de travail (b).	316
Figure 8.9 : Environ la moitié des étudiants ayant rempli l'enquête se sont correctement évalués sur la globalité de l'examen tant en 2015-2016 (a) qu'en 2016-2017 (b).	318
Tableau 8.4 : Les évaluations formatives ont évolué au cours du temps.....	321
Figure 8.10 : Au fil des années, de plus en plus d'évaluations formatives ont été proposées aux étudiants et les feedbacks fournis ont été toujours plus riches.....	321
Figure 8.11 : Plan des évaluations durant le quadrimestre.....	322
Figure 8.12 : Extrait du corrigé que l'étudiant reçoit à l'issue de chaque test. Ce correctif présente le raisonnement attendu ainsi que l'explication des différents distracteurs et l'indication « FG » (fautes graves) le cas échéant.....	324
Figure 8.13 : Feuillet général permettant à l'étudiant d'observer son évolution de test en test.....	326
Figure 8.14 : Feuillet reprenant les informations portant sur un test en particulier et dans lequel l'étudiant peut comparer sa performance à la performance moyenne de la section.	327
Figure 8.14 : Les tests formatifs organisés régulièrement ont rencontré un franc succès.....	329

Figure 8.15 : Une large majorité des étudiants a participé à l'ensemble des tests formatifs proposés.....	329
Tableau 8.5 : La participation à chaque test est corrélée avec la performance à l'examen.....	330
Tableau 8.6 : Les performances aux tests formatifs et lors de l'examen ne sont pas toujours liées.....	330
Figure 8.16 : Participer à un grand nombre de tests formatifs est souvent synonyme de performance à l'examen.....	331
Figure 8.17 : Les étudiants sont majoritairement satisfaits de l'évaluation continue et des feedbacks fournis.....	332
Figure 8.18 : Exemples de feedback fourni grâce à l'application FB4You (vue enseignant).....	335
Figure 8.19 : Des réponses centrées sur l'individu et l'équipe enseignante sont proposées aux problématiques trouvant leur origine au niveau sociétal et universitaire.....	336
Figure 9.1 : Cette intervention pédagogique vise essentiellement à fournir aux étudiants un outil avec lequel ils pourront travailler en autonomie les prérequis en physique et se confronter à leurs éventuelles représentations alternatives.....	340
Figure 9.2 : Graphique joint à la question 1.....	344
Tableau 9.1 : Seul environ un étudiant sur trois identifie correctement le fait que ni la norme du vecteur vitesse, ni celle de l'accélération ne sont nulles.....	345
Tableau 9.2 : Une majorité d'étudiants identifie correctement la nullité de la seule composante verticale du vecteur vitesse.....	346
Tableau 9.3 : 27,7 % des étudiants donnent des réponses incohérentes entre elles aux questions n°2 et 3.....	346
Figure 9.3 : Le skieur subit trois forces lors de la descente de la piste enneigée.....	348
Tableau 9.4 : Moins de la moitié des étudiants calculent correctement l'intensité de la force normale dans cette situation.....	349
Figure 9.4 : Structure de notre MOOC.....	355
Figure 9.5 : Plan d'une séquence.....	356
Figure 9.6 : L'apprenant peut suivre l'évolution de la position des deux protagonistes sur la carte.....	358
Figure 9.7 : L'accélération est définie grâce à l'analyse de la course d'un athlète en ligne droite (a) et dans un virage (b).....	359
Figure 9.8 : Le bus ralentit dans le virage.....	360
Figure 9.9 : Des expériences à réaliser dans un ascenseur (a) et à l'aide d'une règle graduée (b) permettent de mettre en pratique les lois du MRUA.....	361
Figure 9.10 : Exercice d'identification du graphique correct en fonction de la situation.....	362
Figure 9.11 : Une fois lancé obliquement, le ballon décrit une trajectoire parabolique.....	363

Figure 9.12 : Grande roue servant à l'illustration des mouvements circulaires.....	364
Figure 9.13 : Comme dans le cas de la marche, les forces de frottement permettent au vélo d'avancer.....	365
Figure 9.14 : Visualisation du principe d'inertie.....	365
Figure 9.15 : Le principe d'action-réaction est étudié au travers du sport.....	366
Figure 9.17 : Les vols paraboliques recréent l'état d'impesanteur.....	368
Figure 9.18 : L'exercice propose le calcul du travail des forces agissant sur le cycliste et la puissance musculaire développée.....	368
Figure 9.20 : Le saut en hauteur est une succession de transformations d'énergie.	369
Figure 9.21 : L'étudiant doit se positionner par rapport à différentes grandeurs physiques lorsque l'homme-canon arrive au sommet de la trajectoire parabolique qu'il décrit.....	371
Figure 9.22 : Parmi les seize combinaisons possibles, une seule est correcte, sept sont réalistes mais fausses, et huit sont incohérentes.	372
Figure 9.23 : La suite de la vidéo de l'homme-canon dépend de la combinaison de réponses sélectionnée.	373
Figure 9.24 : L'étudiant est invité à analyser les mêmes grandeurs physiques lors de la descente de l'homme-canon.....	373
Figure 9.25 : Énoncé de la question visant à identifier l'intensité de la force normale subie par le skieur.	374
Figure 9.26 : Une intensité trop faible de la force normale entraîne une trajectoire incohérente du skieur.	375
Figure 9.27 : Si l'intensité de la force normale du skieur est trop importante, celui-ci va décoller.	376
Figure 9.28 : L'étudiant peut visualiser le fait qu'il a choisi la bonne proposition en voyant le skieur dévaler la pente correctement.....	377
Figure 9.30 : Le MOOC vise essentiellement à permettre aux étudiants de combler leurs lacunes à l'entame de leurs études, mais aussi de lever les obstacles à l'apprentissage.	379

Introduction générale

L'enseignement à l'université reste souvent organisé selon des méthodes au travers desquelles un enseignant, l'expert, transmet son savoir à ses étudiants, les novices traditionnels (Clanet, 2001 ; Duguet & Berthaud, 2021 ; Duguet & Morlaix, 2018). Son efficacité n'est pas toujours constatée (Romainville, 2019). La raison essentielle du choix du modèle transmissif repose souvent sur le « *très favorable rapport didactique coût-efficacité de la modalité transmissive d'enseignement et, en corolaire, l'important investissement didactique requis par les méthodes alternatives, à l'efficacité incertaine* » (Romainville, 2024). Pour agréementer son cours magistral, l'enseignant mobilise des ressources classiques comme un tableau, des livres de référence, des notes de cours rédigées par ses soins ou encore des diapositives projetées durant la séance. L'évolution des technologies permet maintenant de générer à faible coût des « *moments d'interaction avec les étudiants ou de mise en activité de ces derniers* » (Romainville, 2024).

L'enseignement qui résulte de ce type de stratégie globale est alors forcément identique pour chacun des étudiants. Cependant, dans un contexte où les populations étudiantes sont de plus en plus hétérogènes et massives, cette approche uniforme montre rapidement ses limites.

En effet, les cohortes d'étudiants arrivant à l'université sont de plus en plus massives en raison de la démocratisation de l'accès aux études (Romainville, 2001). Particulièrement en Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique, la quasi-totalité des filières de l'enseignement supérieur sont accessibles sur la seule base de la possession d'un C.E.S.S. (Certificat d'enseignement secondaire supérieur). Or, aucune épreuve externe complète qui conditionnerait l'obtention de ce diplôme n'est organisée dans cette région, et les conseils de classe des écoles sont souverains pour décider l'attribution ou non du C.E.S.S. La combinaison de cette absence d'épreuve externe et de filtre à l'entrée du supérieur renforce l'hétérogénéité des populations étudiantes entrantes, tant en termes de compétences académiques que de besoins pédagogiques. A cela s'ajoute par ailleurs la problématique de définancement de l'enseignement supérieur favorisant des taux d'échecs importants en première année (Dehon et al., 2021).

Des plans d'aide ou d'accompagnement à la réussite sont régulièrement mis en place, notamment afin d'augmenter les possibilités de remédiation pour les étudiants en difficulté. Malgré les moyens conséquents déployés, les taux de réussite en première année universitaire restent faibles (Perret et De Clercq, 2022). Ces dispositifs d'aide présentent un double inconvénient. D'une part, souvent, ils ne sont pas différenciés, puisque les mêmes propositions de remédiation sont faites à tous les étudiants en difficulté, quelles que soient la nature de ces difficultés et leurs causes (De Clercq et al., 2020). D'autre part, ces outils

interviennent après un constat d'échec qui aurait largement pu être anticipé, et les lacunes qui y ont conduit comblées préalablement aux nouveaux apprentissages.

Du point de vue de la physique, l'apprentissage est rendu plus compliqué par les conceptions alternatives qui persistent encore chez les étudiants lors de leur entrée à l'université (Lebrun et De Hosson, 2017, Viennot, 1989). Un accent particulier est mis, dans cette thèse, sur le diagnostic et la levée de ces conceptions alternatives chez les étudiants. De manière plus large, il n'est pas rare que les étudiants ne maîtrisent pas l'ensemble des prérequis à leur filière d'étude. Bien sûr, ces lacunes peuvent être différentes d'un étudiant à l'autre.

Il est donc nécessaire de tenir compte des individualités dans la manière d'aborder l'apprentissage. Pour autant, il ne s'agit pas de différencier l'apprentissage de l'étudiant via une approche top-down dans laquelle un enseignant adapterait le parcours d'apprentissage en fonction des spécificités de l'étudiant, ni même d'imaginer une refonte complète de l'organisation didactique des cours au cours de laquelle l'exposé magistral sera complètement remplacé par d'autres méthodes pédagogiques. Il convient plutôt d'ouvrir le champ des possibles à l'étudiant et de lui proposer différentes ressources que l'équipe enseignante met à disposition de l'ensemble de la cohorte étudiante afin que chaque individu saisisse ce dont il a besoin, en fonction de ses lacunes par exemple, pour développer son écologie d'apprentissage. L'enseignement magistral n'est alors ni rejeté, ni remplacé mais constitue « *l'une des modalités possibles, au sein de la phase d'interaction, du modelage durant lequel l'enseignant présente, de manière claire et structurée, le contenu à apprendre (Gauthier, Bissonnette et Bocquillon, 2020)* » (Romainville, 2024). Dans une approche écologique, l'enseignant quitte alors la posture du dispensateur de savoir pour revêtir celle qu'Hattie (2009) appelle l'activateur d'apprentissage.

De son côté, outre les ressources développées et mises à disposition par l'équipe pédagogique, l'étudiant peut en mobiliser d'autres qui sont le fruit de ses recherches et de ses interactions (sociales, scolaires, avec la technologie...). De cette manière, il crée, entretient et maintient son écologie d'apprentissage et développe son « savoir apprendre » (Jackson, 2013), qu'il peut mobiliser dans d'autres contextes d'apprentissage. L'étudiant ne suit plus l'unique voie composant un parcours d'apprentissage créé par l'enseignant, mais explore la carte des possibilités et définit pas à pas sa trajectoire d'apprentissage. Ces possibilités multiples de chemin d'apprentissage sont facilitées par les nouvelles technologies et les libertés qu'elles offrent à l'apprenant dans ses choix (Siemens, 2008). L'étudiant devient ainsi, lors de son entrée dans l'enseignement supérieur, le principal acteur de son apprentissage et de sa réussite (De Clercq et al., 2020).

Le développement et l'enrichissement de sa propre écologie d'apprentissage nécessitent de sa part de l'autonomie et de l'engagement. Il apprend alors le « métier d'étudiant ».

Cette thèse convoque donc le concept d'écologie d'apprentissage pour interpréter dix années d'initiatives pédagogiques prises dans un cours de physique pour soutenir la réussite des étudiants. Ce cours de physique, dispensé en première année de médecine et de dentisterie à l'Université de Liège, était initialement proposé de façon traditionnelle et a évolué progressivement vers une approche écologique. Ces développements ont donc été réalisés à l'échelle d'un cours spécifique, ce qui pourrait s'apparenter à une approche de type SoTL, scholarship of teaching and learning (Felten, 2013), c'est-à-dire l'analyse, la conception, l'évaluation et l'amélioration des apprentissages et des pratiques pédagogiques dans un contexte local en enseignement supérieur (Bélisle et al., 2016). Néanmoins, dans le cadre de cette thèse, il se dégage la volonté de quitter le cadre strict de ce terrain unique pour le loger dans des évolutions générales du paysage éducatif : les ressources qui y sont développées et les approches pédagogiques sont transposables à d'autres filières d'étude, d'autres cours... Elle développe aussi une approche d'étude statistique telle qu'on ne la trouve en général pas dans les publications SoTL (Fanghanel et al., 2016). Enfin, elle relève d'un enjeu théorique fort : éprouver le potentiel de la notion d'écologie d'apprentissage.

La question générale qui guide cette thèse est : Dans quelle mesure la notion d'écologie d'apprentissage est-elle bénéfique par rapport à la manière traditionnelle pour un étudiant de vivre l'expérience d'apprentissage dans le cadre d'un cours ? »

Aperçu général de la thèse

Cette thèse est décomposée en trois grandes parties.

La première partie expose les quatre catalyseurs (la massification des populations étudiantes, les multiples réformes organisant les études, les attitudes des étudiants et les conceptions alternatives) qui ont concouru à l'évolution d'un cours de physique en première année de médecine et de dentisterie, initialement proposé de façon traditionnelle, vers une approche écologique (**chapitre 1**). Le **chapitre 2** s'intéresse plus précisément à la problématique des conceptions alternatives en physique et tente de les diagnostiquer chez les étudiants.

La deuxième partie comprend le **chapitre 3** qui définit un cadre de référence sur les écologies d'apprentissage. A partir de la notion d'approche écologique de l'apprentissage, les écologies d'apprentissage sont définies et adaptées aux

différents types d'apprentissage. Enfin, les composantes clés et les bénéfiques d'une écologie d'apprentissage sont identifiés.

Enfin, la troisième partie, à travers les chapitres suivants, présentent les développements progressifs des ressources proposées par l'équipe enseignante et pouvant, chacune, constituer une extension de l'écologie d'apprentissage des étudiants. Pour chacune d'elles, le lien est établi avec les quatre catalyseurs mentionnés et leur place potentielle est établie dans l'écologie d'apprentissage de l'étudiant. Le **chapitre 4** présente les premiers développements pédagogiques réalisés dans le cadre de l'hybridation du cours de physique. En particulier, des tests formatifs ont été élaborés et portent tant sur les prérequis que sur la matière abordée à l'université. Leur impact, ainsi que celui d'un outil d'entraînement à la résolution d'exercices et de l'animation des forums, y sont étudiés. Le **chapitre 5** se concentre sur la modification de l'organisation des séances de résolution d'exercices. C'est l'autonomie en apprentissage, et plus particulièrement en résolution d'exercices, qui est visée par cette intervention. Pour ce faire, la combinaison d'approches de type « déséayage » (ou scaffolding) et « éyayage » (ou fading) est utilisée pour soutenir le développement de compétences en résolution d'exercices chez les étudiants. Le **chapitre 6** traite le cas d'un simulateur d'examens ludifié mis en place afin de permettre aux étudiants de s'autoévaluer à tout moment. Le recours aux badges vise la motivation des étudiants. Le **chapitre 7** se concentre sur la création de vidéos pédagogiques introductives aux séances de travaux pratiques. C'est l'engagement de l'étudiant qui est visé par ce dispositif qui a été mis en place sur la base du constat posé par les encadrants de ces séances pratiques. Le **chapitre 8** étudie les avantages des évaluations formatives et les feedbacks qui en découlent. En particulier, bien que les populations des filières étudiées soient composées de plusieurs centaines d'étudiants, des feedbacks personnalisés ont été générés pour chaque étudiant. Ces retours ont un double objectif : permettre à l'étudiant de cibler efficacement son travail en fonction des lacunes spécifiques identifiées et lui offrir l'occasion de confronter son auto-évaluation à sa maîtrise réelle des concepts. Enfin, le **chapitre 9** porte sur l'élaboration d'un MOOC visant à faciliter la transition entre les enseignements secondaire et supérieur dans le cadre de l'apprentissage de la physique. Celui-ci est souvent contrarié par les conceptions alternatives et autres obstacles technico-mathématiques, raison pour laquelle l'étudiant y est volontairement et régulièrement confronté dans ce MOOC.

Chapitre 1 : Contexte général

Catalyseurs d'aménagements pédagogiques, quatre éléments principaux ont concouru à l'évolution du « cours » initial vers ce qui se conçoit mieux aujourd'hui comme une « écologie » d'apprentissage. Ils sont décrits maintenant.

1.1 Catalyseur 1 – Massification des populations étudiantes

Depuis plusieurs décennies, partout dans le monde, les universités, et de manière générale les établissements d'enseignement supérieur, font face à une massification de leur population d'étudiants due à une démocratisation de leur accès (Altbach, 2007 ; Hornsby et Osman, 2014 ; Mok et Neubauer, 2016 ; Mohamedbhai, 2014 ; Romainville, 2001 ; Wu et Hawkins, 2018). En France par exemple, « *les effectifs universitaires explosent dans les années 1960, lors de la "première explosion scolaire" [ou première massification], principalement du fait du dynamisme démographique de la décennie qui précède* » (Mettetal, 2020). Une vingtaine d'années plus tard, « *la seconde massification scolaire (1985-1995) [est caractérisée par] l'apparition d'une population étudiante moins dotée à la fois socialement et scolairement* » (Rossignol-Brunet et al., 2022, p. 57). Le boom démographique du début des années 2000 a entraîné une troisième augmentation importante du nombre d'étudiants (Rossignol-Brunet et al., 2022). Cette dernière augmentation des effectifs dans de nombreuses filières d'études supérieures est également observable en Communauté Française de Belgique (Lambert, 2020) et a comme conséquence immédiate un accroissement inédit de l'hétérogénéité des profils auxquels sont confrontées les équipes pédagogiques.

Si la détention du CESS (Certificat d'Enseignement Secondaire Supérieur) octroyé par la Fédération Wallonie-Bruxelles, ou d'un diplôme jugé équivalent, reste à ce jour la seule condition d'accès à une large majorité des filières d'enseignement supérieur en Belgique francophone, l'accès à certaines filières est conditionné par une épreuve supplémentaire :

- Les étudiants souhaitant entamer des études d'ingénieur civil ou d'ingénieur civil architecte doivent réussir un examen d'entrée portant uniquement sur les mathématiques. Tout étudiant satisfaisant à la condition de réussite peut alors s'inscrire dans l'une de ces deux filières.
- Les étudiants souhaitant s'inscrire en sciences médicales ou en sciences dentaires doivent, depuis 2017, satisfaire à une épreuve d'admission portant sur huit matières : quatre matières scientifiques et quatre matières relatives à la communication et à l'analyse critique de l'information. Entre 2017 et 2022, cette épreuve prenait la forme d'un examen d'entrée lors duquel l'étudiant devait obtenir une note minimale dans chaque matière.

Par la suite, lors du concours, aucun critère de réussite n'est fixé. L'étudiant doit être classé en ordre utile dans le classement établi sur la base de la note générale obtenue sur l'ensemble des matières afin d'être lauréat. L'évolution de l'organisation de ces filières d'étude est décrite dans la partie suivante.

- Les étudiants candidats en médecine vétérinaire devaient jusqu'en 2021, présenter un test d'orientation, le TOSS (Test d'Orientation du Secteur de la Santé), obligatoire mais non contraignant. L'organisateur de ce test, l'ARES¹, précise que « son objectif consiste à leur permettre d'évaluer leur maîtrise des prérequis aux études envisagées et, s'ils le souhaitent, de bénéficier d'activités de remise à niveau pour augmenter leurs chances de réussite » (ARES, 2017). L'instauration de ces examens d'entrée a relancé le débat, lancinant en Belgique francophone, sur les « filtres » à l'entrée des études supérieures, amenant un élément nouveau à un « *contexte qui combine un libre accès à l'enseignement supérieur sur la base du seul certificat de l'enseignement secondaire supérieur (CESS), un faible coût d'entrée (minerval réduit), un définancement constant de l'enseignement supérieur et des taux d'échec et d'abandon très élevés au terme de la première année* » (Dehon et al., 2021, p. 32).

Qu'elles s'exposent à l'examen d'entrée ou accèdent directement à une première année universitaire, les cohortes de première année universitaire sont très hétérogènes puisqu'elles sont composées d'étudiants ayant eu le choix de diverses options dans l'enseignement secondaire. En effet, il est possible de s'inscrire dans une filière scientifique à l'université ou en haute école tout en ayant choisi des options où les sciences n'étaient pas dominantes dans l'enseignement secondaire. De la même manière, moyennant probablement une formation complémentaire en dehors du cadre de l'enseignement obligatoire, il est possible de présenter, et d'être lauréat, du concours donnant accès aux études de médecine en étant issu d'une formation générale avec le choix de l'option « sciences de base », c'est-à-dire l'option pour laquelle le nombre d'heures consacrées aux sciences est le plus faible dans ce type d'enseignement.

À cette disparité d'options s'ajoutent les plus traditionnelles différences socio-économiques bien étudiées dans la littérature. Plusieurs auteurs (Bruffaerts et al., 2011 ; Romainville, 1997 ; Rossignol-Brunet et al., 2022 ; Tinto, 1975) ont en effet

¹ « L'ARES est la fédération des établissements d'enseignement supérieur de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Ses missions consistent à : garantir la mission de service public d'intérêt général de l'enseignement supérieur, soutenir les établissements et assurer leur coordination globale dans leurs missions d'enseignement, de recherche et de service à la collectivité, susciter entre eux des collaborations, dans le respect de leur autonomie. » (ARES, s. d.a)

démontré à quel point les antécédents scolaires et socio-économiques pesaient lourdement sur la réussite académique. Il est donc important que les pouvoirs publics et acteurs politiques aient conscience de ces nouveaux défis et octroient des moyens suffisants aux établissements d'enseignement supérieur pour y faire face. Or, en Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB), le taux d'accessibilité à l'enseignement supérieur figure parmi les plus hauts des pays de l'OCDE (Lambert, 2020), et ce, en raison de l'accès garanti au plus grand nombre grâce à un prix peu élevé à l'inscription² et de l'absence de sélection à l'entrée dans la très large majorité des filières. Mais, « *l'enseignement supérieur reste le parent pauvre en termes de financement* » (Dehon et Dujardin, 2021, p. 6). Gauchet et al. (2014) ont de longue date résumé le problème en signifiant que l'accès élargi aux études supérieures constituait une réussite démocratique mais que les aménagements requis pour en faire aussi une véritable réussite pédagogique avaient été largement sous-estimés.

La situation en Fédération Wallonie-Bruxelles (anciennement Communauté Française de Belgique) est particulièrement frappante sur ce point. La différence d'évolution budgétaire, depuis le début de ce siècle, entre les enseignements obligatoire et supérieur y est criante (Lambert, 2021). L'enseignement obligatoire regroupe les enseignements maternel, primaire et secondaire, de type ordinaire ou spécialisé. L'enseignement supérieur comprend les universités, les hautes écoles, les écoles supérieures des arts et l'enseignement de promotion sociale. Dans son étude, sur la base des budgets publics et des chiffres de l'ARES, il montre que la population étudiante a augmenté, entre 2000 et 2017 de 8% dans l'enseignement obligatoire, contre 43 % dans l'enseignement supérieur. En conséquence, les moyens publics alloués par étudiant ont augmenté de 9,4 % dans l'enseignement obligatoire durant cette période, alors qu'ils ont diminué de 14,3 % dans l'enseignement supérieur (Tableau 1.1). En focalisant cette évolution sur les universités, cette chute est encore plus spectaculaire puisqu'elle atteint 22,2 % en moins de 20 ans. En se basant sur les chiffres de l'OCDE (2020), on peut mettre en évidence le fait que les dépenses de l'enseignement obligatoire par élève sont globalement plus importantes en Fédération Wallonie-Bruxelles et en Région Flamande que dans nos pays voisins ou dans d'autres pays européens. A titre d'exemple, les dépenses par élève en Finlande sont 20 % plus faibles qu'en Fédération Wallonie-Bruxelles. A contrario, la Flandre, les pays voisins et les pays scandinaves dépensent proportionnellement plus par étudiant de l'enseignement supérieur que la FWB ne le fait.

²En 2020, en FWB, les frais d'inscription pour une année classique comprenant 60 crédits s'élevaient à 835 euros.

Comparaison internationale des dépenses totales par étudiants pour les divers niveaux d'enseignement (2017) (dépenses de chaque pays rapportées à celles de la FWB x100)				
	Primaire	Secondaire	Enseignement obligatoire (primaire + secondaire)	Enseignement supérieur (y compris R&D)
FWB	100	100	100	100
Communauté flamande	113	101	106	122
France	82	88	86	97
Allemagne	93	92	92	106
Pays-Bas	90	96	94	117
<i>Moyenne des pays « voisins »</i>	<i>88,3</i>	<i>92</i>	<i>90,7</i>	<i>106,7</i>
Danemark	129	77	96	104
Norvège	136	108	117	135
Suède	118	87	97	147
Finlande	94	72	80	102
<i>Moyenne des pays « nordiques »</i>	<i>119,3</i>	<i>86</i>	<i>97,5</i>	<i>122</i>
Royaume-Uni	113	80	92	162
<i>Moyenne tous pays (sauf FWB)</i>	<i>107,6</i>	<i>89</i>	<i>95,6</i>	<i>121,9</i>

Sources : FWB / Direction des Relations internationales et OCDE, Regards sur l'éducation 2020, Tableau C1.1

Tableau 1.1 : Lambert (2021) sur base du rapport OCDE 2020.

Lambert (2021) précise que 80 % des dépenses dans le domaine de l'enseignement relèvent des frais de personnel. En conséquence, une diminution du budget par étudiant se marque dans la quantité d'encadrement dont celui-ci peut bénéficier et donc, potentiellement, dans la qualité de l'enseignement qu'il reçoit. Cela se marquera différemment d'un étudiant à l'autre. L'auteur poursuit en notant :

« Et qui dit réduction des taux d'encadrement dit pénalisation des étudiants les plus fragiles, les étudiants de première génération qui ont à effectuer la délicate transition du secondaire au supérieur et, au premier rang de ceux-ci, ceux qui sont issus de milieux socioculturels plus modestes ou (ce sont souvent les mêmes) de filières du secondaire préparant moins bien à l'enseignement supérieur » (Lambert, 2021, p. 17).

Le rapport de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) portant sur les indicateurs de l'enseignement en 2015 (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2015) montre que les taux

de réussite des élèves issus de l'enseignement général, filière préparant justement aux études supérieures³, sont nettement supérieurs à ceux des autres filières. Or, ce rapport faisait état de l'augmentation constante du taux d'inscription d'étudiants de première génération provenant des filières « technique de transition », « technique de qualification » et « professionnel » de l'enseignement secondaire. C'est typiquement pour ce public moins bien préparé à l'enseignement supérieur et issu de milieux socio-économiques plus modestes qu'il est important de garder des taux d'encadrement décents. En effet, un encadrement suffisant permet de mettre en place des actions essentielles d'accompagnement, de conseil et de remédiation, qui constituent les principaux leviers de l'aide à l'apprentissage et à la réussite.

Outre les conséquences liées à la réussite académique mentionnées ci-dessus, le définancement impacte l'ensemble de l'activité universitaire. En effet, chaque université poursuit trois missions : l'enseignement, la recherche et les services à la société grâce à l'expertise et l'indépendance de ses chercheurs au regard des besoins sociétaux. Il est évident que les deux premières missions sont intimement liées et alimentent la troisième. Ouellet (1949) indiquait que

« la recherche est non seulement inséparable de l'enseignement universitaire, elle en est l'âme. Le but primordial des universités est d'accroître le patrimoine intellectuel de l'humanité. L'enseignement proprement dit n'est qu'un moyen. Un moyen de préparer des chercheurs et de former des professionnels aptes à appliquer les résultats de la recherche » (Ouellet, 1949, p. 33).

C'est d'ailleurs la spécificité de l'enseignement universitaire, vis-à-vis des Hautes Ecoles, des Ecoles Supérieures des Arts ou encore de la promotion sociale, qui sont pourtant financées sur le budget de l'enseignement supérieur.

En conséquence, alors que les enseignants universitaires sont, pour la grande majorité d'entre eux, également des chercheurs, la réduction de l'encadrement des étudiants est souvent synonyme de surcharge de travail pour les équipes pédagogiques, tant au niveau des responsables académiques que des doctorants-assistants. Si tous ces enseignants-chercheurs sont davantage mobilisés à leurs tâches d'enseignement, cela ne peut se faire qu'au détriment de la quantité et de la qualité de leurs recherches.

Ellis et Goodyear (2013) avaient déjà constaté que le paysage académique subissait d'importants changements : complexification des processus de recherche,

³L'enseignement technique de transition prépare également aux études supérieures, et ne qualifie pas pour le marché de l'emploi à la sortie du secondaire.

internationalisation croissante des enseignants-chercheurs, dépendance à la technologie, possibilités accrues de collaborations... Tous ces éléments mettent au défi les équipes de recherche et les traditions disciplinaires. Ellis et Goodyear (2013) relèvent que les pressions sur les universitaires pour produire une recherche de haute qualité, socialement ou économiquement pertinente, s'intensifient. Dans les pays développés, un personnel universitaire vieillissant fait face à une concurrence mondiale acharnée pour attirer des talents, notamment parmi les doctorants, les nouveaux chercheurs et les scientifiques renommés. Malgré cela, Ellis et Goodyear (2013) constatent que l'enseignement supérieur résiste aux pressions grâce à l'ingéniosité et à la passion des acteurs académiques, en dépit des problèmes persistants. Cette résilience était particulièrement marquée durant la crise sanitaire ayant frappé le monde au début des années 2020 (Rouet et al., 2021 ; Verpoorten et al., 2022).

Par ailleurs, bien que dans de nombreuses institutions, l'accent soit mis sur l'excellence en recherche, par rapport à l'enseignement (il est plus facile de prospérer en étant un bon chercheur qu'un bon enseignant), des opportunités d'avancement émergent grâce à l'innovation pédagogique. La recherche sur la pratique pédagogique devient de plus en plus respectée, contribuant ainsi à l'évolution de la pédagogie universitaire. Cela ne peut qu'encourager les enseignants-chercheurs à déployer leur imagination et leur talent pour construire des solutions innovantes permettant de répondre efficacement aux défis générés par le déficit de financement de l'enseignement supérieur.

1.2 Catalyseur 2 – Évolutions du contexte institutionnel

Derrière la massification et l'hétérogénéité des profils d'étudiants qu'elle induit, le caractère évolutif du cadre institutionnel et politique régissant l'organisation des études est un deuxième facteur qui façonne la nécessité pour les équipes pédagogiques de questionner leurs méthodes d'enseignement et d'évaluation.

La figure 1.1 reprend les réformes qui depuis quinze ans ont modifié les études de médecine en Fédération Wallonie-Bruxelles.

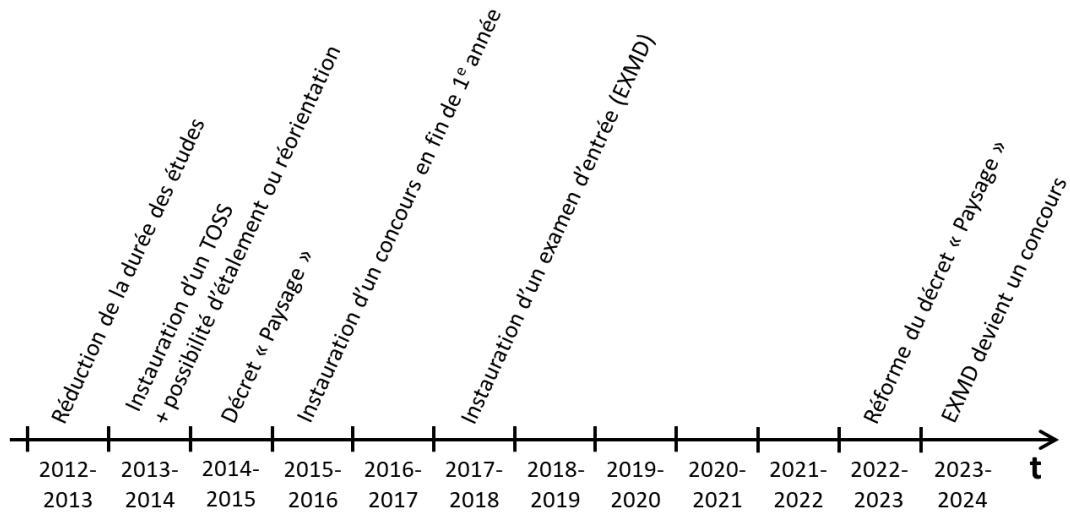


Figure 1.1 : Depuis 2012, de nombreuses réformes ont modifié l'organisation des études de médecine en Fédération Wallonie-Bruxelles. L'année indiquée pour chacune d'elle est celle de la mise en application.

Celles-ci sont souvent dictées par l'existence de cohortes pléthoriques dans cette filière d'étude. En effet, durant les années 2000 ainsi qu'au début de la décennie 2010, bien que cela n'en soit pas la seule raison, le succès populaire de différentes séries télévisées mettant en scène le milieu médical a encouragé de nombreux étudiants à s'engager dans une filière d'étude à orientation médicale (Beullens & Van den Bulck, 2007 ; Hardy-Dubernet & Gadéa, 2005 ; Olry-Louis et al., 2015 ; Parisot, 2011). Or, à cette époque, aucun filtre n'était appliqué à l'entrée de cette filière d'étude⁴. En conséquence, lors des années académiques 2010-2011 et 2011-2012, le cours de physique dispensé aux étudiants de première année de médecine et de dentisterie (ce cours étant commun à ces deux filières d'étude), comptabilisait aux alentours de mille étudiants inscrits, rendant inévitable le remplacement des questions ouvertes dans l'épreuve certificative par des questions à choix multiples peu familières aux nouveaux arrivants.

Des réformes se greffent régulièrement sur ces évolutions (Schetgen, 2016).

1.2.1 Réduction de la durée des études de médecine (mise en application en septembre 2012)

Une loi réformant les études de médecine en Belgique a été votée par la Chambre des Représentants le 12 mai 2011. Cette loi prévoyait le passage de la durée de ces

⁴Un concours en fin de 3^{ème} année était appliqué jusqu'en 2005. Il sera remplacé par un concours en fin de 1^{ère} année par la suite et sera abandonné en 2008.

études de sept à six ans, afin de viser l'uniformité européenne. En effet, la législation européenne prônait des études de base (hors master de spécialisation) d'une durée de six ans, alors que la Belgique était le seul pays européen à encore organiser ces études de base sur une durée de sept années. Un des objectifs poursuivis par cette réforme était d'améliorer la mobilité des étudiants belges au sein de l'Union européenne.

Les cinq universités francophones se sont accordées sur une adaptation des contenus afin de répondre à cette réforme. En particulier, dans le bachelier, le nombre d'heures octroyées aux sciences de base, la biologie, la chimie, les mathématiques et la physique, a été considérablement réduit. Il a de plus été décidé de n'enseigner ces matières que durant le premier quadrimestre de la première année de bachelier, le consacrant ainsi principalement à l'étude des sciences de base. Le deuxième quadrimestre est alors destiné à l'acquisition des compétences précliniques, notamment sous des aspects biomédicaux, à savoir l'anatomie, la biochimie, l'histologie et la physiologie (ULg, 2015). La suite des études de base se concentre sur l'étude de l'homme « normal » (quadrimestres 3 à 5) puis sur les maladies et l'homme malade (quadrimestres 6 à 12).

La réduction de la place dédiée à l'étude des sciences de base a amené les cinq universités belges francophones à dresser conjointement une liste de prérequis jugés indispensables à l'entame des études de médecine. En ce qui concerne la physique, ces prérequis ont principalement été définis sur la base des différentes matières enseignées dans les cours de physique de l'option « sciences générales » de l'enseignement secondaire organisé en Fédération Wallonie-Bruxelles.

La refonte du programme des études a donc été engagée à l'Université de Liège comme ailleurs, dans le but de respecter les conditions fixées par la nouvelle loi. Dans ce contexte, le nombre d'heures octroyées aux bases physiques des sciences médicales a été réduit pour compter finalement cinquante heures de cours théoriques en amphithéâtre (cours ex cathedra), 20 heures de mise en pratique lors de séances d'exercices animées par des assistants du Département et 8 heures réparties sur deux séances de travaux pratiques en laboratoire. Auparavant, les étudiants inscrits dans la filière « médecine » suivaient deux cours de physique : un premier portant sur les bases physiques des sciences biomédicales (PHYS0111-2) comptabilisant 65 heures de cours théoriques, 26 heures de travaux pratiques et 20 heures de séances d'exercices (ULg, 2011a), et un second consacré aux bases physiques de l'imagerie médicale (PHYS0121-1) constitué de 15 heures de cours théoriques (ULg, 2011b).

La population entamant la première année académique au cours de laquelle ces modifications ont été apportées (2012-2013) restait extrêmement massive (plus de

700 étudiants inscrits en première année de bachelier en médecine et en dentisterie) et présentant les éléments d'hétérogénéité susmentionnés.

1.2.2 Introduction d'un test d'orientation obligatoire mais non contraignant (mise en application en septembre 2013)

Le décret de la Fédération Wallonie-Bruxelles du 23 mars 2012 instaurait un test d'orientation du secteur de la santé (TOSS), épreuve écrite dont la participation est obligatoire mais dont le résultat obtenu n'était pas contraignant pour pouvoir s'inscrire en première année de bachelier en médecine. Son objectif était de permettre aux étudiants d'identifier leurs propres lacunes et d'ainsi les aider à cibler le travail à fournir pour les combler, et d'éventuellement les orienter vers des activités complémentaires de remédiation, voire d'envisager un autre choix d'études. L'objectif général poursuivi par cette démarche était de réduire considérablement les taux d'échec importants rencontrés en première année de bachelier en médecine.

En pratique, cette épreuve permettait à l'étudiant de s'évaluer sur six matières : l'anglais, la biologie, la chimie, le français, les mathématiques et la physique. Chaque année, entre 2013 et 2016, le TOSS a été organisé en deux sessions, l'une au début du mois de juillet, et l'autre dans le courant du mois de septembre. Bien que les experts pédagogues et docimologues prêtent une bonne qualité psychométrique à ce test, et donc une augmentation conséquente du pouvoir prédictif sur la réussite future de l'étudiant, il a été possible qu'une proportion importante des étudiants ne considérait pas ce test comme un objet d'aide à l'orientation. Il semblerait qu'ils ne tenaient pas (ou peu) compte des résultats obtenus pour confirmer ou renoncer à leur choix d'études, mais également à s'orienter vers les aides proposées en cas de lacunes constatées.

Afin de faciliter la transition entre les enseignements secondaire et supérieur pour ces étudiants, et donc de les préparer au mieux à l'entrée dans leurs études de médecine et au TOSS, des activités préparatoires sont depuis lors organisées dans l'ensemble des institutions universitaires. Ces activités préparatoires portent généralement sur les quatre matières scientifiques.

1.2.3 Etalement et réorientation (mise en application en septembre 2013)

La session d'examens organisée à l'issue du premier quadrimestre de la première année de bachelier faisait office d'épreuve nouvelle donnant accès au second quadrimestre. Le résultat à cette épreuve était calculé sur la base de la moyenne pondérée à l'ensemble des examens organisés durant cette session (biologie,

chimie, physique, premiers secours et apprentissage par problème). Trois cas de figure se présentent.

- Dans le cas où un étudiant obtient une note moyenne inférieure à 8/20, il est considéré comme étant en situation d'échec grave et se voit notifier l'obligation soit de se réorienter, soit d'étaler sa première année d'étude sur deux ans.
- S'il obtient une note moyenne comprise entre 8/20 et 10/20, il passe un contrat avec le jury et choisit l'une des trois possibilités suivantes : la réorientation vers une autre filière d'études du secteur de la santé, l'étalement de sa première année en deux ans ou l'inscription à un programme de remédiation durant le second quadrimestre sans étalement de son année.
- Si sa moyenne est supérieure ou égale à 10/20, il est admis à poursuivre normalement son programme de cours et donc à entamer son deuxième quadrimestre.

1.2.4 Décret « Paysage » (mise en application en septembre 2014)

Dès la rentrée académique de septembre 2014, le décret du 7 novembre 2013 du Parlement de la Fédération Wallonie-Bruxelles réformant l'organisation globale des études entre en vigueur. Les modifications principales dans le parcours des étudiants sont les suivantes :

- La note de réussite passe de 12/20 à 10/20.
- Un étudiant ne peut plus représenter un cours qu'il a réussi précédemment.
- Un programme fixe est prédéfini uniquement pour la première année, autrement dit pour les 60 premiers crédits du cursus. Si l'étudiant réussit au minimum 45 crédits, il est admis à poursuivre son cycle et construit son programme de cours annuel (PAE = Parcours annuel de l'étudiant) en veillant à respecter les prérequis et corequis fixés pour chaque cours.
- Le grade n'est plus attribué à l'issue de chaque année d'étude, mais bien pour l'ensemble du cycle (bachelier ou master).

1.2.5 Concours en fin de première année (mise en application en septembre 2015)

Le nombre de diplômés à l'issue des études de médecine ayant considérablement augmenté au cours des dernières années, le législateur décide, par le décret du 9

juillet 2015, d'instaurer un concours en fin de première année de bachelier en sciences médicales et dentaires dès l'année académique 2015-2016⁵.

Le nombre de lauréats est fixé chaque année par un arrêté du gouvernement fédéral en Belgique sur la base du nombre de numéros INAMI⁶ disponibles. Pour être lauréat et ainsi pouvoir accéder à la deuxième année de bachelier, un étudiant doit :

- obtenir une note moyenne supérieure à 8/20 lors de la session de janvier pour avoir accès au deuxième quadrimestre ;
- obtenir au minimum 45 crédits sur l'ensemble des cours de première année ;
- obtenir une note suffisante pour être classé en ordre utile lors de l'épreuve spécifique organisée dans le cadre de ce concours à l'issue du deuxième quadrimestre. Cette épreuve porte sur l'ensemble des cours dispensés au second quadrimestre de la première année.

A l'issue des années académiques 2015-2016 et 2016-2017, les étudiants dits « reçus-collés » des cinq institutions universitaires francophones, c'est-à-dire ceux qui ont engrangé au moins 45 crédits mais n'ont pas été classés en ordre utile au concours dans leur université, ont collectivement introduit un recours devant le Conseil d'Etat afin d'invalider le concours et de les autoriser à poursuivre leur cursus en deuxième année. Le Conseil d'Etat leur a donné raison en jugeant bancales les bases juridiques de ce concours.

1.2.6 Instauration d'un examen d'entrée (mise en application en juillet 2017)

Face à ce problème, la Fédération Wallonie-Bruxelles décide de remplacer le TOSS, toujours en vigueur, ainsi que le concours organisé en fin de première année de bachelier, par un examen d'entrée permettant l'accès aux études de médecine et de sciences dentaires (décret du 29/03/2017). Cet examen est organisé par l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) lors de deux sessions, l'une en juillet et l'autre en septembre (à l'exception de 2017 où seule la session de septembre a été organisée). Même s'il ne s'agit pas d'un concours (épreuve fixant un nombre de lauréats sans seuil minimal de note à atteindre),

⁵ Un tel concours avait déjà été instauré entre 1997 et 2005 en fin de troisième année, puis entre 2005 et 2008 à la fin de la première année

⁶Le numéro INAMI (INAMI, s. d.) est un numéro octroyé par le Service Public Fédéral de la Santé publique permettant aux professionnels de la santé d'exercer leur métier en Belgique et de permettre que le patient soit remboursé par son assurance ou sa mutualité.

mais bien d'un examen d'admission (tous les candidats répondant aux critères de notes minimales sont lauréats), le Gouvernement Fédéral garantit à chaque étudiant le précieux numéro INAMI s'il parvient au bout du deuxième cycle d'étude. Chaque étudiant entrant en cours de premier ou deuxième cycle est également contraint de réussir cet examen d'admission.

L'examen d'entrée porte sur huit matières réparties en deux parties.

- Une première partie teste les candidats sur les connaissances scientifiques de base dans quatre matières : la biologie, la chimie, les mathématiques et la physique.
- Une deuxième partie relative à la communication et à l'analyse critique de l'information s'intéresse à la dimension humaniste de la pratique médicale et dentaire, et regroupe également quatre matières : raisonnement et synthèse, communication, éthique et empathie.

Pour être lauréat, le candidat doit obtenir une note minimale de 8/20 dans chacune des huit matières testées, et une note moyenne de 10/20 à chaque partie.

Lors de son inscription à l'examen d'entrée, le candidat choisit dans quelle institution il suivra ses études en cas de réussite à cette épreuve. Dans le cas où le nombre de non-résidents ayant réussi cet examen d'admission est supérieur à 30 % du nombre total de lauréats, une sélection est mise en place parmi ces non-résidents afin que ce seuil ne soit pas dépassé (décret du 25/05/2007, modifié le 12/07/12).

Il a été constaté que de nombreux étudiants ayant échoué à l'examen d'entrée aux études de médecine et de dentisterie (EXMD) choisissent de s'inscrire en sciences biomédicales ou en sciences pharmaceutiques. Leurs objectifs sont d'une part de se préparer au mieux avant de représenter l'EXMD, et d'autre part, de valider quelques crédits qu'ils pourront valoriser s'ils rejoignent finalement les filières médicales ou dentaires.

Le premier objectif est basé sur le fait qu'à la différence du programme de cours en sciences dentaires et en sciences médicales, aucun prérequis n'est imposé aux filières biomédicales et pharmaceutiques. Cela signifie que de la matière déjà enseignée dans le secondaire est ré-enseignée dans différents cours du premier quadrimestre. Cela est particulièrement le cas en physique. La quasi-totalité des connaissances à maîtriser pour réussir la partie consacrée à la physique à l'EXMD (ARES, s. d.b) fait partie du programme du cours de physique dispensé au premier quadrimestre en sciences pharmaceutiques (ULiège, 2023a) et en sciences biomédicales (ULiège, 2023b), alors que ces matières ne figurent bien sûr pas dans le cours de physique destiné aux candidats médecins et dentistes (ULiège, 2023c).

Certains des dispositifs développés dans le cadre de cette thèse ont d'ailleurs été également proposés aux étudiants de ces filières.

Concernant le second objectif, il est à noter qu'une quarantaine de crédits au maximum dans les filières biomédicales et pharmaceutiques peuvent être valorisés en médecine ou en dentisterie. Cela signifie que si un étudiant, ayant échoué à l'EXMD, s'inscrit en sciences biomédicales ou en pharmacie, y réussit les crédits valorisables en médecine, représente l'EXMD et le réussit, il lui restera moins de la moitié des crédits de première année de bachelier à valider lors de son entrée dans sa nouvelle filière.

Le nombre de lauréats a progressivement diminué au cours des années et est finalement descendu sous la limite du nombre de numéros INAMI en 2021 et en 2022.

1.2.7 Réforme du décret « Paysage » (mise en application en septembre 2022)

Constatant une diminution du taux de diplomation dans l'enseignement supérieur et un allongement de la durée des études, le Parlement de la Fédération Wallonie-Bruxelles a voté une réforme du décret « Paysage » en décembre 2021. Cette réforme poursuit l'objectif principal d'amener les étudiants plus rapidement à l'obtention de leur diplôme. Pour cela, cette réforme veut notamment :

- clarifier la notion de réussite en réinstaurant des balises claires (les 60 premiers crédits doivent être emmagasinés en maximum deux ans, les 120 premiers crédits en maximum quatre ans et les 180 crédits de bachelier en maximum cinq ans) ;
- favoriser les réorientations rapides ;
- améliorer et intensifier l'aide à la réussite (des budgets spécifiques supplémentaires sont octroyés pour cela).

1.2.8 Remplacement de l'examen d'entrée par un concours d'entrée (mise en application en juillet 2023)

Le 17/11/2022, la Fédération Wallonie-Bruxelles a modifié son décret du 29/03/2017 pour fixer de nouvelles règles d'admission aux études de médecine et dentisterie. Dès la rentrée 2023, un concours d'entrée sera imposé aux candidats à ces deux filières d'étude. Chaque année, le nombre de lauréats par filière est fixé par arrêté gouvernemental de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Le fait qu'il s'agisse maintenant d'un concours modifie considérablement les règles d'admission. En effet, le candidat ne doit plus satisfaire à chaque matière et à chaque partie. Il doit « simplement » être classé en ordre utile sur la base de la note globale qu'il obtient sur l'ensemble des huit matières.

En conséquence, il est possible d'obtenir une note globale inférieure à 10/20 mais d'être cependant lauréat à la condition d'être suffisamment haut dans le classement regroupant l'ensemble des candidats dans sa filière et du même statut (résident ou non-résident). Par extension, il est tout à fait possible d'être lauréat tout en ayant échoué largement à une ou plusieurs matières. En particulier, il est donc possible qu'un étudiant entame son cursus en médecine ou en dentisterie en ayant des lacunes graves et nombreuses dans une voire plusieurs matières.

1.3 Catalyseur 3 – Attitudes des étudiants

1.3.1 Autonomie des étudiants

La diversité des profils des étudiants, conséquence de la massification des populations, et les multiples réformes touchant à l'organisation des études, et donc des cours, ne sont pas les seules difficultés auxquelles l'équipe pédagogique doit faire face. En effet, puisqu'il s'agit ici d'un cours de première année de bachelier, tous les apprenants se retrouvent dans une transition secondaire-supérieur qui les fait passer, en Belgique francophone, d'un statut "d'élève" accompagné dans son parcours jusqu'à la fin de l'enseignement secondaire, à un statut "d'étudiant" qui se trouve livré à lui-même et doit trouver son autonomie dans son parcours dans l'enseignement supérieur.

À titre d'exemple, il est attendu d'un élève en dernière année de l'enseignement secondaire qu'il se rende tous les jours à l'école (c'est une obligation légale), tienne à jour ses cahiers ou fardes de cours, qu'il remplisse quotidiennement son journal de classe ou son carnet de bord, qu'il fasse régulièrement signer le tout par ses parents ou tuteurs légaux (ce qui se comprend d'un point de vue légal), qu'il étudie régulièrement (ce qui est encouragé par la mise en place d'interrogations régulières), etc... Une fois engagé dans un parcours supérieur, l'étudiant n'a plus à tenir de carnet de bord, organise ses cours comme il le souhaite, puisque personne ne vérifie si ses documents de cours sont en ordre et à jour, peut se permettre à ses risques et périls de « brosser les cours » puisque les présences ne sont généralement prises qu'aux séances de travaux pratiques, n'est pas tenu d'étudier régulièrement (bien que cela soit conseillé) puisqu'il ne sera interrogé qu'à la fin du quadrimestre dans la majorité des cours inscrits à son programme, etc... Il est donc attendu de l'élève devenant étudiant qu'il acquière (très) rapidement une

forme d'autonomie importante, presque par magie, durant les vacances d'été séparant la fin de l'enseignement secondaire de son entrée à l'université ou dans l'enseignement supérieur, et qu'il soit donc notamment en capacité de gérer l'organisation de son travail.

Cette capacité d'être autonome, c'est celle de se gouverner par ses propres lois et de définir pour soi de manière indépendante et libre. David (2016) précise :

« Du point de vue des professeurs, l'enjeu de l'autonomie est étroitement lié à celui de la réussite des étudiants aux examens et à leur passage dans l'année supérieure. Il s'agit d'une autonomie intellectuelle : elle désigne le fait d'apprendre par soi-même, d'organiser son travail personnel, de sélectionner les savoirs importants, de choisir les manières appropriées de travailler » (David, 2016, p. 116).

Pour certains étudiants, cela va de soi à l'entrée, mais à d'autres, il faudra un certain temps d'adaptation pour acquérir cette nouvelle autonomie.

Bien qu'il parle de la transition secondaire-supérieur en France, ce qu'indique Cosnefroy (2012) peut être compatible avec la situation en Belgique francophone :

« Le passage de l'enseignement secondaire à un cursus universitaire classique, en présentiel, requiert un développement de l'autonomie chez l'apprenant. Au lycée, le contrôle des connaissances s'effectue de façon rapprochée à l'aide d'une combinaison de devoirs sur table et de devoirs à la maison qui contraignent l'élève à une distribution régulière de l'effort. L'évaluation universitaire repose sur peu d'écrits, et souvent même sur un seul (le « partiel » en fin de semestre⁷). Dans ces conditions, le but à atteindre, valider l'unité d'enseignement, devient un but à long terme, et c'est à l'étudiant de se donner des buts intermédiaires qui le préparent à cette échéance, ce que beaucoup d'entre eux ont du mal à effectuer lorsqu'ils arrivent à l'université (Lowe & Cook, 2003). Les tâches données à l'université ont aussi tendance à être plus faiblement structurées que celles données au lycée » (Cosnefroy, 2012, p.112).

Par ailleurs, les stratégies d'apprentissage évoluent avec la transition écologique symbolisée par le changement d'établissement d'enseignement. Autant l'apprentissage par cœur, qui est limité à une approche en surface, permet à l'élève de l'enseignement secondaire de performer, autant à l'université, ce type de

⁷ Dans le cas de l'enseignement supérieur en Fédération Wallonie-Bruxelles, il s'agit d'examen en fin de quadrimestre

stratégie est inadaptée. En effet, la quantité de matière à mémoriser y est trop conséquente, mais surtout, c'est un apprentissage en profondeur qui est souvent visé dans l'enseignement supérieur. Cela oblige les nouveaux étudiants à s'adapter au niveau attendu (Larue et Hrimech 2009 ; Meunier et al., 2014). Pour cela, l'enseignant se doit de veiller au « *comment apprendre* » de ses étudiants pour mieux les accompagner dans le développement de leur capacité à apprendre et à s'autoréguler, c'est-à-dire les rendre capables de puiser en eux-mêmes les ressources nécessaires pour se mettre au travail, persévérer et s'adapter à leur environnement. Pour y parvenir, il les amènera à apprivoiser les stratégies d'apprentissage » (Ménard, 2021, p. 4). Trois types de stratégies se distinguent (Ménard, 2021 ; Pintrich et al., 1991) :

- *Les stratégies cognitives* qui permettent de traiter et organiser l'information reçue (répétition, organisation et élaboration de l'information...).
- *Les stratégies d'autorégulation métacognitives* qui aident l'étudiant à contrôler ses processus cognitifs, à comprendre ses propres méthodes de travail, et à évaluer l'efficacité des stratégies cognitives qu'il emploie pour accomplir une tâche, le tout dans le but d'ajuster ses méthodes d'apprentissage.
- *La gestion des ressources*, c'est-à-dire la capacité de l'étudiant à organiser son environnement d'apprentissage pour optimiser l'efficacité des stratégies cognitives et métacognitives qu'il utilise, tout en préservant sa motivation à apprendre.

Ces trois types de stratégies doivent évidemment être mobilisées pour performer à l'université, mais la gestion des ressources devient de plus en plus cruciale à l'université, car les nouvelles technologies offrent aux étudiants un accès toujours plus large à une multitude de ressources disponibles, rendant nécessaire une organisation efficace de leur environnement d'apprentissage.

Au vu des difficultés engendrées par cette transition de l'enseignement secondaire vers l'enseignement supérieur, de l'anxiété peut naître chez les nouveaux étudiants. Comme l'indique Wathelet et Vieillevoye dans l'ouvrage « Evaluation et enseignement supérieur » de Romainville et al. (2013), bon nombre d'étudiants voient ce passage comme un « choc culturel » (Beaumont et al., 2011) et, même s'ils prennent conscience qu'ils vont devoir apprendre de manière plus indépendante, ils doutent de leurs capacités et se sentent dépourvus d'accompagnement de la part de l'équipe enseignante.

En Fédération Wallonie-Bruxelles, de nombreuses obligations (présence à l'école, signature des parents ou tuteurs, ...) dans l'enseignement secondaire sont fixées par un cadre légal. Cependant, il pourrait être intéressant d'en assouplir

progressivement certaines, lors des deux dernières années par exemple, afin de préparer l'élève à devenir de plus en plus autonome. Cela pourrait concerner la tenue de son journal de classe ou de ses cours (bien que cela est toujours d'actualité pour des raisons d'homologation de diplôme) ou être réalisé par le biais d'un espacement temporel grandissant entre les évaluations. L'élève serait alors confronté à des échéances progressivement plus lointaines et pour lesquelles la quantité de matière augmenterait progressivement également, entamant ainsi l'élève dans sa transition entre les enseignements secondaire et supérieur.

Les universités et autres écoles d'enseignement supérieur n'ayant pas la main sur ce type de décision, il convient dès lors qu'elles s'adaptent en proposant au début du premier cycle un programme amenant l'étudiant progressivement vers plus d'autonomie. Cela peut être notamment réalisé par la modification de pratiques pédagogiques bien ancrées à l'université en les rendant plus proches de celles pratiquées à la fin de l'enseignement secondaire (évaluations régulières, planning de travail, suivi du travail de l'étudiant, ...). Certaines adaptations pédagogiques seront d'ailleurs présentées ci-après.

Dans plusieurs établissements d'enseignement supérieur, des cellules d'accompagnement des étudiants ont été créées dans le but de les aider à organiser leur travail, trouver des méthodes de travail qui leur conviennent, apprendre à prendre note ou à rédiger des synthèses, ... A l'Université Libre de Bruxelles, l'accent est notamment mis sur la transition entre les enseignements secondaire et supérieur. Le projet « Transition » propose aux étudiants un accompagnement personnalisé au cours de leur première année (ULB, s. d.). L'Université Catholique de Louvain propose également un dispositif d'accompagnement et de soutien tout au long de l'année (UCLouvain, s. d.) comprenant notamment des tests d'orientation en début d'année ou une semaine de blocus encadré. A l'Université de Liège, le *Service Guidance Etude* « est à la disposition des étudiant-e-s afin de les soutenir tout au long de l'année, et selon leurs besoins spécifiques, dans les différents aspects de leur méthode de travail et de leur organisation » (ULiège, s. d.a). Il est notamment proposé aux étudiants des séminaires organisés à des moments-clés de l'année pour les aider à bien entamer leur année académique, travailler efficacement, planifier et organiser son travail en amont et durant la session d'examens, ... Des rendez-vous individuels peuvent également être demandés par les étudiants auprès des conseillers pédagogiques de cette cellule afin de discuter et de se faire conseiller concernant les méthodes et l'organisation du travail ainsi que de la gestion du temps. Ce dernier élément est un élément important lié à la performance académique (Paivandi, 2018).

Outre ces aspects liés à l'accompagnement de l'étudiant au cours de sa première année universitaire, l'autonomie peut être facilitée par différentes méthodes et pratiques pédagogiques rendant l'étudiant plus actif.

Il n'est, en effet, pas rare d'entendre de nombreux enseignants dans les universités se plaindre de la passivité grandissante au fil des ans des publics d'étudiants. Ces enseignants considèrent que les étudiants adoptent trop souvent une posture passive et ne s'engagent pas suffisamment dans leur programme d'étude et les tâches qu'ils sont censés accomplir. Albero (2014) indique que « *L'enseignement, quel qu'il soit, est sous contrôle de l'enseignant, vise principalement une transmission d'information qui, malgré la variété de ses formes (classique ou plus active, médiatisée synchrone ou différée, etc.), reste à traiter par l'apprenant (mémorisation, synthèse, enrichissement documentaire, etc.) pour la transformer en apprentissage en vue d'élaborer une connaissance* » (Albero, 2014, p. 11). De nombreuses séances d'enseignement à l'université reposent d'ailleurs toujours principalement sur des cours ex-cathedra. Or, l'enseignement frontal et transmissif où un expert délivre son message à un auditoire de novices placés dans un rôle de simple récepteur de ce savoir ne correspond probablement plus aux attentes des étudiants à notre époque. Les étudiants ne jugent pas nécessairement négativement la façon dont l'enseignement universitaire est dispensé, mais ils trouvent certaines méthodes plus motivantes et engageantes que d'autres (Bru, 2004 ; Duguet, 2014). Le choix de pratiques pédagogiques plus actives peut donc s'avérer être une piste de solution. Même si certains étudiants adopteront toujours une posture passive, quels que soient les outils mis à leurs dispositions, l'effet global peut être bénéfique.

Galand (2023) identifie les éléments favorisant l'engagement des étudiants (Figure 1.2). Pour l'auteur, l'engagement des étudiants dépend des perceptions que l'étudiant a du contexte, et celles-ci impactent les perceptions qu'il a de lui. Toutes ces perceptions déterminent alors l'engagement dans l'activité.

Les perceptions du contexte comprennent des éléments comme

- la structure que l'enseignant met en place en expliquant clairement les règles et en vérifiant la compréhension par exemple,
- le soutien à l'autonomie en offrant des choix dans les activités et en valorisant les idées des étudiants, et,
- l'implication de l'enseignant en s'intéressant personnellement aux besoins des étudiants et en étant attentif à leur progrès.

Ces facteurs créent un environnement qui influence positivement la manière dont les étudiants se perçoivent eux-mêmes dans le cadre de leur apprentissage. Ces

perceptions de soi, qui incluent le sentiment d'efficacité, l'autodétermination et le sentiment d'appartenance, jouent alors un rôle clé dans l'engagement. Autrement dit, lorsque les étudiants se sentent compétents, autonomes et intégrés dans leur environnement d'apprentissage, ils sont plus susceptibles de s'engager pleinement. Cet engagement se traduit par des comportements actifs, un investissement émotionnel et un effort cognitif soutenu.

En résumé, Galand souligne que pour encourager un engagement profond et durable, il est essentiel que les enseignants façonnent un contexte favorable, car celui-ci nourrit les perceptions de soi des étudiants, lesquelles influencent directement leur engagement dans l'activité d'apprentissage.

D'où vient l'engagement ?

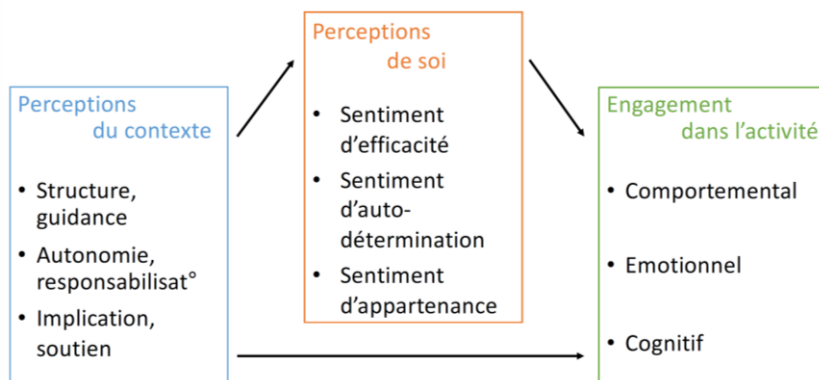


Figure 1.2 : L'engagement est déterminé par les perceptions du contexte et les perceptions de soi de l'étudiant (Galand, 2023).

1.3.2 Métier d'étudiant

« La transition entre les enseignements secondaire et supérieur n'est donc pas simple. Comme l'indique Coulon (1997), « l'entrée et la réussite dans l'enseignement supérieur relèvent d'un apprentissage, d'une acculturation et ceux qui ne parviennent pas à s'affilier échouent ». Cette adaptation à leur nouveau « métier d'étudiant » est influencée par différentes caractéristiques personnelles qui ont abondamment été abordées dans la littérature (Beaupère & Boudesseul, 2009 ; Bruffaerts et al., 2011 ; Michaut & Romainville, 2012 ; Morlaix & Suchaut, 2012). En particulier, le milieu socio-économique d'origine, et surtout le parcours scolaire antérieur (Michaut, 2000 ; Morlaix & Suchaut, 2012 ; Romainville, 2001) sont des facteurs déterminant grandement les chances de réussite à l'université.

Michaut et Romainville (2012) mettent également en évidence d'autres facteurs permettant d'expliquer la réussite, l'échec et l'abandon dans l'enseignement supérieur (Figure 1.3). C'est le cas notamment des caractéristiques psychologiques et parmi celles-ci, la motivation. Les auteurs précisent que la motivation « est influencée par différents facteurs psychologiques : valeur du but, attente de réussite, sentiment de contrôle sur la situation d'apprentissage et sentiment d'être compétent dans le domaine (Amadiou & Tricot, 2015). Il convient toutefois de préciser que les facteurs motivationnels sont corrélés aux capacités cognitives des étudiants et qu'ils sont d'un poids moins prédominant que celui de la scolarité antérieure en début de parcours universitaire (Lambert-Le Mener, 2012) » (Michaut & Roche, 2017, p. 3).

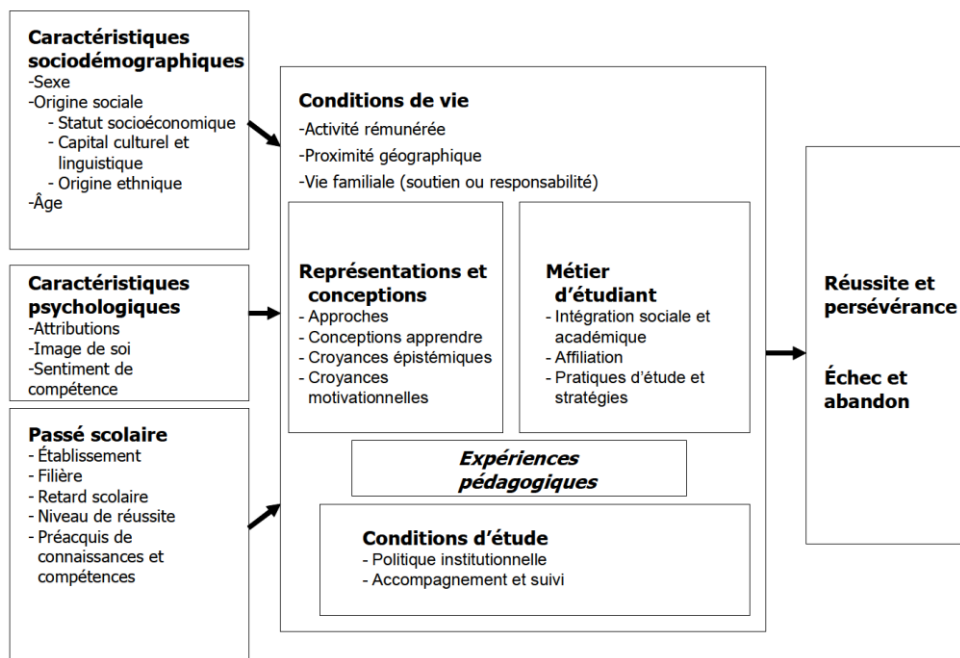


Figure 1.3 : Michaut et Romainville (2012) illustrent les facteurs permettant d'expliquer la réussite, l'échec et l'abandon à l'université.

Il est important de noter également que la manière dont les étudiants voient leur rôle a évolué au cours du temps. Les besoins, les attentes et les exigences des étudiants se sont diversifiés. Ils sont devenus plus assertifs, surtout lorsqu'ils se perçoivent comme des consommateurs payant un service (Ellis & Goodyear, 2013). Cela peut être la conséquence d'une évolution de la société marquant le fait qu'auparavant, à la sortie de l'enseignement obligatoire, un jeune adulte entrait dans le monde du travail ou entamait des études supérieures. Les étudiants entamant des études supérieures provenaient généralement de milieux socio-économiques aisés et pouvaient donc se consacrer à temps plein à leurs études.

Les massifications et la démocratisation de l'enseignement supérieur ont pour conséquence que de plus en plus d'étudiants sont obligés de contracter un job ou emploi d'étudiant pour pouvoir financer leurs études (minerval, syllabus, résidence étudiante...) et leur vie quotidienne (nourriture, sorties...). Ainsi, la précarité étudiante gagne du terrain. En effet, le nombre d'étudiants devant bénéficier d'un revenu d'intégration sociale n'a fait que croître ces dernières années (Ligue de l'enseignement et de l'éducation permanente, 2017 ; Thomas, 2017).

Ces conditions de vie (Figure 1.3) influencent les chances de réussite (Michaut et Romainville, 2012) et, en particulier, cette augmentation des emplois d'étudiant ont été étudiées, tant en France (Béduwé & Giret, 2018 ; Béduwé et al., 2019), qu'en Belgique francophone (Sogan, 2020). Le fait de devoir contracter un emploi d'étudiant impacte considérablement le temps de travail personnel consacré aux études (Beaud, 1997 ; Wolff, 2017 ; Béduwé & Giret, 2018), et augmente le risque d'échec académique. Giret et al. (2016) montrent qu'un étudiant travaillant au moins 15 heures par semaine en dehors de son parcours académique double son risque d'échec.

On peut en effet concevoir que si un étudiant doit cumuler un emploi d'étudiant avec ses études, son temps de travail personnel et son assiduité aux activités d'apprentissage organisées seront revus à la baisse, puisque son engagement dans l'apprentissage sera moindre. Or, ces facteurs sont associés à la réussite (Michaut et Roche, 2017). Une réduction du temps de travail personnel impacte directement aussi la qualité de l'apprentissage. En effet, les étudiants disposant de peu de temps à consacrer à leurs études en dehors des cours et de leur emploi peuvent se contenter de simplement relire leurs notes ou d'accumuler un nombre impressionnant de ressources (notes de cours diverses, résumés, synthèses, tuyaux, ...) en prenant rarement le temps de les analyser et de les travailler en profondeur. Ce type de processus est facilité à notre époque par la facilité toujours croissante grâce aux outils numériques, d'accéder à de l'information. Dans ces cas de figure, les étudiants restent alors dans des stratégies superficielles. Et celles-ci sont moins profitables que des stratégies d'apprentissage en profondeur comme les lectures complémentaires, la réalisation de synthèse ou de résumé, etc... (Michaut et Roche, 2017).

1.3.3 Compétences numériques

Outre l'évolution du métier d'étudiant, ces dernières décennies ont été marquées par une révolution numérique. Tant les outils numériques que les appareils permettant de les utiliser sont de plus en plus nombreux et performants. Certains auteurs affirment que l'apprentissage totalement ou partiellement organisé en ligne permet de fournir une éducation accessible et à jour à tous les âges et

milieux sociaux, indépendamment du temps et du lieu (Ayu, 2020) et qu'internet est le seul moyen pour l'éducation de briser les barrières de l'injustice, de fournir des opportunités aux jeunes de devenir vraiment des apprenants du 21e siècle et de leur permettre d'apprendre de manière à répondre à leurs besoins et styles d'apprentissage (Elango et al., 2008). Depuis de nombreuses années maintenant, nombre d'universités ont d'ailleurs adopté l'intégration de l'apprentissage en ligne dans leurs programmes afin de répondre à la diversité des styles et des exigences d'apprentissage (Turney et al., 2009). Kasworm (2011) souligne que l'apprentissage en ligne offre une flexibilité de travail, facilite l'accès aux ressources éducatives adaptées aux besoins individuels des apprenants et fournit des supports interactifs favorisant un accès simple à l'information.

Cette révolution numérique doit nous pousser à questionner des hypothèses et des croyances sur l'apprentissage qui sont profondément ancrées dans nos pratiques d'enseignement (Castañeda & Selwyn, 2018 ; Eberle et al., 2016 ; Leander et al., 2010). Elles favorisent les interactions constantes entre les individus, les technologies, les ressources et divers types d'environnements éducatifs (Akkerman & Bakker, 2018 ; Fischer et al., 2018). Cela a comme conséquence que les espaces d'apprentissage, dans toute leur diversité, ont été rendus plus flexibles et dynamiques par ces transformations. En particulier, il existe un intérêt de longue date pour les approches pédagogiques et technologiques qui cherchent à dépasser les limites institutionnelles, disciplinaires, sociales et culturelles. L'objectif est de créer des environnements d'apprentissage élargis, affranchis des contraintes temporelles, spatiales et géographiques. Cela inclut, par exemple, les environnements d'apprentissage personnalisés (Wilson et al., 2006), les communautés d'apprentissage en ligne (Scardamalia & Bereiter, 2006) et les MOOCs, autrement dit les cours en ligne ouverts et massifs (Karsenti, 2013 ; Jeong et al., 2017).

Ayu (2020) pense toutefois que l'apprentissage en ligne ne peut pas remplacer les méthodes d'enseignement traditionnelles, mais il peut les compléter en fournissant des matériaux plus interactifs et un accès plus facile à l'information. On tend alors plutôt vers l'hybridation des formations, et cette démarche est maintenant régulièrement engagée, en particulier dans des cadres éducatifs formels, car elle permet de tirer parti des avantages fournis par le présentiel comme par le distanciel.

Pour que l'apprentissage aidé par les outils numériques soit efficace, il faut que les étudiants possèdent les compétences nécessaires. Ellis et Goodyear (2013) relèvent que les étudiants sont devenus plus compétents en matière de technologie, même s'ils ne sont pas sûrs de la meilleure façon de l'utiliser à des fins d'apprentissage. Mais cette affirmation n'est pas partagée par tous. En effet, Michaut et Roche

(2017) indiquent que « les analyses montrent que les étudiants s’emparent assez peu des outils numériques pour étudier en profondeur et que lorsqu’ils les utilisent, c’est essentiellement dans une visée instrumentale » (Michaut et Roche, 2017, p. 1).

Ces auteurs mettent par ailleurs en doute l’effet bénéfique que le numérique pourrait prétendument avoir sur la réussite académique. Ils relèvent aussi que :

« la multiplicité des matériels connectés (ordinateur, smartphone, tablette, etc.) et des ressources numériques peut conduire les étudiants à adopter des usages différents de ceux prescrits par l’institution ou par les enseignants : se servir d’un smartphone comme calculatrice ou pour envoyer des messages textes (SMS), télécharger les cours produits par d’autres étudiants plutôt que prendre des notes durant les enseignements ou encore plagier des documents (Guibert & Michaut, 2011) » (Michaut et Roche, 2017, p.3).

Il est donc utile de développer les compétences numériques des étudiants, ou, à tout le moins, de les guider vers les outils qui pourront les aider dans leur apprentissage en fonction de leur profil. L’analyse de l’apprentissage, ou learning analytics, autrement dit « la mesure, la collecte, l’analyse et la présentation de rapports basés sur des données et des traces des apprenants et de leurs contextes d’apprentissage, dans le but de comprendre et d’optimiser l’apprentissage et les environnements dans lesquels il se produit » (Traduction de Siemens & Long, 2011, p. 34), peuvent aider les équipes pédagogiques à opérer ce guidage.

1.4 Catalyseur 4 – Les conceptions alternatives en physique

Si les niveaux diffèrent à l’entrée sur le plan de la formation générale, cette diversité se répercute dans la dimension proprement disciplinaire. Chaque élève ou étudiant possède, depuis son enfance, ses propres représentations du monde qui l’entoure. Ces représentations, couplées à l’aspect contre-intuitif de certaines lois, au regard de l’expérience du quotidien, donnent naissance à des conceptions alternatives qui compliquent l’apprentissage de la physique pour bon nombre d’étudiants (Cormier, 2015 ; Thouin, 1985 ; Viennot, 1996).

Ces représentations biaisées, appelées « conceptions spontanées », « conceptions erronées » (« misconceptions » en anglais) et autres « conceptions alternatives » ont été étudiées depuis maintenant plusieurs décennies. Certains auteurs (Mintzes et al., 1997 ; Cormier, 2012), font le choix de les nommer « conceptions alternatives » afin d’éviter la connotation négative qu’ont les autres dénominations. C’est ce choix que nous appliquerons également dans la suite de cette thèse.

Ces conceptions ou représentations alternatives sont particulièrement présentes dans les raisonnements des élèves dans le cadre de leur apprentissage de la physique, et ce, à tous les niveaux scolaires, du primaire au supérieur. Etant donné l'importance de ce facteur, une recherche approfondie a été menée auprès de l'ensemble des étudiants de première année de bachelier à l'Université et ayant un cours de physique inscrit à leur programme d'étude. Cette recherche est présentée dans le chapitre 2 de cette thèse.

1.5 Conclusions

La transition entre les enseignements secondaire et supérieur est en soi une étape complexe, souvent rendue plus difficile par le contexte dans lequel elle s'opère. L'étudiant est amené à travailler de plus en plus en autonomie et à devenir acteur de sa formation. Pour que cette transition se traduise par une réussite, les institutions doivent mettre en place des outils adaptés, offrir un accompagnement minimal, notamment durant la première année, et ajuster leurs pratiques pédagogiques.

« Aujourd'hui, que ce soit par l'évolution de la société, les contraintes structurelles ou même la diversification des étudiant-es ; l'enseignement supérieur est de plus en plus confronté à la nécessité de diversifier ses activités d'apprentissages et de se détacher progressivement d'un enseignement magistral comme unique dispositif d'enseignement. Face à ces changements, une place de plus en plus importante est souvent laissée à l'étudiant-e dans son apprentissage. Celui-ci-celle-ci devient progressivement la première actrice ou le premier acteur de son apprentissage et de sa réussite dans des dispositifs dits issus de la pédagogie active » (De Clercq et al., 2020, p. 56).

Malgré les défis persistants liés au sous-financement, à l'augmentation des effectifs étudiants ou à la concurrence croissante, tant au niveau des étudiants que des chercheurs pour les financements, les universités se questionnent, se remettent en question, se diversifient et innovent pour fournir un meilleur soutien à ces étudiants (Ellis & Goodyear, 2013). Sans cesse, les universités tentent d'améliorer les programmes de cours et leur cohérence, les méthodes d'enseignement, les systèmes d'évaluation... afin qu'un maximum d'étudiants soient équipés pour faire face aux défis incertains du XXIème siècle (Barnett, 2011 ; Kalantzis & Cope, 2012 ; Ellis & Goodyear, 2013). Dans ce cadre, l'e-learning apparaît comme une solution prometteuse, offrant une flexibilité accrue grâce à des outils asynchrones, des podcasts de cours, etc. Cependant, pour que cette approche soit véritablement efficace, il est indispensable que l'étudiant acquière

les compétences nécessaires pour s'organiser, planifier et jongler entre ses tâches académiques et parfois professionnelles, en d'autres termes, pour devenir autonome.

Dans cette optique, et compte tenu de la diversité des publics et des méthodes d'apprentissage, une approche écologique de l'apprentissage semble une voie crédible à explorer. En effet, il devient impensable de proposer un parcours d'apprentissage unique pour tous. Pour répondre efficacement à cette hétérogénéité et aux besoins de chacun en fonction de ses propres aptitudes et compétences, il est essentiel de développer des outils et des ressources pédagogiques qui pourront servir d'extensions à l'écologie d'apprentissage propre à chaque étudiant. Le concept d'écologie d'apprentissage sera étudié en profondeur dans le chapitre 3. À titre d'introduction, il se réfère à un environnement d'apprentissage diversifié et adaptatif, constitué d'un ensemble d'outils, de ressources et de relations pédagogiques. Cet environnement permet à chaque étudiant de composer son propre parcours d'apprentissage en fonction de ses besoins spécifiques, tout en s'enrichissant au fur et à mesure que de nouvelles ressources et méthodes sont intégrées.

Ces extensions, accessibles à tous, permettent à chacun de composer son propre chemin d'apprentissage, en fonction de ses besoins spécifiques. Le rôle de l'équipe enseignante consiste alors, entre autres, à guider les étudiants vers les ressources les plus adaptées à leur profil, afin de maximiser leur potentiel et leurs chances de réussite.

Le projet de cette thèse vise donc à développer des outils et des ressources pédagogiques que les étudiants pourront mobiliser pour enrichir et étendre leur propre écologie d'apprentissage. Ce travail de développement de ressources est centré sur les conceptions alternatives en physique de l'étudiant, et en particulier ses représentations alternatives, la motivation et l'engagement de l'étudiant, son autonomie et donc plus globalement les aspects académiques liés à son métier d'étudiant. L'objectif est d'accompagner les étudiants vers plus d'autonomie, de persévérance et, in fine, de réussite. Le suivi de leur apprentissage et l'accompagnement dans ce processus sont des leviers essentiels pour atteindre ces objectifs (Figure 1.4).

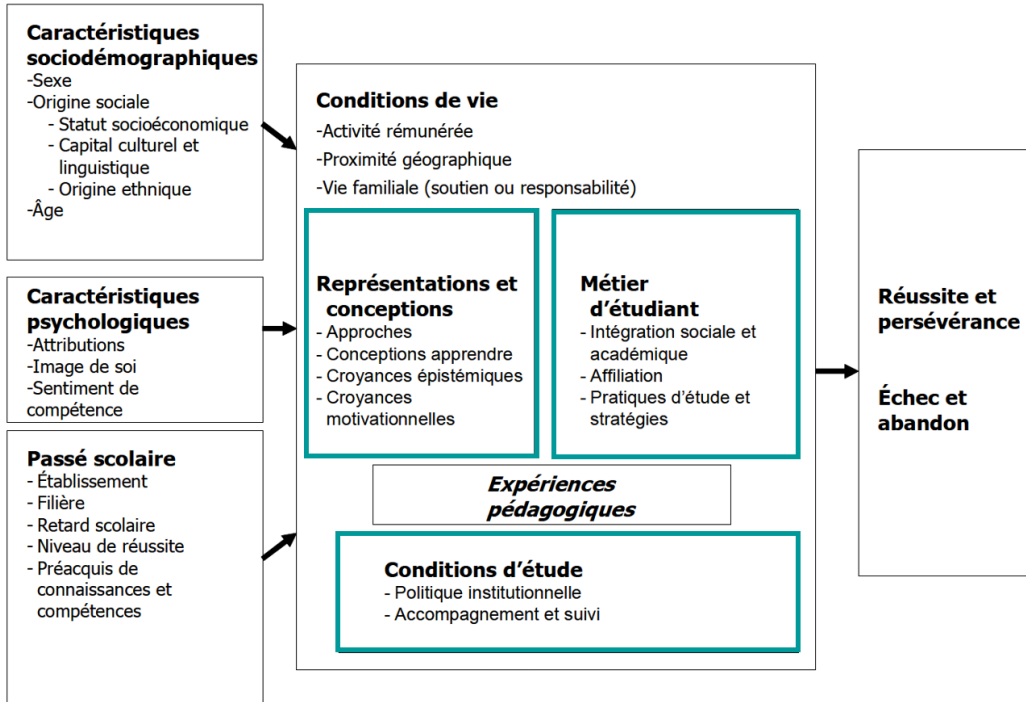


Figure 1.4 : Les développements pédagogiques réalisés dans le cadre de cette thèse concernent les conceptions de l'étudiant, les conditions dans lesquels il étudie et son rôle dans son métier d'étudiant.

Chapitre 2 – Conceptions alternatives en mécanique

2.1 Introduction

Les conceptions ou représentations alternatives sont particulièrement présentes dans les raisonnements des élèves lors de leur apprentissage de la physique, et ce, en raison du rapport de ce cours avec le réel. Il est courant que l'apprentissage soit altéré et perturbé par des intuitions des élèves basées sur des observations réalisées dans différentes situations de la vie quotidienne. Mais celles-ci peuvent être biaisées ou incomplètement analysées. En particulier, des raisonnements du type « le mouvement implique une force » (Clement, 1982) sont le résultat de la présence pratiquement systématique de frottements sur Terre, mais n'est pas une loi générale de la mécanique.

De nombreuses études (Viennot, 1978 ; Champagne et al., 1980 ; Caramazza et al., 1981 ; Clement, 1982 ; McCloskey, 1983 ; Thouin, 1985 ; Goldberg & McDermott, 1987 ; Closset, 1989 ; Nicoll, 2001 ; Tiberghien & Vince, 2005 ; Coppens, 2007 ; Cormier, 2012 ; Daud et al., 2015 ; Lebrun & De Hosson, 2017) ont examiné la présence de conceptions alternatives dans les raisonnements des élèves et étudiants à différents stades de scolarité et d'âge. Nous avons voulu vérifier ce qu'il en était auprès de l'ensemble des étudiants de l'Université de Liège inscrits en première année de bachelier et ayant un cours de physique dans leur programme de cours en leur proposant un ou plusieurs tests de physique, dont le premier a été organisé avant toute activité d'apprentissage à l'université. En particulier, l'attention se porte sur une conception alternative particulièrement bien documentée dans la littérature scientifique, l'adhérence force-vitesse.

Après avoir approfondi la notion de conception alternative dans ce chapitre grâce à un tour d'horizon des définitions fournies par la littérature scientifique, ce chapitre présente les résultats de la recherche empirique mentionnée.

2.2 Cadre théorique

Ces conceptions alternatives, de manière générale d'une part, et spécifiquement dans l'apprentissage de la physique d'autre part, ont été abondamment étudiées, y compris dans le cadre de l'enseignement de la physique à l'université. La littérature scientifique regorge donc de définitions.

De manière générale d'abord, Verhaeghe et al. (2004) voient les conceptions comme « *l'explication que se fait un individu du monde qui l'entoure, et ce via des modèles explicatifs dont il dispose. Ceux-ci sont inadapés et peuvent donc induire des idées fausses* » (Verhaeghe, 2004, p. 88). Treagust et Duit (2008), traduit par Cormier (2012), définissent les conceptions alternatives simplement comme « les

représentations internes des élèves à propos d'un concept, généralement en sciences » (Cormier, 2012, p. 47). Nicoll (2001), traduit par Cormier (2012) indique qu'« *une conception est alternative quand elle constitue une connaissance propositionnelle ou conceptuelle différente de la définition scientifiquement acceptée d'un concept, ou incompatible avec elle* » (Cormier, 2015, p. 11) . Cormier (2015) définit les conceptions alternatives comme « *les représentations internes, tacites, des étudiants, qui sont en désaccord avec la théorie scientifiquement acceptée. Leur présence dans leur esprit peut nuire à la compréhension conceptuelle, et elle peut mener les étudiants à expliquer le comportement de la matière incorrectement et à faire des prédictions inexactes* » (Cormier, 2015, p. i). Ces définitions sont centrées sur l'élève.

En plus de la difficulté pour un enseignant d'identifier les conceptions alternatives des élèves, Orange et Orange Ravachol (2013) mettent en garde les enseignants et les chercheurs contre la confusion qu'il peut y avoir entre la production (orale, écrite, etc...) des élèves et leurs véritables représentations mentales, ainsi que contre l'idée que ces conceptions existent telles quelles avant la phase d'enseignement. Ces éléments compliquent davantage le travail de l'enseignant (Cormier, 2015).

Orange et Orange Ravachol voient les représentations alternatives comme une modélisation de la pensée de l'apprenant réalisée par le chercheur et non comme un élément attribuable à l'apprenant. Tiberghien et Vince (2005) suivent cette logique en définissant les conceptions alternatives comme un « *ensemble de connaissances ou de procédures hypothétiques que le chercheur attribue à l'élève dans le but de rendre compte des conduites de l'élève dans un ensemble de situations données* » (Tiberghien & Vince, 2005, p. 154).

Ainsi, bien que les conceptions des représentations alternatives varient considérablement selon les auteurs et les courants théoriques, avec parfois des contradictions marquées, il est important de souligner que certaines conceptions sont bien plus qu'un simple objet de débat théorique. En effet, des conceptions alternatives spécifiques ont été largement étudiées et démontrées comme ayant un impact significatif sur l'apprentissage des élèves, notamment dans le domaine de la physique. Ces conceptions, parfois ancrées de manière persistante, jouent un rôle déterminant dans les raisonnements erronés des élèves et perturbent leur compréhension des concepts fondamentaux en mécanique.

Une autre difficulté s'ajoute à celle-ci. Bon nombre d'enseignants ne prennent pas systématiquement en compte ces conceptions alternatives dans leurs pratiques pédagogiques, que ce soit par manque de connaissances ou en raison de contraintes pédagogiques. Ce constat avait déjà été établi par Bachelard (1938) :

« J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas que l'on ne comprenne pas. [...] Ils n'ont pas réfléchi au fait que l'adolescent arrive dans la classe de physique avec des connaissances empiriques déjà constituées. Il s'agit alors, non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne » (Bachelard, 1938, p. 18).

Cette absence de prise en compte des conceptions alternatives chez les élèves, encore vérifiée plus récemment (Coppens, 2009 ; Viennot, 2002) contribue à les maintenir, compliquant ainsi leur accès à une compréhension des concepts scientifiques communément admis.

2.2.1 Conceptions alternatives en physique

Dans le cas de la physique, en particulier, plusieurs études ont été entreprises avec des publics allant de l'école primaire à l'université. Plusieurs auteurs rebondissent sur le constat de Bachelard (1938) et relèvent notamment que les élèves arrivent en classe en n'étant pas vierges de toute connaissance et qu'ils possèdent déjà des représentations qui pourront interférer avec les séquences d'apprentissage prévue dans leur scolarité. Thouin (1985) indique par exemple que

« la plupart des élèves possède déjà des représentations premières de la réalité qui vont souvent leur nuire plutôt que les aider dans leurs apprentissages en sciences et persisteront fréquemment malgré l'enseignement de représentations radicalement différentes » (Thouin, 1985, p. 247).

Plus récemment, Daud et al. (2015) indiquent que

« les élèves arrivent en classe avec des théories et des conceptions antérieures qui sont les résultats des expériences quotidiennes et des convictions de bon sens. À mesure qu'ils progressent dans leur éducation, ces conceptions seront renforcées et il sera extrêmement difficile de changer » (traduction libre de Daud et al., 2015, p. 34).

Par ailleurs, puisque de nombreuses représentations alternatives trouvent leur essence dans l'expérience quotidienne, celles-ci vont s'accumuler tout au long de la vie voire se renforcer et devenir persistante.

Comme l'indique Dehon & Derobertmeasure (2016) « Les représentations des élèves sont inévitablement présentes. En effet, tout individu se représente la réalité. Dès lors, chaque apprentissage prend appui sur cette image conceptuelle :

la représentation de l'élève constitue le point d'ancrage à toute construction de savoir (Giordan et al., 1987) » (Dehon & Derobertmeasure, 2016, p. 32). Ces auteurs avancent également que le modèle « émetteur-récepteur » (Verpoorten, 1996), dans lequel l'enseignant détient la connaissance et la transpose à l'élève qui l'intègre automatiquement et passivement (Rapp, 2015), par juxtaposition d'informations, ne peut pas être efficace (Dehon & Derobertmeasure, 2016). En effet, dans ce cas, « le sujet n'acquiert qu'une illusion de savoir, un savoir purement verbal, l'application stéréotypée d'une recette » (Giordan et al., 1987, p. 91). Dehon & Derobertmeasure conclut en indiquant qu'« il est donc nécessaire de partir des représentations des élèves pour créer des conditions d'apprentissage davantage favorables et pertinentes, même si ces représentations peuvent être erronées et fortement persistantes (Jarrosson, 1992 ; Treagust & Duit, 2008) » (Dehon & Derobertmeasure, 2016, p. 32). Viennot (1996) complète cela en indiquant que « l'idée de départ est que la façon dont chacun raisonne, en particulier en physique, n'est pas seulement l'effet d'un enseignement reçu. Il y a une manière « spontanée » de raisonner qui n'est pas quelconque et qui ne traduit pas seulement une absence ou une déformation de connaissances scolaires. Et il se pourrait bien, d'ailleurs l'idée n'est pas nouvelle, que certains échecs que l'on enregistre dans l'enseignement, s'expliquent en partie par des conflits non explicités entre la matière enseignée et certains modes de raisonnement spontanés » (Viennot, 1996). Les élèves présentent donc non seulement des problèmes de concepts à la base (issus de l'expérience quotidienne), mais également dans la façon de raisonner.

2.2.2 Conceptions alternatives en mécanique

Ces conceptions alternatives sont particulièrement présentes dans le cas de la mécanique, de par son ancrage dans la vie quotidienne. Elles ont été mises en évidence dans différentes études réalisées dans les années 1980 (Caramazza et al., 1981 ; Champagne et al., 1980 ; Clement, 1982 ; Coppens, 2007 ; Kaiser et al., 1985 ; Kaiser et al., 1986 ; McCloskey et al., 1980 ; Viennot, 1978 ; Viennot, 1989 ; Viennot 1996). En voici quelques exemples :

- En cinématique, par exemple, Trowbridge & McDermott ont étudié les confusions existant dans les raisonnements des élèves entre la position et la vitesse (Trowbridge & McDermott, 1980), et entre la vitesse et l'accélération (Trowbridge & McDermott, 1981). Leurs études montrent notamment que les étudiants utilisent un critère de position pour déterminer la vitesse relative de deux objets en mouvement. Autrement dit, les étudiants considèrent que l'objet qui est devant est le plus rapide et que celui qui est derrière est le plus lent. Par extension, dans ce type de

conceptions, lorsqu'un véhicule en double un autre, les deux possèdent la même vitesse lorsqu'ils sont côte à côte.

- Différents auteurs se sont intéressés aux conceptions rencontrées dans l'étude d'un objet chutant en décrivant une trajectoire parabolique (Figure 2.1). Ces études (Kim & Spelke, 1999 ; Krist, 2000 ; McCloskey, 1983 ; Mou, 2015) se sont essentiellement concentrées sur des publics jeunes couvrant des âges allant jusqu'à maximum 12-13 ans. Il ressort de leurs études que les élèves, lorsqu'il leur est demandé de décrire la trajectoire que va suivre un obus lâché d'un avion en vol horizontal par exemple, vont avoir recours à des concepts inadéquats comme l'*impetus*, feront preuve d'incohérence dans l'utilisation du principe d'inertie, cumuleront ces deux types d'erreur, ou encore considéreront que l'objet chute en ligne droite verticale (Figure 2.2).

L'*impetus*, basé sur une capitalisation de la force par l'objet, n'est pas uniquement mobilisé dans les trajectoires paraboliques. Dans son étude réalisée dans les années 1980, McCloskey demandait aux étudiants d'expliquer le mouvement d'un boulet de canon tiré verticalement vers le haut. L'un d'eux a fourni la réponse suivante : « À mesure que le boulet s'élève, la force engendrée par le canon s'épuise et la gravité prend de l'importance : alors le boulet ralentit. À l'altitude maximale la force du canon et la gravité sont sensiblement égales ; c'est le point de renversement où la force du canon devient inférieure à la gravité, laquelle devient alors la force prédominante. » (traduit par Coppens, 2007, p. 25).



Figure 2.1 : Avion volant horizontalement et lâchant un obus. Il est demandé aux élèves de décrire la trajectoire que suivra l'obus une fois lâché.

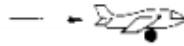


Fig. 13.3. Diagram of the airplane problem.

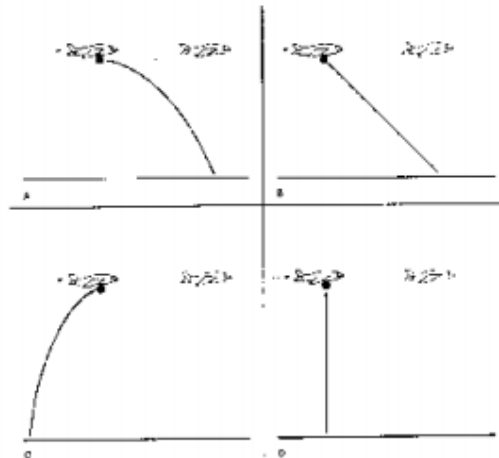


Fig. 13.4. Correct response (A) and incorrect responses (B-D) for the airplane problem.

Figure 2.2 : Types de réponse issus de McCloskey, 1983.

- Coppens (2007) met en évidence l'action unique de la dernière force à agir ou de la plus grande force qui détermine le mouvement. Il indique « *Pour certains élèves, il ne peut y avoir qu'une seule cause pour le mouvement et donc qu'une seule force responsable. La "victoire" revient alors à la dernière force ayant agi sur l'objet en mouvement ou bien à la plus grande* » (Coppens, 2007, p. 25). Cela peut être étendu aux interactions entre corps. Alors, ce type de raisonnement induira des réponses de type : « *Dans une interaction de contact ou dans une collision, seul un des corps exerce une force sur l'autre* » (Coppens, 2009, p. 46). Il n'y a alors pas d'égalité entre les actions réciproques comme l'indique la troisième loi de Newton.
- Certains étudiants ont également tendance à considérer la force qu'un objet comme une propriété intrinsèque de celui-ci, autrement dit, ils attribuent la force à l'objet. Dès lors, « *ils raisonnent en termes de "force de l'objet" et non en terme de "force exercée par ... sur l'objet"* (Viennot, 1989 ; Watts, 1983 ; Finegold et Gorsky, 1991).

« Ils attribuent la force à l'objet comme ces étudiants expliquant le mouvement d'un projectile : "la force de la masse vers le haut" ou "la masse a de la force vers le haut, sans ça comment tiendrait-elle en l'air en haut de la trajectoire" (Viennot, 1989) » (Coppens, 2007, p. 20).

- Viennot (1978, 1989, 1996) a beaucoup étudié l'« adhérence force-vitesse », qui est une conception alternative souvent rencontrée dans les raisonnements produits tant par des élèves de l'enseignement obligatoire que par des étudiants de l'enseignement supérieur. Cette conception alternative consiste à considérer « une relation entre force et mouvement ou plus spécifiquement entre force et vitesse » (Viennot, 1996), et non entre cette force et l'accélération que l'objet subira en conséquence (principe fondamental de la dynamique, 2^e loi de Newton). Les étudiants considèrent alors que « la résultante des forces exercées sur un objet a le même sens que le vecteur vitesse de l'objet » (Coppens et al., 2009, p. 46). La conséquence de la présence de cette conception dans les raisonnements des étudiants se traduit par des affirmations du type « si on double l'intensité d'une force exercée sur un objet, cet objet va forcément deux fois plus vite » (Coppens, 2007, p. 24). Une autre conséquence de cette adhérence force-vitesse est le fait de considérer que si un objet est au repos à un instant donné, alors il ne subit pas de force à cet instant (Clement, 1982 ; Coppens, 2007 ; Viennot, 1989)

Cette adhérence force-vitesse trouve en partie son origine dans le fait que, sur Terre, dans presque toutes les situations de mouvement, des forces de frottements agissent sur le mobile. Il est alors nécessaire d'appliquer une force, musculaire ou de moteur par exemple, pour maintenir le mouvement uniforme. A l'inverse, dans l'espace intersidéral où règne le vide, aucune force de frottement, ni aucune force extérieure n'agit, permettant au mobile d'y conserver son mouvement rectiligne uniforme comme le prédit le principe d'inertie.

Pour illustrer cette « adhérence entre les notions de force et de vitesse », Viennot (1978) a soumis à des élèves de terminale (enseignement secondaire) et de première année universitaire, un test dans lequel elle propose aux élèves et étudiants sondés d'analyser les forces agissant sur une balle lancée par un jongleur (Figure 2.3). Les résultats qu'elle obtient montrent qu'une large proportion des étudiants sondés (55 % pour les élèves de terminale et 42 % pour les étudiants universitaires) considère que les forces agissant sur les balles du jongleur sont différentes. Certaines justifications mettent particulièrement en évidence cette proportionnalité erronée entre la force et la vitesse :

- « Les forces agissant sur les balles sont différentes puisque les mouvements le sont. »
- « Force nulle puisque vitesse nulle »

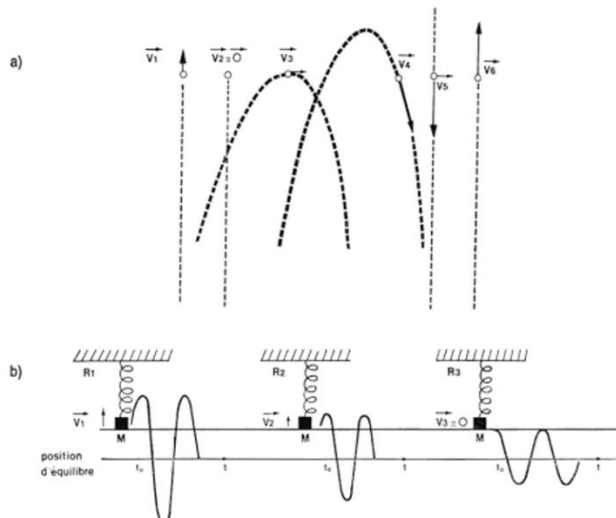


Tableau 1
Réponses aux questions des fig. 1 a et b

Nombre d'élèves		Année d'enseignement	Les forces sont...		
			=	≠	? ou pas de réponse
29	Question fig. 1 a	dernière (secondaire)	39 %	55 %	6 %
36		première (université)	58 %	42 %	
225		première (univ. Belgique)	44 %	54 %	2 %

Figure 2.3 : Le test de Viennot (1978) questionne les raisonnements spontanés en dynamique.

Cette liste non-exhaustive d'exemples illustrent la diversité des conceptions alternatives potentiellement présentes dans les raisonnements des élèves et étudiants et pouvant perturber leur apprentissage de la mécanique. Or, la mécanique trouve une place particulièrement importante dans les programmes scolaires de nombreuses filières d'étude. Comme l'indique Coppens (2007), « la mécanique sera toujours enseignée dans le secondaire car elle constitue en quelque sorte le secteur clé de la physique » (Coppens, 2007, p. 5). La mécanique « se présente traditionnellement comme une charnière entre enseignement secondaire, où [elle] marque l'une des pierres d'achoppement des classes terminales, et l'enseignement supérieur, où [elle] fournit les premières occasions de consternation aux enseignants en charge des nouveaux arrivants à l'université » (Viennot, 1989, p. 951). Le parcours scolaire antérieur des étudiants pourrait donc avoir un impact sur la présence de ces représentations alternatives dans leurs raisonnements. Nous nous intéresserons en particulier à l'une d'entre elles, l'adhérence force-vitesse.

La question de recherche générale qui guide cette étude est : à quels profils d'étudiants les conceptions alternatives en mécanique et, en particulier, l'adhérence force-vitesse sont-elles associées ?

Les cinq hypothèses suivantes seront dès lors étudiées.

- *Hypothèse 1 : Les antécédents scolaires des étudiants déterminent la présence de conceptions alternatives en mécanique.*
- *Hypothèse 2 : Le choix de la filière d'étude à l'université détermine la présence de conceptions alternatives en mécanique.*
- *Hypothèse 3 : Le choix de la filière d'étude à l'université détermine la présence de l'adhérence force-vitesse dans les raisonnements des étudiants.*
- *Hypothèse 4 : L'obligation propre à certaines filières de réussir un examen d'admission aux études supérieures portant notamment sur la physique contribue à la disparition des conceptions alternatives en mécanique.*
- *Hypothèse 5 : La préparation spécifique à un examen d'admission portant notamment sur la physique a une influence durable sur la levée des conceptions alternatives en mécanique.*

Cette recherche fait l'objet d'une publication (Marique et al., 2024 ; soumis) dont sont issus les résultats présentés dans ce chapitre.

2.3 Méthodologie

2.3.1 Population et déroulement

En septembre 2020, un test en ligne a été administré, préalablement à toute activité d'enseignement à l'université, à l'ensemble des étudiants se destinant à l'une des filières affichant un cours de physique à son programme en première année de bachelier. Une fois connectés à la plate-forme institutionnelle, les étudiants disposaient d'une heure pour répondre. Le courrier électronique d'invitation avait clairement indiqué qu'il s'agissait d'une évaluation formative facultative réalisée dans le cadre d'un projet de recherche. Les résultats à ce test fournissent les données traitées dans le cadre des hypothèses 1 à 4 (recherche ponctuelle).

En décembre 2023, l'ensemble des étudiants ayant entamé leur cursus dans les filières de médecine et de sciences dentaires entre 2020 et 2023 se sont vu proposer un second test. Pour rappel, ces étudiants ont dû réussir un examen d'admission, appelé l'EXMD (Examen d'admission en Médecine et Dentisterie)

portant notamment sur la physique pour accéder à ces filières d'étude (voir Section 1.2). Ce second test a été organisé exclusivement en ligne. L'ensemble des étudiants concernés a été contacté par courrier électronique.

Seuls les étudiants de médecine et de dentisterie inscrits en première année lors de l'année académique 2020-2021 ont donc présenté les deux tests. Les résultats à ce test fournissent les données traitées dans le cadre de l'hypothèse 5 (recherche longitudinale).

2.3.2 Instruments

Questionnaire du premier test (septembre 2020)

Ce premier questionnaire (Annexe 1) comportait :

- sept questions (A à G) pour établir le profil de l'étudiant : section d'étude de l'inscription, redoublement dans l'enseignement obligatoire, nombre d'heures de mathématiques, de sciences et de physique en dernière année de l'enseignement secondaire, niveau d'intérêt/motivation pour le cours de physique lors de la passation du test. Enfin, à l'issue du test, il était demandé aux étudiants d'évaluer leur niveau d'implication dans la passation de celui-ci afin de se donner un moyen de mesurer l'influence du caractère volontaire de l'exercice sur la qualité des réponses fournies.
- quatorze questions de mécanique empruntant délibérément des items issus de la littérature spécialisée (Lebrun & De Hosson, 2017 ; McCloskey et al., 1980 ; Thornton & Sokoloff, 1998) ainsi que des sections « Force Concept Inventory (FCI) » et « Mechanics Baseline Test (MBT) » du projet *Physport* (Physport, s.d.) pour établir, de façon valable, le niveau actuel en physique générale et autoriser une comparabilité.

Conformément aux hypothèses, le présent article ne retient parmi ses données que les réponses aux sept questions relatives au parcours scolaire antérieur des étudiants sondés et aux quatorze questions portant spécifiquement sur la mécanique. Parmi celles-ci, une attention particulière est accordée aux questions N°4 à 8 qui portent directement sur l'adhérence force-vitesse :

- Questions n°4 et 5 : Analyse des forces en jeu lors de la collision frontale entre une voiture et un camion (QCM + justification),
- Questions n°6 et 7 : Analyse de l'accélération des véhicules lors de cette collision (QCM + justification),
- Question n°8 : Analyse de la résultante des forces appliquées à une pièce lancée verticalement vers le haut.

Questionnaire du second test (décembre 2023)

Ce second test (Annexe 2) comportait :

- 3 questions de profil : année de réussite de l'examen d'admission, année au cours de laquelle l'étudiant a reçu pour la dernière fois un enseignement en physique, type de formation préparatoire à l'examen d'admission
- 5 questions à choix multiples de mécanique. Ces questions sont identiques aux questions 4, 5, 6, 7 et 8 du test de septembre 2020. Cependant, les 2 questions de justifications ont été transposées de questions ouvertes en question à choix multiples pour lesquelles les différentes propositions ont été basées sur les réponses fournies par l'ensemble des étudiants en septembre 2020. Il est à noter que les étudiants ayant présenté le test de septembre 2020 n'ont pas reçu de feedback à l'issue de celui-ci et que cela ne représente donc *a priori* pas une influence directe sur le test de décembre 2023.

Explication des cinq questions de mécanique étudiées

- **Question n°4** : Un camion et une voiture entrent en collision frontale. Au moment d'entrer en collision, ils se déplaçaient à la même vitesse (en norme). Le camion est plus lourd que la voiture. Quelle proposition décrit le mieux les forces en jeu entre la voiture et le camion, lors de l'impact ?



- Le camion exerce une plus grande force sur la voiture que la voiture n'exerce sur le camion.
 - La voiture exerce une plus grande force sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.
 - Le camion exerce une force sur la voiture identique à celle qu'exerce la voiture sur le camion.
 - Le camion exerce une force sur la voiture mais la voiture n'exerce pas de force sur le camion.
- **Question n°5** : Justifiez votre réponse.

Explication :

Selon la troisième loi de Newton, appelée loi des actions réciproques ou encore principe d'action-réaction, lorsqu'un objet A applique une force sur un objet B, alors, simultanément, l'objet B applique une force sur l'objet A de même norme, même direction, mais de sens opposé. Donc, la force appliquée par le camion sur la voiture est égale en intensité à celle appliquée par la voiture sur le camion. La proposition c) de la question N°4 est donc correcte.

La présence de l'adhérence force-vitesse dans les raisonnements produits par les étudiants se marque par le choix de la proposition a). En effet, dans ce cas, un étudiant considère que, puisque les vitesses des véhicules sont égales, mais que le camion a une masse plus importante que celle de la voiture, alors le camion « domine » la voiture et lui applique une force de plus grande intensité que sa réciproque. La proposition d) révèle également la présence de l'adhérence force-vitesse dans le raisonnement, auquel est ajoutée une explication de type "la plus grande force gagne" et seule elle peut exister, comme Coppens (2007) l'identifiait. L'objet le plus léger est alors vu comme passif et l'objet le plus lourd comme actif dans l'interaction. Le choix de la proposition b) pourrait provenir de la confusion entre la force et les conséquences de la force, comme l'accélération ou les dégâts par exemple. Dans ce cas, intuitivement, les étudiants pourraient penser que, puisque le camion est plus lourd, il résiste mieux et subit moins de dégât que la voiture. Certains étudiants interprètent alors le fait que la voiture subit plus de dégâts par le fait qu'elle exerce une plus grande force.

- **Question n°6** : Un camion et une voiture entrent en collision frontale. Au moment d'entrer en collision, ils se déplaçaient à la même vitesse (en norme). Le camion est plus lourd que la voiture. Quelle proposition décrit le mieux les décélérations subies respectivement par la voiture et par le camion durant la collision ?
 - a) La décélération subie par la voiture est plus faible que la décélération subie par le camion.
 - b) La décélération subie par la voiture est plus grande que la décélération subie par le camion.
 - c) Les décélérations subies respectivement par la voiture et par le camion sont égales.
 - d) Les décélérations sont nulles pour la voiture et pour le camion.
- **Question n°7** : Justifiez votre réponse.

Remarque : L'emploi de l'expression « accélération subie » dans cette question est maladroite. En effet, l'accélération est une grandeur cinématique qui décrit le mouvement de l'objet, qui ne « subit » donc pas la grandeur.

Explication :

Puisque les deux véhicules entrant en collision subissent des forces, de la part de l'autre véhicule, égales en intensité, alors l'accélération du camion est plus faible en intensité que celle de la voiture en raison de sa masse plus grande. En effet, la deuxième loi de Newton, la loi fondamentale de la dynamique, indique que le vecteur « résultante des forces appliquées à un corps » est égal au produit de la masse de ce corps par le vecteur accélération. Les vecteurs « résultante des forces » et « accélération » ont la même direction et le même sens puisque la masse est une grandeur scalaire positive. Donc, pour une force donnée, plus la masse du corps est importante, plus son accélération est faible. La masse est une mesure de l'inertie du corps, ce qui traduit le fait que plus la masse est importante, plus le corps résiste à une variation de sa vitesse (en grandeur ou en direction). La masse d'un corps représente alors sa résistance à l'accélération. La proposition b) est donc correcte.

Les étudiants ayant opté pour la proposition a) interprètent mal la notion d'accélération et son lien avec la force et la masse. Ceux ayant choisi la proposition c) confondent la force et l'accélération et donc, la cause et la conséquence. Il se peut qu'ils aient gardé en mémoire d'un enseignement passé que les forces réciproques étaient égales et qu'ils aient extrapolé la symétrie aux accélérations. Le choix de la proposition d) s'explique soit par une mauvaise interprétation du phénomène, soit par une mauvaise compréhension de l'énoncé. Dans le premier cas, l'étudiant considère que dès l'entrée en collision des deux véhicules, ceux-ci s'arrêtent instantanément, empêchant toute phase de décélération. Il se peut également qu'ils confondent également les notions de vitesse et d'accélération (Trowbridge & McDermott, 1981). Dans le second cas, ils interprètent le fait qu'il soit stipulé que les véhicules roulent à vitesse constante (avant la collision) par une absence d'accélération.

- **Question n°8 :** Soit une pièce de monnaie jetée en l'air à la verticale. Après avoir été lâchée, la pièce monte, atteint son point le plus haut et retombe ensuite. On néglige la résistance de l'air et la rotation de la pièce sur elle-même. Quelle proposition concernant la résultante des forces subie par la pièce est correcte ?
- a) La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente.

- b) La résultante des forces est d'abord dirigée vers le bas et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée de nouveau vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente.
- c) La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et est constante en intensité au cours de la descente.
- d) La résultante des forces est dirigée vers le bas tout au long de la trajectoire et son intensité est constante.

Explication :

La réponse correcte à cette question est la proposition d). En effet, après que la pièce de monnaie a été jetée en l'air, la seule force qui agit sur elle est son poids, autrement dit la force de gravité, qui reste constante en intensité et toujours dirigée verticalement vers le bas, quelle que soit la phase du mouvement (montée, sommet ou descente). En effet, l'expression de cette force est donnée par le produit de la masse du corps, qui est constante, par l'accélération de la pesanteur, qui est également constante à condition que la variation d'altitude reste faible. Cette force provoque une décélération lors de la montée, traduisant une diminution de l'intensité du vecteur vitesse. Celui-ci s'annule brièvement au sommet provoquant un demi-tour du corps, autrement dit une inversion du sens de son déplacement. Ensuite, lors de la descente, le corps accélère induisant une augmentation de la vitesse. Cette idée, conforme aux lois de Newton, est souvent contre-intuitive pour les étudiants, qui tendent à confondre force et mouvement (Coppens, 2007 ; Coppens, 2009 ; Halloun & Hestenes, 1985 ; Viennot, 1996).

Le choix des propositions a) et b) est une illustration très forte de la présence de l'adhérence force-vitesse dans le raisonnement produit par les étudiants. En effet, ces propositions expriment une relation directe entre force et mouvement (Viennot, 1996). Donc, l'étudiant indique que la force est nulle au sommet car la vitesse de l'objet y est nulle à ce moment-là, confondant l'absence de vitesse avec l'absence de force. La proposition a) fait aussi intervenir le fait que le vecteur « résultante des forces » et le vecteur « vitesse » ont le même sens (Coppens et al., 2009). Le choix de cette proposition traduit que les objets en mouvement ascendant doivent être "poussé" par une force dirigée vers le haut (McCloskey, 1983). On retrouve cette conception également dans la proposition c). Cette dernière se distingue de la proposition a) par le fait que la résultante des forces lors de la descente y est constante. Ceux qui ont choisi cette proposition c) pensent donc que l'objet doit être poussé pour monter mais qu'il redescend sous l'effet de la pesanteur qui est constante.

2.4 Résultats

2.4.1 Premier test (septembre 2020)

Participation

Le tableau 2.1 montre que, sur 909 tentatives enregistrées, 876 étaient exploitables (colonne N° 6), ventilées en 9 sections (colonne N° 2), assorties des abréviations qui les désigneront par la suite (colonne N° 3) et du code du cours de physique qui y est respectivement dispensé (colonne N° 5). La colonne 4 indique les sections qui organisent un examen d'entrée et les caractéristiques de celui-ci.

Sections d'étude sondées dans cette recherche					
Année académique de la première année	Nom des sections d'étude	Nom code	Examen d'entrée	Code cours ULiège	Nb tentatives exploitables
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2020-2021	Sciences informatiques	Info	Non	PHYS3027-1	20
2020-2021	Ingénieur civil et ingénieur architecte	Ingé	Oui (contraignant, pas de physique)	PHYS2020-1	153
2020-2021	Kinésithérapie et science de la motricité	Kiné-Sc.Mot	Non	PHYS0511-4	143
2020-2021	Médecine et dentisterie	Med-Dent	Oui (contraignant, avec physique)	PHYS3018-1	148
2020-2021	Sciences pharmaceutiques	Pharma	Non	PHYS0972-1	58
2020-2021	Sciences biomédicales	Sbim	Non	PHYS3038-1	182
2020-2021	Sciences chimiques, mathématiques et physiques	Sciences	Non	PHYS1985-1	84
2020-2021	Médecine vétérinaire	Vété	Oui (non contraignant, avec physique)	PHYS3031-1	88
Total :					876

Tableau 2.1 : Les étudiants ont été interrogés avant de suivre le cours de physique de leur section.

Mécanique générale

Le taux de réussite en mécanique générale au premier test s'élève à 36,2 % (M = 49,4/120).

Un ANOVA détecte des différences significatives entre les sections sondées, $F(7, 876) = 60,4$, $p < 0,001$. La comparaison par paires réalisée par la méthode de Bonferroni permet de les classer et montre que la note moyenne en médecine et en dentisterie (M = 80,8), soit les filières soumises à un examen d'entrée contraignant lors duquel les candidats sont interrogés, entre autres, sur la physique, se distinguent des notes moyennes des autres sections (Figure 2.4). Notons que les étudiants ingénieurs civils et ingénieurs architectes, qui sont soumis à un examen d'entrée contraignant mais ne portant pas sur la physique (M = 46,7), et les étudiants vétérinaires, pour lesquels un examen d'entrée non contraignant comportant une partie consacrée à la physique est mis en place (M = 37,3), ne se distinguent pas des autres sections.

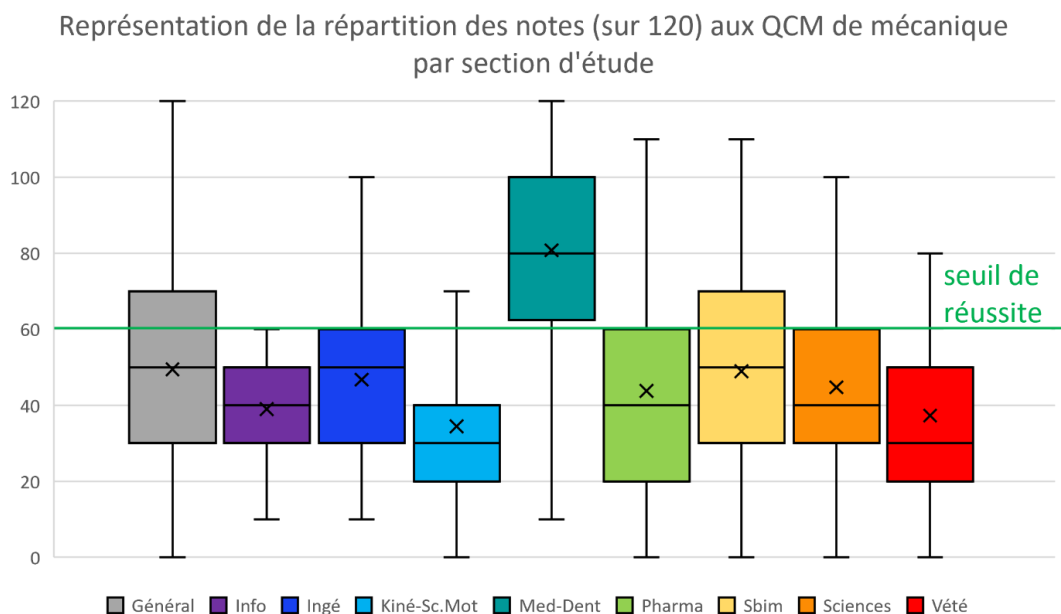


Figure 2.4 : Les étudiants issus des sections de médecine et des sciences dentaires présentent des résultats significativement meilleurs aux QCM de mécanique.

La comparaison des notes rapportée au nombre d'heures de physique ($F(3, 876) = 1,11$, $p = 0,35$), de sciences ($F(3, 876) = 1,02$, $p = 0,44$) et de mathématiques ($F(3, 876) = 1,24$, $p = 0,25$) ne livre aucune différence significative, pas plus que le redoublement ($F(2, 876) = 0,41$, $p = 0,75$), le niveau d'intérêt pour la physique ($F(4, 876) = 0,33$, $p = 0,89$) ou le niveau de sérieux lors de la passation du test ($F(2, 876) = 1,73$, $p = 0,16$).

Adhérence force-vitesse (premier test)

Analyse des résultats aux questions portant sur l'étude des forces en jeu lors de la collision frontale entre une voiture et un camion roulant à la même vitesse

Moins d'un étudiant sur deux (46,9 % ; N = 411) a correctement identifié le fait que les forces appliquées par le camion sur la voiture d'une part, et par la voiture sur le camion d'autre part, sont égales (Figure 2.5). De plus, 52,2 % (N = 457) de la population sondée indiquent que la force appliquée par le camion est plus importante que celle appliquée par la voiture. Les autres étudiants (0,9 % ; N = 8) ont coché une autre proposition ou n'ont pas répondu à cette question.

Répartition (en %) des réponses à la QCM n° 4 portant sur l'étude des forces subies par les véhicules lors de la collision frontale entre le camion et la voiture

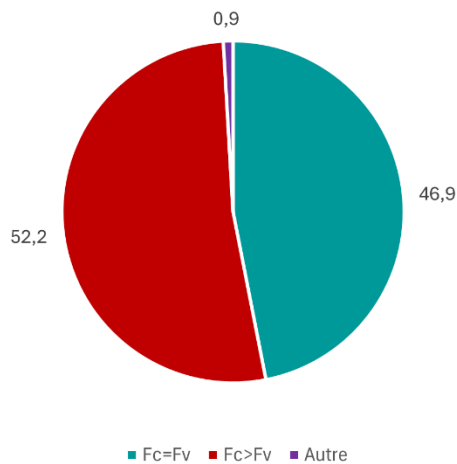


Figure 2.5 : Près de la moitié des étudiants sondés ont bien identifié l'égalité des forces appliquées respectivement par la voiture sur le camion et par le camion sur la voiture lors de la collision.

Sur les 411 étudiants ayant répondu correctement, 65,9 % fournissent une justification exacte de leur réponse (N = 271), grâce à la troisième loi de Newton, également appelée « principe d'action-réaction », ou encore « principe des actions réciproques » (flèche (1) sur la Figure 2.6).

Etud168 : « Car la troisième loi de Newton dit que lorsqu'un corps exerce une force sur un autre corps, celui-ci exerce une force en réaction sur l'autre corps. Cette force est de même direction, de même intensité mais est de sens opposé par rapport à la première force. »

Etud415 : « Les 2 forces sont identiques car selon la 3^{ème} loi de Newton, $F_{A/B} = F_{B/A}$ ».

Notons que 13,9 % des réponses correctes (N = 57) se combinent à une justification de l'égalité des forces par l'égalité des vitesses des deux véhicules lors de la collision (flèche (2) sur la Figure 2.6). Bien que ce type de justification soit expliqué par ce que Viennot appelle l'adhérence entre les notions de force et de vitesse, les verbatims suivants montrent des nuances dans le recours à l'égalité des vitesses pour justifier l'égalité des forces en jeu lors de cette collision.

Etud007 : « Leurs forces seront égales car ils roulaient tous les deux à la même vitesse. »

Etud087 : « Le camion subira moins le choc que la voiture car celui-ci est plus lourd. Cependant, les deux véhicules se déplaçant à une vitesse de même norme, les forces qui s'appliquent ont la même intensité ».

Etud189 : « la force en jeu dépend de l'accélération, donc étant donné que les deux véhicules se déplacent à la même vitesse et que l'accélération ne dépend pas du poids, ils exercent tout deux la même force l'un sur l'autre ».

Etud873 : « Le poids n'est pas une force exercée sur l'autre véhicule donc la masse n'importe pas ici. Seule la vitesse est importante or les deux véhicules ont une vitesse égale donc le camion exerce une force identique à celle qu'exerce la voiture sur le camion ».

Les autres étudiants ont soit proposé une autre justification inexacte (10,2 % ; N = 42),

Etud372 : « Car c'est une collision élastique. »

Etud516 : « Les deux forces sont identiques car on ne précise pas qu'un des deux véhicules est en mouvement après la collision ».

soit indiqué un texte que ne justifiait en rien leur réponse (7,1 % ; N = 29),

Etud534 : « Car c'est la même force qui est exercée sur le camion et sur la voiture. »

soit n'ont pas répondu à cette question ouverte (2,9 % ; N = 12). Ces 3 dernières catégories sont représentées par la flèche (3) sur la Figure 2.6.

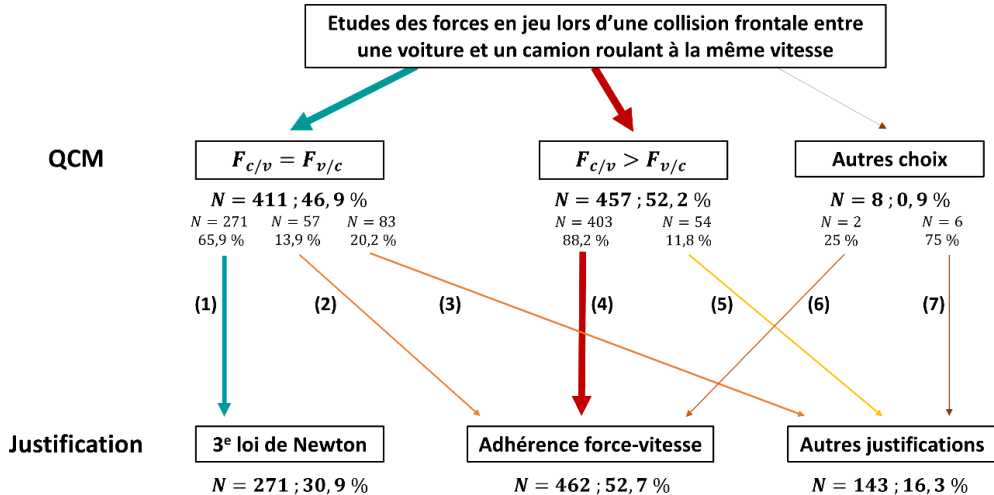


Figure 2.6 : L'adhérence force-vitesse est présente dans la justification à la réponse fournie (quelle qu'elle soit) par plus d'un étudiant sur deux.

Pour justifier leur réponse incorrecte selon laquelle la force appliquée par le camion sur la voiture est plus importante que sa réciproque ($N = 457$), 88,2 % des étudiants ($N = 403$) invoquent le fait que le camion possède une plus grande masse (flèche (4) sur la Figure 2.6). Globalement, ces étudiants développent des raisonnements basés sur l'adhérence force-vitesse de type « masse dépendance » comme l'indiquent Smith et Wittmann (2008).

Derrière le libellé « Masse(camion) > Masse(voiture) » se cachent trois sous-catégories : les étudiants ($N = 280$) ne discutant que de la masse ou du poids,

Etud098 : « Le camion a une masse plus importante que la voiture et donc exerce une force plus grande que celle-ci. »

ceux ($N = 94$) indiquant que les masses sont différentes et les vitesses égales,

Etud224 : « Malgré le fait que les 2 véhicules roulent à une même vitesse, un facteur essentiel doit être pris en compte. Il s'agit de la masse du camion qui est nettement plus importante que celle de la voiture. Autrement dit, la Force exercée par le camion est plus importante que celle exercée par la voiture. »

et enfin, les étudiants ($N = 29$) justifiant la différence des forces appliquées par une différence d'énergie cinétique entre les deux véhicules, à nouveau, en invoquant l'égalité des vitesses et la différence des masses.

Etud204 : « Au moment de l'impact, le camion a plus d'énergie, $E=1/2mv^2$, à cause de sa masse ; la résultante des forces sera donc dirigée vers la voiture. »

Il est probable, bien que cela ne soit pas vérifiable, que les étudiants faisant partie de la première sous-catégorie (regroupant les étudiants ne discutant que de la masse) aient passé sous silence l'égalité des vitesses pour ne garder que la différence des masses comme argument de justification, ou aient considéré que l'égalité des vitesses des deux véhicules engendrait l'égalité de leurs accélérations.

Notons que 3,1 % (N = 14) donnent une autre justification dont la fréquence est trop faible pour être définie en catégorie.

Etud281 : « Comme le camion est plus lourd, les forces de frottements sont plus importantes et donc la force de traction du camion est plus importante. »

Etud504 : « Deux forces opposées ne s'annulent ».

3,1 % (N = 14) proposent un texte ne justifiant pas leur réponse.

Etud178 : « La force du camion étant supérieure à la force de la voiture, le camion va conserver plus de force à l'impact que de la voiture qui sera annulée. »⁸

5,7 % des étudiants (N = 26) s'abstiennent de répondre. Ces catégories sont regroupées dans la flèche (5) sur la figure 2.6.

Ces résultats font ressortir la prévalence de l'adhérence entre les notions de force et de vitesse dans les raisonnements produits chez 52,7 % de la population totale sondée (cumul des flèches 2, 4 et 6 sur la Figure 2.6). Non seulement cette conception alternative est majoritairement présente mais s'observe aussi tant chez les répondants qui donnent une réponse correcte qu'incorrecte !

⁸ Il est à noter que cet étudiant identifie les forces en jeu comme un élément appartenant à l'objet qui l'applique (par exemple : « la force du camion » au lieu de la force appliquée par le camion sur la voiture). Cette approximation de langage est souvent rencontrée dans les classes tant chez les élèves que chez les enseignants et peut engendrer la résistance des conceptions alternatives (Weil-Barais, 1990)

Analyse des résultats à la question portant sur l'étude de la résultante des forces appliquées sur la pièce lancée verticalement vers le haut

L'analyse de cette question 8 conforte les observations faites grâce à la question portant sur l'analyse des forces en jeu entre les deux véhicules lors de la collision frontale (question 4).

- La réponse correcte, à savoir la proposition d) (« La résultante des forces est dirigée vers le bas tout au long de la trajectoire et son intensité est constante. ») a été choisie par 25,7 % (N = 225) des étudiants (Figure 2.7).
- La proposition a) (« La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente. ») a été cochée par 45,1 % (N = 395) des étudiants. Le choix de cette proposition repose sur un raisonnement basé sur l'adhérence force-vitesse.
- La proposition b) (« La résultante des forces est d'abord dirigée vers le bas et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée de nouveau vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente. ») a été choisie 9,1 % (N = 80) de la population sondée.
- La proposition c) (« La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et est constante en intensité au cours de la descente. ») a été sélectionnée par 17,5 % (N = 153) de la population. Cette proposition c correspond à une interprétation du phénomène de type « *impetus* » développé par Aristote. Selon cette théorie, la pièce lancée reçoit un « *impetus* » de la main lui permettant de s'élever. Puisque la pièce doit lutter contre la gravité, cet *impetus* se consomme au fur et à mesure que la pièce s'élève. Lorsqu'il est complètement consommé, la pièce n'a plus de ressource pour continuer son ascension et n'a d'autre choix de redescendre sous l'effet de la gravité. Ce recours à la force vers le haut qui disparaît progressivement durant la montée a récemment été mise en évidence chez des étudiants universitaires (inscrits en filières « ingénieur » et « sciences sociales ») par DiSessa (2018).

Répartition (en %) des propositions à la QCM n°8 portant sur l'étude de la pièce lancée en l'air

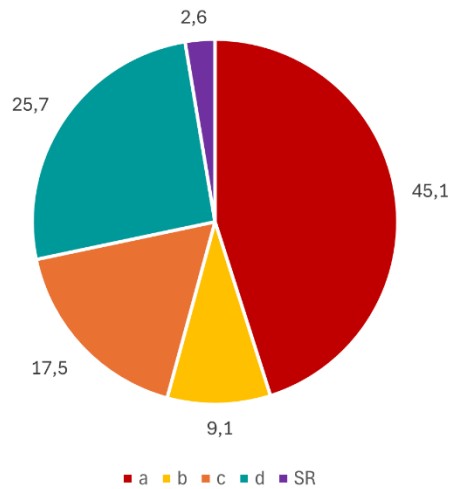


Figure 2.7 : 45,1 % ont confondu la vitesse et l'accélération dans la situation décrite (pièce lancée en l'air), entraînant une mauvaise orientation de la résultante des forces. Seuls 25,7 % des étudiants sondés ont correctement orienté la résultante des forces.

2,6 % des étudiants (N = 23) n'ont pas répondu à cet item.

Analyse des résultats aux questions portant sur l'étude des accélérations du camion et de la voiture entrant en collision frontale à la même vitesse

60 % (N = 526) de la population sondée ont correctement identifié le fait que l'accélération de la voiture lors de la collision était plus intense que l'accélération du camion (Figure 2.8). 26,1 % (20,9 % + 5,3 %) des étudiants (N = 229) déclarent l'égalité des accélérations. Plus surprenant, 11,3 % des étudiants (N = 99) indiquent que l'accélération du camion est plus importante. Notons enfin que 2,5 % (N = 22) se sont abstenus à cette question à choix multiple.

Taux de sélection (en %) des propositions à la QCM n°6 portant sur l'étude des accélérations subies par les véhicules lors de la collision frontale entre le camion et la voiture

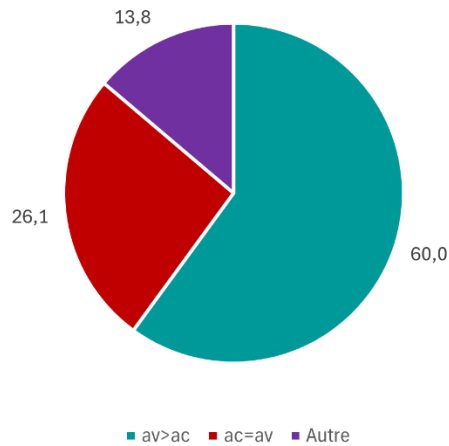


Figure 2.8 : Près de 60 % des étudiants sondés ont indiqué, à raison, que l'accélération de la voiture était plus grande que celle du camion.

Le bon taux de réussite à cette QCM peut être en partie expliqué sur la base de l'adhérence force-vitesse mise en évidence grâce aux résultats aux QCMs étudiées précédemment. En effet, un étudiant indiquant que la force exercée par le camion sur la voiture est plus grande que celle exercée par la voiture sur le camion aura tendance à indiquer que l'accélération de la voiture est plus importante que celle du camion puisque la force qu'elle subit est plus importante.

Au vu de ces éléments, il convient de s'intéresser aux justifications données par les étudiants issus des différentes catégories de réponses.

Il est important de noter que nous avons considéré comme bonne justification les réponses indiquant que l'accélération est proportionnelle à la force subie et inversement proportionnelle à la masse du véhicule. Cependant, dans certains cas, nous avons accepté également comme justification correcte le fait que l'accélération est inversement proportionnelle à la masse, et cela, à la seule condition que l'étudiant ait indiqué l'égalité des forces subies par les deux véhicules à la question N° 4.

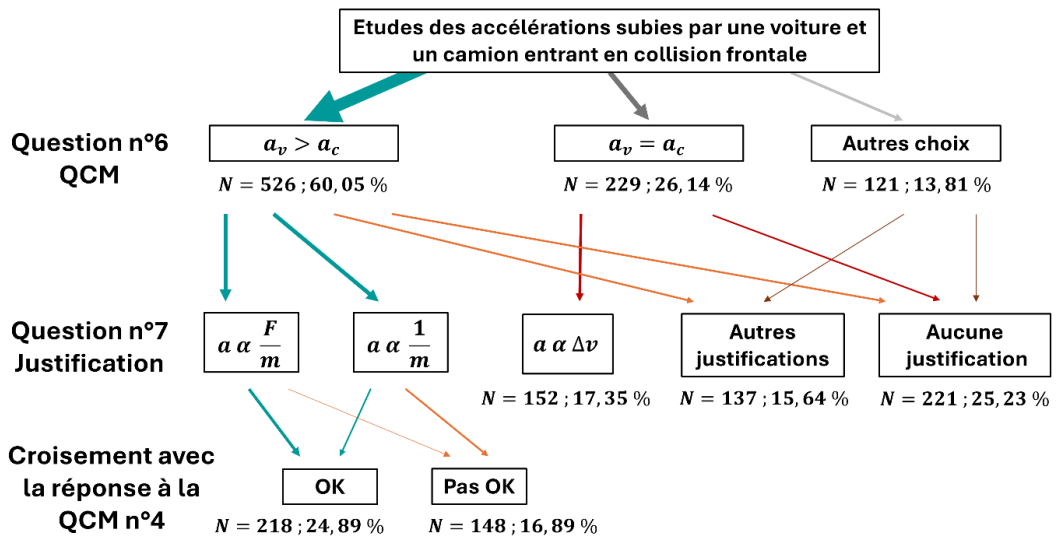


Figure 2.9 : Taux de sélection des réponses à la QCM portant sur la comparaison des accélérations des véhicules et analyse des justifications données.

Sur la Figure 2.9 sont indiqués les taux de sélection des différentes propositions à la QCM portant sur les accélérations en lien avec les justifications données dans le cadre de la question ouverte suivante. Sur ce schéma, nous avons choisi de ne pas représenter les liens correspondant à moins de 20 étudiants. Par ailleurs, plus un lien est important en terme du nombre d'étudiants concernés, plus la flèche correspondante est large.

24,9 % de la population sondée (N = 218) isolent correctement le fait que l'accélération de la voiture est plus importante et justifient leur réponse correctement. Comme indiqué précédemment, nous avons considéré comme justification correcte deux cas de figure : soit l'étudiant indique explicitement que l'accélération du véhicule est proportionnelle à la force subie et inversement proportionnelle à sa masse,

*Etud037 : « Somme des forces = $m * a$, les deux mobiles subissent la même force (action-réaction) mais le camion est plus lourd. Par proportionnalité on en déduit que l'accélération subie par le camion sera plus faible. »*

soit l'étudiant n'indique que la proportionnalité inverse vis-à-vis de la masse.

Etud435 : « La décélération de la voiture est plus importante car sa masse est plus petite que celle du camion. »

Dans les deux cas, nous avons vérifié que l'étudiant a bien indiqué l'égalité des forces en jeu précédemment, car sinon il pourrait parvenir à la bonne réponse et indiquer une justification qui pourrait être considérée comme correcte,

Etud297 : « Le poids de la voiture est inférieur à celui du camion donc la voiture freinera plus vite que le camion. »

alors que le point de départ de son raisonnement est erroné (force exercée par le camion indiquée comme plus grande que celle appliquée par la voiture). 148 étudiants (16,9 %) ont été placés dans cette catégorie.

26,1 % (N = 229) des étudiants indiquent l'égalité des accélérations en argumentant principalement leur réponse par l'égalité des variations de vitesses des deux véhicules.

Etud393 : « La formule de la décélération ne prend pas en compte la masse des objets mais bien la vitesse qui est la même pour les deux véhicules dans ce cas-ci. »

Parmi ces 229 étudiants, 46 indiquent non seulement l'égalité des accélérations des deux véhicules, mais également leur nullité. Ils expliquent ce fait par l'absence d'une phase de freinage précédant la collision.

Etud409 : « Les 2 véhicules ne freinent à aucun moment. Une fois la collision terminée, ils seront à l'arrêt mais à aucun moment on ne nous dit qu'ils freinent. »

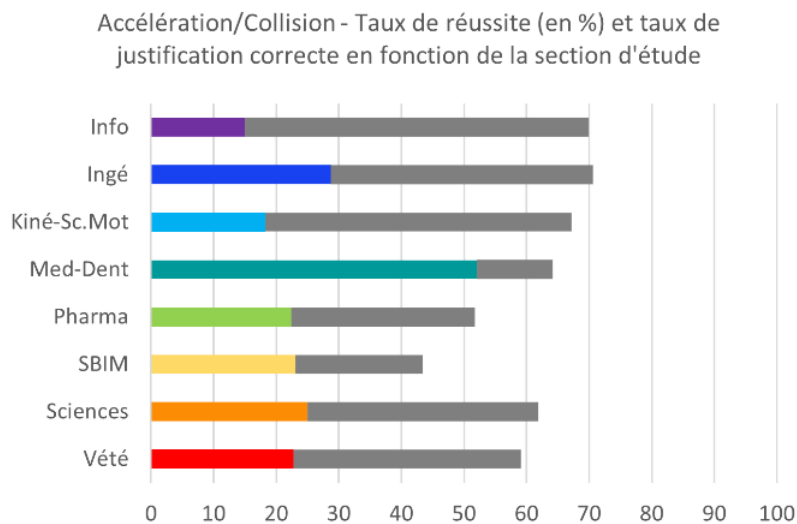
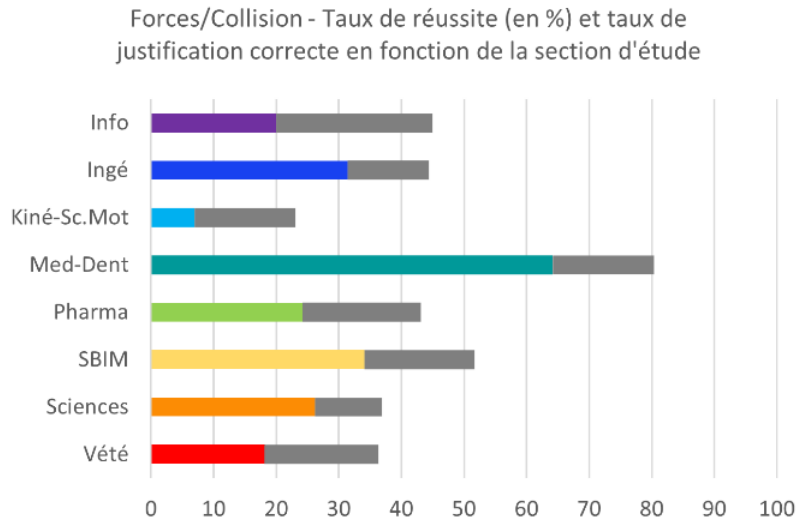
Enfin, 13,8 % des étudiants participant à l'étude (N = 121) ont fourni une autre réponse (accélération plus grande pour le camion),

Etud505 : « Etant donné que le camion est plus lourd, il va devoir un peu plus forcer pour freiner. »

ou n'ont pas répondu.

Résultats en fonction des sections d'étude

Les figures 2.10 et 2.11 présentent les résultats par section d'étude aux questions portant respectivement sur l'analyse des forces et des accélérations des véhicules lors de la collision frontale. Ces figures permettent de dégager un même schéma à l'avantage de la médecine et de la dentisterie, qu'il s'agisse de la réponse à la question (barre complète) ou de la justification de cette réponse (partie colorée de la barre).



Figures 2.10 et 2.11 : La performance des étudiants de médecine et dentisterie est supérieure sur la réponse et sa justification à l'étude des forces lors de la collision et supérieure sur la justification accélération collision.

Certains étudiants ont répondu correctement à la question portant sur les accélérations suite à une réponse erronée à l'analyse des forces. La figure 2.12 montre que ce cas de figure est significativement moindre pour ces filières à examen d'entrée. Cette figure illustre bien le fait qu'une part importante des étudiants de toutes les sections, à l'exception de la médecine et de la dentisterie, a sélectionné la réponse correcte à la QCM portant sur les accélérations malgré une mauvaise compréhension du phénomène.

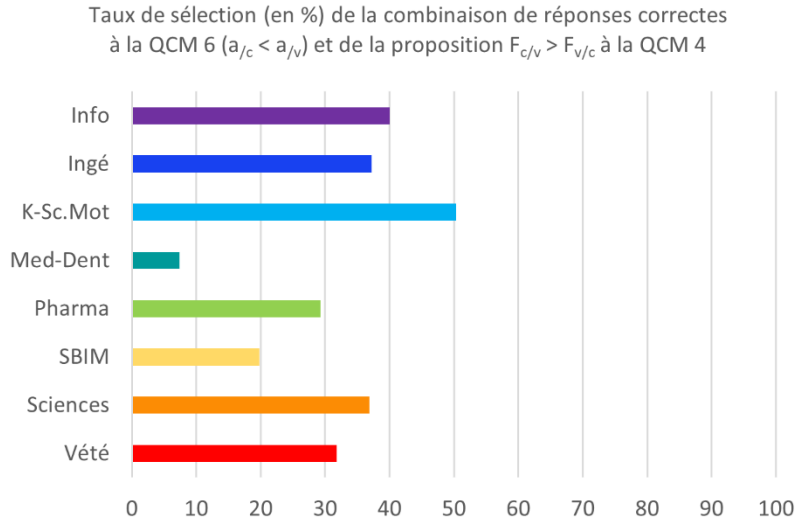


Figure 2.12 : Les étudiants ayant indiqué (à tort) que la force appliquée par le camion sur la voiture était plus grande que la force exercée par la voiture sur le camion ont eu tendance à indiquer (à raison) que l'accélération de la voiture lors de cette collision était plus importante que celle du camion.

2.4.2 Second test (décembre 2023)

Après avoir établi la supériorité de deux filières soumises à examen d'entrée quant aux conceptions correctes, cette section livre les résultats portant sur l'hypothèse 5 interrogeant l'évaporation ou la persistance de cette supériorité. L'enjeu de cette vue longitudinale est donc de voir dans quelle mesure il s'agit d'un apprentissage durable.

Participation

Lors de ce second test, organisé en décembre 2023 auprès des étudiants de médecine et de sciences dentaires ayant entamé leurs études entre 2020 et 2023, sur les 220 tentatives enregistrées, 212 étaient exploitables (Tableau 2.2).

Etudiants de médecine et de dentisterie de différentes années académiques sondés dans cette recherche					
Année académique de la première année	Nom des sections d'étude	Nom code	Examen d'entrée	Code cours ULiège	Nombre de tentatives exploitables
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2020-2021	Médecine et dentisterie	Med-Dent20	Oui (contraignant, avec physique)	PHYS3018-1	15
2021-2022	Médecine et dentisterie	Med-Dent21	Oui (contraignant, avec physique)	PHYS3018-1	56
2022-2023	Médecine et dentisterie	Med-Dent22	Oui (contraignant, avec physique)	PHYS3018-1	33
2023-2024	Médecine et dentisterie	Med-Dent23	Oui (contraignant, avec physique)	PHYS3018-1	108
Total :					212

Tableau 2.2 : 212 étudiants de médecine et dentisterie ayant entamé leurs études entre septembre 2020 et septembre 2023 ont répondu au second test.

Adhérence force-vitesse

Analyse des résultats aux questions portant sur l'étude des forces en jeu lors de la collision frontale entre une voiture et un camion roulant à la même vitesse

Globalement, indépendamment de l'année de leur première inscription, 67,5 % (N = 143) des étudiants de médecine et dentisterie sondés choisissent la réponse correcte, à savoir l'égalité des forces du camion sur la voiture et de la voiture sur le camion. Même s'il est plus faible que lors du premier test (80,4 %), ce score reste très élevé quand on le compare aux 46,9 % des étudiants toutes filières confondues qui donnaient cette bonne réponse lors du premier test (Figure 2.13).

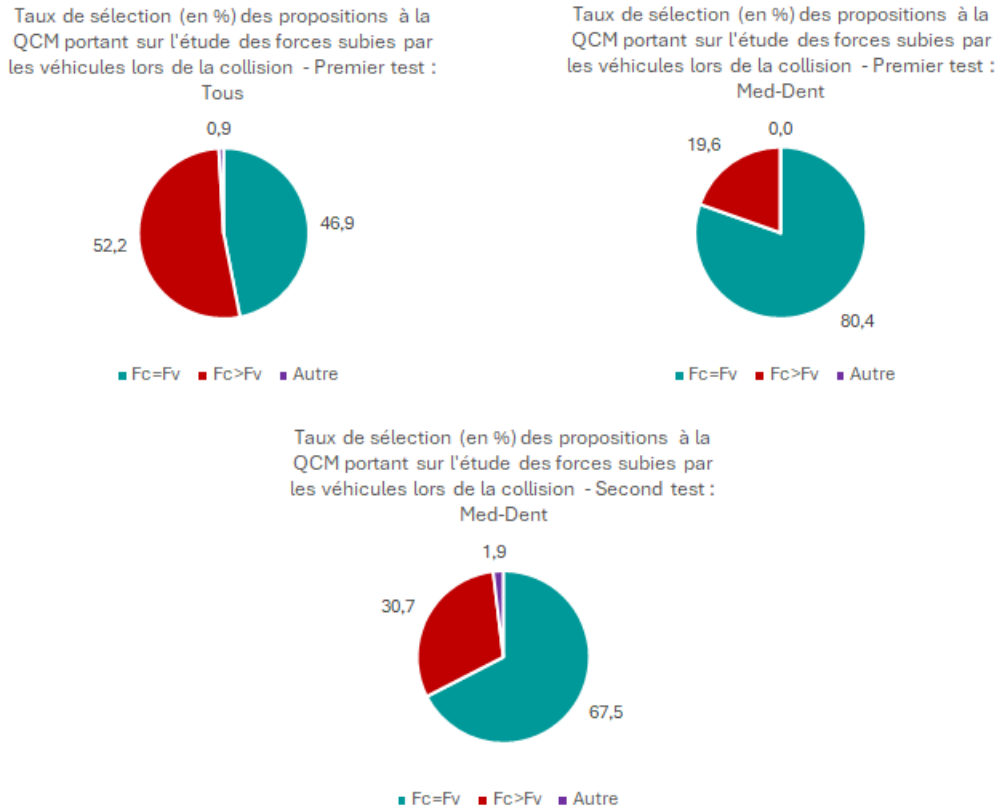


Figure 2.13 : Plus de deux tiers des étudiants de médecine et de sciences dentaires identifient correctement l'égalité des forces réciproques des 2 véhicules lors de la collision, et ce, même après plusieurs années sans avoir le moindre cours de physique.

Parmi les étudiants ayant bien répondu à la QCM sur les forces, 86,7 % (N = 124) ont donné la bonne justification, à savoir, le principe des actions réciproques (3^e loi de Newton). Seuls 9,8 % (N = 14) justifient leur réponse via un raisonnement dans lequel l'adhérence force-vitesse est présente. Il faut rappeler que, contrairement au premier test où les questions de justification étaient des questions ouvertes, dans le cadre de ce second test, les justifications ont été proposées sous forme de QCM dont les propositions ont été basées sur les réponses fournies par l'ensemble de la population lors du premier test. Il est donc probable que certains étudiants ont bénéficié de la présence de la 3^e loi de Newton parmi les propositions pour identifier plus facilement la justification correcte que s'ils avaient dû la déterminer seuls.

La Figure 2.14 présente les taux de réussite à cette question (en gris) en fonction de l'année de réussite à l'EXMD. A l'exception des étudiants ayant réussi l'EXMD en 2021, où seuls 51,8 % des étudiants ont correctement indiqué l'égalité des forces, les autres années sont caractérisées par des taux de bonne réponse variant entre

69,4 % et 81,8 %, c'est-à-dire dans le même ordre de grandeur que les étudiants de médecine et dentisterie lors du premier test en septembre 2020 (80,4 %). Les taux de bonne justification restent également très élevés comme le montre la partie noire de la Figure 2.14. Ces résultats restent très bons même pour des étudiants ayant présenté l'EXMD plus de 3 ans auparavant. Les moyennes de ces populations triées en fonction de l'année de réussite de l'EXMD sont significativement différentes, $F(3, 212) = 5,25, p < 0,001$. Il ressort que seule la population des étudiants ayant réussi l'EXMD en 2021 présente une moyenne à cette question et sa justification⁹ différente des autres populations. Cela peut éventuellement s'expliquer par le fait que leur préparation à l'EXMD s'est déroulée durant la période la plus compliquée de la pandémie Covid-19.

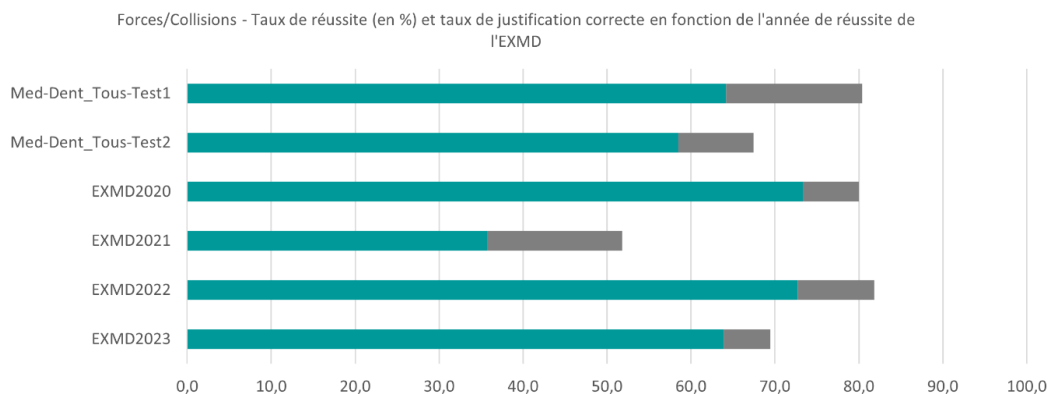


Figure 2.14 : Même plusieurs années après avoir réussi l'EXMD, les étudiants de médecine et dentisterie indiquent massivement l'égalité des actions réciproques en jeu entre les deux véhicules et justifient correctement leur réponse.

Pour rappel, dans ces deux filières d'étude, le cours de physique n'est enseigné que lors du premier quadrimestre de la première année. Si certains étudiants n'ont pas réussi ce cours de physique lors de leur inscription, ils ont donc gardé un contact avec la physique plus longtemps que leurs collègues de la même promotion. Même si les lois de Newton, et de manière générale, la dynamique, ne sont pas abordées dans ce cours en première année universitaire (puisque considérées comme prérequis par le programme d'étude), le fait de suivre un cours de physique plus longtemps pourrait donner un avantage lors de ce second test. Il n'en est rien puisque les taux de réussite sont presque identiques et varient entre 61,4 % et 72,2 % en fonction de l'année académique durant laquelle ils ont

⁹ Deux points sont accordés si l'étudiant répond et justifie correctement. 1 seul point est accordé s'il répond correctement mais justifie mal. Si l'étudiant ne répond pas correctement à la question, il obtient 0 point.

suivi leur dernier cours de physique (Figure 2.15). Aucune différence significative n'est observée entre ces populations, $F(3, 212) = 1,11, p = 0,35$.

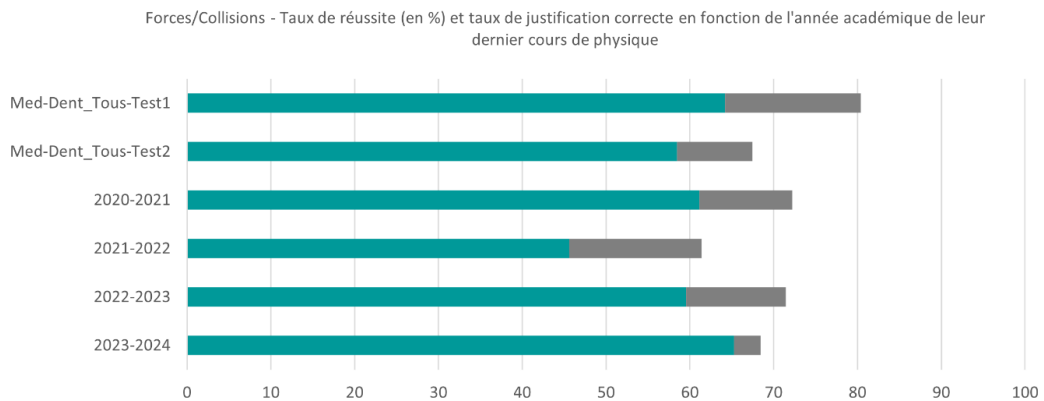


Figure 2.15 : Quelle que soit la durée écoulée entre leur dernier cours de physique et le moment de ce second test, les étudiants sondés réussissent massivement la question portant sur les forces et justifient correctement leur réponse.

Les taux de réussite varient entre 63,5 % et 76,7 % en fonction du type de préparation (Figure 2.16). Les meilleurs scores sont observés pour les étudiants ayant participé aux activités de l'université en plus des activités extérieures. Cependant, le type de préparation à l'EXMD ne semble pas non plus montrer de différence significative dans la capacité à analyser convenablement la collision et à fournir une justification correcte, $F(3, 212) = 1,15, p = 0,33$.

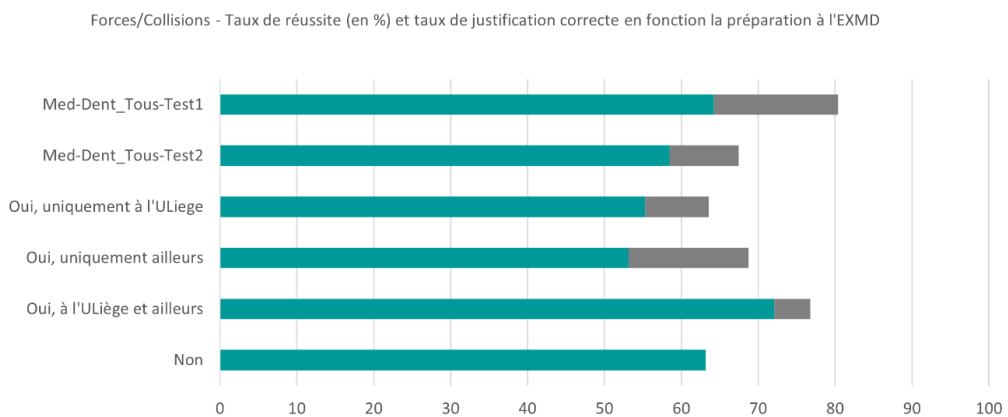


Figure 2.16 : Différents types de préparation à l'EXMD permettent aux étudiants de performer à l'analyse de la collision.

Analyse des résultats aux questions portant sur l'étude des accélérations du camion et de la voiture entrant en collision frontale à la même vitesse

Sur l'ensemble de la population sondée lors de ce second test, 69,3 % (N = 147) des étudiants ont indiqué à raison que l'accélération de la voiture serait plus grande en norme que celle du camion (Figure 2.17). Parmi eux, 60,5 % (N = 89) ont correctement justifié leur réponse.

Lors du premier test, sur l'ensemble des populations sondées, 60 % des étudiants avaient répondu correctement et seuls 24,9 % avaient correctement justifié leur réponse. Donc, même après plusieurs années, les étudiants ayant préparé un examen d'entrée continuent de présenter des résultats nettement meilleurs aux questions portant sur l'étude de la collision.

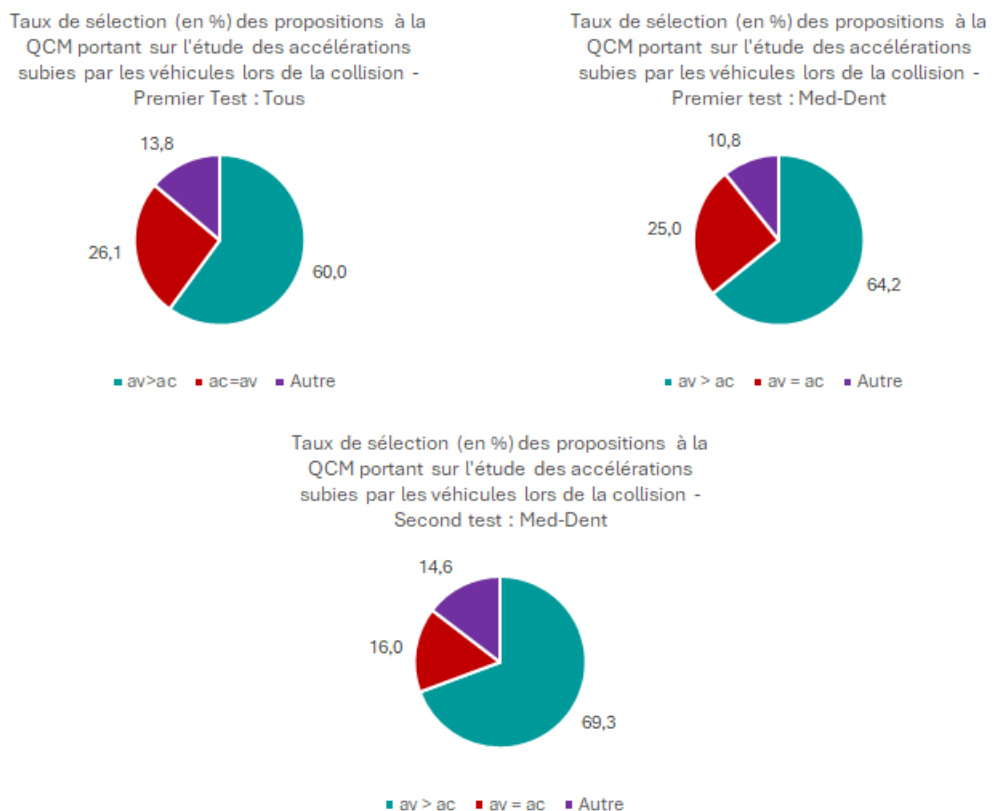


Figure 2.17 : Une large majorité d'étudiants a correctement identifié le fait que l'accélération de la voiture était plus importante que celle du camion.

Aucune différence significative n'est observée en fonction de l'année de réussite de l'EXMD ($F(3, 212) = 0,22$; $p = 0,86$), de la dernière année académique durant laquelle ils ont suivi un cours de physique ($F(3, 212) = 0,53$; $p = 0,66$) ou du type de préparation à l'EXMD ($F(3, 212) = 0,62$; $p = 0,6$).

Etude de la question portant sur la pièce lancée en l'air

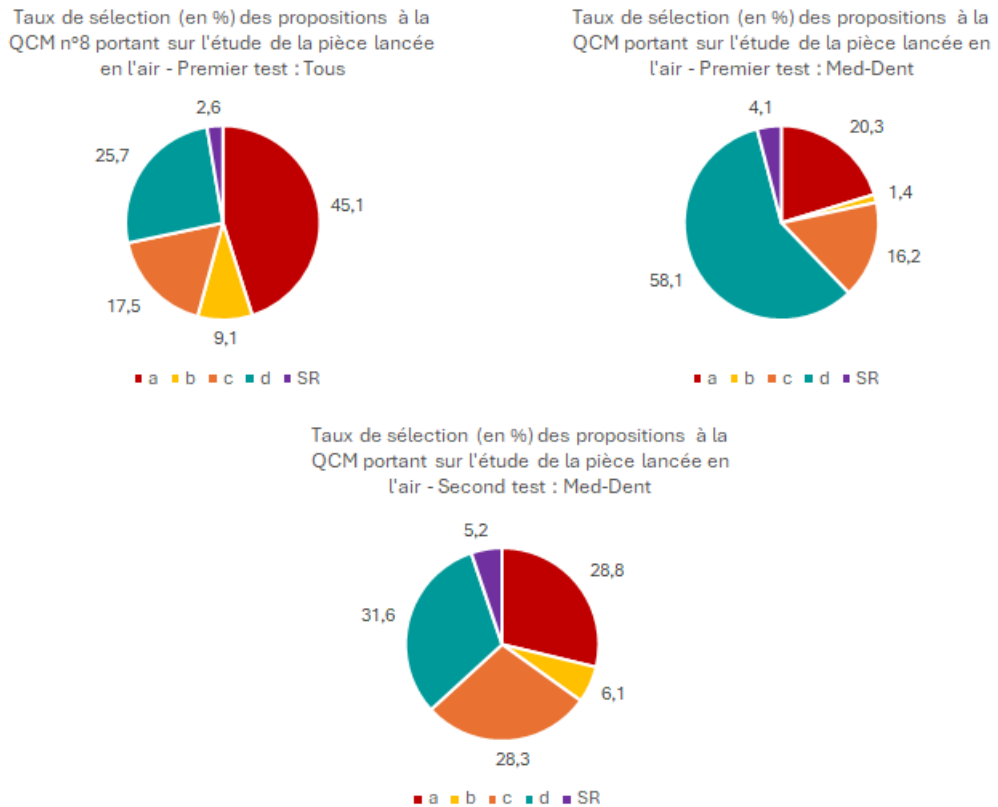


Figure 2.18 : Moins d'un étudiant sur trois identifie correctement l'évolution de la résultante des forces subies par la pièce lors de son vol.

Alors qu'au premier test en septembre 2020, 58,1 % (N = 86) des étudiants de médecine et dentisterie avaient correctement identifié l'évolution de la résultante des forces appliquées à une pièce lancée verticalement vers le haut durant son vol, ils ne sont plus que 31,6 % (N = 67) lors du second test (Figure 2.18). De plus, ils n'étaient que 36,5 % (N = 54) lors du premier test, contre 57,1 % (N = 121) à avoir coché soit la proposition a, soit la proposition c. Or, ces deux propositions font état d'une résultante orientée vers le haut qui diminue au cours de la montée. Cette explication traduit la présence de l'adhérence force-vitesse dans les raisonnements menant à ces propositions.

En groupant les étudiants ayant présenté ce second test en fonction de l'année durant laquelle ils ont réussi l'EXMD (Figure 2.19), des différences de moyenne significatives ($F(3, 212) = 6,04 ; p < 0,001$) sont observées entre le groupe 2023 (M = 0,46/1) et les autres groupes (moyennes variant entre 0,13/1 et 0,27/1). Il semble clair que les étudiants ayant récemment suivi une préparation à l'EXMD sont moins

susceptibles de produire des raisonnements supposant l'adhérence force-vitesse pour analyser cette situation.

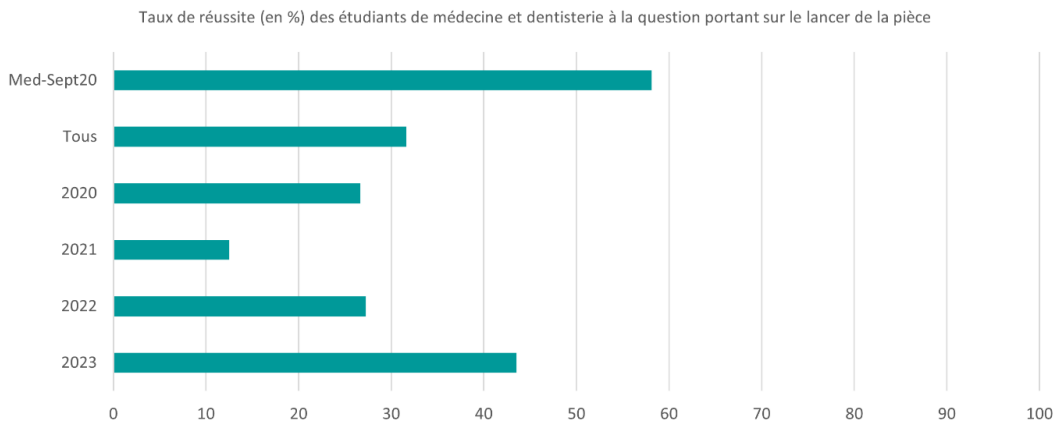


Figure 2.19 : Les étudiants s'étant préparés à l'EXMD récemment sont moins sujets à l'adhérence force-vitesse.

En revanche, aucune différence significative n'est observée en fonction du type de préparation à l'EXMD, $F(3, 212) = 0,11$; $p = 0,95$.

2.5 Discussions et perspectives

Des conceptions alternatives sont donc identifiables dans les réponses produites par une très large majorité des étudiants sondés. Outre l'adhérence force-vitesse étudiée plus précisément dans le cadre de cette recherche, des conceptions de type « la force la plus grande gagne » ou de type « impetus », ou encore des confusions entre les grandeurs cinématiques ont pu être identifiées dans les raisonnements des étudiants.

Les résultats indiquent que les étudiants des sections de médecine et de dentisterie présentent systématiquement de meilleurs résultats aux questions de mécanique lors du premier test organisé à l'entame de l'année académique 2020-2021, donc avant toute activité d'enseignement à l'université. L'hypothèse 2 est confirmée. La seule variable explicative qui se dégage tient dans le fait que ces étudiants ont dû réussir – et donc préparer ! – un examen d'entrée (ou examen d'admission) contraignant portant, entre autres, sur la physique.

Ce résultat conforte ceux de Marique et al. (2018) qui mettaient déjà en évidence l'influence forte d'une préparation intense à l'examen, obtenue, cette fois en première session, au travers de l'utilisation d'un exerciceur générant des formes de drill ou d'exercitation (Verpoorten et al., 2007).

Dans la présente étude, une fréquentation plus intense et plus active de la matière de l'examen d'entrée se joue certes sur le plan personnel mais croise également les multiples formations et autres cours préparatoires à l'examen d'entrée qui sont proposés à celles et ceux qui se destinent aux études de médecine et de dentisterie, dans les écoles secondaires d'origine, dans les universités, via des cours particuliers ou des associations privées. A l'université de Liège par exemple, les activités préparatoires de physique à cet examen sont centrées sur la résolution de questions à choix multiples et un accent particulier est mis sur les problèmes de conception et de représentation couramment rencontrés chez les étudiants. Même si les questions proposées dans les tests faisant l'objet de cette recherche n'ont pas été posées telles quelles lors de ces activités préparatoires, il est probable que les étudiants aient acquis diverses compétences par la pratique et la répétition de tests d'entraînement.

Le même phénomène s'observe au niveau plus fin de granularité visant à détecter la présence de l'adhérence force-vitesse dans les raisonnements des étudiants en fonction de la filière d'étude qu'ils ont choisie. A nouveau, les étudiants inscrits dans les filières de médecine et de sciences dentaires se montrent les plus performants. L'hypothèse 3 est donc vérifiée.

Même si la supériorité des résultats des étudiants en médecine et dentisterie tient probablement en partie à cet entraînement aux tests, cette explication ne peut être considérée comme épuisant le phénomène puisque les mêmes étudiants gèrent également mieux les questions ouvertes de justification. Ainsi, les étudiants issus de ces sections ne se contentent pas de répondre mieux aux QCM portant sur l'analyse des forces et des accélérations des véhicules lors de la collision, ils produisent aussi une justification valide de leurs réponses, à 79,8 % et 81,1% respectivement. Cela conforte l'hypothèse 4.

Cette observation suggère fortement qu'ils se sont bien représentés les situations proposées et ont mobilisé à bon escient les modèles corrects de la mécanique classique pour répondre et justifier leurs réponses. Le drill (ou la répétition importante de résolution de tests composés de QCM) n'a pas produit qu'un apprentissage automatique, imitatif, reproductif ou restituitif (Romano, 1991) mais également ce qui peut être considéré comme de la compréhension en profondeur (Entwistle, 1988).

A l'inverse, les candidats aux études de médecine vétérinaire qui sont dans l'obligation de présenter un examen d'entrée (le test d'orientation du secteur de la santé), non contraignant, même s'il comporte une partie consacrée à la physique, réussissent dans une proportion moindre, sans doute parce que peu d'étudiants s'y sont préparés sérieusement et se sont suffisamment engagés dans la tâche avec un objectif de réussite. Les taux de réussite à la partie consacrée à la physique

dans ces tests d'orientation entre 2017 et 2019 étaient compris entre 4,4 % et 8,3 % (ARES, 2019). Pour compléter la comparaison, les futurs ingénieurs doivent performer à un examen d'entrée exclusivement centré sur les mathématiques. Ils ne suivent donc *a priori* aucune préparation spécifique à la physique. Ces étudiants ne se distinguent pas non plus des autres sections d'étude.

Ces remarques croisées sur des publics et des examens distincts convergent d'une façon très nette. Ces recoupements multiples autorisent à attribuer la performance supérieure enregistrée chez les étudiants en médecine et dentisterie à l'obligation qui leur incombe de réussir un test centré en partie sur la physique générale. S'il fallait ajouter un dernier faisceau pour consolider cette causalité, il faudrait rappeler qu'aucun autre facteur explicatif envisagé (nombres d'heures de physique, de sciences et de mathématiques en dernière année de l'enseignement secondaire, le niveau d'intérêt pour le cours de physique, le redoublement ou non dans l'enseignement obligatoire et enfin, le niveau de sérieux avec lequel le test a été passé) ne peut être statistiquement crédité d'une influence probante. L'hypothèse 1 n'est pas vérifiée.

Il est possible que le drill et l'apprentissage stratégique en fonction du contexte (Marton & Saljo, 1976 ; Ramsden, 1988) ne se révèlent pas durables. Or, la performance de ces étudiants se maintient dans le temps (Hypothèse 5) comme le montre la dimension longitudinale amenée dans l'étude. A items identiques entre tests, l'analyse de la collision frontale du camion et de la voiture roulant à la même vitesse révèle des résultats des étudiants de médecine et sciences dentaires des différentes années sondées largement supérieurs à ceux des étudiants toutes sections confondues en 2020 (Figures 2.13 et 2.17). Là aussi, les autres facteurs explicatifs comme le temps écoulé depuis l'EXMD (Figure 2.14) ou le dernier contact avec une activité d'enseignement en physique (Figure 2.15), ou encore le type de préparation à l'EXMD (Figure 2.16) n'influencent pas significativement le maintien de la qualité des raisonnements produits et donc la levée de l'adhérence force-vitesse. Cependant, lors de l'analyse du vol d'une pièce lancée verticalement vers le haut, les étudiants de médecine et dentisterie présentent des résultats légèrement inférieurs aux étudiants de ces mêmes sections sondées en 2020, même si des différences significatives existent en fonction de la cohorte à laquelle ils appartiennent. Par ailleurs, les taux de sélection des propositions correspondant à un recours à l'adhérence force-vitesse dans le raisonnement ont progressé entre ces deux tests. Dans l'analyse de cette situation, il semble donc qu'un contact récent avec la matière soit synonyme de performance. Nous devons donc conclure que dans ce cas de figure, l'adhérence force-vitesse n'a pas été levée durablement.

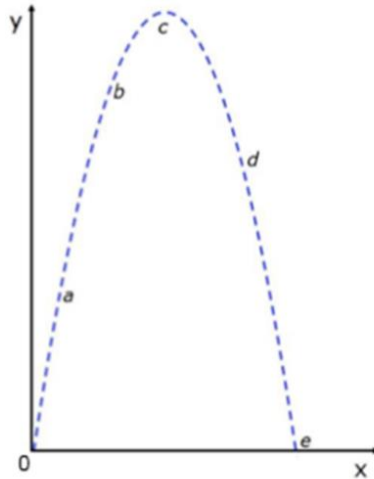
La simplicité apparente de la situation décrite de la pièce lancée en l'air pourrait expliquer que les élèves sont davantage amenés à s'appuyer sur une intuition

directe issue de l'expérience quotidienne. Ils recourent en l'occurrence, à tort, à un raisonnement de type « le mouvement implique la force » (Clement, 1982). Au contraire, dans l'analyse de la collision, les paramètres de la situation décrite semblent d'emblée plus nombreux et complexes, les élèves cherchent probablement davantage à puiser leurs explications dans les souvenirs de leurs enseignements passés.

Nous avons noté que le type de préparation à l'EXMD n'influence pas la levée ou la résurgence de cette conception alternative. Cependant, les questions posées à l'EXMD portent souvent sur la compréhension en profondeur des concepts physiques, la partie de l'EXMD comprenant la physique est d'ailleurs intitulée « Connaissance et compréhension des matières scientifiques » (ARES, s. d.b). Etant donné que les candidats ne peuvent utiliser de calculatrice lors de cette épreuve, très rares sont les questions visant l'application numérique des concepts. Deux exemples de questions issues de l'EXMD sont présentés dans la figure 2.20.

Il est donc probable que tant les élèves que les enseignants et formateurs issus de divers horizons et préparant à leur manière leurs élèves à la passation de l'EXMD travaillent spécifiquement ce type de questionnement. Or, pour pouvoir travailler en profondeur les concepts en physique, il est nécessaire de porter une attention particulière à la déconstruction et à la levée des conceptions alternatives. La diffusion libre des anciennes épreuves d'admission par le biais du site de l'organisateur, l'ARES, favorise le fait que chacun des acteurs travaille dans la direction de la déconstruction des conceptions alternatives.

Le graphique ci-dessous représente la trajectoire d'un objet lancé vers le haut avec une vitesse initiale oblique par rapport à la verticale (par rapport à l'origine O , y représente la hauteur de l'objet et x représente la distance parcourue horizontalement). On néglige les frottements de l'air. On repère sur cette trajectoire cinq endroits notés respectivement a , b , c , d et e .



Parmi les propositions suivantes, laquelle est correcte ?

- A. L'accélération est partout la même.
- B. L'accélération est maximale au point e .
- C. L'accélération est nulle au point c .
- D. Au point d l'accélération est de signe opposé à celui de l'accélération au point b .

En fonction de l'endroit où se trouve un objet sur la Terre...

- A. sa masse peut varier, mais pas son poids.
- B. son poids peut varier, mais pas sa masse.
- C. son poids et sa masse peuvent varier, mais de la même façon.
- D. son poids et sa masse ne varient pas.

Figure 2.20 : Deux QCM issues de l'EXMD 2018 et 2019 (ARES, s. d.c).

Sur la base des résultats obtenus, trois perspectives nous semblent pertinentes :

- Perspective 1 : Les résultats contrastés présentés dans cette étude nous encouragent à analyser d'autres types de conceptions alternatives afin de vérifier si le même processus est observé.
- Perspective 2 : A la lumière de ces résultats, une communication sera réalisée à l'intérieur du département de physique à l'Université de Liège afin de sensibiliser les enseignants à cette problématique des conceptions alternatives persistantes, même avec une formation complète dans l'enseignement obligatoire.
- Perspective 3 : Par ailleurs, nous avons travaillé récemment à la mise en place d'outils en ligne asynchrones. Dans le cadre d'un MOOC portant sur la mécanique enseignée dans les classes de secondaire (Marique et al., 2022), chaque séquence débute par un exercice visant à confronter l'étudiant à ses conceptions (Marique et al., 2022). En particulier, certains de ces exercices sont réalisés sous forme de vidéos interactives (chapitre 9). Dans chaque situation proposée, l'étudiant peut alors ajuster différents paramètres afin de mettre en évidence visuellement l'impact de chacun d'eux sur la situation décrite. Cette configuration d'exercice permet également à l'étudiant de modifier directement sa réponse, voire de tester d'autres réponses afin de constater l'impact de chacune sur la situation proposée. Malheureusement, les traces de ce MOOC sont difficilement exploitables. Notamment, il est pratiquement impossible de suivre le parcours d'étudiants particuliers dans des exercices conçus sous la forme de vidéos interactives.
- Perspective 4 : le niveau d'intérêt pour le cours de physique a été mesuré dans notre cas à l'aide d données déclaratives recueillies par l'intermédiaire d'une échelle d'opinion. Il pourrait s'avérer intéressant de mesurer plus précisément ce rapport aux sciences par des paramètres tels que l'abonnement à des revues scientifiques, la consultation régulière de site de vulgarisation...

Transition

C'est au cours de l'apprentissage informel constitué notamment des expériences de la vie quotidienne que naissent les représentations qui conduisent aux conceptions alternatives. Ces dernières interfèrent avec les contenus enseignés dans le cadre d'un apprentissage formel ultérieur et perturbent celui-ci.

Des expériences personnelles de chaque étudiant, à l'école et en dehors, dans des contextes d'apprentissage formel ou non, naissent des profils divers. Cette diversité, accentuée par la massification des populations étudiantes, impose de personnaliser davantage l'apprentissage à l'université. Pour maximiser les chances de réussite, notamment en première année de bachelier, il devient crucial de dépasser le cadre d'un parcours unique et identique pour tous. Une approche écologique offre la flexibilité nécessaire pour construire des parcours individualisés et adaptés aux besoins spécifiques de chaque étudiant.

Cette approche est développée de manière théorique dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 – Ecologies d'apprentissage

3.1 Types d'apprentissage

L'apprentissage peut se dérouler dans divers contextes, allant des environnements formels, comme les écoles et les universités, qui suivent un programme strict, aux environnements non formels, tels que les MOOC, les écoles de conduite, ou les cours de langue, qui reposent sur la participation volontaire en dehors du système éducatif officiel (Caldwell et al., 2012). En complément de ces deux types d'apprentissage, l'apprentissage informel, que Livingstone (2001) définit par les activités visant la compréhension, la connaissance ou la compétence, se déroule sans l'intervention de critères académiques externes. Cet apprentissage, axé sur l'apprenant, se distingue par des choix personnels ou des circonstances de fait concernant le moment, le lieu, la manière d'apprendre, et peut inclure des activités individuelles ou de groupe sans l'encadrement d'éducateurs traditionnels. Grebow (2002) souligne l'importance de cet apprentissage informel, affirmant que 75 % des connaissances et compétences acquises en résultent, contre seulement 25 % pour l'apprentissage formel. Barron (2006) et d'autres ont par ailleurs montré que l'apprentissage est plus efficace lorsqu'il est intrinsèquement motivé par l'intérêt. Cependant, de nombreux étudiants sont principalement incités par l'obtention du diplôme, et adoptent dès lors des comportements d'apprentissage guidés par des motivations extrinsèques (Cosnefroy, 2004 ; Mémet, 2003 ; Pelaccia et al., 2008 ; Ryan & Deci, 2017).

Lors de l'apprentissage, qu'il soit conscient ou non, l'apprenant a accès à diverses ressources issues des différents domaines et contextes précités (professionnel, social, culturel...). Il développe ainsi des écologies qui englobent un large éventail de ressources et d'infrastructures. Il peut ensuite les mobiliser, les organiser, les modifier (Damşa et al., 2019), et les enrichir. Cela lui permet de créer ses propres environnements d'apprentissage et de définir ses processus de compréhension et d'apprentissage (Brown, 2000 ; Jackson, 2013 ; Solomon, 2000). Ce concept d'écologie d'apprentissage est donc nécessairement lié au contexte d'évolution de l'éducation et de l'apprentissage et y trouve son origine (Sangrá et al., 2019). D'ailleurs, quoique gardant ses racines dans l'apprentissage formel, la formation universitaire participe, parfois malgré elle, à cette évolution générale qui, à travers les technologies numériques, élargit l'accès (Sangrá et al., 2019) libre (Kop & Fournier, 2010 ; Siemens, 2008) à des ressources de savoir démultipliées, au point qu'il devient possible d'évoquer un parcours académique comme se déroulant davantage dans une « écologie » que dans une série discrète de « cours ». Cette notion d'écologie d'apprentissage, initialement attachée à l'apprentissage informel, déborde celui-ci à mesure que les lieux, les temps et les ressources d'apprentissage se multiplient et se diversifient, décuplant les occasions

d'apprentissage au-delà des murs de la classe ou de l'auditoire, et modifie ainsi l'apprentissage dans l'enseignement supérieur (Siemens & Matheos, 2010).

Il est pertinent ici de distinguer l'écologie d'apprentissage de l'« environnement d'apprentissage », qui est défini comme l'ensemble des conditions matérielles, sociales et pédagogiques mises en place pour soutenir l'apprentissage des étudiants (Wilson, 1996). Il s'agit d'un espace structuré par les enseignants, souvent pensé comme un cadre statique où les ressources sont mises à disposition des apprenants, mais où les interactions restent majoritairement descendantes. Un environnement d'apprentissage est par exemple constitué d'une classe de cours composée d'un tableau interactif, d'ordinateurs connectés à internet permettant la consultation de ressources en ligne et dans laquelle les chaises sont disposées en cercle afin de faciliter les échanges.

Engeström (2008) critique cette conception de l'environnement, la jugeant trop restrictive et soulignant qu'elle tend à négliger les dynamiques complexes d'apprentissage qui émergent dans des systèmes plus larges et interconnectés. Un environnement d'apprentissage, bien qu'important pour structurer les activités pédagogiques, reste donc statique, tandis que l'écologie d'apprentissage dépend de la prise en compte de l'évolution des besoins et des interactions de l'apprenant au fil du temps. L'approche écologique permet ainsi une prise en compte plus globale et dynamique, considérant les multiples interactions qui influencent l'apprentissage en dehors des limites traditionnelles, et leur évolution.

Il existe alors une ouverture pour envisager l'apprentissage non pas comme un chemin rectiligne, mais comme une carte des possibles où l'étudiant choisit le chemin qu'il emprunte en fonction de ses besoins, de ses aptitudes et compétences, de ses envies, des ressources qu'il trouve ou reçoit... Dans cette vision de l'apprentissage, chaque apprenant évolue au sein d'écologies plus ou moins riches, construites, alimentées et entretenues, partiellement ou totalement, par les enseignants, et s'enrichissant d'éléments ajoutés par l'apprenant lui-même. Les écologies d'apprentissage relèvent alors plus d'une logique ascendante.

Les écologies d'apprentissage sont donc forcément propres et personnelles à chaque étudiant, durant son programme de cours ou même sa vie entière. Cette « habitation » d'écologies fédérées dans un parcours personnel peut mettre un accent sur une forme de responsabilité renforcée vis-à-vis des démarches d'apprentissage. Lorsqu'il est envisagé selon une approche écologique, l'apprentissage, quel que soit l'âge auquel il a lieu, quel que soit le contexte où il s'opère, et quel que soit son type (formel, non formel, informel ou dans un continuum entre plusieurs types), apparaît comme le fruit des multiples interactions que l'apprenant a avec le monde qui l'entoure et les différents systèmes qui composent celui-ci. Vygotsky (1987) indique qu'un individu

entretient des relations actives avec des environnements de différentes natures (sociale, économique, culturelle, personnelle, institutionnelle) et que ces relations sont ensuite intériorisées pour faire partie de la manière dont il apprend et se développe. Dans cette vision idéale, l'individu est également à l'origine de l'extériorisation, de la production de connaissances ou de matériaux et, par ce processus, agit sur le monde et le change.

Après avoir abordé les notions d'écologie et d'approche écologique, une revue de différentes définitions d'écologies d'apprentissage sera effectuée. Enfin, les éléments pouvant composer une écologie d'apprentissage seront établis.

3.2 Approche écologique de l'apprentissage

Le terme d'écologie apparaît pour la première fois au milieu du 19^e siècle sous la plume d'Ernst Haeckel, biologiste allemand figurant dans la lignée des penseurs darwiniens. Sa volonté était d'étudier les milieux où vivent les êtres vivants, les relations de ces êtres avec le milieu ainsi qu'entre eux. Un siècle plus tard, l'écologie scientifique a pris une ampleur considérable comme champ de recherche académique en tant que sous-discipline de la biologie. Plus largement, différents domaines de recherche emboîtent le pas à la biologie et développent leur objet d'étude dans une perspective écologique. La métaphore écologique est employée, dans la recherche, pour explorer diverses situations, et se prête de manière particulièrement pertinente à décrire les relations entre les êtres humains et leur environnement. En particulier, l'approche écologique peut s'adapter à la pédagogie et l'apprentissage.

3.2.1 Approche écologique du développement

Dans les années 1970, Bronfenbrenner introduit une approche écologique pour interpréter le développement humain. Selon lui, pour comprendre ce développement, il est nécessaire de considérer l'ensemble du système écologique dans lequel la croissance a lieu. L'individu va se développer tout au long de sa vie du fait des interactions qu'il cultivera avec son environnement, et de l'évolution de celles-ci. L'environnement y est vu comme l'ensemble des personnes, des lieux, des objets, des institutions... qui interagissent de près ou de loin, de manière directe ou indirecte, avec l'individu. Pour comprendre le développement d'un enfant, nous devons donc étudier les interactions qu'a cet enfant avec ses facteurs environnementaux. La forme et la nature des interactions sont sujettes à évolution au rythme des grandes étapes de son développement, constituant pour chacune, des transitions écologiques. Cette approche souligne la nécessité de comprendre les multiples contextes dans lesquels les enfants évoluent et grandissent

(Bronfenbrenner, 1977, 1979, 1994, 2005 ; Bronfenbrenner et Evans, 2000 ; Germain & Gitterman, 1994 ; Roglof, 2003).

Le modèle de Bronfenbrenner a légèrement évolué au cours du temps (1977, 1979, 1994, 2005) mais reste globalement composé de cinq sous-systèmes socialement organisés, du microsystème, c'est-à-dire l'environnement immédiat de l'enfant (école, famille...) au macrosystème, définissant l'environnement plus lointain qui ne touche pas directement le quotidien de l'enfant, tel que des modèles sociétaux et institutionnels, comme les coutumes ou l'économie. Bronfenbrenner considère donc nécessaire d'examiner les éléments définissant son environnement immédiat, mais aussi les relations entre ces différents éléments, ainsi que les relations entre les différents systèmes d'éléments en interaction les uns avec les autres.

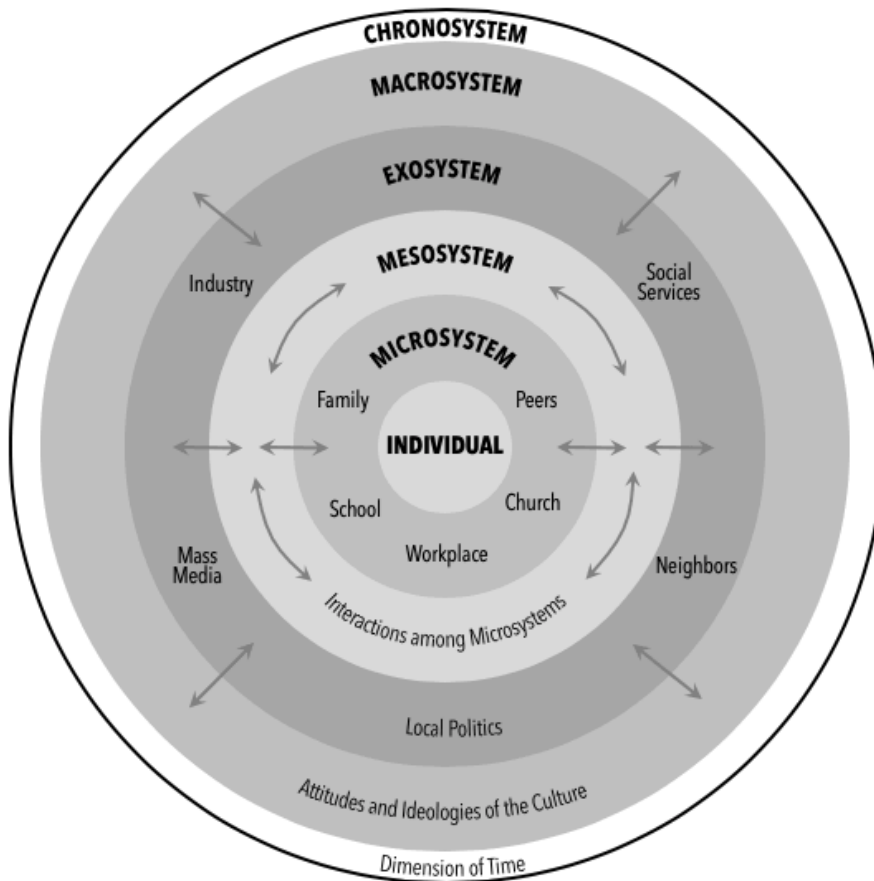


Figure 3.1 : Représentation du modèle de Bronfenbrenner 1979 (Davis & Francis, 2023).

Le modèle de Bronfenbrenner est représenté (Figure 3.1) par des cercles concentriques, chacun représentant un niveau de système, emboîtés les uns dans les autres comme des poupées russes, et centrés sur l'individu (l'enfant) et ses

caractéristiques intrinsèques. Ces systèmes sont définis en fonction du niveau de participation et d'implication de l'enfant.

- Le niveau des **microsystèmes** est le plus proche de l'enfant et donc le plus directement influent. Il correspond à l'environnement immédiat de l'enfant dans lequel celui-ci a une participation active et directe. Cet environnement est composé d'activités (scolaires, extrascolaires...), de lieux pour ces activités (la maison, l'école, les lieux de loisirs...), de personnes (parents, autres membres de la famille, enseignants, autres enfants, entraîneurs...), et de relations interpersonnelles. Ces différents éléments influencent et sont influencés par le développement de l'enfant. Plus ces microsystèmes sont riches et variés, plus ils favorisent des interactions complexes et créent alors un climat propice au développement de l'enfant. Au fur et à mesure de son développement, l'enfant visite de plus en plus de milieux et le nombre de microsystèmes augmente donc en conséquence.
- Le **mésosystème** rassemble les interactions entre les microsystèmes de l'enfant sans que celui-ci ne soit pour autant directement impliqué. Par exemple, l'interaction entre l'école et la maison se fait au travers de communications véhiculées par le journal de classe de l'enfant. Cet outil permet une communication quasi-directe entre diverses personnes issues de ses microsystèmes, tels que les parents et les enseignants. D'autres interactions de ce type peuvent être organisées en face à face, par le biais de courriers électroniques, d'appels téléphoniques...

Au fur et à mesure de son développement, vu que le nombre de microsystèmes liés à l'enfant augmente, les interactions entre ceux-ci se multiplient également. Par exemple, au début de sa vie, et en se limitant à l'étude des lieux que l'individu fréquentera dans son parcours scolaire, le bébé n'évolue que dans le microsystème constitué de sa maison. Il découvre ensuite la crèche, puis l'école et peut-être l'université, et enfin le monde du travail. Ces différents microsystèmes sont interconnectés. Comme le précisent El Hage et Reynaud (2014) : « *dans le cas de l'enfant, la maison prépare pour l'école, l'école prépare à l'université, l'université prépare au monde du travail. Un mésosystème est donc un système de microsystèmes, un ensemble de liens et processus qui prennent place entre deux ou plusieurs microsystèmes* » (El Hage et Reynaud, 2014).

- L'**exosystème** est constitué de milieux qui influencent le développement d'un individu sans que les acteurs de ses microsystèmes n'y soient nécessairement directement et activement liés. Citons les institutions publiques, les milieux socioéconomiques, les médias... autrement dit tous les organismes qui peuvent influencer le développement d'un individu par

la création ou la modification de règles et de normes et/ou par leurs effets sur la qualité de vie de celui-ci.

L'exosystème d'un enfant contient donc par exemple le réseau social de ses parents ou le cadre professionnel dans lequel ils évoluent. Cela impacte forcément le niveau socio-économique de la famille, le niveau de stress avec lequel les parents rentrent à la maison le soir, ou encore leur disponibilité pour l'enfant. A un niveau plus éloigné de l'enfant, l'exosystème peut également comporter les différentes entités politiques qui régissent, entre autres, l'enseignement. L'exosystème influence dès lors le potentiel de développement par différentes prises de décisions favorisant ou non les interactions des individus (subsidés, influence sur les décisions sociétales comme les décrets et les lois...).

- Le **macrosystème** désigne l'environnement global sous ses dimensions culturelles, idéologiques, de valeurs, de croyances... « Il s'agit des « patterns » qui définissent les formes de la vie en société. Par exemple, il existe un macrosystème politique (la social-démocratie), économique (le libéralisme), moral (judéo-chrétien)... » (Absil et al., 2012, p. 6). El Hage et Reynaud (2014) le définissent comme « la toile de fond qui englobe et influence tous les niveaux systémiques : le reflet et la source tout à la fois des conduites individuelles et institutionnelles... tout "ce qui va de soi" qui donne une forme globale à l'ensemble des systèmes, mais qui va être actualisé et réinterprété par chaque système » (El Hage et Reynaud, 2014). Il s'agit donc entre autres des codes sociaux et culturels non-dits, comme les rites et les traditions, qui influencent l'approche de la vie et les interactions entre les individus.
- Le **chronosystème** est « constitué des temporalités de la vie d'une personne qu'il s'agisse du temps biologique, du temps de la famille, du temps de l'histoire ou du temps perçu et reconstruit par la personne » (Absil et al., 2012, p. 7). Cet ensemble désigne donc les périodes importantes et événements vécus par l'enfant d'un point de vue scolaire (entrée à la crèche, entrée aux différentes écoles au long de sa vie, examens et épreuves...) ou extrascolaire (naissance, changements à l'adolescence, accident, maladie, séparation des parents, deuil...) influençant son développement dans le temps. Il s'agit aussi d'événements non vécus par l'enfant, mais qui font partie de l'histoire de sa famille, de sa communauté, de sa région, de son pays... La représentation de ces événements, héritée puis réinterprétée et appropriée, consciemment ou non, contribue à la construction identitaire en situant l'individu dans un cadre qui le dépasse non seulement spatialement, mais aussi temporellement.

Il peut être extrapolé du modèle de Bronfenbrenner que le cadre scolaire n'est pas le seul élément prégnant dans l'apprentissage chez l'enfant. Le milieu familial, les activités extra-scolaires ainsi que différentes variables politiques influencent son développement et son sentiment de compétence dans ses activités d'apprentissage au sens large.

3.2.2 Transitions écologiques

L'approche écologique définie par Bronfenbrenner stipule que l'individu façonne son environnement et que celui-ci influence, en réponse, le développement de l'individu. Il est donc sensé d'étudier les interactions entre l'individu et son environnement pour comprendre les évolutions respectives de chacun. Les caractéristiques d'un individu dans ses environnements évoluant au cours de sa vie, il est intéressant d'examiner les transitions écologiques, c'est-à-dire « *toute modification transformant le sujet par un changement de rôle, de milieux ou les deux simultanément* » (traduction de Bronfenbrenner, 1979 par El Hage et Reynaud, 2014). Ces transitions sont à la fois des conséquences et des motivations de développement. En effet, de nombreuses transitions ou étapes importantes rythment la vie d'un enfant. Certaines modifient considérablement l'interaction qu'il va avoir avec son environnement. Par exemple, lorsqu'un bébé réussit à marcher, ses possibilités d'exploration franchissent un palier important, mais cette étape modifie fortement l'attention que les parents portent à l'enfant (Thelan & Smith, 1994). De la même manière, plus tard dans la vie, le passage de l'enseignement obligatoire à l'enseignement supérieur est souvent synonyme chez le jeune adulte d'une augmentation d'autonomie. Il est en effet moins directement accompagné (« pris par la main ») dans la gestion de ses études, habite parfois seul ou en collocation et non plus chez ses parents, doit gérer son quotidien en termes de ménage, d'approvisionnement et de préparation de sa nourriture... Des transitions aussi importantes peuvent également être rencontrées plus tard dans la vie lors du passage du milieu académique au monde professionnel, lors d'un changement de travail ou encore lors de l'admission à la retraite.

3.2.3 Adaptation du modèle de Bronfenbrenner à d'autres domaines

L'approche écologique du développement de l'enfant développée au cours du temps par Bronfenbrenner résulte donc de la volonté de mieux cerner les facteurs, et les interactions entre ces facteurs, influençant son développement au sein de son environnement.

Ce modèle a ensuite évolué et a été adapté (Figure 3.2) par différents auteurs en fonction d'objets de recherche très variés tels que les violences sexuelles (Hébert

et al., 2018 ; Figure 3.2a), la promotion de la santé et de l'activité physique (McLeroy et al., 1988 ; Désautels et al., 2021 ; figure 3.2b) ou encore les habitudes alimentaires chez les jeunes enfants (De Rosso, 2022 ; Figure 3.2c). L'idée d'emboîtement de différents terrains d'influence reste centrale dans ces adaptations, constituant ainsi le point commun entre les diverses applications du modèle. Cela s'explique par le fait que cette conception en couches successives est précisément la base sur laquelle Bronfenbrenner a fondé son modèle écologique.

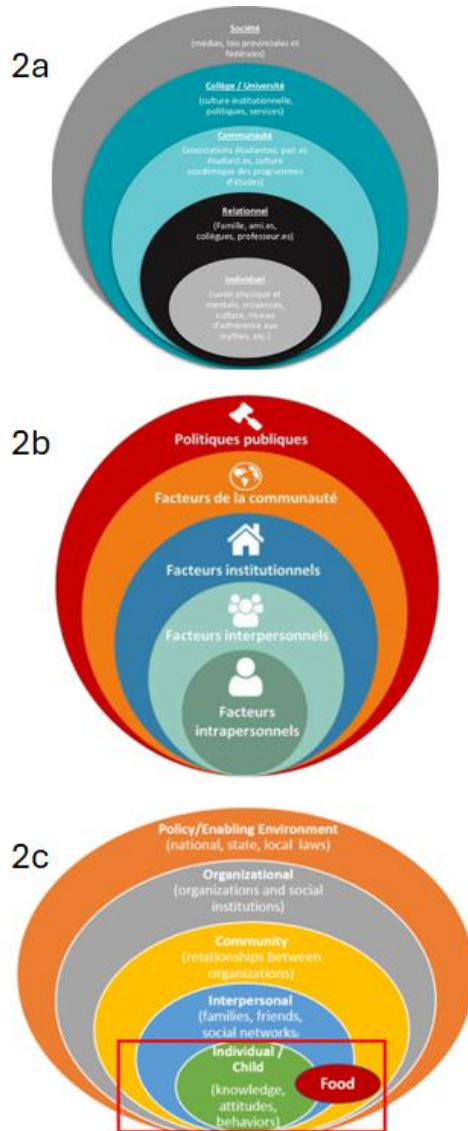


Figure 3.2 : Adaptations du modèle écologique de Bronfenbrenner dans différents domaines : 2a : violences sexuelles (Hébert et al., 2018) ; 2b : promotion de la santé et de l'activité physique (Désautels et al., 2021) ; 2c : habitudes alimentaires chez les jeunes enfants (De Rosso, 2022).

3.2.4 Adaptation du modèle à l'apprentissage à l'université

Jackson (2013) est reparti du cadre conceptuel de Bronfenbrenner (1994) mettant en évidence la nature emboîtée des écosystèmes pour l'adapter à l'apprentissage. Pour Jackson (2013), deux des niveaux (micro et mésosystème) sont particulièrement intéressants pour les apprenants et ceux qui soutiennent l'apprentissage.

Les microsystèmes se rapportent à l'environnement immédiat de l'apprenant, les situations quotidiennes auxquelles il est confronté, ses relations et ses communications avec les personnes rencontrées ou avec lesquelles il interagit à l'aide d'outils technologiques.

Il s'agit du niveau où l'apprenant décide et planifie quoi faire et comment le faire, le niveau auquel ses situations individuelles et ses réponses à ces situations comptent pour lui et pour les personnes qu'elles affectent, et donc le niveau auquel l'apprenant agit.

Ce niveau comporte les ressources, les outils, les technologies, les contextes dont l'apprenant peut disposer pour faire ce qu'il doit faire ainsi que le niveau auquel il crée de nouvelles écologies pour apprendre, performer et réussir.

Le mésosystème englobe les interrelations de plusieurs environnements, par exemple celles entre le cours universitaire qu'il étudie et sa vie en dehors des murs de l'université (vie sociale, travail d'étudiant...). Il implique des personnes intéressées à promouvoir et soutenir l'apprentissage. C'est le niveau auquel des conseils et des outils sont fournis pour aider les apprenants à remplir les exigences de leur programme d'étude. Une activité organisée de manière appropriée dans le mésosystème permet aux personnes d'apprendre davantage et mieux dans leur propre microsystème.

L'exosystème se compose d'environnements qui ne nous impliquent pas directement, mais qui contiennent des événements qui ont un impact sur nous. C'est le niveau écologique auquel une institution adopte et intègre certaines politiques qui affectent la manière dont un programme est conçu, ou qui déterminent, dans un sens large, les types de compétences que l'institution souhaite voir comme résultat de l'éducation qu'elle fournit.

Le macrosystème est la société plus large dans laquelle tous les autres paramètres sont imbriqués, y compris les contextes socio-économiques, culturels et politiques. Il inclut les politiques gouvernementales et les stratégies politiques, notamment, dans ce cas-ci, en termes d'enseignement supérieur.

Le chronosystème englobe le changement ou la constance au fil du temps, non seulement dans les caractéristiques de la personne, mais aussi dans l'environnement dans lequel cette personne vit (par exemple, les changements au fil du temps dans la structure familiale, le statut socio-économique, l'emploi, le lieu de résidence, ou l'organisation des études).

Jackson (2013) centre son intérêt sur l'éducation tout au long de la vie et considère que celle-ci est principalement concernée par le niveau du microsystème (apprentissage individuel tout au long de la vie), et du mésosystème (environnement ou écologie d'apprentissage qui encouragent, soutiennent et reconnaissent l'apprentissage et le développement individuels). Il relève cependant que la place de l'exosystème est importante puisque l'exosystème est le lieu où les politiques institutionnelles sont créées, et que celles-ci conduisent à l'adoption d'une approche d'éducation tout au long de la vie. Le macrosystème est le niveau où la société valorise cette approche.

Sur la base de ces propositions et en tenant compte du contexte défini précédemment, nous proposons une représentation du modèle socio-écologique adapté à l'apprentissage à l'université ou dans l'enseignement supérieur. Ce modèle, illustré par la Figure 3.3, est composé de six niveaux, chacun représenté par un cercle. Ces cercles sont imbriqués les uns dans les autres, formant une structure concentrique.

Au centre de ce modèle se trouve l'individu, c'est-à-dire l'étudiant. Celui-ci est caractérisé par son vécu, son parcours antérieur, ses croyances et représentations, ainsi que ses connaissances, compétences et attitudes, notamment face au travail. Ce niveau central englobe également ses décisions, stratégies et processus d'apprentissage, que ce soit de manière générale ou plus spécifiquement, par exemple lors de la résolution de problèmes. Ce niveau est parfois désigné comme le niveau intrapersonnel dans certaines adaptations du modèle de Bronfenbrenner.

Le deuxième niveau, souvent qualifié d'interpersonnel, comprend les relations de l'individu avec ses pairs, ses éventuels parrains et marraines d'étude, ainsi que les associations d'étudiants. Ce niveau inclut également les enseignants avec lesquels l'étudiant a un contact direct et régulier. En dehors du cadre strictement lié à l'université, on retrouve également sa famille et ses amis. Ceux-ci peuvent soutenir l'apprentissage de l'étudiant en agissant sur sa motivation, son engagement et en fournissant éventuellement une aide s'ils maîtrisent la matière.

Le troisième niveau, celui des communautés, englobe l'ensemble des étudiants de sa filière d'étude, les différents groupes avec lesquels il interagit, ainsi que les équipes pédagogiques des différents cours de son programme.

Le quatrième niveau est lié à l'organisation de ses études par l'université. Ce niveau comprend sa faculté en tant qu'organe institutionnel, ainsi que les différents services d'aide et d'accompagnement proposés par l'université, avec lesquels l'étudiant a des contacts informels.

Le cinquième niveau représente la société et les différentes institutions politiques, qu'elles soient locales, nationales ou internationales. Ces institutions influencent le parcours de l'étudiant par les lois et décrets qu'elles votent.

Enfin, le dernier niveau représente le temps et les éventuelles évolutions temporelles, tant de l'apprenant que de son environnement. Ces évolutions peuvent concerner ses relations, ses attitudes face au travail, ainsi que les décisions politiques qui régissent ses études et la société.

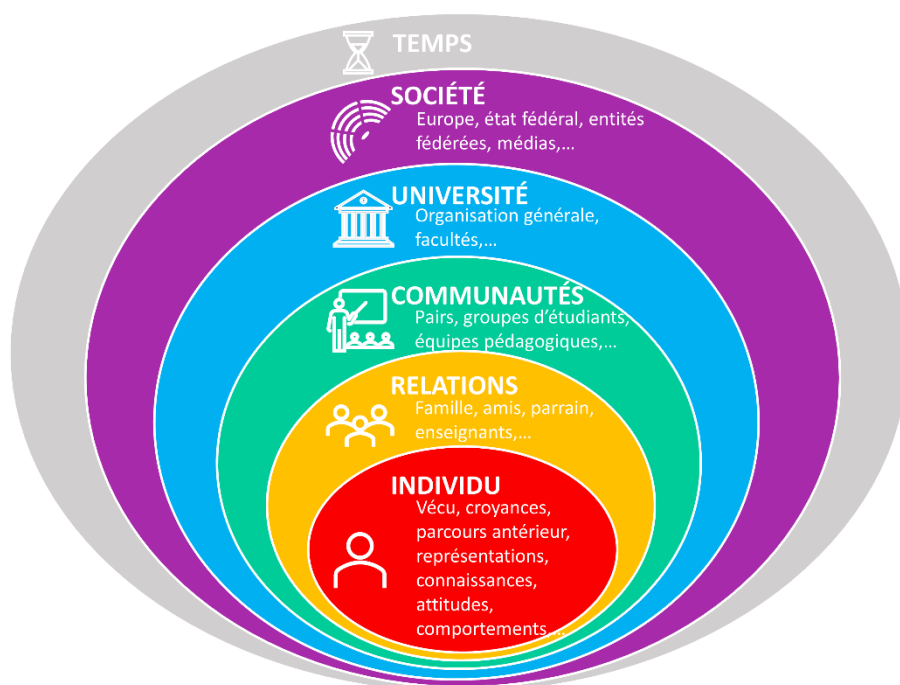


Figure 3.3 : Adaptation du modèle écologique de Bronfenbrenner à l'apprentissage à l'université et dans l'enseignement supérieur.

L'e-learning tient une place importante (Figure 3.4) dans les propositions en termes d'extension de l'écologie d'apprentissage que nous avons développées et qui font l'objet de cette thèse de doctorat. En particulier, de nombreuses activités en ligne sont organisées sur la plateforme de cours en ligne institutionnelle de l'Université de Liège, eCampus. Différentes activités permettent à l'étudiant de travailler en autonomie la matière du cours et des prérequis par le biais de notes publiées, quiz, exercices en ligne, etc. Contrairement aux méthodes traditionnelles

basées sur le modèle émetteur-récepteur (passif), une autre manière de travailler, plus individualisée, renvoyant davantage à une construction des savoirs (Verpoorten, 1995), peut potentiellement engendrer une modification des comportements et attitudes de l'étudiant face au travail. Par ailleurs, il lui est également possible de participer à un apprentissage collaboratif grâce notamment aux forums présents sur cet outil. L'e-learning tient donc une place dans notre modèle qui le situe sur les niveaux « individu », « relations », « communautés » et « université » (Figure 3.4).

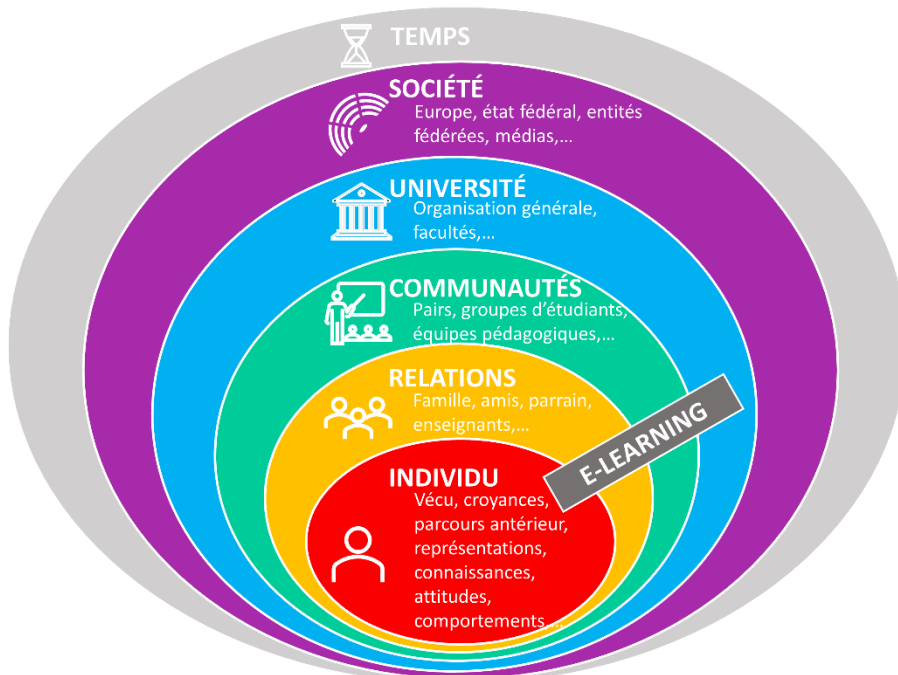


Figure 3.4 : L'e-learning occupe une place importante dans notre écologie d'apprentissage et couvre différents systèmes/niveaux de notre modèle.

3.2.5 Liens avec les catalyseurs identifiés

Les quatre catalyseurs de transformation identifiés précédemment recouvrent différents niveaux de ce modèle. En effet, la massification des populations étudiantes et sa conséquence en termes d'hétérogénéité de profils, tant d'un point de vue socio-économique que de par la diversité des parcours scolaires antérieurs, intervient à plusieurs niveaux de ce modèle. De fait, chaque individu arrivant à l'université développera divers comportements et attitudes qui sont le fruit de son propre vécu et de son parcours antérieur. Les connaissances avec lesquelles il entamera son parcours supérieur dépendent notamment des choix d'options réalisés dans l'enseignement obligatoire. D'autre part, la massification oblige les universités à adapter leur offre, par exemple, d'activités pratiques. Lors de travaux

dirigés, plus il y a d'étudiants, moins le personnel encadrant (qui a tendance, dans le meilleur des cas, à rester en nombre constant) est disponible pour chaque individu. La relation entre l'enseignant et l'étudiant en est affectée, ce qui entraîne parfois les équipes pédagogiques à modifier leurs pratiques pédagogiques en compensation de cette diminution de la disponibilité. Enfin, les différents niveaux de pouvoir politique réagissent également en imposant par exemple un examen d'admission pour pouvoir accéder à certaines filières (comme c'est le cas par exemple pour les sciences médicales).

L'évolution régulière de l'organisation des études de médecine en Fédération Wallonie-Bruxelles ces 15 dernières années a également touché plusieurs niveaux de ce modèle. Il est évident que les modifications imposées au niveau global de la société par les pouvoirs politiques ont forcé les universités et les équipes pédagogiques à s'adapter.

La majorité des attitudes des étudiants face au travail citées précédemment (motivation, étudiant-client...) concernent principalement l'étudiant lui-même, mais certaines de ces attitudes peuvent néanmoins être dictées par des contextes plus globaux. Par exemple, un étudiant issu d'un milieu peu favorisé économiquement devra probablement avoir un travail d'étudiant en parallèle de ses études pour subvenir à ses besoins quotidiens et financer ses études (bien que des bourses et aides diverses soient mises en place par les institutions d'enseignement). Ceci affectera négativement le temps dont il dispose pour se consacrer à des activités d'apprentissage. De la même manière, le rapport aux nouvelles technologies peut être dépendant du milieu socio-économique de l'étudiant et éventuellement du type d'établissement dans lequel il a effectué sa scolarité obligatoire.

Enfin, les problèmes d'apprentissage résultant de représentations alternatives chez les étudiants concernent essentiellement le niveau central, à savoir celui de l'étudiant lui-même. Il est cependant évident que les actions des enseignants, de parrains, et éventuellement de collègues-étudiants peuvent œuvrer à les lever.

Les problématiques identifiées mettent en lumière la complexité des dynamiques écologiques d'apprentissage, qui sont influencées par divers facteurs allant du contexte socio-économique aux interactions individuelles au sein des universités. Ces dynamiques ne se limitent pas à des structures rigides ; elles évoluent constamment en fonction des choix, des ressources et des environnements auxquels chaque étudiant est confronté. Ainsi, chaque apprenant construit et développe, souvent de manière inconsciente, une écologie d'apprentissage propre, composée de ressources matérielles, de relations humaines et de comportements spécifiques. Ces écologies, soutenues par les dispositifs et outils fournis par les enseignants, deviennent intrinsèquement personnelles et façonnées par les besoins et les contextes uniques de chaque individu. Afin de mieux comprendre

ces systèmes complexes et interconnectés, il est essentiel de définir plus en détail ce que sont les écologies d'apprentissage et d'explorer les concepts qui les sous-tendent.

3.3 Écologies d'apprentissage

Différents auteurs ont contribué au fil des ans à tenter de définir les écologies d'apprentissage et d'identifier les concepts qui les définissent.

Ainsi, Lemke (1997) indique que les écologies d'apprentissage personnelles naissent dans des environnements et contextes sociaux qui sont composés des individus et de leurs ressources, mais aussi des **comportements** des individus au sein de ces systèmes. Ces comportements sont même des éléments cruciaux, contribuant à la dynamique globale des écologies d'apprentissage personnelles.

Dans les années 2000, plusieurs auteurs (Barron, 2004, 2006 ; Lemke, 2000 ; Siemens, 2006, 2007) ajoutent la dimension spatiale à cette vision des écologies d'apprentissage.

Siemens (2006, 2007) définit l'écologie d'apprentissage comme "**l'espace** dans lequel l'apprentissage se produit". Pour lui, l'espace est la caractéristique prépondérante d'une écologie d'apprentissage. Il voit l'espace au sens large, et non simplement réduit à sa dimension physique. Une classe est une écologie, tout comme internet l'est également. Ce qui définit une écologie, ce sont les caractéristiques distinctes qui la rendent adaptée à des objectifs ou des finalités spécifiques. Ces caractéristiques déterminent donc ce qui peut exister au sein de l'écologie.

Barron (2004, 2006), comme Siemens (2006, 2007), fait appel à la dimension spatiale pour définir les écologies d'apprentissage, mais elle met l'accent sur ce qui se passe dans cet espace. Barron (2006) définit ainsi l'écologie d'apprentissage comme « *l'ensemble des **contextes** trouvés dans des espaces physiques ou virtuels qui offrent des opportunités d'apprentissage. Chaque contexte est composé d'une configuration unique d'activités, de ressources matérielles, de relations et des interactions qui en découlent.* » (Barron, 2006, p.195)

Avant cela, Lemke (2000) soutenait que les écologies ne peuvent être simplement définies par les espaces qu'elles occupent, mais qu'elles doivent également l'être en termes de leurs **processus**. C'est leur rôle dans ce processus qui inscrit les agents dans l'écologie d'apprentissage d'un apprenant. Par exemple, les membres des cellules d'accompagnement des étudiants, comme le « Service Guidance Etude » à l'Université de Liège, sont parties prenantes des écologies des étudiants

qui les ont contactés, parce que ceux-ci ont engagé un processus visant à obtenir de l'aide méthodologique dans leur parcours d'étude.

Lemke (2000) souligne également que les organismes, les personnes ou les institutions en lien avec l'apprenant sont ordinairement définis en termes de leurs propriétés stables, persistantes ou invariantes, sans considérer la dynamique, le changement et l'action, mais le fait d'être ce qu'ils sont. Or, ces processus, ces actions, ces pratiques sociales ou ces activités se produisent sur une certaine échelle de **temps** et évoluent donc.

Lemke (2000) met dès lors également en lumière les dimensions temporelle et spatiale des processus écosociaux, soulignant leur capacité à connecter différents espaces et contextes existant simultanément et à travers le temps, grâce aux artefacts comme les livres, les bâtiments... Ils sont des ponts entre situations passées, présentes et futures rencontrées ou créées dans nos vies.

À la même époque, Barab et Roth (2006) proposent une vision écologique de la connaissance qui reprend les notions de temps et d'espace, mais se concentre sur l'interaction dynamique entre l'individu et son environnement. Ils décrivent l'environnement d'apprentissage comme un ensemble de **réseaux d'affordances**, c'est-à-dire des réseaux de possibilités comprenant des faits, concepts, outils, méthodes, pratiques, engagements et personnes, fonctionnellement liés pour atteindre des objectifs spécifiques. Ces réseaux ne sont activés et pertinents que pour les individus possédant les compétences nécessaires et ayant des intentions claires. Ils insistent également sur le fait que ces réseaux sont socialement et matériellement distribués, évoluant à travers les interactions entre l'apprenant et son environnement. En ce sens, Barab et Roth rejoignent Barron (2006), qui souligne que l'intérêt de l'apprenant et son engagement vis-à-vis de l'objet d'apprentissage favorisent non seulement son autonomie, mais également l'activation de réseaux d'apprentissage plus riches et complexes. Ainsi, l'apprentissage, selon Barab et Roth, est défini comme un engagement réussi avec un réseau d'affordances en vue de réaliser des objectifs particuliers.

3.3.1 Synthèse globale par Jackson (2013)

Jackson (2013) synthétise ces notions de modèle écologique et d'écologie d'apprentissage. Il commence par indiquer que les termes « écologie » ou « écosystème » sont utilisés pour « *décrire les interactions dynamiques entre les plantes, les animaux et les micro-organismes et leur environnement, travaillant ensemble en tant qu'unité fonctionnelle* ». Les écologies sont « *des systèmes vivants contenant une diversité de facteurs qui interagissent les uns avec les autres, qui sont auto-organiseurs, adaptables et fragiles* » (Jackson, 2013).

Jackson (2013) relève 4 points de définition des écologies :

- un habitat dans lequel des individus de différentes espèces coexistent de façon relativement stable et interdépendante ;
- un ensemble de territoires et de niches superposés mais distincts, chacun avec ses propres règles, avantages et contraintes propres ;
- un système d'autorégulation qui utilise et recycle des ressources ;
- une organisation évolutive dans le temps au niveau des constituants et des modes de fonctionnement, mais stable et équilibrée dans son ensemble.

Les deux premiers points identifiés par Jackson (2013) peuvent être reliés, dans notre situation, à la massification des populations étudiantes et à l'hétérogénéité des profils d'étudiants qui en découlent et que nous identifions dans les catalyseurs de cette thèse. Le troisième point peut être interprété dans le cadre de cette thèse comme renvoyant à l'apprentissage autorégulé (Zimmerman, 2002) dans lequel l'étudiant planifie ses actions, élabore des stratégies, les contrôle et analyse leurs résultats et leurs impacts, le tout de manière cyclique. Enfin, le quatrième et dernier point concerne l'évolution dans le temps de ces écologies, ce qui, dans le cadre de cette thèse, est liée aux multiples réformes institutionnelles et organisationnelles des études et à la constitution progressive des écologies qu'elles influencent.

Ensuite, sur la base des différents concepts précédemment énoncés, qui définissent les écologies d'apprentissage, Jackson (2013) synthétise les apports et contributions des différents auteurs cités en indiquant que « ***l'écologie d'apprentissage d'un individu englobe ses processus ainsi que l'ensemble des contextes, des relations et des interactions qui offrent des opportunités et des ressources pour l'apprentissage, le développement et la réalisation personnelle. Chaque contexte comprend une configuration unique de finalités, d'activités, de ressources matérielles, de relations et d'interactions et d'apprentissage médiatisé qui en découlent*** » (Figure 3.5). Il indique également que « ***ces écologies d'apprentissage possèdent des dimensions temporelles et spatiales, et ont la capacité de connecter divers espaces et contextes coexistant simultanément dans la vie d'une personne, ainsi que différents espaces et contextes existant à travers le temps au cours de son parcours de vie*** ».

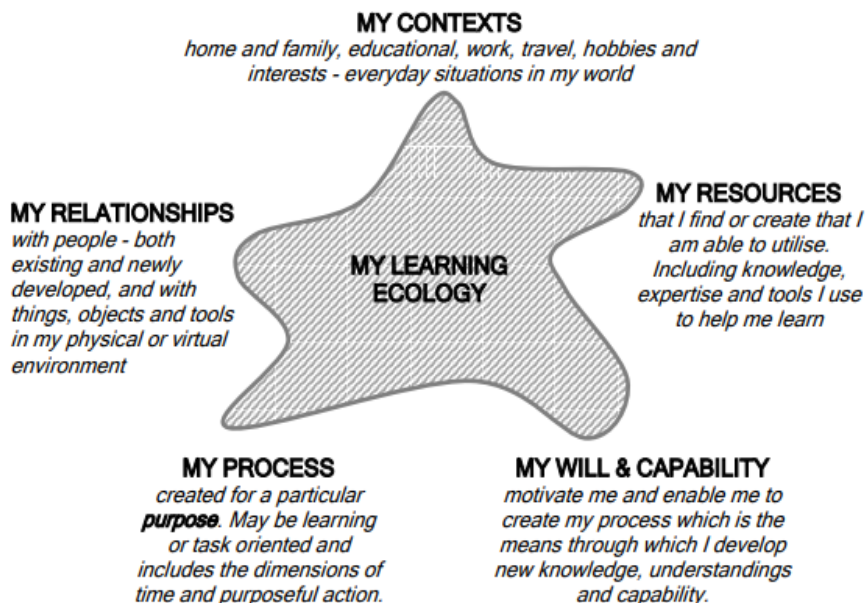


Figure 3.5 : Illustration de la définition de l'écologie d'apprentissage selon Jackson (2013).

3.3.2 Adaptation des écologies d'apprentissage aux types d'apprentissage

Bien que l'objet d'étude de Jackson (2013) soit l'apprentissage tout au long de la vie, et qu'il ait donc basé sa définition sur ce contexte d'apprentissage, cette analyse peut être adaptée à l'apprentissage dans le cadre de la formation initiale, tel que celui visé à l'université. L'auteur estime de plus que savoir comment créer et maintenir une écologie d'apprentissage est une partie essentielle de « savoir apprendre » dans tous les différents contextes qui composent la vie d'un individu. Les écologies d'apprentissage auto-crées sont alors le résultat de l'intégration des différentes expériences d'apprentissage sous différentes formes, dans différents contextes et situations qui se sont présentés au cours de la vie de leur concepteur.

Dans le même ordre d'idée, Richardson (2002) avait déjà comparé les écologies d'apprentissage formées dans des cadres éducatifs formels et informels. Selon lui, les premières sont largement déterminées et formées par l'équipe pédagogique en charge du cours alors que les secondes sont construites par l'apprenant lui-même ou par d'autres intervenants mais dont les interactions avec l'apprenant ne sont pas focalisées sur l'apprentissage (Tableau 3.1).

Ecologies d'apprentissage		
	cadres formels	cadres informels
<i>Exemples</i>	cursus à l'université	pratique d'un sport en club, apprentissage en autonomie...
Qui développe l'écologie ?	L'institution	L'apprenant
Contenus de l'écologie		
<i>Intervenants</i>	équipe pédagogique, autres apprenants, autres aidants...	famille, amis, collègues, coéquipiers...
<i>Interactions</i>	interaction que l'apprenant va avoir avec chacun dans le but d'apprendre	interaction que l'apprenant va avoir avec chacun
<i>Lieux</i>	salles de classe (amphithéâtres, classes, laboratoires...), espaces virtuels, espaces sociaux...	Maison, lieux de convivialité, bibliothèques, clubs de sport, lieu de travail...
<i>Processus</i>	souvent fixé par l'équipe pédagogique	parfois fixé par l'apprenant, parfois par un autre intervenant
Evaluation des acquis	Oui, au moins en partie	Rarement
Objectif	Centré sur l'apprentissage	Généralement pas centré sur l'apprentissage, bien que celui-ci soit produit par l'expérience

Tableau 3.1 : Ecologies d'apprentissage dans des cadres éducatifs formels et informels.

Les premières, dans un cadre formel, sont formées par les contenus et ressources fournis par l'institution, les processus demandés dans le cadre des activités proposées, les membres de l'équipe pédagogique au sens large et les apprenants ainsi que les interactions entre eux (y compris les interactions entre apprenants), les salles de classe, les centres de ressource, les espaces sociaux ainsi que les espaces virtuels permettant l'apprentissage et l'interaction entre membres de l'écologie (Figure 3.6).

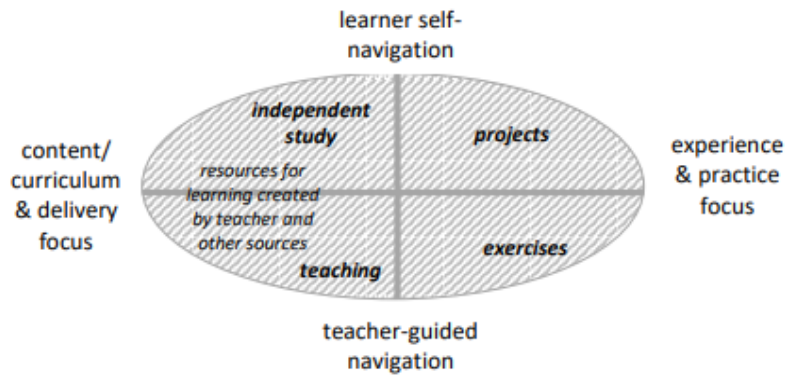


Figure 3.6 : modélisation d'une écologie d'apprentissage dans un cadre éducatif formel (Jackson (2013) adapté de Richardson (2002)).

Dans ce type de cadre éducatif formel, l'établissement éducatif met à disposition un ensemble de ressources et de soutiens pour favoriser le processus d'apprentissage. L'équipe pédagogique élabore une structure déterminée par des objectifs spécifiques, du contenu, des ressources et des processus, engageant ainsi les apprenants dans des activités éducatives souvent évaluées de manière formative voire certificative. L'institution assure une infrastructure favorisant les interactions entre enseignants, apprenants et pairs à travers divers espaces institutionnels et par le biais des technologies. Les activités y sont souvent axées sur l'acquisition de connaissances via des méthodes pédagogiques essentiellement basées sur la transmission et la découverte guidée.

Cependant, ces cadres formels peuvent parfois s'élargir pour inclure des éléments d'apprentissage non formel (et informel), notamment grâce aux opportunités offertes par les technologies numériques. Sangrá et al. (2019) indiquent également que « *la force du concept réside dans sa capacité à soutenir des modèles et pratiques en dépassant la séparation rigide entre l'apprentissage formel et informel. En effet, les écologies d'apprentissage conceptualisent les relations entre le formel et l'informel comme un continuum à travers plusieurs contextes d'apprentissage, médiés par les technologies numériques* » (traduction libre de Sangrá et al., 2019, p. 1620).

Ces réflexions sur le continuum entre apprentissage formel et informel sont particulièrement pertinentes à l'ère des technologies numériques. Ces technologies élargissent les possibilités d'apprentissage au-delà des cadres strictement formels, permettant aux apprenants d'interagir avec une diversité de ressources et de contextes tout en restant ancrés dans des structures académiques formelles. Cela nous amène à considérer comment ces principes peuvent s'appliquer à l'apprentissage de la physique dans le cadre de cette thèse.

Dans le contexte de cette thèse, l'apprentissage de la physique se situe principalement dans un cadre formel, mais il peut s'étendre vers des pratiques relevant partiellement du non formel, grâce aux ressources extérieures que les étudiants choisissent d'explorer. Bien que l'écologie d'apprentissage liée à la physique soit largement structurée par l'équipe pédagogique, qui fournit des ressources prêtes à l'emploi, les étudiants ont la possibilité de compléter ces ressources par des informations et supports supplémentaires qu'ils trouvent eux-mêmes, souvent grâce aux technologies numériques. Ces outils leur permettent de personnaliser et d'enrichir leur environnement d'apprentissage, en accédant à des contenus diversifiés en dehors du cadre traditionnel de la classe. Ainsi, l'apprentissage de la physique peut être envisagé comme étant situé dans un continuum, plus proche du formel, mais intégrant également des éléments non formels à travers l'utilisation de ressources et pratiques autodirigées. En définitive, l'étudiant construit et maintient son écologie d'apprentissage en mobilisant des compétences transversales telles que l'autorégulation et l'auto-organisation (Attwell, 2007 ; Dabbagh & Kitsantas, 2012 ; Sangrá, 2019). Ces compétences transversales, que Jackson (2013) considère comme des composantes essentielles du « savoir apprendre », pourront à nouveau être mobilisées dans la suite du parcours académique de l'étudiant, quel que soit le cours concerné.

3.4 Synthèse : composantes et bénéfices d'une écologie d'apprentissage

Dans le cadre de l'enseignement supérieur, la notion d'écologie d'apprentissage renvoie à un ensemble d'éléments matériels et non matériels favorisant apprentissage dynamique, interconnecté, et centré sur l'étudiant. S'il décide de s'engager, l'étudiant évolue en connexion avec des ressources pédagogiques, des contextes d'apprentissage variés, et des relations interpersonnelles dans son écologie.

Si les éléments et ressources potentiels proposés par l'équipe enseignante sont peu nombreux et pauvres, par exemple dans le cas d'un cours magistral supporté par un livre de référence, l'étudiant sera limité dans le développement de son écologie d'apprentissage, son engagement risquera de ne pas être important et son apprentissage non durable. Si, en revanche, l'équipe enseignante déploie de nombreuses ressources permettant à l'étudiant de développer une écologie plus riche, les occasions d'apprentissage seront plus nombreuses et l'apprentissage potentiellement plus profond. L'équipe enseignante joue alors un rôle de facilitateur dans le développement et la gestion de l'écologie d'apprentissage.

Cette approche centrée sur l'étudiant nécessite que celui-ci s'en saisisse pour enrichir son écologie.

L'engagement de l'étudiant dans son apprentissage favorise alors une écologie riche, tandis qu'une écologie d'apprentissage riche renforce à son tour l'engagement de l'étudiant, créant ainsi une dynamique réciproque bénéfique à l'étudiant.

L'apprentissage autorégulé, tel que décrit par Zimmerman (2002), est donc crucial dans cet environnement. Il permet à l'étudiant de définir ses objectifs, de choisir des stratégies adaptées, et d'ajuster son parcours au fil du temps, en fonction de ses besoins, de ses motivations intrinsèques (Zimmerman & Schunk, 2012) et de son parcours antérieur. Ce processus favorise son autonomie, faisant de l'étudiant l'acteur principal de son propre apprentissage.

L'intégration des technologies numériques renforce cette autonomie, en offrant une flexibilité accrue et un accès à des ressources variées, tant dans des contextes formels qu'informels (Siemens, 2006). En effet, les outils en ligne, accessibles en tout lieu et à tout moment, permettent à l'étudiant de sélectionner les ressources les plus pertinentes pour ses besoins spécifiques. Cette gestion autonome de l'apprentissage est facilitée par la flexibilité qu'apportent les technologies. Comme l'indique Coquilhat (2015) « *le fait que l'apprenant choisisse le contexte le plus approprié pour cet apprentissage, selon des scénarios divers, présente un rapprochement logique avec la notion d'écologie d'apprentissage. L'apprenant n'est donc plus contraint par les dimensions temporelles et spatiales et peut gérer son rythme d'apprentissage en toute autonomie* » (Coquilhat, 2015, p. 198)

Si l'autorégulation permet à l'étudiant de définir ses objectifs et de contrôler son apprentissage, le modèle de González-Sanmamed et al. (2019) vient compléter cette approche en identifiant sept composants-clés d'une écologie d'apprentissage (Figure 3.7). Ces composants s'articulent autour de deux dimensions principales : une dimension intrinsèque, qui comprend la motivation, les attentes et la conception de l'apprentissage, et une dimension expérientielle, qui englobe les actions, les ressources, les contextes d'apprentissage et les relations interpersonnelles. Ces éléments interconnectés créent un réseau d'apprentissage dans lequel l'étudiant peut construire et enrichir son parcours éducatif. Cette conception rejoint les travaux de Barron (2006), qui insiste sur l'importance de la diversité des contextes physiques et virtuels dans l'offre d'opportunités d'apprentissage.

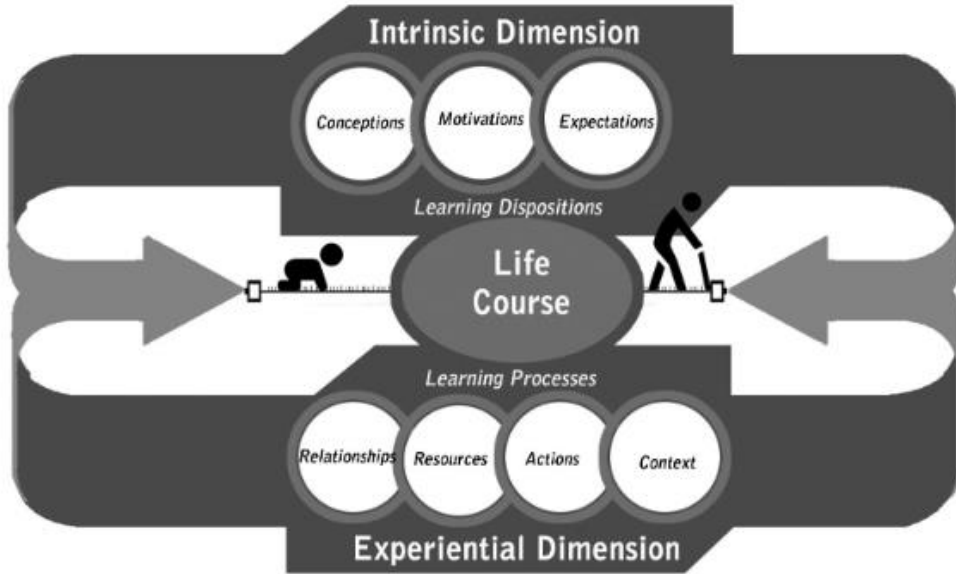


Figure 3.7 : Sept éléments clé des écologies d'apprentissage (González-Sanmamed et al., 2019, p. 1648).

Cette approche est également connectiviste (Downes, 2010 ; Kop & Hill, 2008 ; Siemens, 2006), car elle repose sur la création de réseaux d'informations et de ressources, où l'enseignant joue le rôle de facilitateur. Il structure les ressources tout en laissant à l'étudiant la liberté de choisir comment et quand les utiliser, conciliant ainsi les exigences formelles de l'université avec une approche d'apprentissage plus modulable et personnalisée.

Les bénéfices de l'écologie d'apprentissage par rapport à l'approche traditionnelle de « faire un cours » sont les suivants.

1. Elle est centrée sur l'apprenant et autorégulée.

L'écologie d'apprentissage place l'étudiant au cœur du processus, en lui permettant de réguler son propre apprentissage (Zimmerman, 2002). Contrairement à l'enseignement traditionnel, qui repose principalement sur une transmission descendante du savoir, ce modèle encourage l'autonomie de l'étudiant en lui offrant la possibilité de définir ses propres objectifs et de choisir ses stratégies d'apprentissage.

2. Elle est flexible et personnalisable grâce aux technologies numériques et s'adapte donc à la diversité des profils étudiants.

Les technologies numériques jouent un rôle clé dans la flexibilité de l'écologie d'apprentissage. Elles permettent à l'étudiant d'accéder à des ressources variées, de lever les contraintes spatiales et temporelles, et de personnaliser son parcours selon ses lacunes et centres d'intérêt. Coquilhat (2015) note que cette flexibilité

accrue dans la gestion de l'apprentissage distingue clairement l'écologie d'apprentissage des approches traditionnelles.

Dans un contexte universitaire marqué par la massification des populations étudiantes, l'écologie d'apprentissage s'adapte aux profils hétérogènes des étudiants. Chaque apprenant peut sélectionner les outils et ressources les plus appropriés à ses besoins spécifiques, alors que les approches traditionnelles standardisent davantage le parcours éducatif, offrant peu de marge de personnalisation.

3. Elle développe des compétences transversales.

En favorisant l'autorégulation et l'autonomie, l'écologie d'apprentissage aide à développer des compétences transversales, comme le savoir apprendre (Jackson, 2013). Ces compétences, essentielles pour la réussite académique, sont également transférables au monde professionnel. Ce modèle va au-delà de la simple acquisition de connaissances, typique des approches traditionnelles, en développant chez l'apprenant une capacité d'adaptation continue.

4. Elle est interconnectée et enrichissante.

Enfin, l'écologie d'apprentissage se distingue par son interconnexion entre ressources pédagogiques, contextes d'apprentissage et relations interpersonnelles (González-Sanmamed et al., 2019). L'étudiant évolue non seulement dans le cadre strict de la classe, mais aussi au travers de contextes d'apprentissage variés qui enrichissent ses expériences d'apprentissage.

En conclusion, une écologie d'apprentissage dans un cadre universitaire peut être définie comme un réseau environnemental structuré mais flexible, centré sur l'apprenant, qui personnalise son parcours selon ses besoins spécifiques tout en bénéficiant de la diversité des ressources et des contextes proposés. Ce modèle favorise l'autorégulation, l'autonomie et s'appuie sur les technologies numériques pour offrir une souplesse que l'approche traditionnelle de « faire un cours » ne peut pas offrir. Il s'agit d'une réponse moderne aux défis de l'enseignement supérieur, où les étudiants jouent un rôle plus actif dans la gestion et l'adaptation de leur propre apprentissage, tout en développant des compétences transversales.

Transition

Le cadre théorique établi dans le chapitre précédent met en lumière le potentiel de l'écologie d'apprentissage pour répondre à la diversité des profils étudiants et maximiser leur réussite. Ainsi, différentes propositions d'extension de l'écologie d'apprentissage ont été progressivement développées et mises à disposition des étudiants au fil des années. Ces ressources, conçues pour répondre à des besoins spécifiques, visent à enrichir l'écologie d'apprentissage de chaque étudiant tout en favorisant son autonomie et son engagement.

Les chapitres suivants présentent ces développements pédagogiques (Figure 3.7) :

- **Chapitre 4 : Hybridation du cours de physique**

Les premiers efforts ont porté sur la mise en place de tests formatifs en ligne, ciblant à la fois les prérequis et la nouvelle matière, ainsi que sur la création de forums et d'outils d'aide à la résolution d'exercices. Ces premières ressources servent de fondation au **décloisonnement** progressif du cours, intégrant les outils institutionnels à l'écologie d'apprentissage individuelle de chaque étudiant, qui déborde les murs de l'université.

- **Chapitre 5 : Autonomie en résolution d'exercices**

L'organisation des séances de résolution d'exercices a été repensée pour encourager progressivement l'**autonomie** des étudiants. Cette approche s'appuie sur une combinaison d'étayage et de désétayage. La prise de conscience de la nécessité de devenir autonome, et les moyens d'y parvenir, constituent une ressource méthodologique que l'étudiant peut intégrer à son écologie.

- **Chapitre 6 : Simulateur d'examens ludifié**

Un simulateur d'examens, basé sur d'anciennes questions classées par niveau de difficulté, a été mis en place. L'attribution de badges a été intégrée pour renforcer la **motivation** des étudiants et les inciter à s'autoévaluer régulièrement.

- **Chapitre 7 : Vidéos introductives aux travaux pratiques**

Des vidéos pédagogiques ont été créées pour préparer les étudiants aux séances de laboratoire. Ces ressources visent à renforcer leur **engagement** et à maximiser l'efficacité des travaux pratiques.

- **Chapitre 8 : Évaluations formatives et feedbacks personnalisés**

Des tests formatifs en présentiel, accompagnés de feedbacks détaillés et personnalisés, ont été introduits pour permettre aux étudiants de cibler leurs lacunes et de confronter leur **auto-évaluation** à des données objectives.

- **Chapitre 9 : MOOC**

Enfin, un MOOC a été conçu pour faciliter la **transition** entre les enseignements secondaire et supérieur dans le cadre de l'apprentissage de la physique. Il cible particulièrement les **conceptions alternatives** et les **obstacles technico-mathématiques** fréquents chez les nouveaux étudiants. Cette ressource déborde le cadre académique du cours en traitant de la matière enseignée dans le secondaire et participe à la réalisation de l'ambition écologique de l'apprentissage.

Chacun de ces chapitres établit la problématique travaillée, le cadre théorique soutenant le développement de la proposition d'extension de l'écologie d'apprentissage ainsi que sa description et son analyse de celle-ci.

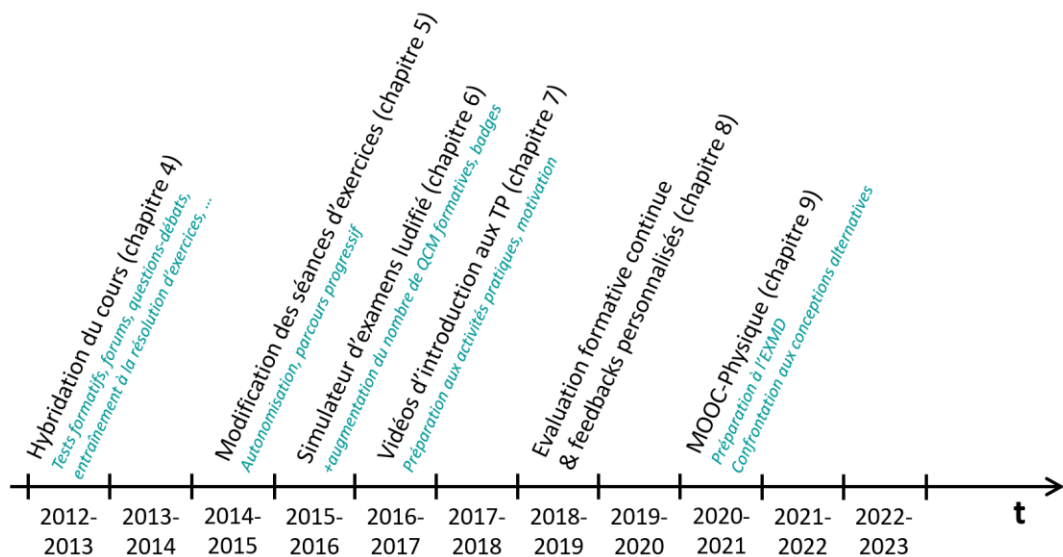


Figure 3.8 : Développement au cours du temps des propositions d'extension de l'écologie d'apprentissage des étudiants.

Chapitre 4 – Proposition d'extension n°1 : Hybridation du cours

Contextualisation et place de l’intervention dans le développement de l’écologie d’apprentissage

Ce chapitre présente les premiers développements pédagogiques réalisés dans le cadre de l’hybridation du cours de physique dispensé en première année de médecine et de dentisterie. Cette hybridation est une réponse qui a été jugée, en amont, comme plausible afin de répondre principalement à la problématique des cohortes pléthoriques s’inscrivant dans ces filières d’étude (intensité 3 du sommet B de la Figure 4.1). En effet, les cohortes pléthoriques sont synonymes de diversité des profils d’étudiants entamant les mêmes études. Cette hétérogénéité se manifeste sur 4 facteurs qui ont chacun fait l’objet d’un aménagement spécifique de l’écologie d’apprentissage.

L’hétérogénéité des acquis à l’entrée à l’université a suscité la création de tests diagnostiques, portant tant sur des grands thèmes de matière que sur des niveaux de granularité plus fins, comme des chapitres par exemple. Facilité par un système de visualisation sous la forme de signaux lumineux tricolores, il a cherché à aider l’étudiant à dresser rapidement un état des lieux de ses connaissances et de ses lacunes (intensité 2, sommet A, Figure 4.1).

L’hétérogénéité de la préparation aux techniques d’évaluation universitaire a motivé la création de tests QCM permettant à l’étudiant de s’entraîner à ce type d’évaluation avec laquelle tous ne sont pas familiarisés à la sortie du secondaire. La chose est d’autant plus importante que les réformes imposées à différents niveaux (intensité 2, sommet C, Figure 4.1) ont, par le grossissement des cohortes, automatiquement entraîné un recours plus fréquent à ce type de test.

L’hétérogénéité des niveaux d’autonomie personnelle a conduit à la mise en place d’exercices en libre disposition proposant deux types d’approche : la résolution guidée, lors de laquelle une décomposition du raisonnement à produire est proposée à l’étudiant afin de gagner en autonomie, et la résolution sans aide à laquelle l’étudiant peut passer une fois qu’il se juge capable.

L’hétérogénéité des recours possibles à l’entourage a stimulé la création de forums animés, d’une part, par les questions de compréhension des étudiants et, d’autre part, par l’équipe pédagogique qui y poste des « questions-débat » sur les concepts théoriques enseignés au cours. Celles-ci sont l’occasion de travailler sur certaines représentations alternatives (intensité 1, sommet D, Figure 4.1).

L’ensemble de ces aménagements est produit par l’entremise de l’eLearning. Ce chapitre fait le point sur ce concept avant d’en présenter en détail les matérialisations pratiques ci-dessus.

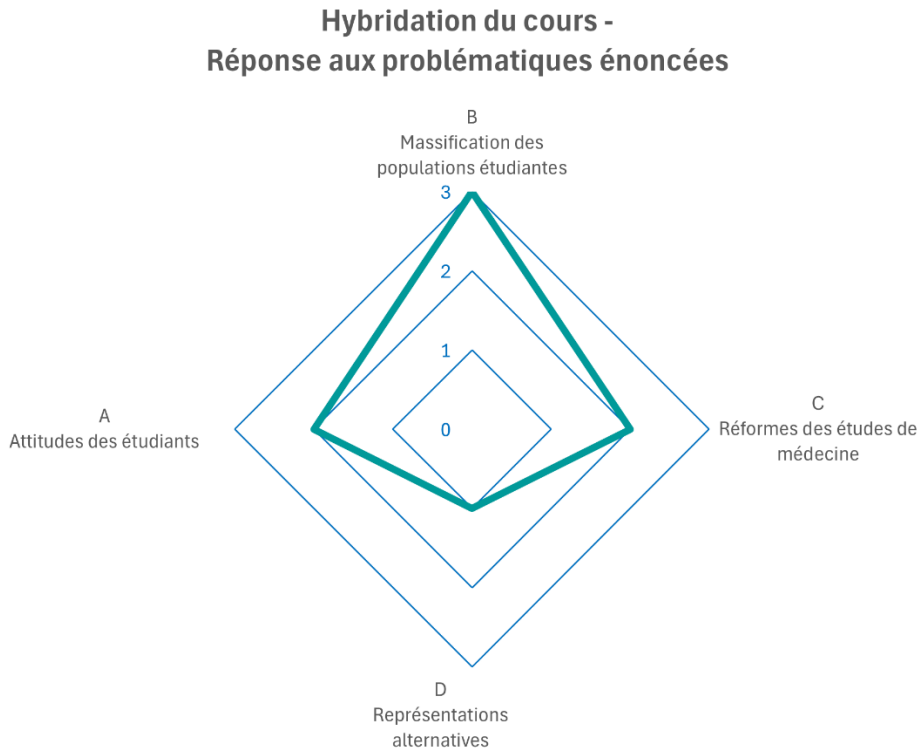


Figure 4.1 : L'hybridation initiale du cours vise principalement à répondre aux cohortes pléthoriques inscrites dans les filières d'étude concernées et à leur fournir des outils d'entraînement répondant aux réformes imposées dans l'organisation des études.

4.1 Introduction

4.1.1 La problématique de l'hétérogénéité

Le vote de la loi du 12 mai 2012 à la Chambre des représentants, réduisant la durée des études de médecine en Belgique à 6 ans, a poussé les universités francophones à adapter considérablement le programme de ces études. En particulier, en raison de la diminution conséquente du nombre d'heures d'enseignement octroyées aux sciences de base, une liste abondante de prérequis a été établie. Ces prérequis ont été basés sur les savoirs et compétences terminales de l'option « sciences générales » (WBE, 2018)¹⁰, c'est-à-dire l'option régulièrement appelée « sciences fortes » dans l'enseignement secondaire général de transition.

¹⁰ Bien que le programme et l'ordre des unités d'apprentissage aient légèrement évolué depuis 2012, les savoirs et compétences terminales sont restés sensiblement les mêmes qu'à cette époque.

Or, tout élève titulaire d’un CESS (acquérable à l’issue des études secondaires dans les sections de transition générale, technique ou artistique et des sections de qualification technique ou artistique) peut entamer des études supérieures sans restriction d’accès¹¹ (De Kerchove & Lambert, 1996). En outre, aucune épreuve certificative externe portant sur les sciences naturelles ou les mathématiques n’est organisée en fédération Wallonie-Bruxelles à la fin de l’enseignement secondaire. Cela entraîne une hétérogénéité importante des publics en fonction de leur origine sociale et de l’établissement scolaire dont ils sont issus (Ministère de la Communauté française, 2004 ; Dupriez et Vandenberghe, 2004) :

« Comme le montrent les études PISA, en Communauté française de Belgique, les élèves les moins favorisés ont tendance à être cloisonnés dans des établissements de moindre qualité, ce qui réduit d’autant plus leurs opportunités d’apprentissage. Ils aborderont par conséquent l’enseignement supérieur avec un bagage de connaissances et de compétences moins fourni et ils présenteront un taux d’échec plus important lors de leur première année. » (Vieillevoye et al., 2012, p.1)

Cette hétérogénéité est également renforcée par le fait que l’entièreté des programmes n’est pas toujours couverte dans les classes de l’enseignement secondaire. Ce phénomène d’acquis variables, notamment en termes des prérequis nouvellement établis, partiellement attribuable au système d’accès libre à l’enseignement supérieur, complique la démocratisation de celui-ci et maintient un taux d’échec constant, particulièrement chez les étudiants de première génération, autour de 60 % (Droesbeke et al., 2008). De plus, environ un tiers des étudiants abandonne leurs études supérieures sans diplôme, certains dès leur première année, d’autres après des redoublements ou des réorientations (Droesbeke et al., 2008). Ces taux d’échec très élevés sont observés en particulier dans les matières scientifiques. En réponse à ces constats, différents projets ont vu le jour en Fédération Wallonie-Bruxelles dans le but de favoriser la réussite en première année de bachelier (Parmentier, 2011).

En particulier, Romainville (2013) insiste sur l’importance de l’évaluation rapide des prérequis et du diagnostic des compétences et aptitudes des étudiants à suivre un cursus universitaire même s’il semble que certains puissent être réfractaires à ce type de diagnostic (Rege Colet, 2011). En effet, au plus tôt un diagnostic est posé sur la maîtrise des prérequis par l’étudiant, au plus vite celui-ci peut entamer un travail de remédiation sur ces prérequis.

¹¹ En septembre 2012, les études de médecine et de dentisterie n’étaient soumises à aucun filtre régissant son accès. L’examen d’entrée (EXMD) a été instauré pour la rentrée académique en septembre 2017.

Par ailleurs, il est intéressant de ne pas se limiter à l'évaluation des prérequis, mais de proposer également des évaluations formatives sur les nouveaux contenus abordés dans le cours à l'université. En effet, encourager les enseignants à mettre en place un système d'évaluations formatives présente un triple avantage pour l'étudiant :

- obtenir une indication de son niveau de maîtrise des savoirs et compétences en cours de quadrimestre d'enseignement, c'est-à-dire lorsqu'il a encore le temps de modifier ses méthodes de travail le cas échéant,
- l'encourager à travailler régulièrement,
- le familiariser aux modes d'évaluation à l'université.

Pour les enseignants, l'évaluation formative est également avantageuse puisqu'elle leur fournit des informations importantes pour adapter leurs méthodes d'apprentissage si nécessaire (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006).

Une fois ces évaluations diagnostiques (sur les prérequis) et ces évaluations formatives (sur la nouvelle matière) mises en place, il convient de proposer des outils et des ressources qui permettent à l'étudiant en difficulté d'y remédier. Devant la double contrainte générée par l'impossibilité d'organiser en présentiel des cours complémentaires, surtout pour ceux centrés sur la maîtrise des prérequis, et par le nombre important d'étudiants inscrits dans ces filières (environ 800 en 2012), le choix s'est porté sur des formations en ligne, et donc l'enseignement à distance ou l'e-learning.

4.1.2 La problématique de l'eLearning

En vertu de l'évolution des technologies et des apports qu'elles offrent à l'apprentissage, tant pour les enseignants que pour les apprenants, les outils numériques occupent une place croissante dans les écologiques d'apprentissage. L'apprentissage totalement ou partiellement organisé en ligne permet « *de fournir une éducation accessible et à jour à tous les âges et milieux sociaux, indépendamment du temps et du lieu* » (traduction libre de Ayu, 2020, p. 47). Ayu (2020) poursuit en précisant qu'« *Elango et al. (2008) ont argumenté que l'Internet est le seul moyen pour l'éducation de briser les barrières de l'injustice, de fournir des opportunités aux jeunes de devenir vraiment des apprenants du 21e siècle et de leur permettre d'apprendre de manière à répondre à leurs besoins et styles d'apprentissage* » (traduction libre de Ayu, 2020, p. 48). Par ailleurs, l'apprentissage en ligne aide à améliorer la littératie informatique des étudiants et améliore les compétences nécessaires pour commencer à travailler (Addah, 2012). Kasworm (2011) a souligné que l'apprentissage en ligne offre une flexibilité de travail et

facilite l'accès aux ressources éducatives adaptées aux besoins individuels des apprenants, fournit des supports interactifs favorisant un accès simple à l'information. D'ailleurs, depuis de nombreuses années maintenant, nombre d'universités ont adopté l'intégration de l'apprentissage en ligne dans leurs programmes afin de répondre à la diversité des styles et des exigences d'apprentissage (Turney et al., 2009).

Certaines craintes existent néanmoins sur le potentiel remplacement des activités d'apprentissage et d'enseignement organisées dans des espaces physiques par des activités d'apprentissage en ligne. Comme l'indique Ayu (2020), l'apprentissage en ligne ne peut pas remplacer les méthodes d'enseignement traditionnelles, mais il peut les compléter en fournissant des matériaux plus interactifs et un accès plus facile à l'information. On tend alors plutôt vers l'hybridation des formations, et cette démarche est maintenant régulièrement engagée, y compris dans des cadres éducatifs formels car elle permet de tirer parti des avantages fournis par le présentiel comme par le distanciel.

Ces évolutions provoquent de nombreux changements (Castañeda & Selwyn, 2018) qui poussent à questionner des hypothèses et des croyances sur l'apprentissage profondément ancrées dans les pratiques d'enseignement, comme le soulignent diverses recherches (Eberle et al., 2016 ; Leander et al., 2010). Elles favorisent les interactions constantes entre les individus, les technologies, les ressources et divers types d'environnements éducatifs (Akkerman & Bakker, 2018 ; Fischer et al., 2018). Cela a comme conséquence que les espaces d'apprentissage, dans toute la diversité qu'ils peuvent représenter, ont été rendus plus flexibles et dynamiques par ces transformations.

Particulièrement en ce qui concerne l'apprentissage dans des contextes numériques, il existe un intérêt de longue date pour les approches pédagogiques et technologiques qui cherchent à dépasser les limites institutionnelles, disciplinaires, sociales et culturelles. L'objectif est de créer des environnements d'apprentissage élargis, affranchis des contraintes temporelles, spatiales et géographiques. Cela inclut, par exemple, les environnements d'apprentissage personnalisés (Wilson et al., 2007), les communautés d'apprentissage en ligne (Scardamalia & Bereiter, 2006) et les MOOCs, autrement dit les cours en ligne ouverts et massifs (Jeong et al., 2017 ; Karsenti, 2013 ; Siemens & Downes, 2013). Ces approches visent à promouvoir la flexibilité et l'accessibilité de l'apprentissage, en transcendant les barrières traditionnelles qui régissent le temps, l'espace et le lieu.

Ellis et Goodyear (2013) proposent d'aider les enseignants et responsables d'université à comprendre comment l'e-learning est connecté aux autres expériences d'apprentissage des étudiants et comment il peut être intégré à celles-

ci. Ils s'intéressent à l'interprétation qu'ont les étudiants des défis auxquels ils font face avant de les affronter, leurs conceptions de l'apprentissage et leurs approches de l'apprentissage. Ils soutiennent ainsi qu'une compréhension systémique est nécessaire pour la conception et la gestion efficaces des environnements d'apprentissage modernes, qu'il s'agisse de cours magistraux, de séminaires, de laboratoires ou d'études individuelles. Cette compréhension écologique doit également reconnaître les apprenants en tant qu'acteurs actifs de leur environnement, de sa culture, de ses valeurs et de ses défis.

Diana Laurillard, qui préface le livre « E-learning in higher education » d'Ellis et Goodyear (2013) souligne que les universités ont dû faire face à de nombreux changements au cours des quarante dernières années, notamment des changements politiques, sociaux, culturels, économiques et technologiques. Ces derniers ont été les plus marquants, introduisant des équivalents numériques de toutes les technologies éducatives jamais inventées : les tablettes en ardoise par le traitement de texte, les tableaux noirs par les tableaux blancs interactifs, les livres par internet... En conséquence, dans un monde connecté numériquement, les frontières physiques de l'amphithéâtre se dissolvent dans un vaste réseau social et académique, donnant accès à une information globale à chaque étudiant. L'auteure questionne l'expérience d'apprentissage, située physiquement à l'université, et comment celle-ci doit évoluer pour répondre à ce contexte.

Bien que les universités aient largement adopté ces technologies, Laurillard envisage le risque de se laisser guider par la technologie elle-même sans une compréhension claire de son rôle dans l'ensemble du système éducatif. Elle considère donc que les technologies numériques doivent être intégrées dans l'organisation de l'institution.

Le risque d'éternellement courir derrière la technologie en perpétuelle évolution est de perdre la cohérence pédagogique. En effet, il est important et pertinent de questionner la place de chaque nouvelle invention dans le système global et d'en étudier le fonctionnement, l'efficacité (bien que les critères pour évaluer cela soient compliqués à définir), les besoins de révisions... En résumé, une nouvelle technologie n'est pas par essence quelque chose ayant une valeur supérieure de par sa nouveauté mais doit être envisagée dans une approche holistique. A une échelle plus locale, comme celle d'un cours, Laurillard recommande de ne pas proposer des outils en ligne par effet de mode, mais bien de les introduire de manière réfléchie pour profiter des plus-values que ce type d'outils peut offrir.

Les nouvelles technologies doivent donc être utilisées et intégrées aux séquences d'apprentissage de manière réfléchie et cohérente. Cette réflexion doit inclure les risques suivants : Les théories de l'apprentissage utilisées sont souvent des

théories "pré-numériques" peu adaptées aux environnements numériques actuels (Azevedo, 2009 ; Castañeda et Selwyn, 2019 ; Dabbagh & Kitsantas, 2012).

- Il existe un risque d'individualisation de l'enseignement supérieur en demandant aux étudiants plus d'autonomie et de responsabilité dans leurs choix éducatifs, tout en réduisant l'aspect collectif (Castañeda et Selwyn, 2019).
- L'autonomisation des étudiants via la gestion de leur environnement personnel d'apprentissage est théoriquement souhaitable, mais cette compétence reste largement inexploitée dans la pratique universitaire (Prendes et al., 2016).
- La conception commerciale des systèmes éducatifs et des logiciels influence de plus en plus l'enseignement universitaire, donnant aux entreprises technologiques un rôle dominant dans la définition des pratiques pédagogiques, tout en contribuant à la marchandisation de l'éducation et à la transformation des étudiants en consommateurs entrepreneurs, favorisant ainsi la monétisation de l'éducation (Castañeda et Selwyn, 2019 ; Williamson, 2017).

Néanmoins, dans le cas des grandes populations d'étudiants inscrites à l'université induisant une grande diversité de profils d'apprenants, l'e-learning peut véritablement être un atout permettant d'améliorer la formation proposée, notamment grâce la flexibilité qu'il offre. En effet, chaque étudiant peut combler ses propres lacunes et travailler à son propre rythme en utilisant les ressources en ligne qu'il souhaite, en bonne combinaison de l'offre des activités d'apprentissage organisées en présentiel. L'e-learning dans une perspective d'hybridation répond alors à des besoins pour lesquels les moyens matériels et humains sont insuffisants.

En 2012, lors de l'hybridation du cours de physique PHYS3018-A-a, dispensé aux étudiants de première année en médecine à l'Université de Liège, trois interventions pédagogiques ont été orchestrées afin d'améliorer l'expérience d'apprentissage des étudiants. Ces trois interventions sont présentées dans les trois prochaines sections de ce chapitre :

- La première porte sur les évaluations diagnostiques et formatives ayant pour objectif d'aider l'étudiant à mieux identifier ses propres lacunes et difficultés (section 4.2).
- La deuxième se concentre sur la mise en place d'un outil en ligne d'entraînement à la résolution de problème permettant à l'étudiant d'améliorer le cas échéant ses compétences en la matière (section 4.3).

- La troisième aborde la mise en place de forums de discussion sur lesquels les étudiants peuvent interagir entre eux et avec l'équipe pédagogique en cas de difficulté, et, en particulier, sur la publication de questions de réflexion sur les aspects théoriques du cours (section 4.4).

Ces trois interventions sont présentées à la suite dans une structure classique d'article scientifique. Elles auraient pu faire l'objet de 3 chapitres distincts mais sont maintenues ensemble ici en vertu du trait qui les unit : le recours à l'e-learning.

4.2 Intervention n°1 : Evaluations formatives en ligne

4.2.1 Introduction

Proposer aux étudiants des outils leur permettant de mesurer de manière autonome leur maîtrise des prérequis et des compétences développées dans le cadre d'un cours est toujours intéressant (Romainville, 2013) et particulièrement au moment de leur entrée à l'université où, par définition, a lieu une transition écologique (entre les enseignements secondaires et supérieurs).

Cette transition, nécessitant une acclimatation à un nouveau cadre d'apprentissage, s'accompagne d'une série de difficultés. L'une d'entre elles concerne les méthodes d'évaluation peuvent diverger entre ces niveaux d'enseignement. Closset et Delforge indique également qu'« *une des difficultés lors du passage du secondaire aux études universitaires réside dans l'appropriation du nouveau système d'évaluation des apprentissages. Les néo-étudiants doivent se familiariser avec d'autres approches et dompter la peur des examens finaux. Ils arguent, ce faisant, pour un recours à l'évaluation formative en première année afin que la transition d'un système à l'autre soit moins rude* » (Rege Colet, 2011, p. 2). Les évaluations formatives présentent par ailleurs une grande vertu pédagogique car elles aident l'étudiant à apprendre et à se développer (Perrenoud, 1991) et favorisent le processus d'autorégulation (Romainville, 2013).

4.2.2 Description de l'intervention

Pour tenter de faciliter cette transition entre les enseignements secondaire et supérieur, différentes évaluations sont proposées aux étudiants inscrits en première année de médecine et de dentisterie à l'Université de Liège et suivant le cours de physique PHYS3018-A-a. Il s'agit de tests diagnostiques pour la partie « prérequis » et de tests formatifs pour la partie « cours (nouvelle matière) ».

Ces tests ne sont donc pas voués à être présentés au même moment de la séquence d’apprentissage. En effet, il est conseillé à l’étudiant de présenter le test diagnostique de chaque dossier « prérequis » en début d’année académique afin d’identifier d’éventuelles lacunes dans la maîtrise des prérequis du cours. Afin de faciliter la visualisation de l’étudiant sur sa maîtrise des différents prérequis, une signalétique basée sur le principe du feu de signalisation a été mise en place (Figure 4.2). Lorsque l’étudiant obtient un score inférieur à 40 % dans un test général de matière, afin de lui indiquer des lacunes dans cette matière, la matière correspondante est marquée d’une bulle de couleur rouge. S’il obtient un score compris entre 40 % et 70 % à une matière, une bulle de couleur orange y est associée afin de signaler à l’étudiant sa maîtrise partielle du sujet. Enfin, s’il obtient une note supérieure à 70 %, une bulle verte est associée à la matière dont il semble qu’il maîtrise les prérequis. Le code couleur est spécifié oralement lors de la présentation du cours en début d’année, ainsi que dans le mode d’emploi disponible dans le cours en ligne (voir Annexe 3).



Figure 4.2 : Cet étudiant semble maîtriser les prérequis en optique, mais pas en dynamique ni en électromagnétisme.

Outre cette information visuelle immédiate, l’étudiant a accès à différentes ressources théoriques (fiches et notes de cours), quelques problèmes à résoudre ainsi que des conseils sur la manière d’aborder son travail ultérieur en fonction de sa réussite ou de son échec à ces tests diagnostiques (Figure 4.3).

Cinématique

Test de cinématique



Test général portant sur la partie CINEMATIQUE du dossier MECANIQUE

Cinématique



Comment poursuivre ?

- **Si vous avez réussi ce test général** : Bravo !

Vous avez accès à l'ensemble des notes de théorie, petits tests, animations et problèmes à résoudre. Vous pouvez donc retravailler ces pré-requis comme vous le souhaitez...

- **Si vous avez échoué au test général pour la première fois** : Dans chacun des chapitres, vous n'avez accès pour le moment qu'aux notes de théorie et aux fiches "concepts clés". Après les avoir parcourues et comprises, cliquez sur le lien "Marquer comme analysé". Une fois cela fait, vous devrez alors présenter permettant d'évaluer votre maîtrise du chapitre (et ce pour chacun des chapitres). Le fait de considérer les notes et les fiches comme analysées débloquent également les animations et simulations.

Après avoir vu l'ensemble des chapitres, vous pourrez représenter le test général. Une fois celui-ci réussi, vous aurez accès aux problèmes. Bon travail !

- **Si vous venez d'échouer pour la seconde fois au test général (donc après avoir parcouru au moins une fois la théorie)** : Nous vous conseillons de participer aux séances de remédiations et de questions-réponses portant sur cette partie des prérequis. Pour plus d'informations, rendez-vous sous l'onglet "Remédiations". Vous pourrez alors vous inscrire à la séance de votre choix. Bon travail !

Théorie



Problèmes



Figure 4.3 : Malgré son apparente bonne maîtrise des prérequis en cinématique, l'étudiant peut bénéficier de ressources théoriques et de problèmes à résoudre s'il en ressent le besoin.

Au contraire des tests diagnostiques, il est conseillé aux étudiants de présenter chacun des tests formatifs en ligne portant sur la « nouvelle matière » à l'issue de l'ensemble des activités d'enseignement liées au thème du test. En cas de score faible, il est alors conseillé à l'étudiant, par l'intermédiaire d'un message automatique en ligne, de participer à l'une des formules de remédiation proposées en complément du cours.

Outre le diagnostic sur la maîtrise de la matière qu'ils permettent de générer, ces tests formatifs peuvent constituer une activité d'entraînement en vue des examens. En effet, ces tests diagnostiques et tests formatifs, qui peuvent être présentés autant de fois que souhaité par l'étudiant, sont constitués de questions issues des examens des années précédentes. Par ailleurs, ils ont été paramétrés afin de correspondre autant que possible aux conditions de l'examen. En effet, le fait que les questions qui les composent soient issues des examens des années précédentes garantit la similitude des niveaux de difficulté des tests formatifs et des examens. De plus, les étudiants ont un temps limité pour résoudre le test. Le

rapport entre le nombre de questions à résoudre et la durée impartie du test est équivalent aux conditions d’examen.

Lors de la première année académique de la mise en place du cours en ligne (2012-2013), chaque chapitre des prérequis était couvert par un test diagnostique. Par contre, seuls deux tests formatifs, un portant sur l’optique et l’autre sur l’électricité, ont été proposés aux étudiants. A partir de l’année suivante, des tests formatifs ont également été conçus pour les deux autres thèmes de la biophysique, à savoir la mécanique et la mécanique des fluides. Aucun test formatif portant sur l’imagerie médicale, la dernière matière abordée au cours, n’a été organisé durant ces années en raison du peu de temps qui aurait été laissé aux étudiants pour le présenter. En effet, il leur est conseillé de présenter le test d’un thème une fois les activités d’enseignement sur ce thème clôturées. Or, dès la fin des activités d’enseignement consacrées à l’imagerie médicale, les vacances de fin d’année débutent. Dès la rentrée au début de mois de janvier, les examens sont organisés.

Les hypothèses qui guident la recherche sur l’intervention sont les suivantes :

- a) Les étudiants s’exposent aux tests diagnostiques portant sur les prérequis du cours et leur permettant d’identifier leurs éventuelles lacunes (données de participation).
- b) Les étudiants s’exposeront aux tests formatifs portant sur les grands thèmes de matière constituant le cours de physique (données de participation).
- c) La participation à ces tests formatifs engendre la performance lors de l’examen de janvier (données de participation et de performance).
- d) Les étudiants perçoivent positivement les tests formatifs mis à leur disposition (données de perception).

4.2.3 Méthodologie

Les traces d’activités en ligne des tests diagnostiques et des tests formatifs ont été téléchargées au moment de l’examen de janvier des années académiques concernées, donc à l’issue du quadrimestre d’enseignement. Pour qu’une tentative à un test formatif ou un test diagnostique en ligne soit considérée comme valide, il est attendu que l’étudiant ait répondu à au moins la moitié des questions (données de participation).

Il est cependant impossible techniquement d’identifier si un étudiant a consulté une ressource publiée en ligne, suite à la passation d’un test diagnostique par exemple. Nous nous contenterons d’étudier l’activité sur ces tests.

Pour effectuer les analyses de lien potentiel avec la performance à l'examen, outre les traces d'activités en ligne, les résultats globaux à l'examen du cours PHYS3018-A-a et matière par matière ont été utilisés (données de performance). Enfin, les données extraites des enquêtes de satisfaction publiées en fin de quadrimestre d'enseignement sont exploitées afin d'analyser la perception qu'ont les étudiants de ces outils (données de perception).

4.2.4 Résultats

Participation

Tests diagnostiques (prérequis)

Hypothèse a) Les étudiants s'exposeront aux tests diagnostiques portant sur les prérequis du cours et leur permettant d'identifier leurs éventuelles lacunes (données de participation).

Les tests diagnostiques portant sur les prérequis ont été très peu utilisés par les étudiants. En effet, lors de la première année académique d'expérimentation (2012-2013), seuls les deux premiers tests généraux, portant sur les unités et les ordres de grandeurs d'une part et sur la cinématique d'autre part ont rencontré un certain succès, puisque respectivement 34,9 % (N = 243) et 49,4 % (N = 344) de la population (N = 696) ont encodé au moins une tentative valide (Tableau 2a). Les autres tests généraux ont reçu un accueil plus mitigé avec des taux de participation effective variant entre 10,6 % (N = 74) et 16,2 % (N = 113). Ce constat est encore plus criant lorsque l'on se penche sur les tests diagnostiques à l'échelle des chapitres. En cinématique (Tableau 2b), en fonction des chapitres, le taux de participation varie entre 5,9 % (N = 41) et 13,1 % (N = 91). La participation effective est encore nettement plus faible dans le cas des différents chapitres de dynamique (Tableau 2c) et d'électromagnétisme (Tableau 2d) où les taux de participation sont systématiquement inférieurs à 5 %.

On peut par ailleurs constater que les étudiants présentent peu de tentatives pour chaque test. Le nombre moyen de tentatives valides varie en effet entre 1,65 et 2,63, et les médianes sont systématiquement égales à 1 ou 2.

En ne gardant que la première tentative de chaque étudiant pour chacun des tests, on constate que les scores moyens obtenus sont inférieurs à 50 % dans le cas des tests généraux (Tableau 4.1a) puisqu'ils oscillent entre 24,7 et 49,3 sur 100. Ils sont nettement meilleurs lorsque la matière est réduite à l'échelle d'un chapitre. En effet, dans ce dernier cas, à l'exception du test sur la gravitation où la moyenne des premières tentatives s'élève à 33,2 sur 100, tous les autres chapitres présentent des moyennes comprises entre 51,8 et 72,9 sur 100 (Tableaux 4.1b, 4.1c, 4.1d).

(a)	Test diagnostique prérequis - Tests généraux				
	Unités	Ciném	Dynam	Optique	ELM
Nombre d'étudiants ayant au moins 1 tentative valide	243	344	113	110	74
Pourcentage de la population ayant au moins 1 tentative valide	34,9	49,4	16,2	15,8	10,6
Nombre moyen de tentatives valides par étudiant	1,66	2,54	2,14	1,95	1,99
Score moyen des premières tentatives	49,3	28,6	28,4	36,4	24,7
Score moyen des tentatives valides	59,7	46,5	50,5	53,1	49,5

(b)	Test diagnostique prérequis - Cinématique				
	ch1-mvt	ch2-MRU	ch3-MRUA	ch4-Tir paral	ch5-MCU
Nombre d'étudiants ayant au moins 1 tentative valide	91	73	66	50	41
Pourcentage de la population ayant au moins 1 tentative valide	13,1	10,5	9,5	7,2	5,9
Nombre moyen de tentatives valides par étudiant	1,71	1,59	1,83	2,26	2,63
Score moyen des premières tentatives	69,5	72,9	59,9	51,8	52,4
Score moyen des tentatives valides	73,6	75,7	70,5	66,7	66,5

(c)	Test diagnostique prérequis - Dynamique				
	ch1-Forces	ch2-Newton	ch3-Grav	ch4-WP	ch5_En
Nombre d'étudiants ayant au moins 1 tentative valide	32	25	20	17	13
Pourcentage de la population ayant au moins 1 tentative valide	4,6	3,6	2,9	2,4	1,9
Nombre moyen de tentatives valides par étudiant	1,75	2,32	2,35	2,29	2,31
Score moyen des premières tentatives	51,8	53,2	33,2	52,8	54,6
Score moyen des tentatives valides	68,8	64,3	55,7	63,6	65,7

(d)	Test diagnostique prérequis - ELM		
	ch1 - Estat	ch2 - Ecin	ch3-Elmag
Nombre d'étudiants ayant au moins 1 tentative valide	25	19	17
Pourcentage de la population ayant au moins 1 tentative valide	3,6	2,7	2,4
Nombre moyen de tentatives valides par étudiant	1,68	2,11	1,65
Score moyen des premières tentatives	55,4	65,8	65,9
Score moyen des tentatives valides	65	69,8	69,3

Tableau 4.1 : A l'exception des tests généraux portant sur les unités et ordres de grandeurs et sur la cinématique (a), les autres tests diagnostiques (a) ainsi que les tests diagnostiques par chapitre ((b), (c) et (d)) n'ont pas rencontré un franc succès auprès des étudiants.

Tests formatifs (nouvelles matières)

Hypothèse b) Les étudiants s'exposeront aux tests formatifs portant sur les grands thèmes de matière constituant le cours de physique (données de participation).

En 2012-2013, sur les 696 étudiants régulièrement inscrits en première année de médecine ou de sciences dentaires et ayant le cours PHYS3018-A-a à leur programme de cours, 336 (48,3 %) ont présenté au moins une fois le test d'optique. Ils sont 380 (54,6 %) à avoir enregistré au moins une tentative au test d'électricité (Tableau 4.2). L'année suivante, le taux de fréquentation du test portant sur l'optique, la première matière abordée au cours, a sensiblement augmenté pour atteindre 58,9 % (N = 347). Les autres tests (mécanique, électricité et mécanique des fluides) ont rassemblé entre 29,4 % (N = 173) et 37,7 % (N = 222) de la population. Enfin, l'année académique 2104-2015 enregistre une chute drastique de toutes les participations.

	2012-2013		2013-2014		2014-2015	
Population	696		589		663	
Tests formatifs	N	%	N	%	N	%
Optique	336	48,3	347	58,9	179	27
Mécanique			222	37,7	109	16,4
Électricité	380	54,6	177	30,1	71	10,7
Fluides			173	29,4	90	13,6

Tableau 4.2 : Au cours du quadrimestre, la fréquentation des tests formatifs est faible et en diminution.

L'exposition des étudiants aux tests formatifs peut diverger grandement. En effet, en ne prenant en compte que les étudiants ayant présenté de manière valide au moins une fois un test formatif, le nombre de tentatives peut fortement varier. En 2012-2013, par exemple, le nombre de tentatives par étudiant actif sur ces tests formatifs variait entre 1 et 25 pour le test sur l'optique et entre 1 et 27 pour le test sur l'électricité (Tableau 4.3). 2,1 et 2,99 tentatives valides ont été respectivement enregistrées en moyenne par étudiant actif.

	Optique	Électricité
Nombre moyen de tentatives valides par étudiant actif	2,1	2,99
Nombre minimum de tentatives valides par étudiant actif	1	1
Nombre maximum de tentatives valides par étudiant actif	25	27

Tableau 4.3 : Même si certains présentent un nombre important de tentatives valides, la moyenne du nombre de tentatives valides par étudiant actif est assez faible.

En moyenne, les étudiants effectuent donc peu de tentatives. Cela se marque particulièrement en observant la répartition de la population complète en fonction du nombre de tentatives valides pour chacun des tests formatifs proposés (Figure 4.4). Environ un étudiant sur deux présente au moins une fois les tests formatifs et moins d'un étudiant sur trois effectue au moins deux tentatives.

Répartition des étudiants en fonction du nombre de tentatives valides aux tests formatifs en 2012-2013

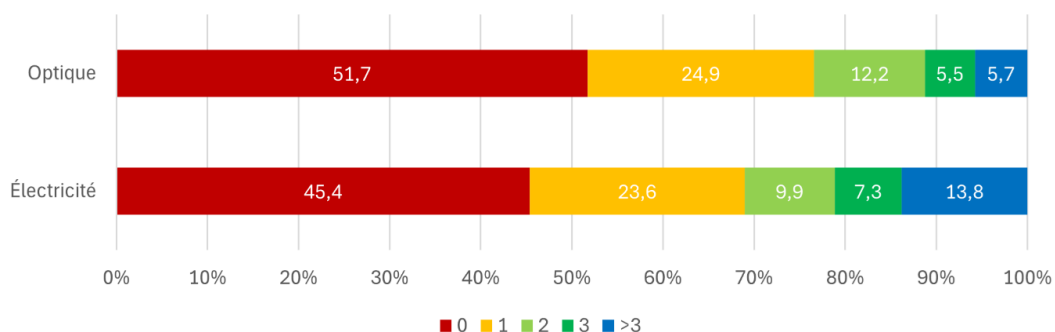
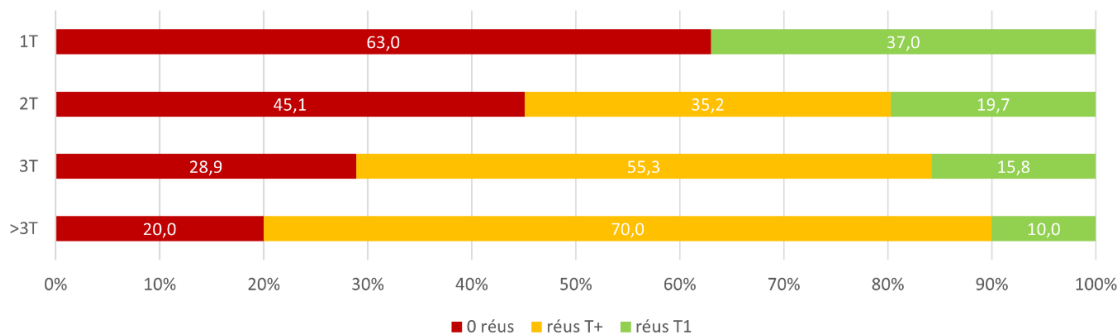


Figure 4.4 : Environ un étudiant sur deux n'a aucune tentative sur chacun des tests formatifs proposés.

Taux d’échec, de réussite dès la première tentative et de réussite à une tentative ultérieure au test formatif d’optique (2012-2013)



Taux d’échec, de réussite dès la première tentative et de réussite à une tentative ultérieure au test formatif d’électricité (2012-2013)

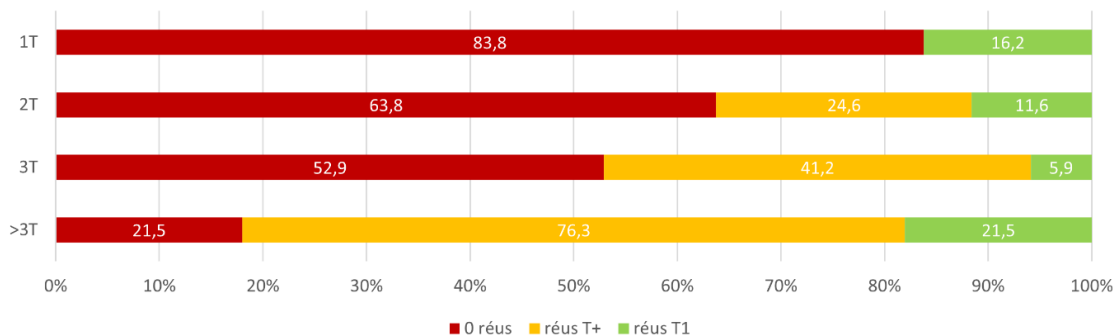


Figure 4.5 : Les taux d’échec aux tests formatifs d’optique (a) et d’électricité (b) sont les plus importants chez les étudiants ne totalisant qu’une seule tentative, et diminuent avec le nombre de tentatives valides.

Durant l’année de cette première expérimentation des tests formatifs en ligne (2012-2013), 173 étudiants ont enregistré une seule tentative au test portant sur l’optique et seuls 64 (37 %) d’entre eux l’ont réussi (Figure 4.5(a)). En électricité, 27 (16,5 %) des 167 étudiants n’ayant enregistré qu’une seule tentative l’ont réussie (Figure 4.5(b)). Les taux d’échecs sont donc élevés (respectivement 63 % et 83,8 %) au sein de ces populations composées d’étudiants n’ayant présenté qu’une seule fois les tests formatifs disponibles. Ces taux d’échecs diminuent avec le nombre de tentatives valides puisqu’ils s’établissent à respectivement 20 % et 21,5 % pour les populations ayant enregistré plus de trois tentatives. Dans ces populations, la majorité des étudiants vont présenter le test autant de fois que nécessaire pour le réussir. Rappelons que ces étudiants seront confrontés exactement aux mêmes questions à chaque tentative.

Nous avons aussi constaté de nombreuses tentatives pour lesquelles peu de réponses étaient encodées, voire aucune. Sur les 706 tentatives enregistrées au test formatif d'optique, 145 (20,6 %) sont vides de toute réponse. 263 (37,3 %) autres étudiants ont fourni une réponse à moins de la moitié des questions. Dans le cas du test d'électricité, 153 des 1154 tentatives (13,3 %) étaient vides, et 428 (37,1 %) étaient majoritairement incomplètes. Des tendances similaires sont observées les années suivantes.

Performance aux tests formatifs et à l'examen

Hypothèse c) La participation à ces tests formatifs engendre la performance lors de l'examen de janvier (données de participation et de performance).

Le fait d'avoir enregistré au moins une tentative aux tests formatifs (nouvelle matière) proposés semble être synonyme de performance à l'examen tant sur la réussite globale que sur l'ensemble des questions portant sur le thème de matière couvert par chacun des tests. En effet, lors des deux premières années testées, les différentes applications du test chi-carré ont montré une corrélation entre la passation de ces tests et la performance lors de l'évaluation certificative (Tableau 4.4). Néanmoins, il convient de nuancer ce résultat au vu des forces d'association mesurées qui sont assez faibles (entre 0,18 et 0,4).

		Test formatifs							
		Optique		Mécanique		Electricité		Fluides	
		p (Khi ²)	V	p (Khi ²)	V	p (Khi ²)	V	p (Khi ²)	V
2012-2013	Réussite de l'examen	1,1.10 ⁻¹¹	0,26			2,2.10 ⁻¹³	0,28		
	Réussite aux questions du thème	2,7.10 ⁻⁶	0,18			1,7.10 ⁻¹¹	0,26		
2013-2014	Réussite de l'examen	1,4.10 ⁻¹²	0,29	7,6.10 ⁻²²	0,4	4,5.10 ⁻¹⁴	0,31	7,5.10 ⁻¹⁶	0,33
	Réussite aux questions du thème	2,5.10 ⁻⁶	0,19	5,7.10 ⁻¹⁰	0,26	1,4.10 ⁻¹²	0,29	1,3.10 ⁻⁹	0,25

Tableau 4.4 : Une corrélation est observée entre la participation aux tests formatifs en ligne et la performance à l'examen, mais les forces d'association mesurées sont faibles.

Perception (Test)

Hypothèse d) Les étudiants perçoivent positivement les tests formatifs mis à leur disposition (données de perception).

Les enquêtes publiées à la fin du quadrimestre de cours en décembre 2012, 2013 et 2014 comportaient une question faisant référence aux tests formatifs en ligne : « Le fait de pouvoir présenter en ligne des tests formatifs (optique, électricité, fluides, mécanique) aidait à préparer efficacement l'examen ». Chaque répondant pouvait alors indiquer son opinion sur une échelle à quatre niveaux. Une case supplémentaire permettait aux étudiants n'ayant pas utilisé le dispositif de l'indiquer et de ne pas se prononcer sur son efficacité. La catégorie « Autre »

reprend ces étudiants ainsi que ceux n'ayant pas répondu à cette question de l'enquête.

Lors de la première année d'expérimentation (2012-2013), 49 % (N = 25) des répondants indiquent être d'accord ou tout à fait d'accord avec la proposition énoncée (Figure 4.6). Lors des années académiques suivantes, ce taux s'élève respectivement à 84,3 % (N = 43) en 2013-2014 et à 62,1 % (N = 90) en 2014-2015.

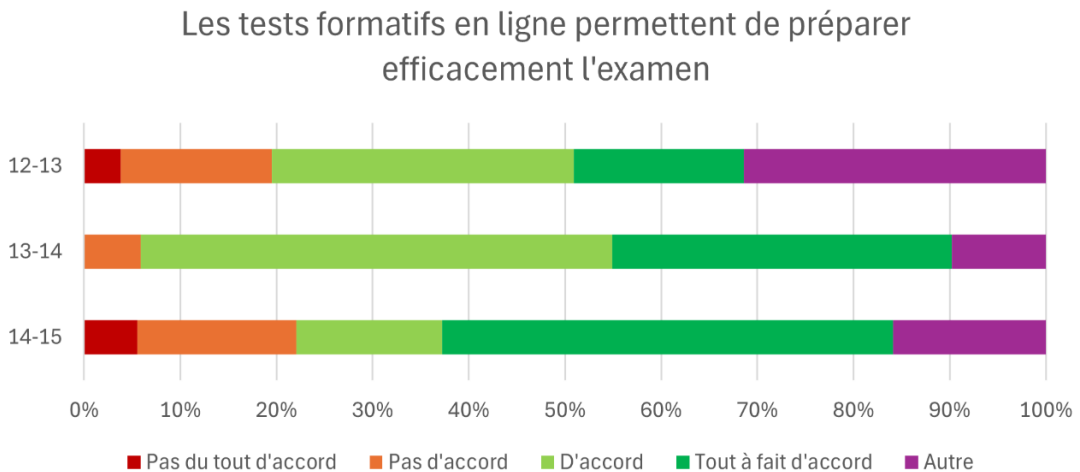


Figure 4.6 : Les étudiants sont globalement satisfaits de pouvoir bénéficier de tests formatifs pour préparer l'examen.

Par ailleurs, dans ces enquêtes de satisfaction, les étudiants disposaient d'un champ libre pour compléter leurs réponses et éventuellement émettre des idées d'évolution des outils proposés. Bien que cela ne soit pas représentatif étant donné la très faible quantité de réponses reçues, les étudiants s'étant exprimé semblent voir le positif qu'apporte les tests formatifs.

Certaines réponses indiquent que l'outil aide à préparer l'examen,

Etud010 en 2014-2015 : « ça permettait de voir si la matière que nous venions d'étudier était réellement acquise avant d'avoir l'examen et cela permettait de voir le style de questions posées. »

Etud018 en 2013-2014 : « Les questions qui étaient proposées dans les tests formatifs étaient généralement tirées d'examens des sessions précédentes et ceci permet d'avoir une bonne idée du type de questions proposée le jour de l'examen effectif. De plus, le timing imposé est un élément très utile car il nous permet de nous chronométrer sur chaque question, cela nous permet d'apprécier notre rapidité de réponse et constitue un entraînement utile pour l'examen. »

Etud010 en 2012-2013 : « C'est un gain de temps permettant de se focaliser sur les lacunes de ces chapitres ».

voire impacte positivement la motivation et la confiance en soi.

Etud013 en 2013-2014 : « On voit un peu comment l'examen pourrait être. Pour ceux qui n'apprécient pas spécialement la physique et trouve qu'il s'agit d'une matière fort compliquée, le fait de pouvoir s'exercer à l'avance peut être rassurant. »

Enfin, certains étudiants émettent l'envie de disposer de banques de questions plus larges :

Etud010 en 2014-2015 : « Tests formatifs : C'est dommage qu'il n'y ait pas plus de questions, une plus grande "playlist" de questions, choisies aléatoirement... Sinon ça aide aussi à voir où on est ... ».

En 2012-2013, des étudiants suggéraient de leur proposer un test par matière du cours :

Etud039 en 2012-2013 : « Il serait intéressant de le faire pour toutes les matières du cours ».

4.2.5 Discussion

Participation

Tests diagnostiques (prérequis)

Les tests diagnostiques, portant sur les prérequis, ont rencontré peu de succès à l'exception des deux premiers tests généraux (unités et cinématique). Les tests par chapitre ont été encore plus délaissés puisqu'ils n'ont été tentés que par maximum 13,1 % de la population, et même souvent moins de 5 % de la population (Tableau 4.1). Par ailleurs, le nombre de tentatives par étudiant actif sur ces tests est également faible (médiane égale à 1 ou 2). En outre, les scores moyens, qu'ils soient calculés sur l'ensemble des tentatives valides ou uniquement sur les premières tentatives, sont assez faibles pour les tests généraux, et souvent même inférieurs à 50 %. Dans le cas des tests par chapitre, moins fréquentés, ces scores moyens sont sensiblement plus élevés. La combinaison de la faible fréquentation de ces tests par chapitre, du faible nombre de tentatives par étudiant et des scores relativement bons laisse penser que ce sont les bons étudiants, donc pas nécessairement ceux à qui cet outil serait le plus profitable, qui l'ont utilisé. En effet, si ces bons étudiants obtiennent un score supérieur à la moitié dès la

première ou la deuxième tentative, ils en déduisent qu’ils ont une maîtrise suffisante de ce chapitre des prérequis et passent à la suite.

L’hypothèse a (*Les étudiants s’exposeront aux tests diagnostiques portant sur les prérequis du cours et leur permettant d’identifier leurs éventuelles lacunes*) n’est donc pas complètement vérifiée.

Tests formatifs (nouvelles matières)

Les chiffres présentés dans le Tableau 4.2 permettent d’affirmer que, souvent, plus une matière est vue tôt dans le quadrimestre, plus le taux de fréquentation au test formatif en ligne sur cette matière est élevé. En effet, chronologiquement, la première abordée est l’optique, suivent alors dans l’ordre la mécanique, l’électricité, la mécanique des fluides et enfin l’imagerie médicale¹².

On peut constater que le test de la première matière abordée (l’optique) récolte, chaque année, la plus forte participation. Une chute importante de participation est alors observée entre les premier (optique) et deuxième (mécanique) tests. Cette chute continue de s’accroître avec les troisième et quatrième matières (électricité et mécanique des fluides). Ce phénomène est également observé en 2014-2015 malgré l’importante chute de participation pour chacun de ces tests. Cette dernière peut peut-être s’expliquer par le fait que durant les trois années d’expérimentation, les tests formatifs proposés étaient identiques. Il est dès lors envisageable que leurs contenus aient fuité par d’autres canaux que le cours en ligne et que les étudiants n’aient dès lors plus ressenti le besoin de s’y tester. Il faut également tenir compte du fait que les étudiants répétant leur première année ne se sont peut-être pas investis dans ces tests formatifs sachant qu’ils étaient identiques.

Même lorsque les étudiants présentent ces tests formatifs, le nombre de tentatives est assez faible puisque moins d’un étudiant sur trois présentent au moins deux fois les tests formatifs. On peut dès lors imaginer que certains étudiants se contentent de présenter le test une seule fois, qu’ils le réussissent ou qu’ils le ratent, et que l’information issue de cette unique passation leur suffise pour se rassurer en cas de réussite ou réagir en cas d’échec.

Les étudiants ayant validé une seule tentative sont nombreux à avoir échoué à cette tentative (respectivement 63 % et 83,8 %). Cela ne veut pas pour autant dire que ces étudiants n’ont pas persévéré. Même s’il est impossible de mesurer cela, il est possible que ces étudiants aient utilisé ces tests pour obtenir un diagnostic de

¹² Pour rappel, l’imagerie médicale ne fait l’objet d’aucun test formatif en raison de la proximité de l’examen avec les dernières séances de cours.

leur maîtrise de la matière et aient retravaillé certains éléments en conséquence, sans pour autant représenter le test par la suite. Ce comportement peut être expliqué par le fait qu'il n'y avait de variation dans ces tests et que ceux-ci sont donc composés des mêmes questions à chaque tentative. Par contre, les étudiants ayant présenté plusieurs fois chaque test semblent avoir voulu les représenter jusqu'à l'obtention d'une réussite. A nouveau, les données disponibles ne nous permettent pas de déterminer s'ils ont travaillé les matières échouées à l'aide des ressources fournies en ligne ou non, ou s'ils ont simplement relancé le test jusqu'à obtenir un score de réussite.

Concernant le nombre important de tentatives vides observées, il est possible que certains étudiants aient voulu passer en revue ces questions afin de se (re)familiariser avec la manière d'interroger de l'équipe pédagogique. En effet, de nombreuses tentatives vides ont été enregistrées dans les derniers jours précédant l'examen.

L'hypothèse b (*Les étudiants s'exposeront aux tests formatifs portant sur les grands thèmes de matière constituant le cours de physique*) est donc très partiellement rencontrée lors des premières expérimentations et s'amenuise avec les années.

Performance

La performance aux tests formatifs proposés sur la nouvelle matière est corrélée à la performance à l'examen, que ce soit en considérant la note globale à cette épreuve ou les notes par thème de matière. Les forces d'association sont cependant faibles puisqu'elles sont comprises entre 0,18 et 0,33 (Tableau 4.4). Cette corrélation est peut-être en partie explicable par la motivation de l'étudiant vis-à-vis de son programme de cours, et notamment vis-à-vis de la physique, et donc de l'engagement qui en découle dans les différentes tâches d'apprentissage proposées. A nouveau, il est probable que ce soit les « bons » étudiants au départ qui se soient exposés à ces tests formatifs.

L'hypothèse c (*La participation à ces tests formatifs engendre la performance lors de l'examen de janvier*) est rencontrée.

Perception

Ces tests ont globalement été appréciés par les étudiants, puisqu'ils recueillent respectivement 84,3 % et 62,1 % d'opinions favorables en 2013-2014 et 2014-2015 (Figure 4.6). Par ailleurs, certains verbalisent le fait que les tests formatifs les aident à préparer les examens en pouvant estimer le style de questions, mais également la rapidité à laquelle ils sont capables de répondre à un set de questions. D'autres insistent sur l'impact de ces tests sur leur confiance en eux et leur motivation à s'engager davantage.

L’hypothèse d (*Les étudiants perçoivent positivement les tests formatifs mis à leur disposition*) est rencontrée.

Néanmoins, des étudiants regrettent d’être toujours exposés aux mêmes questions et souhaitent des banques plus larges de questions, permettant ainsi d’amplifier leur préparation à l’examen.

Enfin, lors de la première année d’expérimentation, seuls deux tests formatifs étaient proposés. Certains étudiants nous ont fait part de l’intérêt que cela représenterait d’avoir un test par matière du cours. Sur cette base, et afin de compléter l’offre disponible, l’extension du dispositif aux quatre tests a été réalisée dès l’année suivante.

Sur la base de ces résultats encourageants, et dans une volonté de proposer aux étudiants un outil par lequel ils ne seraient pas systématiquement confrontés aux mêmes questions lors de la passation des tests formatifs, un simulateur d’examens ludifié a été créé et mis à disposition des étudiants dès l’année académique suivante (2015-2016). Le fait d’avoir à collecter des badges peut influencer sur la motivation et donc inciter un plus grand nombre d’étudiants à tenter de résoudre des tests formatifs et augmenter leur contact avec la matière. Cet outil est présenté dans le chapitre 6.

4.3 Intervention n°2 : Outils d’entraînement à la résolution d’exercices

4.3.1 Introduction

Beaucoup d’étudiants rencontrent des difficultés à résoudre des exercices de physique seuls. Ces difficultés ont été étudiées depuis plusieurs décennies (Boilevin, 2005 ; Dumas-Carré, 1987, Dumas-Carré et al., 1989 ; Mazouze, 2016 ; McDermott, 1997 ; Orange, 2005 ; Poirier-Proulx, 1999 ; Reif, 1983). Leclercq et al. (1978) avaient énoncé une liste d’explications de ces difficultés rencontrées dans le cadre d’exercices de chimie, mais ces raisons peuvent tout à fait être transposées à la physique. Les constats posés par ces auteurs semblent, d’après les encadrants à l’université, toujours d’actualité près de 50 ans plus tard. Voici les pistes d’explications que Leclercq et al. (1978) avançaient :

- manque d’esprit critique,
- les étudiants questionnent trop peu la vraisemblance des énoncés,
- ils ont des difficultés à organiser les éléments qui leur sont donnés et à hiérarchiser les informations,

- ils utilisent peu leur imagination pour faire des hypothèses basées sur l'analogie,
- leurs raisonnements logiques sont trop peu systématiques, incomplets ou mal assurés,
- leurs estimations sont trop rares et peu pertinentes alors que leurs erreurs de mesure sont très larges,
- ils doutent de leur capacité à surmonter la situation seuls,
- ils renoncent trop vite et démissionnent à tort, peu conscients de l'étendue réelle de leurs capacités, peu entraînées et peu valorisées dans ce mode de travail au sein de nos formations.

4.3.2 Description de l'intervention

En réponse à ces difficultés rencontrées par les étudiants en résolution d'exercices en physique, et vu le développement d'une hybridation riche dans le cadre du cours PHYS3018-A-a, il a été décidé, en collaboration avec le Laboratoire de Soutien à l'Enseignement par la Télématicque (LABSet), de créer un dispositif en ligne d'entraînement à la résolution d'exercices de physique.

Ce dispositif, présenté par Marique et al. (2017) doit rencontrer un double objectif.

- Fournir un outil aux étudiants qu'ils pourront utiliser de manière autonome et qui leur permette d'apprendre progressivement à résoudre des exercices, et ce, grâce notamment à la transmission de feedbacks réguliers en cours de résolution.
- Pouvoir alimenter la recherche menée par l'équipe pédagogique dans le but de mieux comprendre les difficultés rencontrées par les étudiants, et donc endiguer les échecs en physique. Cela peut se faire grâce à l'analyse des traces d'apprentissage laissées par ces étudiants lors de leur travail en ligne.

Deux types de résolution d'exercices sont proposés aux étudiants : la résolution guidée et la résolution libre. Celles-ci sont développées ci-après. Il est conseillé aux étudiants de d'abord tenter de résoudre certains exercices guidés didactiquement afin d'acquérir les compétences et les réflexes utiles dans chaque exercice, grâce aux différentes étapes proposées dans ce mode de résolution. Ils peuvent ensuite mettre en pratique cet apprentissage dans les exercices à résolution libre pour lesquels seul l'énoncé est fourni.

Ces deux modes de résolution présentent deux points communs : l'identification d'un niveau de difficulté pour chaque exercice et l'obtention d'un feedback général détaillé à la fin de la résolution. Le niveau de difficulté est établi sur une échelle de 1 à 4, le niveau 1 correspondant aux exercices jugés les plus simples et basiques par l'équipe pédagogique, et le niveau 4 aux exercices les plus complexes. Ce niveau de difficulté est attribué à chaque exercice sur la base de 4 critères subjectifs¹³ : l'abstraction, la réflexion, la mixité et les mathématiques (Marique et al., 2017).

Exercices à résolution guidée

La résolution guidée est une méthode proposant des exercices composés d'un énoncé et d'un découpage de la résolution en 10 sous-questions. Ce découpage en dix sous-questions permet de guider l'étudiant vers la réponse finale unique.

En pratique, les huit premières questions ont été établies en référence aux processus cognitifs de Bloom (1956) et d'Anderson et al. (2001). La collaboration entre différents pédagogues du Labset et physiciens œuvrant sur le terrain en première année de bachelier à l'Université de Liège a permis d'identifier les processus cognitifs à mobiliser dans la résolution d'exercices de physique en première année. Ils sont au nombre de trois (Marique et al., 2017) :

- *la compréhension*, à l'œuvre lors de la lecture de l'énoncé et permettant l'identification de l'objet de l'exercice ;
- *l'analyse*, à l'origine de l'identification du chemin de résolution, de la sélection des modèles et formules vus au cours et des données pertinentes de l'énoncé qui sont à mobiliser lors de chaque étape de ce chemin ;
- *l'application*, permettant la mise en pratique des concepts en référence à l'exercice donné dans le cadre du chemin de résolution identifié lors de la phase d'analyse.

Pour parvenir à la solution attendue et donc réussir à fournir une résolution correcte à l'exercice proposé, l'étudiant doit pouvoir mobiliser et combiner correctement ces trois processus cognitifs. En effet, des difficultés de compréhension engendrent nécessairement une mauvaise analyse de la situation décrite par l'énoncé. De même, un échec de l'analyse entraîne des difficultés lors de la phase d'application (Marique et al., 2017).

Le tableau suivant (Tableau 4.5) reprend le type de question associé à chaque étape ainsi que la pondération définie pour chaque étape. Le processus de

¹³ Ces critères ont été définis par l'équipe pédagogique. Le niveau de chaque problème est évalué par différents membres de l'équipe.

compréhension est composé d'une seule question, celui d'analyse de 4 questions et enfin celui d'application de 3 questions. Le format de question utilisé varie (QCM, QRM, QROC, appariement, ...) en fonction de l'étape de résolution. Dans tous les cas, ce système permet systématiquement une notation directe sans intervention de l'équipe pédagogique. Le poids de chacune des questions n'est pas le même. Lors de la construction du canevas, un consensus a été trouvé au sein de l'équipe pédagogique afin d'accorder plus de poids à trois questions en raison de leur importance dans le processus global de la résolution : la compréhension de l'énoncé (15 points), la mise en ordre du chemin de résolution (20 points) et l'application à la situation donnée (15 points). Toutes les autres questions rapportent 10 points chacune à l'étudiant. La note globale sur 100 points obtenue par l'étudiant lui est renseignée à la fin de l'ensemble du processus (Marique et al., 2017).

Processus cognitif	N°Q	Intitulé de la question	Type	Points
COMP	1	Compréhension de l'énoncé	QRM	15
	<i>Feedback 1</i>			
ANALYSE	2	Mise en ordre du chemin de résolution	Appariement	20
	<i>Feedback 2</i>			
	3	Détermination du(des) modèle(s) à appliquer	QRM	10
	<i>Feedback 3</i>			
	4	Détermination de la(des) formule(s) à utiliser	QRM	10
	<i>Feedback 4</i>			
APPLIC	<i>Feedback 5</i>			
	6	Application de la(des) formule(s) à la situation	QCM	15
	7	Réponse numérique	QCM	10
	8	Unité	Texte à trou	10
METAC	9	Réflexion sur le produit	Echelle de Likert	0
	<i>Feedback 6, 7, 8</i>			
	10	Réflexion sur le processus	QRM	0
<i>Total</i>				100

Tableau 4.5. Structure de la résolution guidée.

Après ces 8 questions liées directement à la résolution de l'exercice, deux questions de métacognition sont posées à l'étudiant. Elles poursuivent l'objectif d'aider l'étudiant à s'autoévaluer. La première invite l'étudiant à questionner la cohérence et la plausibilité de sa réponse à l'aide d'une échelle d'opinion. Dans la seconde question de métacognition, il lui est demandé d'identifier les différentes étapes de la résolution lors desquelles il a rencontré des difficultés. Cette seconde question vise donc à l'encourager à évaluer sa production, lui permettre de réguler sa façon d'apprendre et donc à ajuster ses actions afin de progresser. C'est

l'augmentation de l'efficacité des apprentissages qui est recherchée de cette façon (Zimmerman, 2002).

A l'issue des cinq premières questions de matière, des feedbacks sont proposés. Ceux-ci peuvent prendre la forme d'un texte (Figure 4.7a), d'une illustration imagée (Figure 4.7b) voire d'une vidéo réalisée sur tablette (Figure 4.7c) ou d'une animation commentée (Figure 4.7d). Grâce à ces cinq premiers feedbacks, l'étudiant peut comparer sa production avec le raisonnement attendu, identifier ses difficultés, réguler sa résolution et persévérer dans celle-ci (Nicol, 2009a, 2009b). Ces feedbacks sont fournis à l'étudiant à l'issue de chacune des cinq premières questions quelle que soit la qualité de la réponse qu'il a fournie. Si sa réponse était correcte, le feedback le conforte dans sa démarche et lui permet de continuer sa résolution dans la voie dans laquelle il s'était inscrit. En cas de réponse incorrecte, les informations précises fournies dans le feedback doivent lui permettre d'adapter son raisonnement et sa résolution afin de persévérer et de parvenir à la solution. Dans un exercice classique, un étudiant qui s'abstiendrait ou éprouverait des difficultés à une étape du début de la résolution se retrouverait bloqué pour la suite et ne saurait donc pas s'entraîner à la phase d'application par exemple. Grâce à ce dispositif, dans ce même cas de figure, il peut corriger ses erreurs, adapter ses actions et poursuivre la résolution de l'exercice.

Après la première question de métacognition (plausibilité de la réponse), un feedback complet de l'exercice est fourni à l'étudiant. Il peut alors consulter une résolution-type réalisée par un enseignant.

a) Feedback de la question précédente

Les relations 2

$$y(t) = v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} a_y \cdot t^2$$

et 3

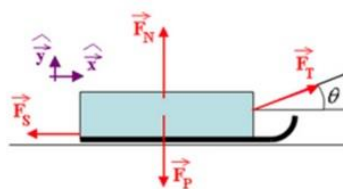
$$v_y(t) = v_{0y} + a_y \cdot t$$

correspondent aux lois générales du MRUA et sont donc correctes. La première relation

$$y(t) = v_{0y} \cdot t$$

est l'équation de mouvement d'un MRU et ne doit donc pas être appliquée dès la résolution de notre problème. Enfin, la dernière relation est fautive.

b)



c)

$v_0 = 162 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $\vec{v}_0 = (v_{0x}; v_{0y}) = (0; 2,4)$
 $\vec{v}_0 = (v_{0x}; v_{0y}) = (v_0 \cos \alpha; -v_0 \sin \alpha)$
 $\vec{a} = (a_x; a_y) = (0; -9,81)$

$\begin{cases} x(t) = v_{0x} \cdot t \\ y(t) = v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} a_y \cdot t^2 \end{cases}$
 $\begin{cases} x(t) = 45 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y(t) = 2,4 - 4,905 \cdot t^2 \end{cases}$

d)

Mouvement horizontal $\Leftrightarrow \sum F_{\text{verticales}} = 0$

- \Leftrightarrow Portance = Poids
- $\Leftrightarrow \Delta P \cdot S = m_{\text{tot}} \cdot g$
- $\Leftrightarrow \Delta P \cdot S = (m_{\text{avion}} + m_{\text{embarquée}}) \cdot g$

$\Delta P \rightarrow \text{Bernoulli}$

Figure 4.7 : Les feedbacks fournis peuvent prendre plusieurs formats : un texte (a), une image (b), une vidéo réalisée sur tablette (c) ou encore un animation vidéo commentée (d).

Exercices à résolution libre

Après avoir pu profiter de la résolution guidée pour acquérir la maîtrise des différentes étapes d'une résolution type, les étudiants ont la possibilité de se placer en condition d'examen grâce aux exercices à résolution libre. Le niveau de la tâche est plus élevé puisque, dans ce mode, aucune aide n'est fournie à l'apprenant. Il doit donc, de manière autonome, s'assurer qu'il a bien compris la situation décrite par l'énoncé et ce qui lui est demandé, planifier ses actions et dresser le chemin de résolution, choisir les modèles adéquats, isoler les données pertinentes et résoudre la phase mathématique pour parvenir à la réponse, et ce, sans avoir la possibilité d'obtenir des feedbacks intermédiaires.

L'étudiant peut poster sa solution sous le format électronique qu'il souhaite (fichier texte, photo...). Une fois cela fait, il est invité à répondre à une question de métacognition portant sur la cohérence de sa solution. Cette question est identique à la question 9 de la résolution guidée. Après avoir encodé sa réponse, l'étudiant reçoit un feedback multimédia illustrant la résolution complète du problème effectuée par un enseignant. Ces feedbacks peuvent prendre soit la forme d'une animation, de type powerpoint, commentée ou d'une vidéo montrant l'enseignant résoudre l'exercice au tableau ou sur tablette. L'objectif est d'établir un apprentissage par observation, comme le suggère Bandura (1980), qui permet à l'étudiant d'apprendre en observant un expert à l'œuvre.

4.3.3 Première expérimentation – Mars 2012 [Présenté dans Marique et al., 2017]

En mars 2012, un test de ce nouveau dispositif a été réalisé. Six exercices de mécanique des fluides, trois en résolution guidée et trois autres en résolution libre, ont été mis à disposition des étudiants inscrits en première année de bachelier en médecine et dentisterie de mars à mai 2012, soit durant les deux derniers mois avant leur examen de physique. La participation des étudiants à ce test a eu lieu sur base volontaire, même si les communications de l'équipe pédagogique les encourageaient vivement à y participer. L'objectif pédagogique y était clairement défini.

Cette première expérimentation visait à répondre aux questions de recherche suivantes.

- Les étudiants sont-ils susceptibles d'utiliser un dispositif en ligne d'entraînement à la résolution d'exercices (données de participation) ?
- Quel est le processus cognitif posant le plus de difficulté aux étudiants lors de la résolution de problèmes (données de performance) ?

- Sont-ils conscients des processus cognitifs ou des étapes de résolution qui sont le moins bien réussis (données de performance) ?
- Un lien entre travail en ligne et performances à l’examen peut-il être établi (données de performance) ?
- Les étudiants trouvent-ils utiles cet outil en ligne (données de perception) ?
- Le découpage proposé dans les exercices à résolution guidée leur semble-t-il utile et adéquat (données de perception) ?
- Les feedbacks fournis sont-ils importants dans le but de pouvoir poursuivre la résolution d’un exercice (données de perception) ?

Méthodologie

Pour utiliser l’outil proposé, les étudiants devaient simplement se connecter à un cours en ligne développé sur la plate-forme institutionnelle eCampus. Les traces des tentatives, recueillies automatiquement grâce à cette plate-forme en ligne, ont ensuite été analysées. Concernant les exercices à résolution guidée, seules les tentatives pour lesquelles une réponse a été fournie à au moins la moitié des questions dans chaque processus cognitif ont été considérées comme valides.

Dans le but d’étudier un éventuel lien avec la performance à l’examen, les scores complets (total et question par question) de chaque étudiant à l’examen ont également été enregistrés. En particulier, la note calculée sur l’ensemble des exercices de l’examen, ainsi que la note obtenue aux exercices portant sur la mécanique des fluides sont utilisées. Afin de mesurer le réel impact de l’outil sur la performance en physique, une comparaison est opérée avec les scores obtenus par chaque étudiant aux examens des deux autres matières scientifiques, à savoir la biologie et la chimie (les mathématiques ne font pas l’objet d’un cours à part entière et ne sont donc pas évaluées spécifiquement).

Enfin, une courte enquête de satisfaction en ligne, composée de trois questions, a été proposée aux étudiants à l’issue du processus de deux mois afin d’obtenir leur ressenti sur ce nouvel outil. Il leur était demandé de se positionner, à l’aide d’échelles d’opinion, sur l’utilité de l’outil pour travailler la matière de physique et se préparer à l’examen, sur l’adéquation du découpage des exercices à résolution guidée et sur l’obtention des feedbacks immédiats. Les réponses à cette enquête sont anonymes et ne permettent donc pas de croisement entre le degré de satisfaction et l’engagement dans le travail à l’aide de l’outil.

Population

Lors de la première expérimentation au cours de l'année académique 2011-2012, 980 étudiants étaient inscrits en première année de bachelier en médecine et dentisterie (765 en médecine et 215 en dentisterie). Seuls 876 d'entre eux ont présenté l'examen de physique de la session de juin¹⁴. Notre étude porte donc sur ces 876 personnes.

Résultats

Participation

Les étudiants sont-ils susceptibles d'utiliser un dispositif en ligne d'entraînement à la résolution d'exercices ?

Le nombre total de tentatives valides enregistrées par exercice à résolution guidée est présenté dans le tableau suivant (Tableau 4.6). En fonction de l'exercice, ce nombre varie entre 217 et 348. Le nombre d'étudiants uniques ayant enregistré au moins une tentative valide varie entre 219 et 294 selon l'exercice considéré. Cela représente des taux de participation oscillant entre 25 % (N = 219) et 33,6 % (N = 294). Enfin, ils sont 23,4 % (N = 205) de la population à avoir enregistré au moins une tentative valide à chacun des trois exercices à résolution guidée.

Problème	Nb tentatives valides	Nb d'étudiants uniques	% participation
Exercice 1	348	294	33,6
Exercice 2	217	224	25,6
Exercice 3	225	219	25
Les 3 exercices RG	/	205	23,4

Tableau 4.6 : Environ un quart des étudiants ont utilisé ce nouvel outil d'entraînement en ligne à la résolution d'exercices.

Performance

Quel est le processus cognitif posant le plus de difficulté aux étudiants lors de la résolution de problèmes ?

Il ressort de l'analyse des réponses fournies par les étudiants aux différentes questions de chacune de leurs tentatives aux trois exercices de résolution guidée que l'analyse est systématiquement le processus cognitif le moins bien maîtrisé (Tableau 4.7). En effet, l'ensemble des questions portant sur l'analyse n'a été réussi que lors de 4,9 % des tentatives enregistrées dans l'exercice 1 et lors de 2,2 % des

¹⁴ Jusqu'à l'année académique 2011-2012 incluse, le cours de physique était organisé durant l'entièreté de l'année académique. L'épreuve certificative était alors organisée lors de la session en mai et juin.

tentatives dans l'exercice 3. De faibles résultats peuvent également être observés dans le cas de l'application.

Dans le cas de l'exercice 2, ce même taux monte à 49,3 %, mais dans le cas de cet exercice, l'ensemble des processus ont été mieux réussis.

A un niveau de granularité plus fin, ce sont la mise en ordre du chemin de résolution, la détermination du ou des modèles physiques et la détermination des informations utiles qui sont généralement largement ratées.

% réussite		Exercice 1		Exercice 2		Exercice 3	
Compréhension	Compréhension de l'énoncé	67,8	57,2	83,4	78,3	76	65,8
Analyse	Chemin de résolution	6,6	4,9	51,6	49,3	1,3	2,2
	Modèle(s) à appliquer	9,8		59		14,7	
	Formule(s) à appliquer	20,4		44,7		52,9	
	Informations utiles	6,6		56,7		8,9	
Application	Application des formules	9,5	25,6	48,4	52,1	20,4	39,1
	Réponse numérique	32,5		42,4		44	
	Unités de la réponse	52,3		88,9		72	

Tableau 4.7 : La question de compréhension est généralement assez bien réussie, à l'inverse de la mise en ordre du chemin de résolution.

Sont-ils conscients des processus cognitifs ou des étapes de résolution qui sont le moins bien réussis ?

Il semble que les étudiants soient conscients de ces difficultés puisqu'ils sélectionnent massivement ces items dans la première question de métacognition. En effet, la mise en ordre du chemin de résolution a été respectivement choisie par 47,3 %, 27,9 % et 51,8 % des étudiants aux exercices 1, 2 et 3 (Tableau 4.8). Le choix du modèle a été sélectionné par respectivement 29,3 % et 37,5 % aux exercices 1 et 3, et le choix des formules par 22,8 % et 43,8 % des étudiants à ces mêmes exercices. A nouveau, l'exercice 2 a été perçu comme plus facile par les étudiants.

Taux de sélection (en %) des différentes étapes de résolution posant des difficultés aux étudiants (Question 10 - métacognition)

			Problème 1	Problème 2	Problème 3
COMPREH	1	Compréhension de l'énoncé	38,6	5,7	15,2
ANALYSE	2	Mise en ordre du chemin de résolution	47,3	27,9	51,8
	3	Détermination du modèle à appliquer	29,3	10,7	37,5
	4	Détermination des formules à utiliser	22,8	16,4	43,8
	5	Détermination des informations utiles	16,3	17,2	17,9
	6	Application des formules	17,4	24,6	28,6
APPLICATION	7	Réponse numérique au problème	21,2	43,4	28,6
	8	Unité de la réponse	3,8	4,9	6,3

Tableau 4.8 : Ce sont principalement les étapes du bloc « Analyse » qui posent le plus de difficultés aux étudiants.

Un lien entre travail en ligne et performances à l'examen peut-il être établi ?

Afin de mettre en évidence un éventuel lien entre le travail en ligne et la performance à l'examen, les deux plus grandes populations sur la base du nombre d'exercices réalisés ont été isolées.

- Une première population rassemble les étudiants ayant enregistré au moins une tentative valide à chacun des six exercices en ligne (trois à résolution guidée et trois à résolution libre) de mécanique des fluides proposés. Elle est appelée « étudiants ayant travaillé en ligne » et contient 156 individus (17,8 % de la population totale).
- Une seconde population regroupe ceux n'ayant aucune tentative à aucun des exercices. Elle est appelée « étudiants n'ayant pas travaillé en ligne » et comprend 547 personnes, soit 62,5 % de la population totale.

Les étudiants ayant réalisé 1 (7,5 %), 2 (2,7 %), 3 (5,1 %), 4 (2,4 %) ou 5 (1,9 %) exercices différents n'ont donc pas été considérés, les effectifs dans chacune de ces catégories étant faibles au regard des deux populations sélectionnées.

L'hypothèse que la performance à l'examen est corrélée au travail en ligne a été confirmée par un test chi-carré : $\chi^2(1, N = 701) = 175,9, p < 0,001$. La force d'association a été mesurée par la méthode de Cramer ($V = 0,5$) et se révèle moyenne. La performance aux exercices portant sur la mécanique des fluides lors de cet examen a également été étudiée. Le test de dépendance χ^2 ($\chi^2(1, N = 701) = 62,4, p < 0,001$) montre également une dépendance entre travail en ligne et performance. La force d'association reste moyenne ($V = 0,3$). Cependant, une corrélation est également observée entre le travail en ligne et le résultat dans les autres matières scientifiques, à savoir la biologie ($\chi^2(1, N = 701) = 82,4, p < 0,001$) et la chimie ($\chi^2(1, N = 701) = 88,1, p < 0,001$). Les forces d'association mesurées valent respectivement 0,34 et 0,35.

En s'intéressant de manière plus précise aux notes obtenues par les étudiants lors de l'examen de physique en fonction de leur travail en ligne, des différences considérables peuvent être observées (Figure 4.8).

Répartition des étudiants en fonction de la note obtenue à l’examen de physique (par tranche de 2 points) et de la résolution des exercices en ligne

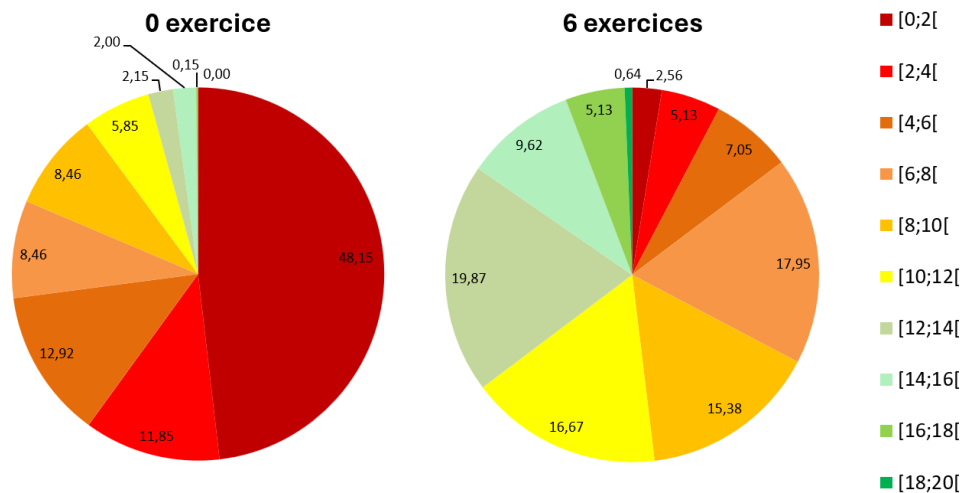


Figure 4.8 : Les étudiants ayant travaillé en ligne obtiennent de meilleurs scores à l’examen de physique.

La médiane des étudiants ayant résolu tous les problèmes d’entraînement proposés (médiane = 12,5) est significativement supérieure ($p < 0,001$) à celle des étudiants n’ayant pas été exposé à ces problèmes (médiane = 5,3). Les étudiants actifs en ligne performant donc significativement mieux à l’examen (Figure 4.9).

Répartition des notes à l'examen (sur 20) en fonction du nombre de problèmes en ligne résolus

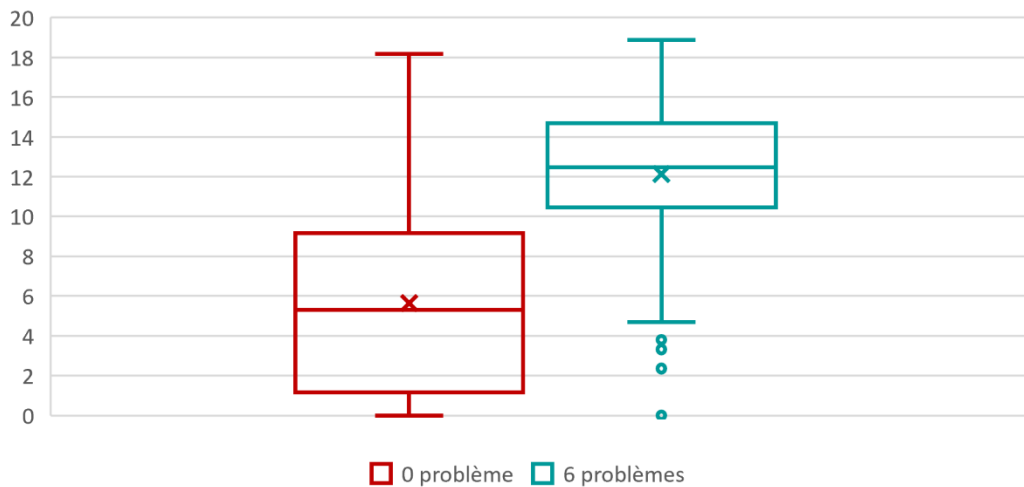


Figure 4.9 : Les étudiants ayant résolu les 6 problèmes d’entraînement en ligne performant mieux à l’examen.

En focalisant l'étude sur les exercices à résolution guidée, ceux-ci permettant d'acquérir des compétences en résolution d'exercices grâce au découpage proposé, des résultats similaires sont observés, à savoir une amélioration des notes à l'examen. Pour ces analyses, deux populations ont été considérées, les étudiants ayant tenté de résoudre les trois exercices guidés (23,4 %) et ceux n'en ayant tenté aucun (65,4 %). Ce choix de ne pas considérer les autres étudiants est justifié par le fait qu'outre le faible nombre d'individus dans ces effectifs, il est peu probable qu'un seul exercice guidé suffise pour assimiler les compétences de résolution. Une dépendance entre le travail en ligne et la performance à l'examen est mesurée tant en considérant la note globale à l'épreuve ($\chi^2(1, N = 776) = 170,6, p < 0,001$) que la partie des exercices consacrée à la mécanique des fluides ($\chi^2(1, N = 776) = 62,4, p < 0,001$). Dans ces deux cas, les forces d'association mesurées par le V de Cramer s'élèvent respectivement à 0,47 et 0,28. Bien que n'entraînant pas directement à la résolution d'exercices, les feedbacks multimédias à l'issue des exercices à résolution libre peuvent potentiellement aider l'étudiant à acquérir des compétences en résolution d'exercices. Cela est également mis en évidence par l'existence d'une corrélation entre le fait d'avoir tenté de résoudre les trois exercices libres et la performance à l'ensemble de l'épreuve ($\chi^2(1, N = 817) = 171,3, p < 0,001$) ou aux exercices de mécanique des fluides ($\chi^2(1, N = 817) = 61,3, p < 0,001$). Les forces d'association s'élèvent alors respectivement à 0,46 et 0,27.

Des résultats similaires peuvent être observés en se limitant à la note obtenue à la partie « problèmes » lors de l'examen (Figure 4.10a), ainsi qu'à la note spécifiquement obtenue au problème de mécanique des fluides (Figure 4.10b). Les étudiants ayant résolu les six problèmes d'entraînement en mécanique des fluides obtiennent des notes dont la médiane (médiane = 6) est significativement supérieure ($p < 0,001$) à celle des étudiants n'ayant pas travaillé en ligne (médiane = 0). De même, les étudiants actifs en ligne présentent une médiane (médiane = 2) significativement supérieure ($p < 0,001$) supérieure à celle des étudiants inactifs (médiane = 0).

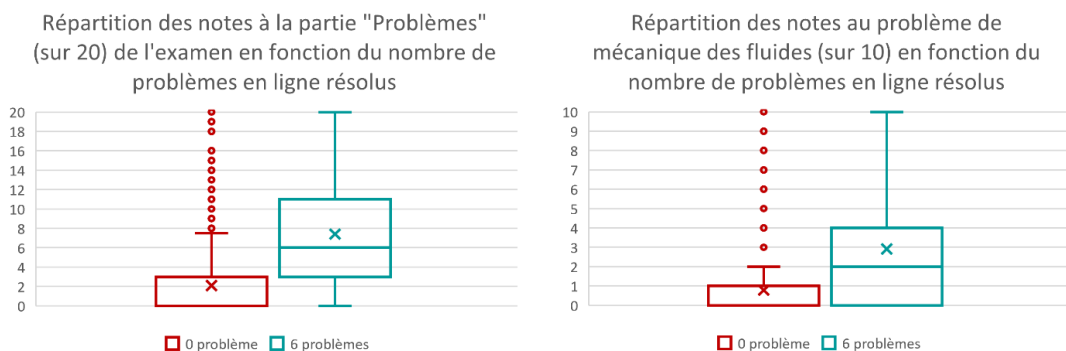


Figure 4.10 : Les étudiants ayant travaillé en ligne sur les 6 problèmes d'entraînement performant mieux lors de l'examen tant à la partie « problèmes » (a) qu'au problème de mécanique des fluides (b).

Perception

Satisfaction des étudiants : Les étudiants trouvent-ils utiles cet outil en ligne ? Le découpage proposé dans les exercices à résolution guidée leur semble-t-il utile et adéquat ? Les feedbacks fournis sont-ils importants dans le but de pouvoir poursuivre la résolution d’un exercice ?

Parmi les 176 répondants, 88,1 % d’entre eux (N = 155) jugent que l’outil proposé est utile pour travailler la matière de physique. Le découpage en étapes des exercices à résolution guidée est jugé favorablement par 66,4 % des répondants (N = 117). Enfin, 90,9 % des répondants (N = 160) considèrent que les feedbacks immédiats fournis à l’issue de chaque question sont importants pour la résolution de l’exercice.

Discussion

Participation

Les étudiants se sont peu exposés aux exercices guidés puisque le taux d’étudiants ayant validé au moins une tentative varie entre 25 % et 33,6 %. Seuls 23,4 % de la population ont enregistré au moins une tentative valide dans chacun des trois exercices guidés. Cette faiblesse de la participation étudiante est probablement imputable au fait que les étudiants n’y ont pas perçu le sens et le gain de compétence qu’il pouvait y développer. Un renforcement de la communication, notamment concernant son impact sur la performance à l’examen, peut contrer cet effet.

Performance

Ce sont principalement les étapes du bloc « Analyse » qui posent le plus de difficultés aux étudiants (Tableau 4.7). Les étudiants semblent donc éprouver des difficultés à planifier leurs actions mais également à identifier ce qui leur sera utile (modèles, formules, données) pour résoudre un exercice. Ce résultat rejoint les observations faites par Leclercq et al. (1978). Pourtant, par rapport à un exercice classique ou à résolution libre, ce travail est facilité par le fait que pour chaque question, une série de propositions est fournie. Les étudiants semblent néanmoins conscients de ces étapes plus difficiles pour eux (Tableau 4.8) puisqu’ils les ont massivement sélectionnées en répondant à la deuxième question de métacognition.

Le bloc « Application » est également caractérisé par de faibles résultats. Cela peut sembler logique puisque si l’étudiant a échoué lors de la phase d’analyse dans la résolution de l’exercice, il est probable qu’il rencontre des difficultés dans le bloc suivant.

Enfin, il convient de nuancer les apparents bons scores obtenus au processus de compréhension. En effet, une seule question est associée à ce bloc.

Les résultats à l'exercice n°2 sont meilleurs qu'aux deux autres exercices guidés. Il semble donc que cet exercice soit plus simple pour les étudiants. Ils ont d'ailleurs identifié moins d'étapes problématiques pour cet exercice.

Par ailleurs, il ressort des différentes analyses une dépendance entre travail en ligne et performance à l'examen, que ce soit à la partie « exercices » sur l'ensemble de la matière du cours de physique ou plus spécifiquement sur la mécanique des fluides. Il convient néanmoins de nuancer cette observation étant donné qu'une dépendance entre travail en ligne et performance académique a également été mise en évidence dans le cas des autres matières scientifiques. Il est donc probable que des caractéristiques propres aux individus telles que la motivation, la persévérance, l'assimilation ou encore le niveau de départ interviennent grandement dans leur réussite toutes matières confondues. Ce constat nous empêche d'établir un impact fort de ce dispositif sur la réussite à l'examen, même si cela n'est évidemment pas non plus un synonyme d'absence d'impact.

« *Le dispositif doit donc être vu comme une ressource supplémentaire offerte aux étudiants les plus motivés ou conscients de leurs propres difficultés et voyant dans cet outil une possibilité d'y remédier.* » (Marique et al., 2017). Comme c'est le cas également pour les autres dispositifs pédagogiques développés, cet outil d'entraînement en ligne à la résolution d'exercices constitue une proposition visant l'enrichissement de l'écologie d'apprentissage de chaque étudiant.

Perception

La perception des étudiants ayant utilisé cet outil est bonne. Une très large majorité des étudiants y voient un outil efficace et utile pour travailler la matière du cours de physique. En particulier, les feedbacks immédiats ont été très majoritairement jugés importants dans le travail d'entraînement à la résolution d'exercices.

Conclusions

A l'issue de cette première expérimentation, les résultats sont mitigés, notamment vu la faible participation. Néanmoins, la convergence observée entre les difficultés des étudiants recensées dans la littérature et l'identification de celles-ci au travers des questions de métacognition nous laisse penser que ce dispositif peut constituer un outil d'entraînement et de remédiation intéressant.

4.3.4 Déploiement de l’outil

Dès l’année académique suivante (2012-2013), l’outil a été considérablement enrichi. 29 exercices, dont 16 en résolution guidée et 13 en résolution libre, étaient proposés aux étudiants. 23 exercices portaient sur les différents chapitres de la mécanique, tant des prérequis que de la nouvelle matière. Les exercices de mécanique des fluides proposés lors de la première expérimentation ont bien sûr été publiés également.

Malheureusement, l’année académique de mise en place de cet outil plus complet a également été celle de la modification des méthodes d’évaluation en première année de bachelier. En effet, en raison du nombre élevé d’étudiants, l’évaluation sous forme de questions à choix multiples a été privilégiée. L’équipe pédagogique percevait néanmoins une utilité à proposer cet outil d’entraînement car, même si les questions ouvertes ont disparu au profit des questions à choix multiples, une partie importante de l’examen porte sur l’application des concepts et donc la résolution d’exercices. Cependant, les étudiants ont délaissé cet outil n’y voyant probablement pas d’intérêt étant donné qu’ils savaient qu’ils ne seraient plus évalués sur leur production complète dans le cadre des exercices mais bien via le choix de propositions établies. Il est interpelant que les étudiants considèrent qu’il n’est plus nécessaire que leur résolution « intermédiaire » soit aussi fiable que lorsqu’elle est évaluée explicitement alors qu’elle conditionne la réponse finale, qui elle est toujours demandée. Ce constat questionne également l’opportunité d’évaluer ce type de compétence par le biais de QCM, bien que ceux-ci aient été choisis à un niveau facultaire en réponse au cohorte pléthorique inscrites en première année.

Cet abandon de l’outil est particulièrement criant pour les exercices portant sur les prérequis. En moyenne, seulement 3,9 étudiants (0,4 %) ont enregistré au moins une tentative dans les exercices à résolution guidée, et 0,4 étudiants (< 0,1 %) en résolution libre (Tableau 4.9). Les exercices ayant récolté le plus de succès ont été tentés par 15 étudiants (1,7 %) en résolution guidée et 18 étudiants (2,1 %) en résolution libre. En termes de réussite, en moyenne, seuls 1,8 étudiants sont parvenus à obtenir au moins la moitié des points dans les exercices guidés portant sur les prérequis.

Les exercices portant sur la nouvelle matière ont rencontré une participation sensiblement plus importante. En effet, en moyenne, 81 étudiants (9,2 %) ont encodé au moins une tentative valide aux exercices guidés. Ils sont en moyenne 135,6 (15,5 %) à avoir tenté un exercice à résolution libre. Cependant, en moyenne, seuls 16,1 étudiants (1,8 %) ont réussi un exercice guidé.

		Nb tentatives			Nb étudiants			Nb étudiants réus		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
Prérequis	Résolution guidée	5,6	1	24	3,9	1	15	1,8	0	8
	Résolution libre	8,4	2	27	0,4	2	18	/	/	/
Nouvelle matière	Résolution guidée	122,4	65	202	81	55	113	16,1	6	24
	Résolution libre	223,8	163	304	135,6	115	169	/	/	/

Tableau 4.9 : L'outil d'entraînement en ligne à la résolution d'exercices n'a pas rencontré un grand succès.

Malgré cette faible participation, le dispositif a été maintenu et a même été enrichi pour atteindre au total une septantaine d'exercices. Des exercices de mécanique, d'électricité et d'optique ont ainsi été ajoutés. En effet, il nous a semblé important de pouvoir maintenir un outil visant à développer des compétences en résolution d'exercices, puisque celles-ci doivent aussi être mobilisées même lorsque l'évaluation se fait par questions à choix multiples.

Par ailleurs, pour améliorer l'efficacité de l'apprentissage et encourager l'autonomie des étudiants, un renforcement de la métacognition a semblé être une voie à suivre par l'intermédiaire de la mise en place d'un journal de bord. Concrètement, si à la lecture des feedbacks fournis dans les différents exercices, l'étudiant prend conscience de difficultés plus importantes qu'il rencontre, il peut communiquer directement avec l'équipe pédagogique via ce journal de bord en ligne. Les étudiants sont encouragés à analyser, en premier lieu, les difficultés qu'ils rencontrent dans leurs raisonnements et résolutions d'exercices et ensuite à les communiquer via le journal. Les étudiants sont informés que les messages de type « je ne sais pas résoudre cet exercice » ou « je n'ai rien compris » ne sont pas traités et qu'un travail personnel d'analyse doit donc être un préalable à toute activité de remédiation effectuée avec l'équipe pédagogique. Cette démarche rencontre un double objectif, à savoir faciliter le travail préparatoire de l'équipe pédagogique à un éventuel rendez-vous de remédiation que l'étudiant demanderait et entamer le processus de remédiation chez l'étudiant par l'autoévaluation de ses difficultés. En effet, la première étape d'une remédiation efficace est la réflexion et l'identification de ses propres difficultés.

Ce journal de bord en ligne, propre à chaque étudiant, n'est donc accessible qu'à son auteur et à l'équipe pédagogique.

Les années suivantes, ces taux de participation ont encore chuté. Ce désintérêt des étudiants combiné à des difficultés techniques (mises à jour puis changement de plate-forme d'enseignement en ligne accueillant les cours de l'institution, disparition progressive de Java, ...) complexifiant la diffusion de feedbacks multimédia nous a poussés à abandonner ce dispositif.

Cependant, depuis quelques années, l’épreuve certificative n’est plus exclusivement composée de questions à choix multiples. Des questions ouvertes, une portant sur la théorie et une sur un exercice à résoudre, sont donc intégrées à l’examen. Une mise à jour de l’outil a été effectuée pour une quinzaine de problèmes. Ceux-ci ont été modernisés afin de répondre aux contraintes techniques actuelles.

4.4 Intervention n°3 : Forums et questions-débat (questions de réflexion)

4.4.1 Introduction

Des forums ont été mis à disposition des étudiants afin qu’ils puissent y poser leurs questions sur les difficultés qu’ils rencontrent dans leur parcours d’apprentissage de la physique. Mais, ces forums ne se suffisent pas à eux-mêmes. Comme Laurillard l’indique en préface de Ellis & Goodyear (2013), il convient de ne pas mettre à disposition des étudiants des outils en ligne uniquement par effet de mode ou par recherche de modernité, mais d’entamer une réflexion visant à les introduire intelligemment aux séquences d’apprentissage et d’ainsi en tirer des avantages pédagogiques qu’ils peuvent offrir. Ellis & Goodyear (2013) précisent d’ailleurs que « *les possibilités offertes par une nouvelle technologique ne sont pas suffisantes pour juger de sa valeur. Par exemple, les forums en ligne offrent une interaction souple avec les étudiants, mais les recherches et les évaluations menées à leur sujet sont décevantes. Ils jouent un rôle particulier dans le riche mélange d’expériences d’apprentissage formelles et informelles d’un étudiant, mais si l’on n’appréhende pas cet ensemble, ils ne s’avèreront pas utiles au contexte d’apprentissage. Un forum en ligne décontextualisé revient à inviter les étudiants à se rendre dans une salle de séminaire à un moment donné pour discuter du sujet de la semaine, mais sans que l’enseignant ou l’encadrant ne mette quoi que ce soit en place pour les guider ou les soutenir. Personne n’aurait fait cela à l’ère pré-numérique. Les technologies numériques nécessitent la même compréhension de leur place si nous voulons les utiliser à bon escient* » (traduction libre de Ellis & Goodyear, 2013, p. xv).

4.4.2 Description de l’intervention

Dans la lignée de Ellis & Goodyear (2013), et en poursuivant l’objectif d’encourager les étudiants à se rendre régulièrement sur les forums, nous avons voulu animer fréquemment nos forums en y postant des questions de réflexion, appelées « questions-débat », portant systématiquement sur la matière qui vient d’être clôturée lors des séances de cours théoriques. Ces questions-débat ont pour

objectif de demander aux étudiants d'expliquer une expérience présentée dans une vidéo muette, ou encore de réfléchir à l'un ou l'autre phénomène particulier. Pour chaque question-débat, l'étudiant doit mobiliser ce qui lui a été enseigné récemment afin de parvenir à une solution. Généralement, les étudiants disposent d'une période de 7 à 10 jours pour encoder leur réponse. Celle-ci est visible de tous et chaque étudiant est invité à réagir aux publications de ses pairs. À l'issue de cette période, une solution-type est postée sur le même forum. Celle-ci peut prendre plusieurs formes : un document texte ou encore une vidéo détaillant la solution.

Pour certaines d'entre elles, à l'issue de la période durant laquelle les étudiants sont invités à répondre à la question de réflexion proposée, l'équipe pédagogique analyse les réponses fournies, en sélectionne quelques-unes et conçoit un test vrai/faux basé sur ces affirmations. Ce questionnaire vrai/faux est alors publié et laissé à disposition des étudiants durant quelques jours à nouveau. Dans le cas de figure où ce processus est mis en place, c'est à l'issue de la période durant laquelle les étudiants répondent aux questionnaires vrai/faux que le corrigé général est publié. Étant donné le caractère chronophage de l'analyse des réponses fournies par les étudiants à la question de réflexion, il n'est pas possible de proposer la deuxième partie de ce processus pour chaque question de réflexion.

Notons que les étudiants sont invités à publier leur réponse à la situation proposée sur le forum, celle-ci est donc publique et visible par l'ensemble de la cohorte d'étudiants. Il leur est conseillé de profiter du forum pour échanger sur les éventuelles différences présentes dans leurs réponses. C'est pour cette raison que ces questions de réflexion ont été appelées « questions-débat » par l'équipe pédagogique.

Quelques exemples de questions-débat

Des questions-débat ont été publiées dans les forums du cours en ligne, à raison de cinq à huit questions par quadrimestre, à partir de l'année académique 2013-2014.

Optique (réflexion totale)

Expliquez le phénomène présenté dans cette vidéo.

La vidéo proposée aux étudiants en 2014 est disponible via le lien suivant : <http://www.phydeo.ulg.ac.be/?p=180> (consulté le 16/04/24).

À l'époque, la solution proposée sous le cadre de la vidéo n'était pas présente afin de ne pas biaiser l'exercice. La figure 4.11 présente une capture d'écran de cette vidéo.

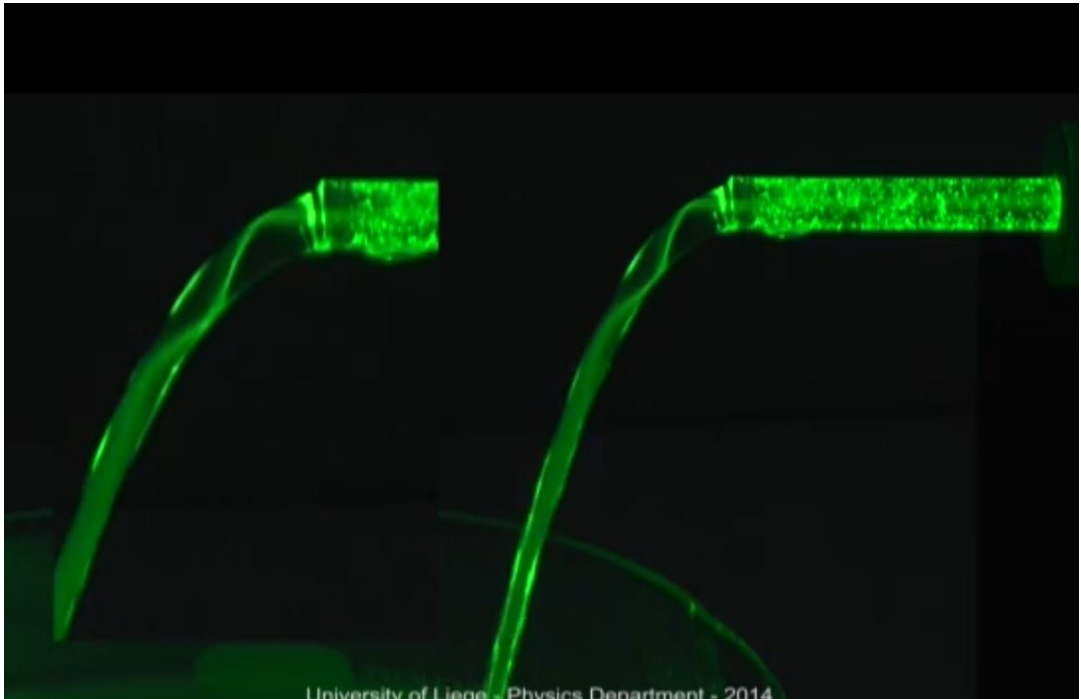


Figure 4.11 : Question-débat en optique.

Optique (lentille)

Soit une lentille convergente. On envoie un faisceau lumineux en oblique par rapport à l'axe optique de la lentille (Figure 4.12). Déterminez où passera le faisceau lumineux après avoir traversé la lentille. Comment peut-on construire cela graphiquement ?

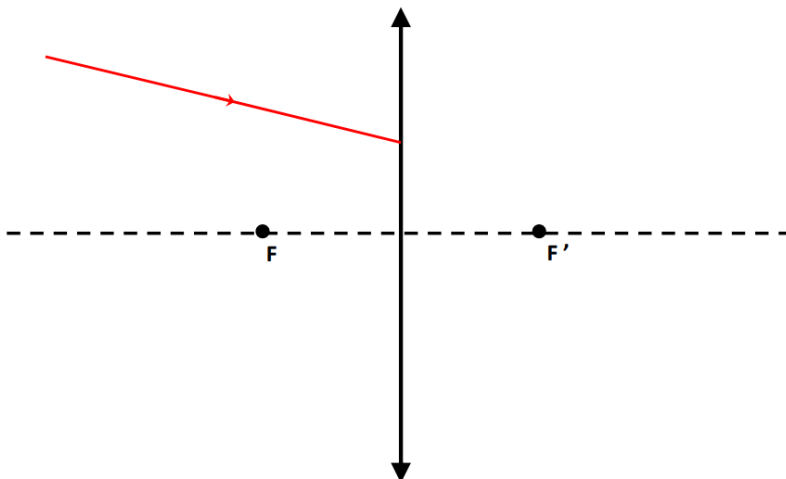


Figure 4.12 : Question-débat en optique.

Mécanique

Expliquez pourquoi ce montage tient en équilibre à l'extrémité d'un doigt (Figure 4.13).



Figure 4.13 : Question-débat en mécanique.

Electricité

On alimente un circuit RC série à l'aide d'un générateur fournissant une tension électromotrice ε . Après avoir chargé complètement ce condensateur, on remplace (très rapidement) le générateur par un autre générateur de tension électromotrice $\varepsilon' < \varepsilon$. Que va-t-il se passer ?

Les hypothèses guidant cette recherche sont donc les suivantes.

- Les étudiants participent de manière active aux activités proposées sur les forums du cours (données de participation).
- La participation active aux forums, et en particulier aux questions-débats, est corrélée à la performance à l'examen (données de performance).
- Les forums sont perçus positivement en raison de leur utilité par les étudiants (données de perception).

4.4.3 Sources de données

Les traces de participation active sur les forums dans les fils de discussion sont relevées. En particulier, le nombre de posts par étudiant et le nombre de réponses aux questions-débat ont été téléchargés (données de participation). La note obtenue à l’examen de janvier est également utilisée afin de mettre en évidence un éventuel lien entre la participation aux activités sur le forum et la performance à l’examen (données de performance). Enfin, deux questions issues de l’enquête de satisfaction publiée en décembre 2013 sont également traitées (données de perception). La question propose à l’étudiant de cocher parmi une liste d’outils en ligne¹⁵ (aide, annonce, calendrier, forums, journal de bord, questions-débat) ceux qui lui semble utiles. La question suivante est ouverte et permet à l’étudiant de justifier sa réponse.

4.4.4 Résultats

Participation

Hypothèse a) Les étudiants participent de manière active aux activités proposées sur les forums du cours.

Cette proposition pédagogique n’a pas rencontré un franc succès lors de cette première tentative. En effet, seuls 17 % (N = 100) des étudiants ont participé activement aux forums en écrivant au minimum un post sur ceux-ci. Par ailleurs, 9,7 % (N = 57) de la population a participé en fournissant une réponse à au moins l’une des 8 questions-débat proposées durant le quadrimestre pendant lequel le cours était donné en 2013-2014.

Performance

Hypothèse b) La participation active aux forums, et en particulier aux questions-débats, est corrélée à la performance à l’examen.

L’hypothèse que la performance à l’examen est corrélée à une participation active sur les forums est confirmée par un test chi-carré : $\chi^2(1, N = 589) = 22,06, p < 0,001$. La force d’association mesurée par le V de Cramer est cependant faible (V = 0,194). L’hypothèse d’une corrélation entre la participation à au moins une

¹⁵ L’onglet « aide » permet à l’étudiant différents conseils techniques liés à l’utilisation de la plate-forme en ligne ; les « annonces » indiquent les informations importantes du cours ; le « calendrier » donne les dates de l’ensemble des séances du cours de physique et permet à l’étudiant d’y ajouter des événements ; le « journal de bord » permet à l’étudiant de communiquer directement avec l’équipe pédagogique au sujet de ses difficultés en prévision d’un rendez-vous de remédiation.

question-débat et la performance à l'examen a également été vérifiée : $\chi^2(1, N = 589) = 18,52, p < 0,001$. La force d'association est également faible ($V = 0,178$).

Par ailleurs, l'analyse des notes des étudiants à l'examen de janvier montre que les étudiants actifs sur les forums obtiennent des notes meilleures que ceux qui sont restés inactifs (Figure 4.14a). Cela se traduit par une médiane des actifs (médiane = 11,47) significativement supérieure ($p < 0,001$) à celle des inactifs (médiane = 9,36). Il en est de même lorsque l'analyse porte sur les questions-débat (Figure 4.14b). Les étudiants ayant répondu à au moins une question-débat présentent une médiane (médiane = 11,42) significativement supérieure ($p < 0,001$) à celle de ceux n'ayant répondu à aucune question (médiane = 9,53).

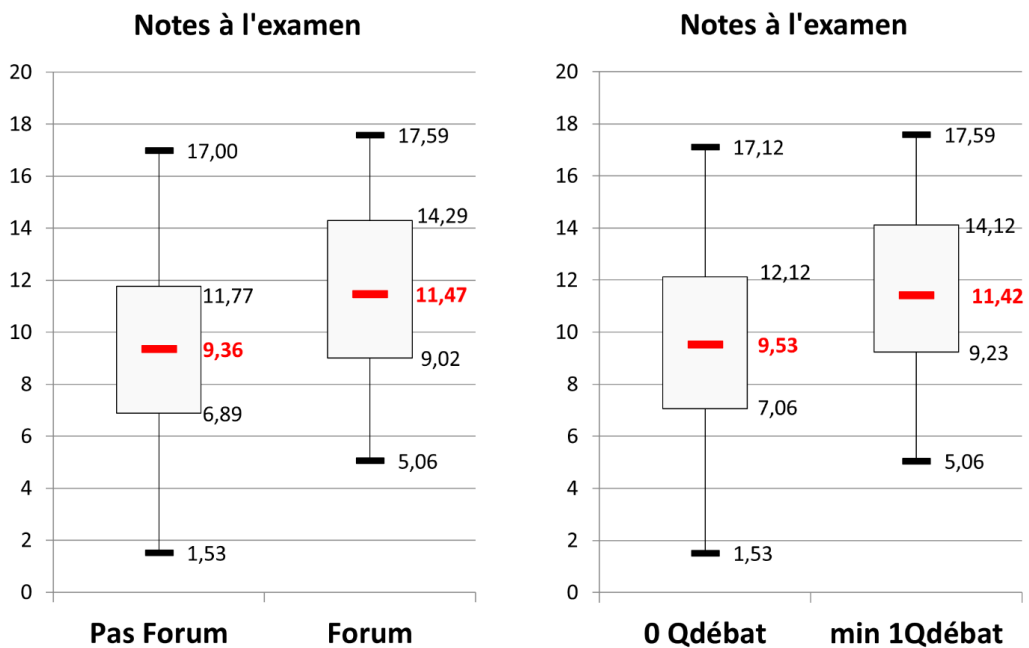


Figure 4.14 : Les étudiants actifs sur les forums (a) et, en particulier, sur les questions-débat (b) performant mieux à l'examen.

Perception

Hypothèse c) Les forums sont perçus positivement en raison de leur utilité par les étudiants.

Parmi les 51 étudiants (8,7 % de participation) ayant répondu à l'enquête de satisfaction en décembre 2013, ils sont respectivement 66,7 % ($N = 34$) et 84,3 % ($N = 43$) à avoir coché « les forums » et « les questions-débat » à la question « Parmi les outils suivants, cochez ceux qui vous semblent utiles » (Figure 4.15).

Taux de réponse (en %) à la question "Parmi les outils en ligne suivants, cochez ceux qui vous semblent utiles"

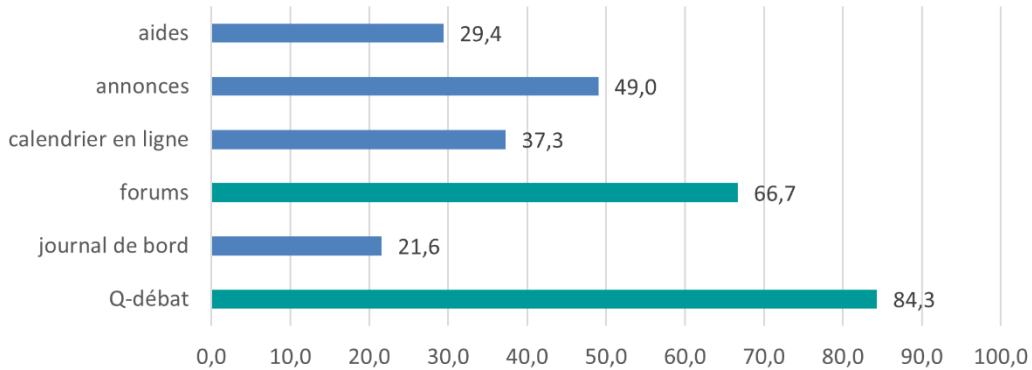


Figure 4.15 : L'utilité des forums et des questions-débat est plébiscitée par les étudiants ayant répondu à l'enquête de satisfaction.

A la suite de cette question, les étudiants avaient la possibilité de justifier leur réponse grâce à une question ouverte. Seuls dix-neuf étudiants s'y sont exprimés.

Parmi eux, six étudiants insistent sur le fait que les forums constituent des aides précieuses durant le quadrimestre de cours et durant la période de blocus. Ces étudiants mettent en avant l'aide que cela a pu leur procurer grâce aux réponses des membres de l'équipe pédagogiques,

Etud035 : « Le forum car un assistant peut nous aider »

Etud050 : « Le forum ainsi que les questions-débat représentent de véritables outils de réussite dans le sens où l'on peut réfléchir sur des problèmes très intéressants et dont le niveau est équivalent aux questions d'examen en plus du fait de pouvoir poser ses question "sans retenue" à des personnes qualifiées et d'avoir des réponses claires et précises. »

ou de leurs condisciples.

Etud006 : « Le forum m'a aidé pendant la bloqué : lorsque j'avais une incertitude concernant un certain point de matière, j'allais regarder sur le forum si éventuellement quelqu'un avait posé une question sur ce point »

Etud051 : « souvent l'aide que j'ai eu besoin se trouvait sur le forum, et en lisant les explications des autres étudiants, je comprenais ce qui n'allait pas »

Quelques commentaires (Etud006, Etud051) tendent à montrer que certains étudiants ont consulté les forums et les ont donc utilisés de manière passive, ce qui ne peut apparaître dans nos analyses présentées précédemment. Néanmoins, ces étudiants mettent en avant l'aide que cela a pu leur procurer.

L'entraide entre étudiants est également explicitée par les réponses fournies par plusieurs étudiants.

Etud018 : « Les forums sont un bon outil pour pouvoir réfléchir en groupe à plusieurs aux problèmes rencontrés »

Etud022 : « Le forum est indispensable pour permettre une entraide optimale entre les étudiants »

Concernant les questions-débat, c'est le fait qu'elles forcent à la réflexion sur les concepts qui est le plus souvent mis en avant (N = 7).

Etud017 : « Les questions débats nous poussaient à réfléchir sur notre raisonnement mais aussi sur le raisonnement des autres pour distinguer le vrai du faux »

Etud035 : « Les questions débat car ça nous permet de réfléchir différemment sur des points de matière théorique abordés en cours »

A nouveau l'aspect collaboratif est mis en avant par certains étudiants.

Etud018 : « Les questions débats permettent d'avoir des questions plus élaborées ou tout simplement de nouvelles questions portant sur quelques "pièges" de la matière et permet ainsi de s'assurer d'avoir bien compris son contenu. De plus, on sait y réfléchir à plusieurs et d'avoir une discussion afin de proposer une réponse complète. »

4.4.5 Discussion

Participation

Les données de fréquentation et de consultations des forums n'étant pas disponibles, les analyses réalisées portent sur les traces d'activités effectives (posts et réponses). Il en ressort que peu d'étudiants ont été actifs de manière générale (17 %) et spécifiquement aux questions-débat (9,7 %). Cependant, il est possible que certains étudiants n'aient pas osé répondre publiquement à ces questions à la vue de leurs pairs, mais aient quand même tenté de résoudre ces problèmes (sans pour autant publier leur solution), et aient ensuite consulté les forums pour prendre connaissance des solutions types ou simplement des réponses proposées

par leurs condisciples. Par ailleurs, la simple consultation des forums permet d’entretenir un contact avec la matière et donc participer à l’apprentissage.

L’hypothèse a (*Les étudiants participent de manière active aux activités proposées sur les forums du cours*) n’est donc pas vérifiée.

Performance

L’activité sur les forums, par le biais de posts ou de réponses aux questions-débats est corrélée avec la performance à l’examen, bien que les forces d’association soient faibles (respectivement égales à 0,194 et 0,178). L’hypothèse b (*La participation active aux forums, et en particulier aux questions-débats, est corrélée à la performance à l’examen*) est bien vérifiée.

A nouveau, il convient nuancer cette corrélation. En effet, il est possible que ce soit les étudiants déjà engagés fortement dans leurs études, et donc ayant plus de chance d’être performants, qui se soient exposés à ce dispositif. Néanmoins, ces corrélations peuvent servir à la communication vers les cohortes suivantes afin de leur montrer l’importance de ces outils. En particulier, l’entraînement à la structuration et à la bonne articulation des concepts théoriques est visé et peut favoriser l’apprentissage et la performance de l’étudiant lors des épreuves certificatives.

Perception

Les forums et les questions-débat ont été jugés utiles par respectivement 66,7 % et 84,3 % des répondants. L’hypothèse c (*Les forums sont perçus positivement en raison de leur utilité par les étudiants*) est donc bien vérifiée.

Par ailleurs, l’analyse des réponses à la question ouverte de justification permet de voir que l’aspect collaboratif offert par ce type d’outils a été mis en avant par certains étudiants. Par ailleurs, plusieurs considèrent les forums comme une aide précieuse dans leur étude, que celle-ci vienne de l’équipe pédagogique ou de leurs pairs.

La réflexion provoquée par la publication des questions-débat a été soulignée par plusieurs étudiants comme un élément favorisant l’apprentissage.

4.4.6 Conclusions

Malgré le fait que la participation active aux forums et aux questions-débat soit faible, nous avons voulu maintenir ce processus pour plusieurs raisons : tout d’abord car la performance à l’épreuve certificative est corrélée au travail sur ce type d’outils, mais surtout pour les possibilités de travail collaboratif qu’ils offrent. Par ailleurs, les questions-débat permettent à l’étudiant de s’entraîner aux

évaluations composées, entre autres, de questions ouvertes. Lors de la première expérimentation entre 2013-2014, les épreuves des examens du cours PHYS3018-A-a n'étaient composées que de QCM, mais les étudiants étaient évalués à l'aide de questions ouvertes dans d'autres cours. Nous avons jugé que ce dispositif permettait de développer des compétences transversales, notamment en termes de structuration du raisonnement, et avons donc décidé de le maintenir.

Quelques années plus tard, des questions ouvertes ont été réintroduites lors des examens de physique, rendant ce dispositif encore plus adéquat.

4.5 Conclusions générales et développements ultérieurs

L'hybridation du cours de physique en première année de médecine et de dentisterie est née de la volonté de proposer différents outils permettant de développer des compétences variées allant de la résolution d'exercice à la réflexion sur les concepts théoriques en passant par l'entraînement à la résolution de questions à choix multiples. Ces interventions pédagogiques, développées pour répondre aux réformes afin de faire face aux cohortes pléthoriques d'étudiants, s'inscrivent donc dans une démarche visant tant l'apprenant que ses relations avec différentes communautés (Figure 4.16).

En effet, des outils tels que les tests diagnostiques et les tests formatifs doivent lui permettre d'obtenir un état de lieux de ses compétences et de sa maîtrise des concepts, tant concernant les prérequis que la nouvelle matière. En outre, l'outil d'entraînement à la résolution d'exercices vise à le rendre de plus en plus autonome en lui retirant progressivement les aides. Cette démarche s'approche donc du « fading », c'est-à-dire cette approche pédagogique visant à réduire progressivement l'assistance ou les indices donnés à l'apprenant, afin de favoriser son autonomie et la maîtrise progressive de la compétence ciblée. Dans une vision plus communautaire, les forums encouragent le travail collaboratif.

La fréquentation de ces outils n'a pas systématiquement été au rendez-vous. Cela peut probablement s'expliquer par la nouveauté de ce type de démarche. Néanmoins, des corrélations ont pu être établies entre l'utilisation de ces différents outils et la performance à l'examen. Il est clair qu'il convient toujours de nuancer ce type de résultat en raison des multiples facteurs expliquant la réussite académique et des aspects liés à la motivation et l'engagement de départ, mais ces premiers résultats sont encourageants. La perception qu'ont les étudiants des différents dispositifs proposés est par ailleurs généralement bonne.

Cette première base d'hybridation et les résultats qui en découlent ont permis divers développements ultérieurs réalisés en maintenant la structuration faisant la

distinction entre une partie consacrée aux prérequis et une autre à la nouvelle matière. Les prochains chapitres détaillent les grandes évolutions qui ont jalonné les dix années suivantes.

Au fil de cette évolution, ce cours en ligne est progressivement passé d’un statut de ressource supplémentaire offerte aux étudiants à un rôle de dénominateur commun de toutes les activités du cours. En particulier, ce cours en ligne sert d’outil central pour la communication à destination des étudiants. Ils peuvent y consulter toutes les informations pratiques à propos de leur cours de physique (horaire, modification, annonces, dates clés...) et l’ensemble des documents liés aux activités en présentiel.

Outre ces évolutions développées durant la période étudiée couvrant une dizaine d’années, certains outils, moins mis en évidence par l’équipe pédagogique au cours du temps, devraient, à l’avenir, retrouver une place importante. C’est le cas, en particulier, de l’outil d’entraînement à la résolution d’exercices (résolution guidée et résolution libre) et des questions-débat proposées sur les forums. En effet, depuis quelques années, la diminution du nombre d’étudiants inscrits dans ces filières aidant, des questions ouvertes ont été réintégrées à l’épreuve certificative. L’intérêt accordé par les étudiants à ces outils devrait donc augmenter. Les mettre à jour complètement nécessitera un travail important.

Chapitre 5 – Proposition d'extension n°2 : Evolution de l'organisation des séances de résolution d'exercices

Contextualisation et place de l'intervention dans le développement de l'écologie d'apprentissage

La proposition d'extension d'écologie d'apprentissage décrite dans ce chapitre suggère une nouvelle approche des séances de résolution d'exercices de physique en première année universitaire, visant à organiser l'étayage de l'autonomie des apprenants ainsi que de la matière elle-même.

Cette nouvelle organisation a été voulue afin de poursuivre l'objectif de rendre les étudiants plus actifs durant ces séances. Ce sont les attitudes et les compétences transversales de l'étudiant, et donc de l'individu, qui sont ciblées dans cette intervention pédagogique (intensité 3 du sommet A sur la Figure 5.1), et en particulier son autonomie face aux apprentissages visés. Dans le cadre de cette thèse, le concept d'autonomie occupe une place centrale et se définit comme la capacité de l'étudiant à prendre en charge son propre apprentissage. Mettre en place un étayage de l'autonomie favorisa une progression vers une gestion indépendante de l'apprentissage, notamment en résolution d'exercices.

Concrètement, après une phase initiale lors de laquelle les encadrants montrent à l'assemblée quelques techniques de résolution sur l'un ou l'autre exercice, l'étudiant est invité à se confronter lui-même à d'autres exercices à résoudre, mais en présence des encadrants. Ceux-ci peuvent donc intervenir, à la demande de l'étudiant, pour tenter de lever ses difficultés et éventuelles représentations alternatives (intensité 1 du sommet D de la Figure 5.1), mais également pour le guider dans une démarche réflexive et d'auto-régulation. Une fois la séance terminée, l'étudiant dispose d'une liste complémentaire d'exercices qu'il peut résoudre en autonomie à la maison.

Pour quelques exercices, la recherche du chemin de résolution par l'étudiant est facilitée par les différentes sous-questions qui lui sont proposées (scaffolding). Cette approche, s'inspirant des exemples travaillés, vise à assurer une transition plus douce vers l'autonomie en enlevant progressivement les aides apportées à l'étudiants (fading). Lors du travail individuel, en cas de besoin, l'étudiant dispose d'un forum pour communiquer avec ses pairs et l'équipe pédagogique, notamment par l'intermédiaire des forums (Section 4.4).

Cette intervention dans l'organisation des séances centrées sur la résolution d'exercices, au sens large, ne permet pas de répondre à la problématique des cohortes pléthoriques auxquelles les encadrants doivent faire face (intensité 0 du sommet B de la Figure 5.1). Certes, la nouvelle scénarisation a permis de quitter le recours exclusif au transmissif et de tendre vers un accompagnement plus personnalisé. Cependant, un encadrement plus dense resterait plus profitable aux

étudiants et à leur apprentissage. Or, le sous-financement évoqué au chapitre 1 ne permet pas d'avancer davantage dans cette voie qui réclamerait une augmentation du taux d'encadrement dans les universités belges francophones. Notons enfin que cette modification d'organisation n'est pas propre aux filières de médecine et dentisterie et n'intervient pas donc pas dans le contexte des multiples réformes évoquées (intensité 0 du sommet C de la Figure 5.1).

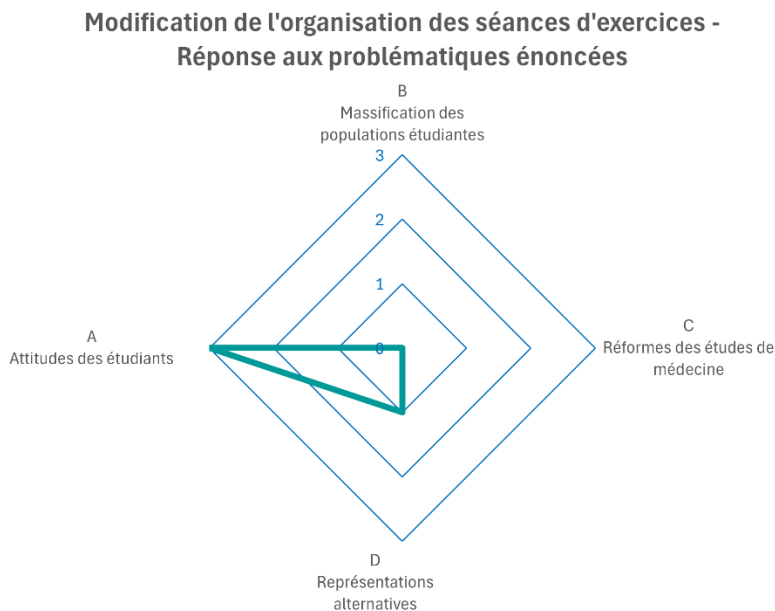


Figure 5.1 : Ce sont essentiellement les attitudes des étudiants qui sont visées par cette intervention.

5.1 Introduction : Contexte et problèmes

Par le passé, les séances de résolution d'exercices de physique à l'Université de Liège, appelées « répétitions », étaient organisées selon un déroulement traditionnel d'une durée de 2 heures où la transmission ex cathedra dominait (un assistant résout des exercices au tableau pendant l'entièreté de la séance).

Des discussions informelles avec différents encadrants au fil des ans ont permis de mettre en évidence un problème récurrent : les étudiants sont passifs dans de telles séances et par voie de conséquence se confrontent réellement pour la première fois à la résolution autonome d'un nouvel exercice lors de l'examen ou, au mieux, lors de la préparation de celui-ci quelques jours avant l'échéance. En effet, beaucoup d'entre eux ne possédant probablement pas suffisamment de maturité à l'aube de leurs études s'entraînent trop peu, voire pas du tout, à la résolution d'exercices et de problèmes durant le quadrimestre de cours et se contentent uniquement, lors de la période de blocus, de « refaire les exercices »

résolus en classe sans les avoir véritablement pratiqués dans une autonomie complète, ce qui sera leur situation à l'examen.

5.2 Cadre théorique

Afin de répondre à cette problématique, différents modèles liés à la résolution d'exercices et à l'autonomie sont mobilisés.

5.2.1 Exercice ou problème ?

La résolution d'exercices ou de problèmes occupe une place importante dans les réflexions sur l'apprentissage. Tardif (1992) indique par exemple que « *les activités les plus susceptibles de produire des apprentissages significatifs et permanents chez les élèves sont des activités de résolution de problèmes* » (Tardif, 1992, p. 218). Il indique aussi que dans le domaine de l'apprentissage, « *un problème existe quand une personne, étant donné la base de connaissances dans sa mémoire à long terme, ne peut immédiatement trouver la suite des opérateurs pour parvenir à l'état désiré en tenant compte des contraintes et des données initiales.* » (Tardif, 1992, p. 230).

D'autres auteurs ont contribué à fournir des définitions des problèmes au cours des dernières décennies.

Pour Dumas-Carré (1987) :

« On pourrait dire qu'il y a problème quand on a le sentiment de "distance" entre le "voulu" non encore réalisé, où l'on veut se projeter (l'idéal) et le "situ" où on est (la réalité). Résoudre le problème reviendrait à parcourir cette distance en usant de moyens mobilisés à cet effet. La situation de départ et le but à atteindre sont les pôles fondamentaux du problème. De ce fait, résoudre un problème reviendrait à trouver les moyens et leurs combinaisons efficaces pour aller de la situation de départ au but à atteindre ».

Elle poursuit en indiquant que :

« Résoudre un problème consiste donc à utiliser des concepts, des principes ou des lois génériques dans une situation particulière, en tenant compte des spécificités de la situation étudiée. C'est donc l'occasion de donner du sens à ces concepts et principes généraux. C'est au travers de leur "mise en scène" dans des cas particuliers que concepts et principes ont une chance de devenir opérationnels, de ne plus être seulement des définitions ou des relations symboliques. C'est en ce sens que les activités de résolution de

problèmes peuvent être un des moyens privilégiés de l'apprentissage conceptuel. » (Dumas-Carré, 1987, p.139)

On retrouve ces critères de définition chez Bair et al. (2000), actifs dans le domaine des mathématiques. Ils définissent un problème, comme « *un exercice de recherche qui constitue pour celui qui s'y attaque un « défi » (action d'affronter quelque chose, son résultat, inciter à la réalisation d'une chose difficile, réponse à une telle situation) qui mobilise ses facultés et aptitudes de compréhension et de mise en œuvre des connaissances dans des situations inédites* » (Bair, Haesbroeck, & Haesbroeck, 2000).

Legendre (2005) s'intéresse à la structure du problème et le définit comme un « énoncé d'un ensemble de données mathématiques et d'une ou de quelques questions nouvelles à résoudre portant soit sur la détermination d'une ou de quelques solutions inconnues qui peuvent en être déduites logiquement, soit sur le choix ou la conception d'une méthode à suivre et la réalisation des tâches à accomplir pour obtenir une ou des données connues » (Legendre, 2005, p. 1078). Dans le cadre de la résolution des problèmes de physique, ces deux caractéristiques sont souvent présentes simultanément.

Un problème, contrairement à ce qui est souvent appelé un exercice, généralement vu comme une simple application rapide d'un processus, d'un principe ou d'une méthode (Goffard, 1990 ; Mazouze, 2016), se veut donc complexe et composé de plusieurs étapes.

Jacquet et al. (2013) précise que :

« Cette nécessité de faire des hypothèses et de recourir à des opérations intermédiaires pour rechercher la (ou les) solution(s) différencie le problème d'une simple question d'application, explicite quant à elle et dans laquelle toutes les données sont disponibles. Résoudre un problème est donc un processus complexe. La difficulté éprouvée en ce domaine par les étudiants participe grandement à leur échec dans une discipline comme la physique, qui a fait de ce processus l'un des déterminants essentiels du passage des étudiants dans l'année supérieure. » (Jacquet et al., 2013, p.205).

Ces différentes définitions des problèmes nous permettent de distinguer un problème d'une application simple, tous deux étant regroupés sous le terme générique d'exercices. La synthèse de ces définitions des problèmes nous permet de proposer une définition propre à notre contexte d'enseignement pour l'application simple et pour le problème :

- Une *application simple* est un exercice simple se caractérise par un chemin de résolution direct et linéaire, composé de peu d'étapes faciles à identifier.

Il requiert la maîtrise d'un seul concept ou d'une seule loi, et les données nécessaires sont directement disponibles, permettant une résolution rapide et ciblée.

- Un *problème* est un exercice complexe relevant d'un défi, dont la solution n'est pas immédiate, puisqu'elle s'obtient au terme d'un processus complexe au cours duquel l'apprenant doit être capable de mobiliser et combiner efficacement les concepts, principes, modèles et lois qui lui ont été enseignés afin de les appliquer dans la situation particulière décrite par l'énoncé pour parvenir à la solution.

Voici un exemple d'application simple et un exemple de problème, chacun portant sur la même matière, la correction des défauts de l'œil :

- *Exemple d'application simple* : Une personne âgée tient son journal à 70 cm des yeux pour lire. Quelle puissance de lentilles de contact permettrait de rapprocher la position de lecture à 0,25 m des yeux ?
- *Exemple de problème* : En début d'études de médecine, un étudiant porte des lunettes de -3δ de correction à 2 cm des yeux, et a un pouvoir d'accommodation de 4δ . Cependant, cet étudiant n'a pas respecté les consignes de sécurité lors d'un stage en radiologie et s'est fait fortement irradier au niveau des yeux, ce qui a eu pour effet de durcir prématurément son cristallin. Son pouvoir d'accommodation est donc tombé à $0,25 \delta$. A la fin de ses études, comme beaucoup de ses condisciples, sa myopie s'est aggravée de $0,5 \delta$. Quelle(s) correction(s) devront avoir ses lunettes qu'il porte toujours à 2 cm de ses yeux ?

L'application simple proposée ne nécessite qu'une seule étape de résolution, l'utilisation de la formule des lentilles minces appliquées à l'œil de la personne âgée. Le but est que cette personne puisse faire de son journal, situé dans une position confortable à 25 cm de ses yeux, une image virtuelle là où il est capable de lire, à savoir à son *punctum proximum* (le point de vision nette le plus proche de l'œil) situé à 70 cm. Pour un étudiant maîtrisant les bases théoriques et ayant atteint la compréhension dans ce chapitre, la résolution de cette application est rapide.

Le cas du problème est beaucoup plus complexe. En effet, l'étudiant doit, au départ, traduire correctement la donnée implicite de la correction négative que le protagoniste souffre de myopie. Il doit ensuite calculer, dans l'ordre, la position du *punctum remotum* (le point de vision nette le plus éloigné de l'œil), la puissance *remotum* de l'œil, la puissance *proximum* de l'œil (grâce au nouveau pouvoir d'accommodation, la position du nouveau *punctum proximum* et la correction des

lunettes en vision de près. Il doit également se rendre compte que l'évolution de la myopie du protagoniste entraîne une modification du *punctum remotum*, dont il doit calculer la nouvelle position, avant de calculer la correction des lunettes en vision de loin.

Le nombre d'étapes de résolution est donc considérable dans cet exemple et demande à l'étudiant, outre une bonne connaissance et compréhension des concepts théoriques, des compétences assurées en application de ces concepts, mais également des capacités d'analyse pour lui permettre de faire le tri entre les données utiles et inutiles (par exemple pour choisir le bon pouvoir d'accommodation) et organiser sa résolution.

Tant dans le cas de l'application simple que dans le cas du problème, les deux conditions de Legendre (2005) sont rencontrées puisque ces énoncés rassemblent des données numériques et qu'ils sont composés d'une ou plusieurs questions. Les critères définitoires des problèmes, cités précédemment (Bair et al., 2000 ; Dumas-Carré, 1987, Jacquet et al., 2013 ; Tardif, 1992), et constitutifs de notre définition sont également rencontrés. En effet, il s'agit d'une situation complexe (Jacquet et al., 2013), représentant donc un défi (Bair et al., 2000), dont la solution n'est immédiate (Tardif, (1992) et pour laquelle l'étudiant va devoir identifier et mobiliser efficacement les techniques, les concepts et les modèles (Bair et al., 2000 ; Dumas-Carré, 1987) pour parvenir à la solution.

Dans le cas des séances de répétitions de physique à l'université, ce ne sont pas uniquement des applications simples qui sont proposées à l'étudiant. Des problèmes, au sens où nous venons de les définir, sont également proposés. Les problèmes sont d'ailleurs majoritaires dans les fichiers de répétitions, les applications simples étant soumises pour assurer une phase transitoire vers ces problèmes plus complexes.

Dans la suite de ce chapitre, afin d'en faciliter la lecture, nous regrouperons sous l'appellation unique de « résolution d'exercices » les applications simples et les exercices complexes appelés problèmes.

Indépendamment du fait qu'il s'agisse de résolution d'applications simples ou de problèmes, l'ancienne organisation des séances consacrées à ce type d'activité, lors desquelles tous les exercices étaient résolus au tableau par l'assistant devant l'assemblée d'étudiants, relevait plus de ce que la littérature nomme les « worked examples » ou « exemples travaillés ». En voici quelques définitions :

« Les exemples travaillés fournissent une démonstration des processus de résolution de problèmes, souvent utilisés pour aider les étudiants à comprendre et à généraliser les étapes nécessaires pour résoudre des

problèmes similaires par eux-mêmes. » (traduction libre de Trafton & Reiser, 1993)

« Les exemples travaillés sont des outils pédagogiques qui démontrent les étapes nécessaires pour accomplir une tâche ou résoudre un problème, souvent accompagnés d'explications pour aider à la compréhension. » (traduction libre de Renkl et al., 2003)

« Les exemples travaillés sont des outils pédagogiques qui présentent une solution détaillée à un problème, permettant aux apprenants d'étudier et de comprendre le processus impliqué dans l'obtention de la solution » (traduction libre de Große & Renkl, 2004)

« L'utilisation d'exemples travaillés incorrects, seuls ou en combinaison avec des exemples corrects, s'est avérée plus efficace que l'utilisation d'exemples corrects seuls. » (traduction libre de Booth et al., 2013)

Spécifiquement dans le domaine de l’apprentissage de la physique, quelques définitions ont été proposées par différents auteurs :

« Les exemples travaillés fournissent une démonstration étape par étape de la manière d'effectuer une tâche ou de résoudre un problème, montrant chaque étape du processus de solution. » (traduction libre de Clark & Mayer, 2011)

« Fournir des illustrations étape par étape d'une solution ou d'une procédure dans des exemples travaillés réduit la charge cognitive en permettant aux étudiants de concentrer leurs ressources cognitives sur la compréhension des principes illustrés dans la solution. » (traduction libre de Renkl, 2023)

Ces définitions présentent plusieurs points communs. Les auteurs s’accordent sur la progressivité « étape par étape » de ce processus qui vise une réduction de la charge cognitive pour que les étudiants se concentrent exclusivement sur la compréhension des principes utilisés. Trafton & Reiser (1993) insistent sur l’utilité de ce type de démarche que les étudiants pourront ensuite généraliser dans d’autres exercices. Booth et al. (2013) se distinguent des autres auteurs en proposant l’utilisation d’exemples incorrects.

Ces trois types d’exercitation (exemples travaillés, applications simples et problèmes) mobilisent différents processus cognitifs établis par les taxonomies de Bloom (1956) et Anderson & Krathwohl (2001). Ces taxonomies sont constituées de six niveaux hiérarchiques, du plus simple au plus complexe, correspondant aux

objectifs cognitifs d'apprentissage (Figure 5.2). Dans la pyramide de Bloom, chaque niveau est associé à une action spécifique, alors que dans celle d'Anderson & Krathwohl, ce sont des verbes qui sont présentés à chaque étage. Ces actions et ces verbes décrivent des tâches que les apprenants devraient être capables de réaliser. La structure en pyramide illustre le fait qu'il est nécessaire de maîtriser les niveaux inférieurs pour passer au suivant. Les deux représentations diffèrent principalement au niveau des cinquième et sixième étages de la pyramide. En effet, Anderson & Krathwohl ont fait redescendre l'évaluation (évaluer) d'un étage et ont remplacé la synthèse par la création (créer). Cette dernière est donc vue comme l'objectif final aux yeux d'Anderson & Krathwohl. Cependant, ces deux derniers étages intervenant peu dans le cadre de la présente étude, nous ne nous y attarderons pas et nous concentrerons sur les quatre premiers étages restés identiques.

Les exemples travaillés se concentrent essentiellement sur les deux niveaux inférieurs, la connaissance et la compréhension, celle-ci étant particulièrement visée par ce type de dispositif pédagogique. Dans le cas des applications simples, ce sont principalement les trois premiers niveaux qui sont mobilisés dans ces résolutions, à savoir la connaissance (se souvenir), la compréhension (comprendre) et l'application (appliquer). Enfin, dans les problèmes proposés, l'étudiant doit en outre pouvoir articuler des informations issues de plusieurs chapitres pour parvenir à la solution attendue, ce qui relève d'une maîtrise de l'analyse (analyser).

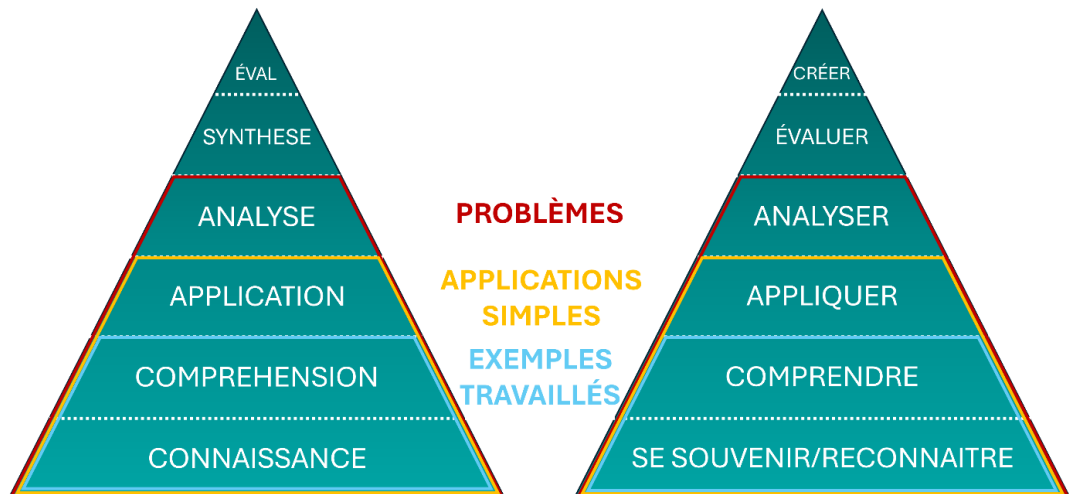


Figure 5.2 : Les applications simples et les problèmes ne mobilisent pas les mêmes processus cognitifs définis dans les pyramides de Bloom (1956), présentée à gauche, et d'Anderson & Krathwohl (2001), proposée à droite.

5.2.2 Autonomie en apprentissage

Le déficit d’autonomie des étudiants n’est pas neuf (Barrère, 2003 ; David, 2016 ; Lebrun et al., 2015). Cette difficulté se rencontre particulièrement dans le cas de la transition secondaire-supérieur (Cosnefroy, 2012).

Le déficit d’autonomie des apprenants peut également être observé en résolution d’exercices. Dans une enquête de la Société Française de Physique, les professeurs ciblent spécifiquement le manque d’autonomie en résolution d’exercices « *faute de connaissance des briques de base et de prérequis insuffisant* » (SFP, 2014). Ce déficit d’autonomie en résolution d’exercices peut se référer à deux types d’obstacles différents. Le premier concerne essentiellement l’attitude dans le processus d’acquisition de la compétence de résolution d’exercices, et est donc lié à l’autonomisation de l’apprentissage de manière générale. Le second, déjà évoqué dans la section 4.3, concerne le processus de résolution lui-même (Gourdange et al., 2010 ; Jaspard & Salmon, 2007 ; Leclercq et al, 1978) et touche aux compétences à acquérir dans la matière concernée.

Les angles pour étudier ces problèmes liés à l’autonomie peuvent être différents.

David (2016) indique que :

« L'autonomie des élèves ou des étudiants se présente toujours sous la forme du manque : on déplore son absence (Barrère, 2003). Dans le même temps, on peut parler d'une injonction à l'autonomie des élèves et des étudiants : ceux-là sont supposés se conduire de manière autonome pour réussir leurs études, c'est-à-dire tenir leur rôle. » (David, 2016, p. 116)

« Le manque d'autonomie pourrait alors être un frein à l'obtention des diplômes supérieurs par les étudiants, alors que ce devrait être le cas pour 50 % d'une génération pour atteindre les objectifs des politiques publiques » (David, 2016, p. 116)

Cosnefroy (2012) interroge la question de l’autonomie globale dans le cadre de la transition secondaire-supérieur :

« Le passage de l'enseignement secondaire à un cursus universitaire classique, en présentiel, requiert un développement de l'autonomie chez l'apprenant. Au lycée, le contrôle des connaissances s'effectue de façon rapprochée à l'aide d'une combinaison de devoirs sur table et de devoirs à la maison qui contraignent l'élève à une distribution régulière de l'effort. L'évaluation universitaire repose sur peu d'écrits, et souvent même sur un seul. Dans ces conditions, le but à atteindre, valider l'unité d'enseignement,

devient un but à long terme, et c'est à l'étudiant de se donner des buts intermédiaires qui le préparent à cette échéance, ce que beaucoup d'entre eux ont du mal à effectuer lorsqu'ils arrivent à l'université (Lowe & Cook, 2003). Les tâches données à l'université ont aussi tendance à être plus faiblement structurées que celles données au lycée. » (Cosnefroy, 2012, p. 112).

De manière plus théorique, Holec (1979) met particulièrement en avant la responsabilité de l'apprenant dans la gestion de son apprentissage en considérant qu'être autonome, c'est « *prendre en charge son apprentissage, c'est avoir la responsabilité et d'assumer de toutes les décisions concernant tous les aspects de cet apprentissage, c'est-à-dire :*

- la détermination des objectifs ;
- la définition des contenus et des progressions ;
- la sélection des méthodes et des techniques à mettre en œuvre ;
- le contrôle du déroulement de l'acquisition proprement dite (rythme, moment, lieu) ;
- et l'évaluation de l'acquisition réalisée » (Holec, p. 3 cité par Georges, 2010, p.69)

« Meirieu définit l'autonomie dans le domaine de l'apprentissage comme la capacité des apprenants « à s'organiser, à trouver les méthodes les plus efficaces pour apprendre leur leçon ou réviser leur contrôle, à évaluer les résultats qu'ils atteignent, à chercher les remédiations requises, etc. » (Meirieu, 2006). Il l'oppose à la débrouillardise qu'il définit comme « la capacité à s'en tirer le mieux possible avec le moins d'efforts possible, à faire semblant d'écouter plutôt que d'être vraiment attentif, à interpréter ce que le maître veut qu'on dise plutôt qu'à comprendre réellement ce qu'il dit » (Georges, 2010, p. 69). Pour favoriser cette autonomisation des apprenants, Meirieu suggère de réduire progressivement le soutien offert par l'enseignant (désétayage ou fading), permettant ainsi à l'apprenant de devenir de plus en plus autonome dans l'application des connaissances acquises. Cela implique de développer la capacité de l'apprenant à transférer ces connaissances vers de nouveaux contextes, une démarche que Meirieu décrit comme le passage de la connaissance à la compétence.

Cette autonomie, manifestée par une série de compétences auto-régulées où l'étudiant apprend à planifier et évaluer ses propres stratégies d'apprentissage dans le but d'atteindre des objectifs spécifiques de manière efficace, permet de s'approcher du statut d'« apprenant expert » tel que conceptualisé par Ertmer &

Newby (1996). Ces auteurs établissent la base pour comprendre comment les individus gèrent et adaptent leur approche en fonction des exigences des tâches et de leurs propres capacités.

Selon Ertmer & Newby (1996), l'« apprenant expert » :

- *utilise ses connaissances de façon stratégique* en utilisant diverses techniques cognitives et métacognitives pour optimiser et planifier l'apprentissage et en évaluant ces stratégies en fonction de leur efficacité ;
- *fait preuve d'auto-régulation* en ajustant continuellement ses méthodes et approches en réponse à ses performances d'apprentissage et aux résultats obtenus ;
- *réfléchit sur ses expériences d'apprentissage passées, présentes, et futures* pour maximiser l'efficacité de ses stratégies d'apprentissage et ajuste ses approches selon les besoins.

Ertmer & Newby (1996) mettent donc en avant l'auto-régulation dont doit faire preuve l'apprenant. Allal (2007) préfère plutôt parler de régulation, qu'il définit comme « *une succession d'opérations visant à fixer un but, orienter l'action vers celui-ci, contrôler la progression de l'action vers le but, assurer un retour sur l'action (feedback, rétroaction), et confirmer ou réorienter la trajectoire de l'action et/ou redéfinir le but* » (Allal, 2007, p.8, cité par Georges, 2010, p. 70). Allal rejette d'ailleurs la distinction stricte entre hétéro-régulation (par l'enseignant) et auto-régulation (par l'apprenant), affirmant que l'auto-régulation est toujours influencée par des facteurs externes.

Puisque toute régulation affecte les dimensions cognitives, affectives et sociales de l'apprentissage, et que celles-ci sont interconnectées, l'auteur introduit la notion de co-régulation, où l'auto-régulation de l'apprenant est guidée par des interactions contextuelles et sociales. C'est notamment le cas des interventions de l'enseignant, qui sont alors considérées comme « des sources potentielles d'autorégulation » (Georges, 2010, p. 70). Allal (2007) évoque différentes formes de régulation (proactive, rétroactive, interactive) et insiste sur l'importance de les adapter aux besoins des apprenants, notamment par le biais d'un étayage (scaffolding).

Outre ces régulations, Georges (2010) aborde deux autres conceptions de l'autonomie : l'agentivité et l'autodétermination. La première de ces dimensions, l'agentivité (Bandura, 2009), se traduit par « *la capacité humaine de l'individu à influencer intentionnellement sur le cours de sa vie et de ses actions* » (Carré, 2004, p. 30) et donc à être acteur de son propre destin, à « *créer du neuf* » (Georges, 2010,

p. 64) et à influencer son environnement. Bandura (2009) indique que l'agentivité se distingue par la capacité de planifier, d'anticiper les conséquences, et de s'adapter, tout en restant maître de ses propres choix. Cela se révèle effectivement essentiel pour espérer un apprentissage autonome. Selon Vassileff (1994), l'autonomie de l'apprenant découle de la responsabilité, qui elle-même est liée à la liberté et à l'authenticité de l'individu. La liberté est « *le droit de propriété sur l'espace-temps de sa formation* » (Vassileff, 1994, p. 2) et l'authenticité « *le sentiment subjectif d'un accord avec soi-même* » (Vassileff, 1994, p. 1). « *La liberté relève de l'action de l'enseignant, l'authenticité de l'action de l'apprenant. L'enseignant contribue à l'autonomie de l'apprenant en le « rétablissant dans ses droits », en le « rendant propriétaire de son espace-temps* » (Vassileff, 1994, p. 2) » (Georges, 2010, p. 65). L'enseignant joue donc un rôle crucial en fournissant un soutien initial et en facilitant progressivement l'indépendance de l'apprenant.

Georges (2010) explore également la notion d'autodétermination en tant que dimension de l'autonomie, en particulier à travers les théories de Deci & Ryan (2002) sur la motivation, ainsi que la dynamique motivationnelle selon Viau (2009). L'autodétermination est décrite comme étant fortement liée à la motivation intrinsèque, où l'individu s'engage dans des tâches pour le plaisir, la curiosité ou le défi qu'elles offrent, contrairement à la motivation extrinsèque, qui est orientée par des pressions ou des récompenses externes. Le soutien de l'autonomie par l'enseignant, à travers des choix pertinents et un climat empathique, est crucial pour développer cette motivation. Viau (2009) relie l'autonomie à des valeurs institutionnelles et au sentiment de contrôlabilité de l'apprenant. Le respect, l'ouverture au dialogue, et la transparence sont des caractéristiques d'un style d'enseignement qui soutient une dynamique motivationnelle positive. Le sentiment de compétence, tel que défini par Bandura (2009), est également crucial pour l'engagement cognitif et affectif.

Ces trois conceptions de l'autonomie (régulation, agentivité, autodétermination) convergent et se recoupent en certains points. Les différents auteurs s'accordent sur le fait que l'autonomie, dans le domaine de l'apprentissage, se traduit par le fait d'influer intentionnellement sur son apprentissage, cela en fixant des objectifs, en déterminant les actions et les méthodes pour y parvenir. Celles-ci seront régulées par l'apprenant lui-même, par l'enseignant et par toutes les interactions que l'apprenant développe. Les mécanismes internes, tels que la planification, le contrôle et la motivation, permettent à l'apprenant de prendre en main son apprentissage. Cette motivation peut être développée par l'enseignant lorsque celui-ci joue un rôle de soutien et amène progressivement l'apprenant à agir seul. Pour cela, il peut, au départ, fournir des aides de différents types (scaffolding) et les retirer progressivement (fading).

Ces dimensions, relevant pour certaines de la métacognition, sont également intéressantes dans une approche écologique de l'apprentissage. En effet, le fait de voir l'autonomie comme un mouvement vers une régulation complète, où l'étudiant devient progressivement capable de diriger son propre apprentissage, en utilisant des réflexions et des évaluations basées sur ses expériences antérieures et actuelles, doit lui permettre d'ajuster l'ensemble des éléments constituant son apprentissage, que ce soit en termes de ressources, de stratégies ou d'attitudes. Ertmer & Newby (1996) précisent d'ailleurs que cette capacité d'auto-évaluation et d'ajustement est cruciale pour l'efficacité à long terme de l'apprentissage.

Néanmoins, cette recherche d'autonomisation entre parfois en tension avec des objectifs pédagogiques ou des processus visant ces objectifs, et constitue donc un paradoxe (Raab, 2016). Voici quelques exemples :

- *Encadrement vs autonomie* : Pour favoriser l'autonomie des étudiants, notamment dans la résolution d'exercices, les enseignants doivent fournir des directives claires, des structures méthodologiques, et établir des objectifs précis. Cependant, un excès de contrôle peut freiner la prise d'initiative des étudiants et limiter leur capacité à développer leur autonomie et leur indépendance dans l'apprentissage.
- *Apprentissage dirigé vs apprentissage autodirigé* : Les étudiants ont besoin d'acquérir des compétences fondamentales et des connaissances de base suffisantes pour pouvoir résoudre des exercices de manière autonome. L'enseignement dirigé, tel qu'il est souvent pratiqué en enseignement supérieur, est généralement indispensable pour leur transmettre ces bases. Toutefois, il est aussi intéressant de leur permettre de s'approprier leur apprentissage et de devenir des apprenants autodirigés, capables de mobiliser les concepts scientifiques sans dépendre constamment de l'intervention de l'enseignant, particulièrement dans le cas où un objectif plus général recherché est la création par l'étudiant de sa propre écologie d'apprentissage.
- *Motivation intrinsèque vs motivation extrinsèque* : Dans les systèmes éducatifs, les récompenses et les punitions (motivation extrinsèque) sont fréquemment utilisés pour orienter les comportements des étudiants. Néanmoins, pour que ces derniers deviennent réellement autonomes, ils doivent développer une motivation intrinsèque, c'est-à-dire une motivation qui émerge de leur propre intérêt pour la matière. Il est donc important d'agir afin d'adapter les contenus à leurs intérêts et à leur filière d'étude par exemple.

- *Rôle de l'enseignant* : Les enseignants jouent un rôle crucial dans cet équilibre délicat. Ils doivent guider les étudiants dans leur apprentissage, tout en leur laissant suffisamment de latitude pour explorer, se tromper et apprendre par eux-mêmes. Cela implique une capacité à doser les interventions, à savoir quand fournir une aide explicite et quand se retirer pour permettre à l'étudiant de s'autonomiser. L'encadrant peut aussi aider l'étudiant à se poser des questions lui permettant de trouver de nouvelles voies à explorer plutôt que de lui fournir une solution toute faite.

En résumé, le paradoxe de l'autonomie en éducation met en lumière la difficulté de promouvoir l'autonomie des étudiants tout en leur fournissant le soutien nécessaire pour qu'ils puissent développer cette autonomie.

5.2.3 Autonomie en résolution d'exercices

L'autonomie dans l'apprentissage acquise par un étudiant doit permettre d'acquérir l'autonomie dans la résolution de problèmes, celle-ci ne pouvant être automatisée et nécessitant elle-même et en permanence une auto-régulation acquise. Dans le contexte spécifique de la résolution d'exercices, l'autonomie peut donc être vue comme le développement progressif d'un étudiant passant d'une dépendance à l'égard des instructions et de l'aide directe des enseignants, par exemple pour déterminer les étapes de la résolution, à une capacité de résoudre des problèmes de manière indépendante, à la fois dans et hors de la classe. Il apprend alors à gérer de façon indépendante son apprentissage et à prendre des décisions éclairées concernant les stratégies nécessaires pour atteindre ses objectifs d'apprentissage, sans dépendance extérieure immédiate. Cette capacité englobe la compréhension de ses propres besoins d'apprentissage, la sélection et l'application adaptative de stratégies appropriées, et l'évaluation continue de son propre progrès, ce qui relève d'une dimension métacognitive. Il est donc utile que les encadrants fassent travailler les étudiants de manière à la développer progressivement.

Il est clair que l'ancienne organisation des séances de résolution d'exercices, basée exclusivement sur la méthode transmissive, ne favorise pas ce chemin vers l'autonomie et l'auto-régulation. Bacha (2022), dans son analyse de l'ouvrage de Brauer (2011), indique d'ailleurs au sujet du rôle de l'enseignant : « *ce dernier doit cesser d'être un "transmetteur" de connaissances, en tant que chef d'orchestre, mais il doit être "facilitateur" des savoirs qui "aide les étudiants à apprendre par eux-mêmes"* ». Ces auteurs visent donc un apprentissage plus actif. L'apprentissage actif est défini par Cashin & McKnight (1989) comme suit :

« Tout exercice où les étudiants extraient des informations eux-mêmes, où ils déterminent personnellement ce qui est pertinent et ce qui ne l'est pas,

où ils établissent les liens (causaux, temporels, fonctionnels...) entre concepts, où ils réfléchissent à ce qui est correct et ce qui est faux, où ils discutent avec les autres étudiants est un exercice d'apprentissage actif » (Cashin & McKnight, 1989 traduit par Brauer, 2011)

Selon Bonwell et Eisen (1991) cités par Brauer (2011) :

« L'apprentissage actif se distingue d'autres méthodes d'enseignement par plusieurs caractéristiques. En substance, les stratégies d'apprentissage actif :

- 1) impliquent de la part des étudiants plus que simplement écouter ;*
- 2) mettent plus l'accent sur le développement des savoir-faire des étudiants que sur la transmission d'informations ;*
- 3) engagent les étudiants à participer activement à des activités (ex : lire, écrire, discuter) dont la plupart nécessitent l'utilisation de capacités de réflexion d'un niveau supérieur (ex : analyse, synthèse, application, évaluation) ;*
- 4) donnent aux étudiants la possibilité d'explorer leurs propres idées, attitudes, et croyances à propos du thème étudié (Shakarian, 1995). »*

Brauer considère aussi qu'un apprentissage actif permet à l'enseignant de favoriser la motivation et le développement du sens critique des apprenants (Brauer, 2022). Cet apprentissage doit également reposer sur des interactions enseignants-apprenants et apprenants-apprenants car ces interactions permettent de lutter contre leur passivité (De Hosson et al., 2015).

Mais, outre les aspects motivationnels, l'apprentissage plus actif permet surtout de tendre vers l'autonomisation des étudiants. En leur lâchant progressivement la main, les étudiants acquièrent la confiance nécessaire pour s'aventurer seuls dans la résolution d'exercices inédits et développent ainsi de nouvelles compétences. Comme l'indique Merrill (2002) dans l'un de ses cinq principes visant à améliorer l'efficacité des apprentissages, il est utile de faire en sorte que l'apprenant soit de plus en plus autonome en lui fournissant par exemple des tutoriels avant de le laisser de plus en plus libre de ses actions et choix. Ce type d'approche trouve des échos dans les concepts de scaffolding et de fading évoqués précédemment.

5.2.4 Scaffolding ou fading ?

Les concepts de fading (désétayage ou retrait progressif) et de scaffolding (étayage ou échafaudage) sont deux approches pédagogiques utilisées pour

soutenir l'apprentissage des étudiants. Dans le cas du scaffolding, l'enseignant fournit un soutien structuré aux étudiants lors de l'apprentissage d'une nouvelle compétence, par exemple la résolution de problèmes (Wood et al., 1976). Ce soutien peut inclure des explications, des indices, des exemples, des solutions partielles, des étapes intermédiaires, ou toute autre aide qui permet à l'étudiant de progresser dans sa compréhension. Ces différents éléments de soutien sont ensuite ajustés en fonction des besoins de l'étudiant au fur et à mesure de sa progression. Le fading, ou « effacement progressif », se concentre sur la réduction graduelle de l'assistance fournie à l'étudiant à mesure que celui-ci devient plus compétent et plus confiant (Pritchard, 2022 ; Renkl & Atkinson, 2016), et ce, dans le but qu'il soit de plus en plus autonome. Dans l'approche de la résolution de problèmes, le fading peut donc compléter efficacement le scaffolding. En effet, l'enseignant peut, dans un premier temps, fournir différentes assistances et aides à l'étudiant (scaffolding) afin que celui-ci acquière les compétences requises et gagne en confiance. Ensuite, l'enseignant peut ensuite retirer progressivement ce soutien (fading) jusqu'à ce que l'étudiant puisse résoudre le problème de manière autonome, et donc sans assistance.

En résumé, dans le but de rendre les étudiants autonomes en résolution d'exercices et de lutter contre leur passivité potentielle, il convient de mettre en place tout d'abord une approche de type « scaffolding » (ou étayage), c'est-à-dire le soutien temporaire de l'enseignant à destination de l'étudiant afin de l'aider à résoudre les premiers exercices et d'acquérir des compétences dans ce type de tâche. Ensuite, il convient d'enlever progressivement les soutiens et les aides fournies, quel qu'en soit le type, pour entrer dans une approche de type « fading » (désétayage) et tendre ainsi vers un apprentissage actif. D'une passivité, pouvant être expliquée par un manque de compétence et de confiance dans ses propres capacités d'action, on atteint l'apprentissage actif par un travail sur l'autonomie. C'est cette démarche alliant étayage et désétayage qui définit le projet d'évolution de l'organisation des séances de résolution d'exercices, explicité dans la section suivante afin de favoriser l'autonomie des étudiants et de les amener vers un apprentissage actif.

Le lien entre l'acquisition de l'autonomie dans la résolution d'exercices de physique, la structure des séances de résolution et la performance académique n'étant pas mesurable, l'évaluation du dispositif repose exclusivement sur l'appréciation que les étudiants en font a posteriori. L'hypothèse de recherche sous-tendant la construction de ce dispositif est dès lors : *Une modification de l'organisation des séances de résolution d'exercices, avec pour objectif est d'augmenter progressivement l'autonomie des étudiants, est perçue positivement par les étudiants.*

5.3 Intervention : Evolution de l’organisation des séances d’exercices

Sur la base des travaux cités précédemment, l’organisation des séances de résolution d’exercices a été modifiée dès la rentrée académique en septembre 2014. Ce remaniement permet de coupler mise en activité et progression dans l’autonomie de l’étudiant. L’étayage prend place entre la phase passive, durant laquelle il regarde quelqu’un faire, et la phase active, durant laquelle il résout lui-même des exercices (comme lors des examens par exemple). Une phase intermédiaire durant laquelle l’étudiant résout activement des exercices, mais en présence des encadrants, est ajoutée au processus.

5.3.1 Ligne du temps des différentes phases

Pour chaque thème de matière abordé, le programme des activités proposées autour de la résolution d’exercices est conçu de la manière suivante (Figure 5.3) :

1. L’encadrant fait de brefs rappels théoriques et résout 2 ou 3 exercices au tableau en provoquant un maximum d’interactions avec l’amphithéâtre et en disséminant différents conseils méthodologiques dans les résolutions. Ces exercices sont donc des worked examples ou des exemples travaillés.
2. Lors de la 2^e heure de la séance, chaque étudiant tente de résoudre des exercices par lui-même avec la possibilité de solliciter un encadrant en cas de difficulté. Cette approche relève de l’étayage (scaffolding).
3. L’étudiant s’entraîne chez lui et commence par résoudre les exercices guidés pour lesquels le chemin de résolution est défini par les sous-questions. Il bénéficie encore d’une aide extérieure grâce au guidage dans la résolution (scaffolding), mais ne peut plus compter sur l’aide directe de l’équipe pédagogique. Il s’agit donc de l’entame de désétayage (fading).
4. L’étudiant tente de résoudre en autonomie les autres exercices qui sont présentés de manière classique (uniquement un énoncé). Les exercices sont classés par niveau de difficulté, allant des applications simples aux problèmes. Cela constitue la clôture du désétayage (fading).
5. Permanence de remédiation (facultatif).
6. Rendez-vous de remédiation en petit groupe (facultatif).

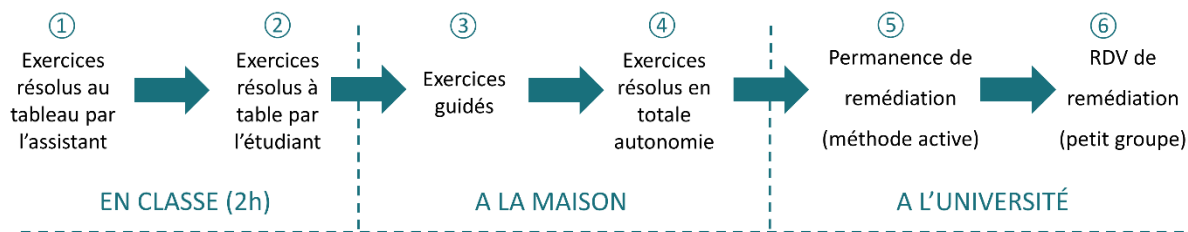


Figure 5.3 : Les étudiants sont progressivement amenés vers l'autonomie lors de la résolution d'exercices.

Lors de la première phase uniquement, l'étudiant est donc un récepteur relativement passif (bien que la consigne soit donnée aux assistants de résoudre les exercices en interaction maximale avec la classe). Cette phase s'approche du concept d'exemple travaillé. Les encadrants mettent particulièrement l'accent sur différents conseils méthodologiques de résolution d'exercices. L'idée n'est pas de fournir des « recettes magiques » aux étudiants mais de développer leur efficacité. En effet, comme l'indique Brauer (2011) : « *Un bon moyen d'augmenter l'efficacité du travail personnel est d'enseigner aux étudiants les méthodes de travail dont ils ont besoin* ».

Ensuite, l'étudiant est placé dans un rôle plus actif et est amené progressivement vers l'autonomie. En effet, lors de la phase 2, il est invité à résoudre différents exercices (des applications simples et des problèmes) à sa table et peut, si besoin, faire appel à l'un des assistants présents en classe afin que celui-ci l'aide à se libérer de son blocage. Cette segmentation de la séance de deux heures en deux parties, bien que ne respectant pas un changement d'activité toutes les 15 à 20 minutes comme recommandé par Brauer (2011), permet d'alterner entre apprentissage passif (écouter, lire, absorber, ...) et actif (faire, résoudre, ...), favorisant ainsi l'engagement des étudiants.

Durant cette deuxième phase, les étudiants sollicitent l'enseignant pour obtenir des indices, des feedbacks ou des solutions partielles lorsqu'ils sont bloqués. L'assistant adopte une méthode constructive qui vise à encourager l'étudiant à formuler lui-même les questions pertinentes, plutôt que de lui fournir directement la réponse. Le rôle de l'enseignant est donc de guider cette réflexion en aidant l'étudiant à explorer différentes pistes de résolution et à en évaluer l'efficacité. Ces interventions visent à développer une stratégie réflexive chez l'étudiant, lui permettant de réguler son raisonnement de manière autonome et de surmonter les obstacles rencontrés. Il est également essentiel que l'enseignant renforce cette progression en fournissant des feedbacks positifs lorsque l'étudiant progresse.

Notons qu'habituellement, pour les séances de répétition ou de travaux dirigés, les étudiants sont répartis en plus petits groupes que durant les cours magistraux, et

ce, afin de faciliter le contact et la proximité. Nous avons cependant fait le choix de réunir tous les étudiants de ce cours dans le même amphithéâtre, mais de mettre à leur disposition l’ensemble de l’équipe pédagogique. Le rapport entre les nombres d’encadrants et d’étudiants est alors au moins équivalent à celui d’une organisation par petits groupes. Cette organisation logistique peut sembler contre-intuitive au regard des objectifs poursuivis, mais cette façon de faire présente l’avantage de donner la possibilité à l’étudiant de choisir avec qui il interagit. Rappelons à cet égard que la qualité du rapport entre les étudiants et les encadrants est facteur d’efficacité de l’apprentissage (Brauer, 2011). Par ailleurs, cette disposition permet également aux étudiants qui le souhaitent de se regrouper pour entamer le processus de résolution et de pouvoir échanger facilement entre eux. Ces interactions, rendues possible par cette organisation, permettent de lutter contre la passivité des étudiants comme l’avancent De Hosson et al. (2015).

Par la suite, l’étudiant est encouragé à résoudre de nouveaux exercices à domicile (phases 3 et 4 de la Figure 5.3). Notre étude accorde de l’importance à mettre en évidence cette dimension. En effet, l’approche écologique de l’apprentissage vise à étudier toutes les interactions que l’apprenant a avec les individus, la matière, etc. notamment en dehors des murs de l’université. Cette partie de l’apprentissage en dehors de l’institution est essentielle, mais se doit d’être « encadrée », en tout cas partiellement, notamment pour en lancer le processus. Il est dès lors conseillé à l’étudiant de commencer par résoudre les exercices dits « guidés » (phase 3). Dans chacun de ces exercices, différentes sous-questions sont proposées à l’apprenant (problèmes 4 et 5 dans la Figure 5.4), le guidant progressivement dans sa résolution. En effet, chaque sous-question correspond à une étape du raisonnement à produire. Ces exercices guidés s’inscrivent véritablement dans une approche de type « scaffolding ». Il ne s’agit néanmoins pas d’exemples travaillés (worked examples), puisque les raisonnements ne sont pas détaillés étant donné que seul le chemin de résolution est mis en évidence à l’aide des sous-questions. Cette approche relève également du « fading » puisque, d’exercices intégralement résolus par les encadrants en début de séances, on laisse de plus en plus de place à l’étudiant pour résoudre lui-même, sans pour autant que lui incombent immédiatement la gestion de l’ensemble du processus de résolution. L’objectif de ce type d’exercice guidé est double :

- permettre à l’étudiant de se concentrer uniquement, dans un premier temps, sur la réflexion autour des modèles physiques à appliquer en fonction de la situation décrite et sur la résolution mathématique ;

- amener l'étudiant progressivement vers l'autonomie dans la recherche de ce chemin de résolution, puisque les sous-questions ne lui indiquent pas quoi faire exactement mais l'aident à se questionner et organiser sa réflexion.

Le passage de la deuxième à la troisième phase (Figure 5.3) marque donc un tournant décisif dans le cadre de l'autonomisation des étudiants face à la résolution d'exercices. C'est à ce stade que l'étudiant acquiert la capacité d'autoréguler ses propres méthodes de résolution, visant le développement de l'adaptation à des situations nouvelles. Cette distinction est cruciale : la capacité d'appliquer un processus de résolution préétabli dans une application simple diffère de celle de créer un processus de résolution pour un problème plus complexe, reflétant ainsi une compétence d'apprentissage auto-régulé (Ertmer & Newby, 1996).

A la fin de ce processus plus dirigé, l'étudiant est invité à se confronter à des exercices « comme à l'examen » (étape 4 de la Figure 5.3), c'est-à-dire des exercices pour lesquels seul l'énoncé lui est fourni. Cela constitue la dernière étape de l'approche de type « fading » dans laquelle l'équipe enseignante a progressivement enlevé les aides fournies à l'étudiant. L'étudiant doit alors identifier seul un chemin de résolution possible et le suivre en appliquant les modèles physiques choisis. Pour l'aider à avancer progressivement dans son entraînement et ainsi respecter une approche d'échafaudage (scaffolding), un système d'identification du niveau de difficulté des exercices a été établi. Les exercices les plus simples, autrement dit les applications simples, se voient attribuer 1 étoile, les exercices de niveau intermédiaire 2 étoiles, et les exercices les plus difficiles, les problèmes, 3 étoiles. Cette catégorisation a été établie par consensus au sein de l'équipe pédagogique en s'appuyant sur différents critères, comme le nombre de modèles à mobiliser, le niveau d'abstraction de l'exercice ou encore la difficulté de la résolution mathématique. Toutes ces informations sont reprises sur les fiches d'exercices proposées pour chaque thème (Figure 5.4). Sur cette figure, les cadres rouges indiquent lors de quelle phase les exercices sont résolus, les cadres verts montrent les sous-questions des exercices guidés, et les niveaux de difficulté sont entourés d'un cercle bleu.

Ce processus global vise à rendre l'étudiant de plus en plus autonome dans la résolution d'exercices et d'ainsi augmenter son niveau de confiance et de compétence dans ce domaine et améliorer son apprentissage du cours de physique. Comme l'indique De Vecchi (2000), « *aider les élèves à apprendre, ce n'est pas seulement leur demander d'effectuer une somme d'exercices leur permettant d'intégrer un ensemble de techniques, c'est aussi (surtout !) leur faire prendre*

conscience de certains problèmes, les mettre en situation de réfléchir sur eux-mêmes, et donc les aider à aller vers une plus grande autonomie » (De Vecchi, 2000, p. 233).

Notre nouvelle organisation, même si elle propose aux étudiants de résoudre une liste d'exercices, tend à les rendre plus autonomes, ce qui leur sera profitable dans l'ensemble des cours de leur programme, mais également dans leur futur professionnel. Par ailleurs, ce processus visant l'auto-régulation a également pour objectif de leur faire approcher les bases de la démarche scientifique.

En effet, il convient de distinguer l'auto-régulation des mécanismes de résolution de celle des mécanismes d'apprentissage. Les premiers peuvent favoriser les seconds, mais cette influence n'est pas toujours consciente. Un étudiant peut reconnaître ses progrès en résolution d'exercices grâce à l'entraînement, sans nécessairement percevoir l'impact global sur son apprentissage.

Par exemple, en phase de résolution d'exercices guidés, un étudiant apprend à prendre du recul sur la situation présentée et à se poser des questions pour débloquer la résolution. Cependant, cette démarche d'auto-régulation n'est pas toujours perçue comme applicable à d'autres processus d'apprentissage. L'étudiant peut rester focalisé sur l'acquisition de compétences spécifiques en physique sans comprendre que cette compétence d'auto-régulation est cruciale pour la performance académique générale.

En enseignement supérieur, la compétence d'auto-régulation est essentielle pour réussir et poursuivre des études universitaires, quel que soit le domaine. À l'inverse, son absence compromet les chances de réussite dans un programme universitaire. C'est pourquoi les cours de sciences de base dans les filières médicales ne se contentent pas de dispenser des connaissances spécifiques, mais visent aussi à développer cette compétence clé d'auto-régulation.

V. Exercices

Exercices résolus en classe :

- Prob. 1 (★)** Une personne tient son journal à 70 cm des yeux pour lire.
- Quelle puissance de lentilles de contact permettrait de rapprocher la position de lecture à 0,25 m des yeux ?
 - Quelle sera la puissance de verres de lunettes placés à 3 cm des yeux pour la même lecture ?

- Prob. 2 (★★)** Une personne a un punctum remotum à 0,25 m.
- Si elle doit regarder des objets lointains, quelles lentilles de contact doit-elle porter ?
 - Si son pouvoir d'accommodation est de 4 dioptries, où se trouve son punctum optimum ?
 - Où se trouvera le point le plus proche qu'elle pourra observer lorsqu'elle portera ses lentilles ?

- Prob. 3 (★★★)** En début d'études de médecine, un étudiant porte des lunettes -3δ de correction à 2 cm des yeux, et a un pouvoir d'accommodation de 4δ . Cependant, cet étudiant n'a pas respecté les consignes de sécurité lors d'un stage en radiologie et s'est fait fortement irradié au niveau des yeux, ce qui a eu pour effet de durcir prématurément son cristallin. Son pouvoir d'accommodation est donc tombé à $0,25 \delta$. A la fin de ses études, comme beaucoup de ses condisciples, sa myopie s'est aggravée de $0,5 \delta$. Quelle(s) correction(s) devront avoir ses lunettes qu'il porte toujours à 2 cm de ses yeux ?

Exercices guidés :

- Prob. 4 (★★)** Une personne atteinte d'hypermétropie montre un pouvoir d'accommodation de 3 dioptries et un punctum optimum à 2 m.

- Quelle puissance de lentilles de contact permettrait à la personne de lire à 0,25 m des yeux ?
- Quelle est la puissance optimum ?
- Quelle est la puissance remotum ?
- Où se trouve le punctum remotum ?
- Où se trouve le point le plus éloigné qu'il peut observer avec ces lentilles ?

- Prob. 5 (★★)** Lors d'un voyage en voiture, une personne du 3^{ème} âge passe alternativement de l'observation du paysage à la lecture de son livre au moyen de lunettes qu'elle porte à 2 cm des yeux. Elle regarde le paysage à travers le haut des verres, et le livre à travers le bas des verres avec lesquels elle n'arrive pas à lire en deçà de 25 cm. Si la personne retire les lunettes, elle ne voit pas en deçà de 1 m. Son pouvoir d'accommodation vaut $0,5 \delta$.

- En vision de près, que vaut la distance objet-verres ?
- Que vaut la distance entre le punctum proximum et les verres de lunettes ?
- Calculez la puissance des verres en vision de près.
- Calculez la puissance optimum de l'œil.
- Quelle est la puissance remotum de l'œil ?
- Que vaut la distance entre le punctum remotum et l'œil ? Et entre le punctum remotum et les verres de lunettes ?
- En vision de loin, que vaut la distance objet-verres ?
- Calculez la puissance des verres en vision de loin.

Exercices d'entraînement :

- Prob. 6 (★)** Anton Félicien peut lire son journal sans correction en le plaçant au plus près à 70 cm de ses yeux. Il peut aussi lire le calendrier de la cuisine lorsque ses yeux sont à maximum 2 m de celui-ci. Quelles puissances de lentilles de contact devra-t-il porter pour corriger sa vision parfaitement ?

- Prob. 7 (★★)** Avec l'âge, Jean a perdu sa bonne vue d'antan et, pour lire son journal, le tient à 60 cm de ses yeux. Plutôt que d'acheter ses propres lunettes, il préfère emprunter les lunettes de Fabienne, sa femme ; de toute manière, il oublierait systématiquement les siennes. Les lunettes de Fabienne ont une puissance de 1 δ et Jean les porte à 2 cm de ses yeux. A quelle distance (de ses yeux) peut-il lire avec ces lunettes ?

- Prob. 8 (★★)** Un étudiant porte des lunettes de puissance $-6,5 \delta$. Pour partir au sport d'hiver, il décide d'aller chercher des lentilles chez son opticien. Quelle est la correction des lentilles que l'opticien doit fournir à l'étudiant pour que celui-ci puisse voir parfaitement ? Le pouvoir d'accommodation de l'étudiant est de 4 δ et il porte ses lunettes à 2 cm des yeux.

Figure 5.4 : Cet exemple de fiche d'exercices illustre la structure énoncée avec en premier lieu les « exercices résolus en classe » au tableau par l'assistant, puis les « exercices guidés » pour lesquels le chemin de résolution est fourni par l'intermédiaire des sous-questions posées, et enfin, les « exercices d'entraînement » classés par niveau de difficulté.

5.3.2 Possibilités de remédiations

En cas de difficultés rencontrées lors de la phase de travail à la maison, l’étudiant peut obtenir des remédiations sous différentes formes.

- Des séances de remédiation et d’aide à l’apprentissage sont organisées régulièrement. Lorsqu’un thème de matière est abordé en séance d’exercices, une permanence de remédiation est organisée en présentiel dans le courant de la semaine suivante. Ces permanences sont dites « actives », puisqu’aucun travail n’est réalisé au tableau par l’encadrant. Les étudiants se rendent à ces séances pour y résoudre des exercices par eux-mêmes en continuant de bénéficier d’un encadrement pédagogique si besoin, ou pour poser des questions liées aux difficultés rencontrées lors du travail à domicile.
- Les étudiants peuvent également prendre rendez-vous avec un membre de l’équipe pédagogique. Lors de la prise de rendez-vous, l’étudiant est invité à communiquer le type de difficulté qu’il rencontre et la matière qu’il souhaite travailler. L’encadrant regroupe alors quelques étudiants présentant des difficultés proches et convient d’une plage horaire durant laquelle est organisé ce rendez-vous en petit groupe.
- Enfin, un forum est mis à disposition des étudiants sur le cours en ligne. Les étudiants peuvent y poser leurs questions de compréhension et sont invités à répondre à leurs collègues. Un membre de l’équipe pédagogique consulte régulièrement le forum afin de valider ou modifier les réponses fournies par les étudiants ou apporter lui-même une solution si une question est laissée sans réponse.

Notons enfin que l’équipe pédagogique garantit aux étudiants que la séance d’exercices (répétition) portant sur un thème particulier est organisée après l’ensemble des cours théoriques sur ce même thème. Si les séances d’exercices rattrapent, voire dépassent, le cours théorique, des échanges de séances sont organisés pour retrouver la cohérence pédagogique. Cela est facilité par le fait que, depuis quelques années, les séances d’exercices sont organisées avec l’ensemble des étudiants présents dans l’amphithéâtre (contre une répartition en petits groupes précédemment). Tous les encadrants sont ainsi présents pour répondre aux questions des étudiants lors de la phase active de la séance. La figure 5.5 présente la ligne du temps récapitulative de l’ordre des activités organisées pour chaque thème de matière.

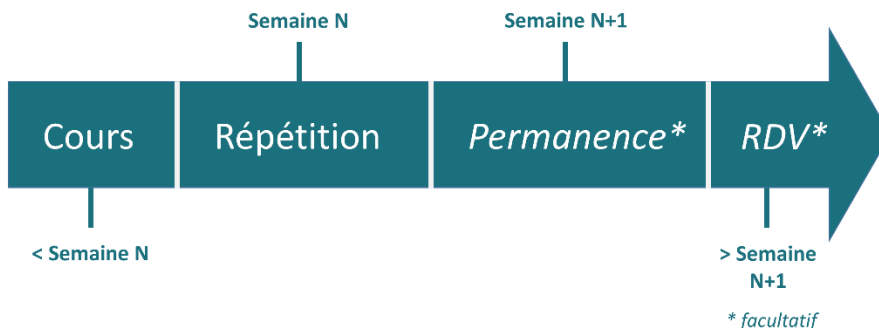


Figure 5.5 : L'étudiant suit d'abord les cours théoriques, avant de se rendre aux séances d'exercices (appelées « répétitions ») associées et d'éventuellement profiter des remédiations en cas de besoin.

Notons enfin que, même s'il est impossible d'effectuer un travail personnalisé complet avec chaque étudiant, la nouvelle organisation de ces séances donne la possibilité à chacun d'interagir avec l'équipe pédagogique en cas de besoin. On se situe à mi-chemin entre l'apprentissage individualisé et l'apprentissage personnalisé (Verpoorten, 2009). L'apprentissage individualisé se caractérise par l'adaptation des contenus d'apprentissage aux besoins individuel des apprenants. Dans le cadre de l'apprentissage personnalisé, l'apprenant choisit les ressources qu'il utilise et crée son environnement d'apprentissage en fonction de ce qu'il juge pertinent. Au cours de la phase de travail impliquant des séances de résolution d'exercices, l'étudiant fait le choix d'interagir ou non avec l'équipe pédagogique. S'il décide d'interagir, l'accompagnement est alors personnalisé. A l'inverse, l'étudiant peut se tourner vers d'autres ressources (livres, exercices résolus publiés sur certains sites étudiants, pairs...) en fonction de ses souhaits.

L'obligation de s'engager rapidement et activement dans la résolution d'exercices sélectionnés, combinée à la possibilité pour l'étudiant d'échanger avec l'équipe pédagogique, peut l'amener à confronter ses représentations et à en modifier certaines. En effet, la consigne donnée aux encadrants est de ne pas fournir de réponse « toute faite » aux étudiants, mais plutôt de les encourager à se questionner, et donc d'enclencher les mécanismes d'auto-régulation.

Par ailleurs, les encadrants sont invités à être particulièrement attentifs à la présence de représentations alternatives dans les raisonnements des étudiants. Le cas échéant, l'encadrant veille à tenter de déconstruire ces représentations. Malheureusement, une limite à ces souhaits réside dans les taux d'encadrement qui ne permettent que trop rarement d'effectuer un travail en profondeur. Au moins, la méthode présente l'avantage d'éveiller l'étudiant à la problématique de ses représentations alternatives.

5.4 Instruments

Il est évidemment difficile d'analyser de manière quantitative les conséquences de cette modification d'organisation en termes de performance, l'explication de celle-ci étant multifactorielle. De plus, mesurer un éventuel impact de cette nouvelle organisation sur la performance globale des filières d'études concernées reviendrait à comparer deux populations différentes, appartenant à des cohortes différentes.

Cependant, l'impact de cette modification d'organisation peut être étudié par le biais de la perception qu'en ont les étudiants. A cette fin, trois questions portant sur l'organisation des séances d'exercices ont été intégrées à l'enquête de satisfaction diffusée à l'ensemble de la population du cours PHYS3018-A-a à la fin du quadrimestre de cours (fin décembre) de chaque année académique. Cette enquête est publiée durant deux semaines sur le cours en ligne quelques jours avant la fin du quadrimestre (et donc le début du blocus). Deux courriers électroniques sont envoyés à quelques jours d'intervalle aux étudiants afin de les inviter à compléter cette enquête.

Ces trois questions sont les suivantes :

- Q2 : L'organisation des répétitions (brefs rappels théoriques ; 2, 3 problèmes résolus au tableau ; les autres problèmes résolus par l'étudiant) : Estimez à quel point cet élément de cours vous convient en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "ne me convient absolument pas" ; 4 à "me convient tout à fait".
- Q3 : L'organisation des répétitions (brefs rappels théoriques ; 2, 3 problèmes résolus au tableau ; les autres problèmes résolus par l'étudiant) me permet d'augmenter mon niveau de maîtrise de la matière : Estimez à quel point cette affirmation est vraie en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "absolument pas d'accord" ; 4 à "tout à fait d'accord".
- Q4 : Les exercices et les problèmes supplémentaires fournis à chaque répétition (présents sur la liste et non résolus en classe) me permettent de préparer efficacement l'examen : Estimez à quel point cette affirmation est vraie en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "absolument pas d'accord" ; 4 à "tout à fait d'accord".

Les réponses à la question ouverte (Q24 : D'autres remarques ou commentaires ?) sont également analysées.

Les enquêtes institutionnelles « Evalens » mises en place au sein de l'Université de Liège afin de « *recueillir l'avis des étudiants de manière objective en vue d'améliorer la qualité des enseignements* » (ULiège, s. d.b) affichent des taux de participation inférieurs à 5 % et ne seront pas utilisées dans le cadre de cette thèse.

5.5 Résultats : Perception par les étudiants

Le taux de participation à l'enquête menée en fin de quadrimestre varie d'une année à l'autre et s'étendent de 22 % de participation en 2014-2015 à 47,4 % en 2017-2018 (Tableau 5.1).

Répondants à l'enquête de satisfaction		
Année académique	N	%
2014-2015	146	22
2015-2016	165	29,7
2016-2017	170	29,5
2017-2018	55	47,4
2018-2019	58	32,4

Tableau 5.1 : En fonction des années, la proportion d'étudiants répondant à l'enquête de satisfaction varie.

Le taux d'opinions positives (réponses 3 et 4) concernant la nouvelle organisation des répétitions varie entre 52,05 % (2014-2015) et 72,41 % (2018-2019). La médiane reste constante chaque année et s'élève à 3. Les écarts-types sont, à l'exception de l'année 2014-2015 (1,05), systématiquement inférieurs à 1. Sur la Figure 5.6, la catégorie « Autre » reprend les catégories « sans réponse » et « sans objet, car je n'ai pas participé aux répétitions ». Le test de Kruskal-Wallis a révélé une différence significative entre les années académiques, $H(4, 563) = 16,46, p < 0,05$, suggérant qu'au moins une année se distingue des autres en termes de satisfaction. Le test post-hoc de Dunn a montré que l'année 2016-2017 ($M = 2,60$) se distingue significativement des années 2014-2015 ($M = 2,82$) et 2015-2016 ($M = 3,02$), avec une satisfaction significativement plus faible. En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre les années 2017-2018 ($M = 2,79$) et 2018-2019 ($M = 2,86$) par rapport aux autres années.

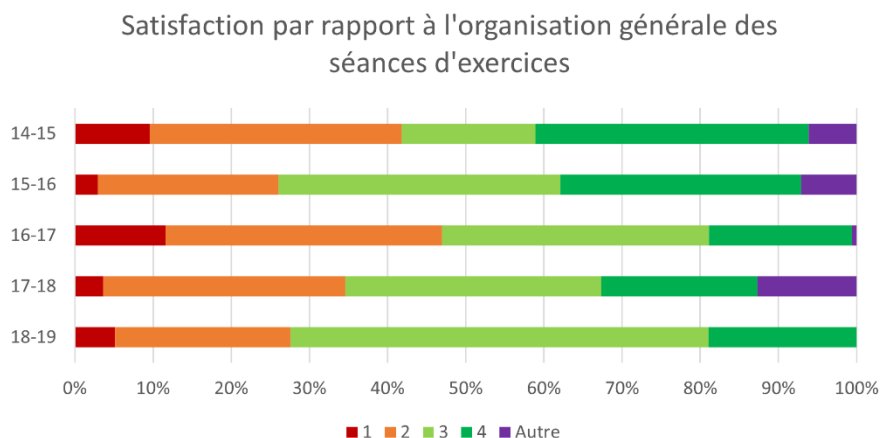


Figure 5.6 : Les étudiants semblent majoritairement satisfaits de la manière dont sont organisées les séances consacrées à la résolution d'exercices (répétitions).

Les étudiants répondent majoritairement positivement à la Q3 dont l'objet est l'éventuelle augmentation de leur niveau de maîtrise de la matière grâce à cette organisation (Figure 5.7). En effet, le taux d'opinions positives varie, selon les années, entre 52,74 % (2014-2015) et 67,27 % (2017-2018). A nouveau, la médiane est identique pour chaque population étudiée et vaut systématiquement 3. Les écarts-types varient entre 0,8 et 1. Le test de Kruskal-Wallis indiquent une différence statistiquement significative entre ces populations, $H(4, 553) = 13,6, p < 0,05$, indiquant que certaines années se distinguent. Le test post-hoc de Dunn montre que l'année 2016-2017 ($M = 2,66$) se distingue significativement des années 2015-2016 ($M = 2,99$) et 2017-2018 ($M = 3,06$), mais aucune différence significative n'a été observée avec les autres années académiques : 2014-2015 ($M = 2,86$) et 2018-2019 ($M = 2,73$).

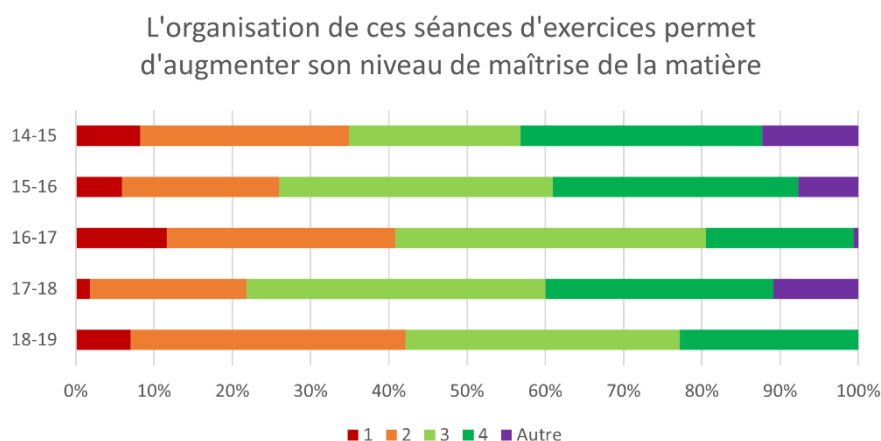


Figure 5.7 : Une majorité des étudiants considère que l'organisation de ces répétitions leur permet d'augmenter leur niveau de maîtrise de la matière.

Concernant la perception des exercices supplémentaires fournis pour la préparation à l'examen (Figure 5.8), les taux d'adhésion varient entre 54,79 % (2014-2015) et 79,31 % (2018-2019). La médiane reste à 3 pour chaque année. Les moyennes varient entre 2,93 (2014-2015) et 3,16 (2018-2019), avec les autres années affichant des moyennes de 3,12 (2015-2016), 2,93 (2016-2017), et 3,00 (2017-2018). Les écarts-types sont toujours inférieurs à 1 puisqu'ils varient entre 0,8 et 0,96. Le test de Kruskal-Wallis n'a pas révélé de différence statistiquement significative entre les années académiques, suggérant que les réponses sont globalement similaires, $H(4, 543) = 6,53, p = 0,16$.

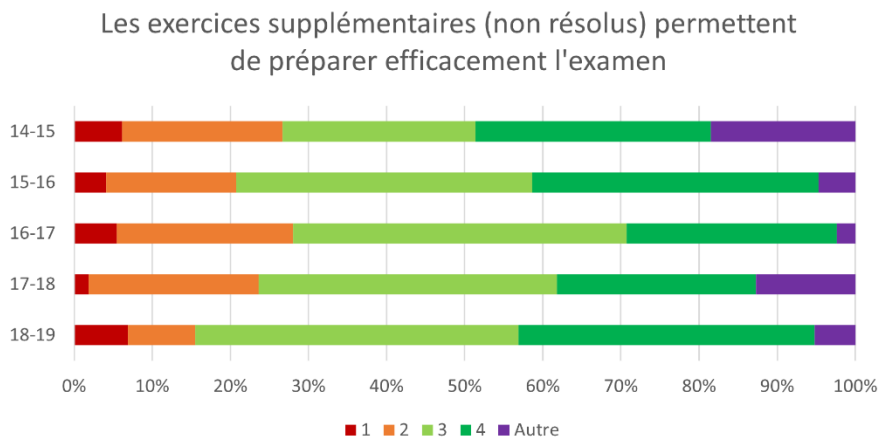


Figure 5.8 : Une large majorité des étudiants considère que les exercices supplémentaires fournis leur permettent de préparer efficacement l'examen.

A l'ultime question (Q24) de cette enquête permettant aux répondants de s'exprimer librement, quelques commentaires concernaient les séances d'exercices. A titre d'exemple, voici les commentaires laissés par trois étudiants lors de l'année académique 2014-2015, soit la première année d'expérimentation :

Etudiant 1 : « Seuls hics en répétitions et en permanence de remédiation. Lors des répétitions, vu que le nombre d'étudiants est assez conséquent. L'assistant ne peut pas répondre à toutes nos questions. Même si le forum est mis en place pour nous aider, parfois nos questions sont trop spécifiques que pour les poser sur celui-ci. Je comprends que le but de ne faire que 3 ou 4 exercices ensemble est de nous faire travailler par nous-même mais parfois il est peut-être nécessaire d'en faire plus, ce n'est que mon avis ».

Etudiant 2 : « Le problème dans les répétitions est qu'on ne fait pas assez d'exercices avec nous, nous sommes livrés à nous même ce qui est assez embêtant. »

Etudiant 3 : « Répétitions : L'idée est pas mal, mais (je sais, c'est de notre faute) mais il y a trop de bruit, d'entrée/sortie. C'est pas possible pour se concentrer en physique. Et c'est dommage qu'on ne fasse que 3 exercices/remédiations... Parfois, nous sommes trop nombreux et il faut à des moments attendre beaucoup de temps avant d'avoir une réponse... »

5.6 Discussion

Lors de la mise en place de cette nouvelle organisation, certains étudiants ont rencontré quelques difficultés d'adaptation, probablement expliquées par le fait qu'ils avaient peu souvent été confrontés à ce type de pratiques. Les encadrants ont donc dû communiquer à plusieurs reprises les raisons qui les avaient poussés à réformer les pratiques pédagogiques. Cependant, il ressort des enquêtes de satisfaction que le taux d'adhésion des étudiants à cette scénarisation pédagogique est important. En effet, dans l'ensemble, les résultats aux trois questions de l'enquête de satisfaction portant sur les répétitions montrent une stabilité générale des réponses au fil des années, avec des médianes systématiquement égales à 3 pour toutes les questions et toutes les populations. Les écarts-types, relativement faibles (variant entre 0,8 et 1,05 selon les questions), suggèrent une homogénéité des réponses, les répondants étant majoritairement concentrés autour de la médiane de satisfaction. Cependant, des différences significatives sont observées pour deux questions spécifiques.

Les résultats à la question Q2 liée à la satisfaction générale vis-à-vis de l'organisation des répétitions suggèrent que, bien que la satisfaction globale soit relativement stable, l'année 2016-2017 présente une différence avec des scores de satisfaction sensiblement plus faibles. Bien que les verbatims ne permettent pas d'expliquer cette différence, ces résultats peuvent refléter des difficultés particulières vécues par les étudiants cette année-là. Toutefois, au-delà de cette plus faible adhésion en 2016-2017, on observe une augmentation du taux de satisfaction globale (scores 3 et 4), qui passe de 52,05 % en 2014-2015 à 72,41 % en 2018-2019. Cela témoigne d'une amélioration perceptible au fil du temps qui peut probablement s'expliquer par la communication autour des raisons justifiant cette scénarisation pédagogique. Par ailleurs, les effectifs plus faibles en 2017-2018 et 2018-2019 masquent des différences significatives dans les analyses statistiques, mais peuvent aussi expliquer une amélioration de la perception qu'ont les étudiants de ces activités. En effet, des effectifs plus faibles contribuent à des conditions d'encadrement plus favorables.

L'année 2016-2017 se distinguent également à la question Q3 (augmentation du niveau de maîtrise) avec des répondants montrant une satisfaction plus faible, tandis que les autres périodes ne présentent pas de différences marquées entre elles. À l'inverse, les autres années académiques montrent une constance des réponses, sans variations notables, traduisant une satisfaction globale stable.

L'hypothèse de cette recherche (« *Une modification de l'organisation des séances de résolution d'exercices, avec pour objectif est d'augmenter progressivement l'autonomie des étudiants, peut être perçue positivement par les étudiants* ») est donc validée.

Malgré ces résultats encourageants (Figures 5.6, 5.7 et 5.8), il est utile de constater que certains étudiants précisent dans la question finale de l'enquête, où ils peuvent librement ajouter un commentaire, que le format des répétitions ne leur convient pas. Les étudiants émettant ses commentaires pointent plusieurs problèmes. Ils relèvent pour certains d'entre eux (Etudiants 1 et 3) le temps d'attente conséquent du taux d'encadrement trop faible. Une partie de la solution réside en un meilleur financement de l'enseignement supérieur, mais il ne s'agit pas d'un levier sur lequel il nous est possible d'agir. Néanmoins, il a été demandé au remédiateur (travaillant à la fois dans l'enseignement secondaire et à l'université) de venir aider l'équipe d'assistants en charge des répétitions afin de réduire le temps d'attente des étudiants lorsqu'ils ont des questions.

Certains étudiants (par exemple l'étudiant 2) contestent aussi le faible nombre (à leurs yeux) d'exercices résolus au tableau. Il est possible que ceux-ci n'adhèrent pas au processus en raison d'un manque de confiance en leur capacité à résoudre des exercices par eux-mêmes. Il se sentent dès lors rassurés quand un assistant résout un exercice devant eux au tableau.

En conclusion, bien que certains étudiants aient exprimé des difficultés à s'adapter à cette méthode (notamment concernant le temps d'attente et le nombre d'exercices résolus), les résultats montrent une adhésion croissante à cette organisation au fil des ans. Cette stabilité des réponses positives peut être le résultat d'une communication accrue sur les objectifs pédagogiques, visant à renforcer l'autonomie des étudiants. Les ajustements réalisés au niveau de l'encadrement semblent avoir partiellement répondu à ces préoccupations tout en maintenant l'essence même du dispositif. Il nous semble donc utile de maintenir le processus mis en place pour deux raisons essentielles :

- Lors de l'examen, l'étudiant devra résoudre seul des exercices et il est donc nécessaire qu'il puisse s'entraîner de manière autonome en amont de cette épreuve certificative. C'est l'essence même du dispositif mis en place. Par ailleurs, les différentes étapes qui jalonnent ce processus favorise l'auto-

régulation et permet à l’étudiant de tendre vers l’ « apprenant-expert » décrit par Ertmer & Newby (1996).

- Par ailleurs, en termes de processus cognitifs (Bloom, 1956 ; Anderson & Krathwohl, 2001), l’étudiant passif écoutant et regardant un assistant résoudre un exercice devant lui se limitera à la compréhension. Or, lors de l’examen, il est invité à mobiliser également l’application et l’analyse. Ces processus ne peuvent être acquis que par l’entraînement autonome. Par ailleurs, il a été montré que la mémorisation est théoriquement nettement plus élevée grâce à la mise en place d’exercices pratiques que lors d’enseignement frontal ou de lecture passive (Brauer, 2011).

5.7 Perspectives

Bien que les résultats globaux soient encourageants, notamment avec une augmentation des taux de satisfaction, il serait intéressant d’envisager une meilleure prise en charge des étudiants nécessitant davantage d’encadrement, tout en poursuivant les efforts de communication pour valoriser l’importance de l’autonomie dans leur parcours d’apprentissage. Une piste à envisager réside l’augmentation d’exercices de type « exemples travaillés » ou « worked examples » qui permettent de soigner la progression vers l’autonomie en contournant une partie des difficultés présentes dans le raisonnement à produire. Il semble évident qu’il ne peut y avoir que ce type d’exercices proposés aux étudiants mais un renforcement de ceux-ci peut les aider à gagner en autonomie en lissant davantage les transitions entre les différentes étapes proposées par notre dispositif. Des exercices proposés en ligne avec une correction sous forme de capsule vidéo peuvent rencontrer cette perspective. Un projet de quelques exercices, proposés sous cette approche d’exemples travaillés, a été développé au cours de la crise sanitaire de 2020 et 2021. Depuis, ces exercices sont toujours proposés comme ressources complémentaires en ligne.

Il pourrait également être intéressant de modifier légèrement l’organisation de quelques séances en publiant les exercices plusieurs jours à l’avance, en invitant les étudiants à les résoudre et clôturant cette phase de travail par une séance de questions/réponses qui permettrait de lever les difficultés rencontrées par les étudiants et de leur proposer des résolutions-types. Cela nécessiterait une communication adaptée afin que chaque étudiant se rende compte de l’utilité, et même de la nécessité, de jouer le jeu et de préparer les exercices à l’avance afin que cette séance ne devienne pas une nouvelle séance passive.

Enfin, il pourrait être intéressant d'organiser l'une ou l'autre séance intégrative de résolution d'exercices et de problèmes. En effet, à l'heure actuelle, un thème de matière est fixé pour chaque séance. L'étudiant sait donc où chercher les concepts et modèles théoriques à appliquer. Or, lors de l'examen certificatif, tous les thèmes sont mélangés, ce qui complexifie ce travail de l'étudiant. Des séances intégratives pourraient pallier ce problème. Lors de celle-ci, des problèmes nécessitant la mobilisation de modèles issus de plusieurs thèmes et chapitres pourraient ainsi être proposés.

Enfin, comme cela a été évoqué au chapitre 4, il serait intéressant d'étudier les questions postées sur le forum par les étudiants, mais aussi l'utilisation que les étudiants en font. En effet, les forums sont mis à disposition des étudiants comme des outils complémentaires de remédiation. En particulier, il serait intéressant de savoir si certains étudiants n'osant peut-être pas poser leurs propres questions, par peur d'être considérés comme incompetents par leurs condisciples, fréquentent quand même le forum afin d'avoir un contact avec la matière et favoriser leur apprentissage.

Cette intervention vise à amener progressivement l'étudiant vers l'autonomie dans la résolution d'exercices et est donc principalement centrée sur l'individu, bien qu'elle agisse forcément sur les relations que l'étudiant a avec des différentes communautés comme l'équipe pédagogique ou ses pairs par exemple (Figure 5.9).

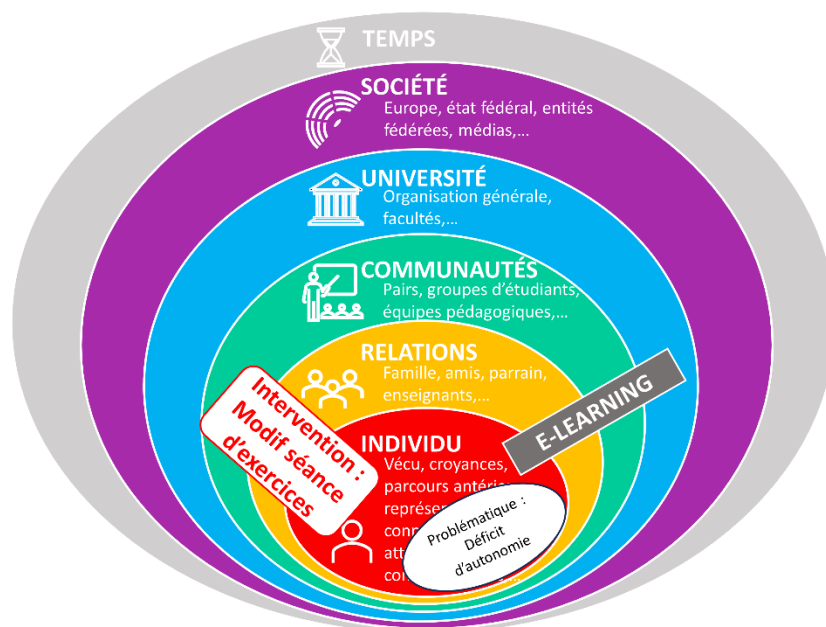


Figure 5.9 : Bien que cette intervention ait pour objectif principal d'agir sur les attitudes des étudiants et donc l'individu lui-même, elle affecte également les relations qu'il entretient avec l'équipe pédagogique notamment, mais aussi éventuellement les autres étudiants.

Chapitre 6 – Proposition d’extension n°3 : Simulateur d’examens ludifié

Contextualisation et place de l’intervention dans le développement de l’écologie d’apprentissage

Ce chapitre présente un exercice prenant la forme d’un simulateur d’examens destiné aux étudiants de première année en médecine et en sciences dentaires dans le cadre de leur cours de physique. Une dimension de ludification (gamification) a été développée dans cet outil par le biais de badges que l’étudiant est invité à collectionner dans chaque grand thème de matière.

Après une présentation de l’outil, une évaluation de celui-ci est réalisée du point de vue de sa fréquentation par les étudiants, de l’évolution de leur performance à l’examen certificatif et de la perception qu’ils en ont.

Cet outil mis à disposition des étudiants de première année afin d’étendre leur écologie d’apprentissage poursuit comme objectif principal de permettre aux étudiants de s’entraîner à la résolution de QCM, méthode d’évaluation privilégiée suite à de nombreuses réformes organisant les études de médecine (Section 1.2 ; intensité 3 du sommet C de la Figure 6.1) et choisie en raison des larges cohortes étudiantes présentes (Section 1.1 ; intensité 2 du sommet B de la Figure 6.1). Cette extension permet donc d’améliorer l’alignement pédagogique entre les méthodes pédagogiques et d’évaluation (Biggs, 2003). Il permet aussi de fournir à l’étudiant un moyen de tester à tout moment son niveau maîtrise dans chaque grand thème de matière, et donc de bénéficier davantage de contrôle sur son apprentissage (Viau, 2009). L’ajout de badges à collectionner peut renforcer son sentiment de compétence (Viau, 2009). Ces derniers éléments jouent sur les attitudes des étudiants, en particulier, l’engagement et la motivation (intensité 2 du sommet D de la Figure 6.1).

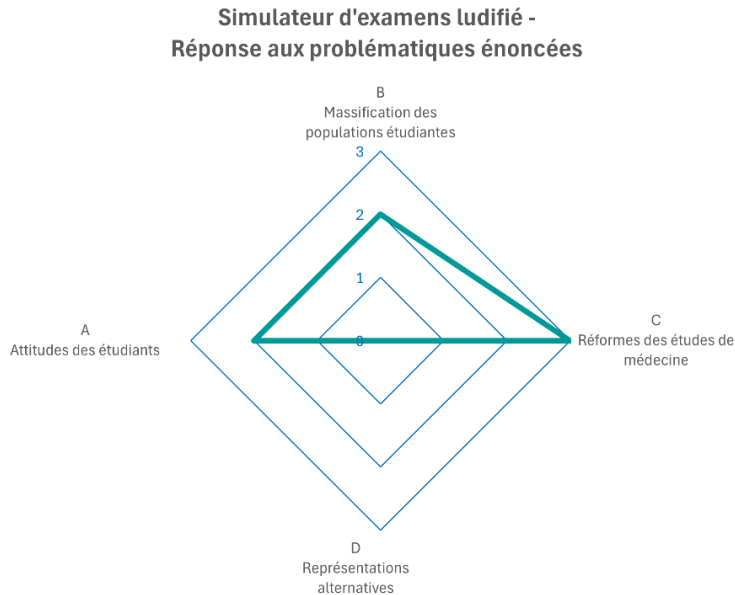


Figure 6.1 : Le simulateur d'examens ludifié permet aux étudiants de s'entraîner à la résolution de QCM et de collecter des badges, ce qui influence leur motivation à entrer en contact avec le cours de physique.

6.1 Introduction : Contexte et problème (Marique et al., 2019)

L'arrivée de cohortes pléthoriques en première année de médecine (Section 1.1) combinée aux multiples réformes engagées dans l'organisation de ces études (Section 1.2) a poussé l'institution et les équipes pédagogiques à interroger les étudiants sous forme de QCM. Cependant, les étudiants sont peu entraînés à ce type d'évaluation lorsqu'ils arrivent à l'université. Il est donc primordial d'offrir des possibilités d'entraînement à ce type d'évaluation afin de garantir un alignement pédagogique cohérent (Biggs, 2003).

Le travail sur l'écologie d'apprentissage présenté dans ce chapitre se greffe directement sur une extension décrite dans le chapitre 4 : les évaluations formatives en ligne. L'initiative, même si elle peut être vue comme une extension de l'écologie, car il y aura effectivement une augmentation quantitative de la base de question, est mieux qualifiée par un effort de raffinement qui emprunte sa forme à la gamification d'activités d'apprentissage. Cette gamification se veut une réponse directe à un double constat : un bon niveau de satisfaction par rapport aux évaluations en ligne, compris entre 62,1 % et 84,3 % d'opinions positives selon les années, mais un faible taux de fréquentation, entre 10,7 % et 27 % selon les tests en 2014-2015 (Section 4.3). Accessoirement, Il ressortait également des réponses à la question ouverte, permettant d'ajouter un commentaire, de préciser

une réponse ou de suggérer une idée de développement, que certains étudiants souhaitaient des banques de questions plus larges :

Etud010 en 2014-2015 : « Tests formatifs : C'est dommage qu'il n'y ait pas plus de questions, une plus grande "playlist" de questions, choisies aléatoirement... Sinon ça aide aussi à voir où on est ... »

Sur la base de ces résultats encourageants, et dans une volonté de proposer aux étudiants un outil avec lequel ils ne seraient pas systématiquement confrontés aux mêmes questions lors de la passation des tests formatifs, un simulateur d'examens ludifié a été créé et mis à disposition des étudiants dès l'année académique suivante (2015-2016).

6.2 Cadre théorique

6.2.1 Leviers pour améliorer l'apprentissage

Ce simulateur d'examens repose sur des principes pédagogiques visant à améliorer l'apprentissage en offrant aux étudiants une plus grande autonomie et des opportunités répétées d'évaluation formative. En s'appuyant sur les travaux de Viau (2009), ce dispositif met en avant l'importance de la contrôlabilité perçue par l'apprenant dans son processus d'apprentissage. La répétition des tests formatifs permet à l'étudiant d'avoir un contrôle direct sur la gestion de son apprentissage, en ajustant sa préparation en fonction des retours obtenus. Ce principe favorise une approche proactive, où l'apprenant devient un acteur de son propre parcours éducatif, comme le soulignent également Biggs (1987) et Karsenti et al. (2007).

L'un des principaux leviers de ce simulateur réside dans sa flexibilité d'utilisation : disponible en ligne, il permet aux étudiants de s'entraîner à n'importe quel moment et depuis n'importe quel lieu, pourvu qu'ils aient accès à une connexion internet. Cette possibilité de décroquer l'apprentissage au-delà des murs de l'université offre une nouvelle dynamique, où les étudiants peuvent renforcer leurs compétences en optimisant les temps "morts" de leur journée, par exemple pendant un trajet en transport en commun ou entre deux cours. Cette approche, en phase avec les travaux sur l'apprentissage ubiquitaire (Karsenti et al., 2007), augmente le nombre de contacts avec la matière, ce qui est un facteur reconnu pour améliorer la rétention et la compréhension (Viau, 2009).

Par ailleurs, la gratification des efforts accomplis sous la forme de badges renforce le sentiment de compétence et la motivation intrinsèque des étudiants. Viau (2009) souligne que le sentiment de compétence et d'efficacité personnelle, lorsqu'il est renforcé par des indicateurs concrets de progrès, encourage l'étudiant à s'engager

davantage et à persévérer dans l'effort. Ce principe est central dans la théorie de la motivation, où l'acquisition de compétences se nourrit d'un cycle de succès et de retour d'information positif.

Le dispositif proposé s'aligne avec plusieurs des leviers identifiés par Poumay (2014) pour améliorer l'apprentissage dans l'enseignement supérieur (voir Figure 6.2), notamment la flexibilité, l'engagement actif et l'autorégulation. Cependant, la "valeur de l'activité", qui concerne la pertinence perçue des tâches en relation avec le domaine d'étude, n'a pas été spécifiquement visée dans le développement initial. Cela dit, l'utilisation d'une banque de questions issues des examens certificatifs des dernières années, qui avaient été spécifiquement élaborées pour correspondre au domaine médical (Chapitre 4), compense en partie ce manque. Les étudiants bénéficient ainsi d'un contenu pertinent qui leur permet de mieux cerner les attentes des épreuves finales et de se familiariser avec le format des questions d'examen.

1	Améliorer l' alignement pédagogique entre objectifs, méthodes et évaluation au sein de son cours (ou programme)	Biggs 2003 (notion d' alignement constructif)
2	Rendre l'étudiant plus actif durant son cours (ou programme), de façon à rendre ses apprentissages plus profonds, plus durablement ancrés et plus transférables	Biggs 1987 (apprentissage en surface/profondeur)
3	Augmenter la valeur des activités aux yeux de l'étudiant, notamment en les rapprochant de son futur vécu professionnel	Déterminants de la motivation (Viau 2009)
4	Augmenter le sentiment de maîtrise ou de compétence de l'étudiant	Parmi les déterminants internes du savoir-agir autonome (Georges 2010)
5	Donner à l'étudiant davantage de contrôle sur les tâches qu'on lui propose, d'autonomie dans le pilotage de ses apprentissages	
6	Introduire l'usage des TIC dans un cours ou un programme	Viau (SD) ; Karsenti <i>et al.</i> (2007, 2012)

Figure 6.2 : Poumay (2014) identifie six leviers pour améliorer l'apprentissage des étudiants de l'enseignement supérieur (Poumay, 2014, p. 4).

6.2.2 La notion de ludification

Le recours à la ludification, ou gamification, dans le cadre de ce simulateur d'examens s'avère être un levier essentiel pour renforcer la motivation et l'engagement des apprenants. La littérature scientifique montre clairement que l'intégration d'éléments ludiques peut avoir un impact positif sur l'engagement des étudiants (Buckley & Doyle, 2016 ; Darejeh & Siti Salweh, 2016 ; Hamari et al., 2014, 2017 ; Huotari & Hamari, 2012 ; Lister, 2015 ; McGonigal, 2011). En particulier, Hamari et al. (2014) soulignent que la ludification génère une

motivation intrinsèque, augmentant ainsi le plaisir associé aux tâches d'apprentissage, ce qui se traduit par un investissement accru dans l'activité.

Dans notre simulateur, l'élément ludique principal est l'octroi de badges. Ces badges, en tant que récompenses visuelles, jouent un rôle crucial dans la reconnaissance des accomplissements des étudiants. Glahn et al. (2007) et Wu et al. (2015) définissent les badges comme des indicateurs visuels témoignant d'accomplissements, de réalisations ou de mérites particuliers. Anderson et al. (2013) précisent que « *les badges sont attribués aux utilisateurs pour des contributions particulières à un site, telles que la réalisation d'un certain nombre d'actions d'un type donné* » (traduction d'Anderson et al., 2013, p.95).

Le recours aux badges dans le domaine de l'éducation n'est pas nouveau, et leur efficacité a été largement étudiée dans diverses configurations pédagogiques (Abramovich et al., 2013 ; Anderson et al., 2013 ; Antin & Churchill, 2011 ; Broer & Breiter, 2015 ; Casilli & Knight, 2012 ; Gibson et al., 2015 ; Knight & Casilli, 2012 ; Shields & Chugh, 2017), y compris dans l'enseignement supérieur (Carey, 2012 ; Law, 2015 ; Mah, 2016 ; Wu et al., 2015). Ces études montrent que les badges agissent comme des catalyseurs de motivation extrinsèque, tout en encourageant un sentiment de progression tangible chez les apprenants. McGonigal (2011) et Hamari et al. (2015) soulignent également que les mécanismes de ludification favorisent une attitude plus positive vis-à-vis de l'apprentissage en augmentant la satisfaction des étudiants face à leurs efforts.

Dans notre contexte spécifique, les badges permettent de renforcer la motivation des étudiants à persévérer dans l'utilisation du simulateur et ainsi favoriser les contacts avec la matière du cours. L'impact de ces badges se manifeste tant sur le plan de la reconnaissance des efforts que sur le développement d'un sentiment de compétence (Viau, 2009), contribuant ainsi à un engagement plus fort dans la formation continue. Darejeh & Siti Salweh (2016) notent que la gamification est particulièrement efficace pour maintenir l'intérêt des étudiants dans les environnements d'apprentissage numériques, en créant des points de repère concrets pour mesurer leur progression.

L'utilisation des badges dans l'enseignement supérieur, bien qu'encore en phase d'expérimentation dans certains contextes, montre des résultats encourageants (Carey, 2012 ; Law, 2015 ; Mah, 2016). Ces recherches démontrent que la gamification, lorsqu'elle est bien conçue, ne se contente pas de motiver les étudiants à court terme, mais peut également favoriser l'apprentissage à long terme en renforçant la persévérance et l'autorégulation (Wu et al., 2015).

La mise en place de la ludification par le biais de l'octroi des badges dans ce simulateur d'examens a été pensée pour maximiser l'engagement des étudiants, favoriser une participation accrue et un apprentissage plus actif.

Cette recherche a été orientée par six hypothèses visant à évaluer l'impact de la ludification d'un simulateur d'examens sur la participation, la performance et la perception des étudiants selon le modèle des « 3 P » (Verpoorten et al., 2017) :

- Hypothèse 1 : L'introduction de badges augmente la fréquentation du simulateur par les étudiants (données de participation)
- Hypothèse 2 : Le simulateur d'examen ludifié permet divers profils d'utilisation et de stratégie de travail (données de participation)
- Hypothèse 3 : L'acquisition de badges a un effet positif sur la performance à l'examen (données de performance)
- Hypothèse 4 : Un travail régulier a un effet positif sur la performance à l'examen (données de performance)
- Hypothèse 5 : La collecte des badges de plus haut niveau a un effet positif sur la performance à l'examen (données de performance)
- Hypothèse 6 : Les étudiants expriment une satisfaction quant à leur expérience d'apprentissage avec l'outil (données de perception)

6.3 L'outil d'intervention : le simulateur d'examens ludifié

Pour développer cet outil, plusieurs principes ont été adoptés :

- le simulateur doit se composer d'anciennes questions d'examens recyclées dans cet outil,
- le nombre de questions encodées doit être suffisamment important afin que les étudiants puissent utiliser le simulateur de nombreuses fois sans être confrontés systématiquement aux mêmes questions,

une touche de gamification ou ludification doit être ajoutée surtout pour rendre l'outil attrayant, stimuler sa fréquentation et potentiellement agir sur la motivation des étudiants.

6.3.1 Recyclage de questions d’anciens examens

Afin de répondre aux deux premiers principes, l’ensemble des questions inédites proposées lors des trois sessions annuelles d’examens au cours des trois dernières années, soit plus de sept-cents au total, ont été analysées et triées par matière (selon un classement en cinq grands thèmes de matière). Elles se sont vu également attribuer un niveau de difficulté. Par la suite, chaque année, de nouvelles questions ont été recyclées et intégrées au simulateur (Marique et al., 2017).

Le niveau de difficulté, pour chaque question, a été établi par plusieurs membres de l’équipe d’enseignants. Cette attribution du niveau de difficulté repose sur 4 critères pour lesquels chaque évaluateur attribue une note de 1 à 3 :

- *Abstraction* : ce critère est lié au niveau d’abstraction de l’énoncé et de la réponse attendue ;
- *Réflexion* : ce critère estime le nombre d’étapes intellectuelles impliquées par la résolution ;
- *Mixité* : ce critère mesure la diversité des chapitres dans lesquels se trouvent les informations à mobiliser pour résoudre le problème ;
- *Niveau mathématique* : ce critère examine la compétence mathématique requise pour la résolution de la question de physique.

La moyenne calculée à partir des divers totaux indiqués par les examinateurs détermine la difficulté de la question. Un test (Kappa de Fleiss) est utilisé pour évaluer la concordance des évaluations. En cas de non accord, une discussion a été entamée afin d’aboutir à un consensus.

6.3.2 Structure du simulateur d’examens ludifié

Le simulateur a été construit sur la plate-forme eLearning institutionnelle de l’Université de Liège, eCampus, utilisant l’infrastructure Blackboard 9.1 qui offre des possibilités intéressantes en termes de ludification (Broer & Breiter, 2015).

Dans sa première version, mise en place dans les premières semaines de l’année académique 2015-2016, le simulateur, présenté par Marique et al. (2018), propose à l’étudiant de fixer trois paramètres : le thème de matière sur lequel il souhaite se tester, la durée du test qu’il veut générer et le niveau de difficulté de ce test. Une fois cela fait, un test est généré automatiquement sur la base d’un tirage aléatoire de questions avec une répartition correspondant aux paramètres choisis.

Paramètre matière

L'étudiant, en entrant dans le simulateur, est invité à choisir un des cinq thèmes de matière pour lequel il va générer un test composé exclusivement d'anciennes questions d'examens.

Ces cinq thèmes de la matière au programme du cours sont les suivants : l'optique, l'électricité, la mécanique, la mécanique des fluides (appelée simplement « fluides ») et l'imagerie médicale (nommée « imagerie »). Ils sont présentés dans l'ordre chronologique des séquences d'enseignement en présentiel.

Paramètre temps

Lorsque l'étudiant n'a encore présenté aucun test dans le thème de matière qu'il souhaite travailler, il est obligé de débiter par un test d'entrée d'une durée de 30 minutes. Ce test est composé exclusivement de questions portant sur les concepts de base de la matière et sur les prérequis éventuels. En cas de réussite, l'étudiant obtient une clé dans la matière testée. Cette clé lui donne accès aux autres durées d'entraînement, à savoir 60, 90 et 120 minutes (Figure 6.3). La durée du test fixe le nombre de questions proposées, mais le seuil de réussite est identiquement fixé à 50 %.

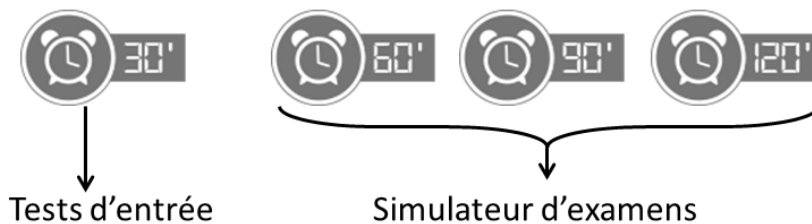


Figure 6.3 : L'étudiant doit d'abord réussir un test portant sur les bases de la matière avant de pouvoir utiliser l'outil dans le thème voulu.

Paramètre niveau de difficulté

Une fois la durée du test choisie, l'étudiant fixe le niveau de celui-ci. Trois niveaux sont proposés : le niveau (Figure 6.4) A correspond à des tests uniquement composés de questions dont le score calculé est inférieur à 2. Ces questions visent souvent essentiellement la connaissance et la compréhension (Bloom, 1956). Des questions dont le score de difficulté est compris entre 2 et 3 sont ajoutées aux tests de niveau B. Ces questions correspondent souvent à des exercices simples et directs et visent donc l'application. Enfin, les tests de niveau C comprennent des questions des niveaux inférieurs ainsi que des questions dont le score de difficulté est supérieur à 3. Celles-ci sont pour la plupart des exercices complexes pour lesquels l'analyse doit être mobilisée.

Le niveau de difficulté du test choisi peut également être vu comme un niveau à atteindre dans son apprentissage. Ainsi, le niveau C correspond à l’épreuve finale puisque celui-ci est équivalent au niveau de l’examen étant donné qu’il est composé de questions de tous types.



Figure 6.4 : L’étudiant fixe le niveau du test qu’il génère.

6.3.3 Badges

Pour chaque thème de matière, les tests d’introduction, comprenant uniquement des questions portant sur les bases de la matière et les éventuels prérequis, permettent de collecter la clé d’accès nécessaire au déblocage des autres tests du thème considéré. Une fois que l’étudiant a récolté cette clé, il peut alors générer des tests couvrant toute la matière du thème. Les tests de niveau A, plus faciles, permettent de récolter une médaille de bronze, les tests intermédiaires de niveau B, une médaille d’argent, et les tests les plus complexes, ceux de niveau C, la médaille d’or. Puisque ce sont les tests de niveau C qui correspondent à la structuration de l’examen, la médaille d’or constitue donc l’objectif final pour les étudiants.

Dans le simulateur d’examens, un tableau individuel reprenant l’ensemble des badges disponibles permet à l’étudiant de visualiser rapidement son état d’avancement dans chaque thème de matière (Figure 6.5). Une fois une médaille acquise, elle le reste définitivement, même si, par la suite, l’étudiant génère à nouveau un test correspondant et y échoue.




















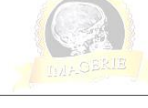
	OPTIQUE	ELECTRICITE	MECANIQUE	FLUIDES	IMAGERIE MEDICALE
ACCES (Test 30')					
BRONZE (Test A)					
ARGENT (Test B)					
OR (Test C)					

Figure 6.5 : L'étudiant peut visualiser, grâce à ce tableau, les badges qu'il a déjà réussi à collecter.

6.3.4 Le pass

Avant l'introduction du simulateur d'examens, un seul test formatif en présentiel était prévu. Il était organisé au milieu du quadrimestre et portait sur la première moitié de la matière. Un second test formatif en amphithéâtre a été créé afin de récompenser les étudiants ayant réalisé un travail suffisant sur le simulateur d'examens. Ce second test est organisé en fin de quadrimestre, juste avant la période d'étude (appelée « blocus ») précédant l'examen de janvier, et porte sur la seconde moitié de la matière. Concrètement, les étudiants ayant réussi à collecter quatre médailles d'or pour une date limite placée à quelques jours de la fin du quadrimestre peuvent télécharger un pass personnel leur donnant accès à l'amphithéâtre où est organisé le second test formatif (Figure 6.6). La médaille d'or en imagerie médicale, le dernier thème abordé, n'est pas requise pour pouvoir participer au second test formatif puisque toutes les activités d'enseignement en présentiel ne sont pas encore clôturées à la date limite de collecte des médailles.



Figure 6.6 : Le pass est automatiquement délivré à l'étudiant ayant collecté 4 médailles d'or.

6.3.5 Déroulement

La figure 6.7 présente les dates clés liées au simulateur d'examens ludifié lors du quadrimestre durant lequel le cours de physique est enseigné. Lors des années académiques suivantes, un programme similaire a été proposé.

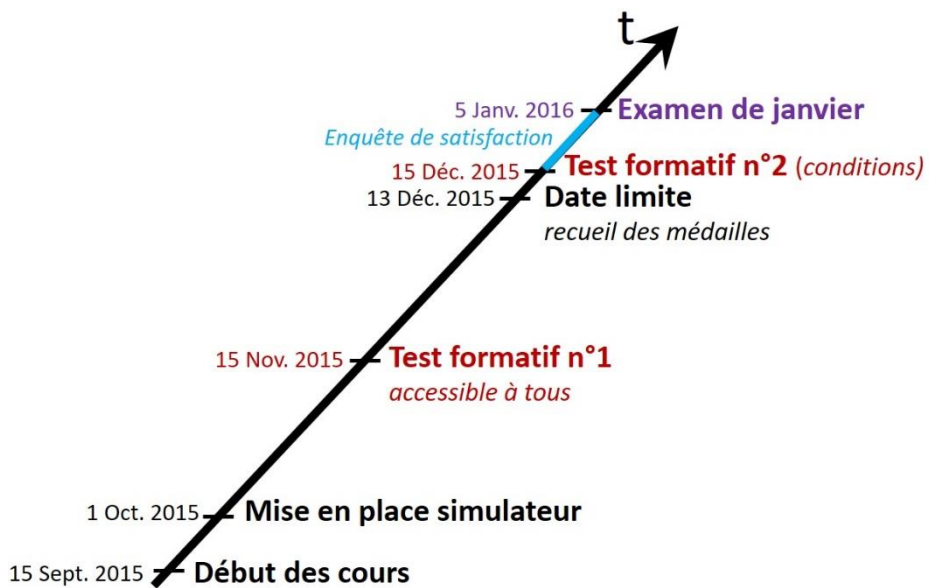


Figure 6.7 : Le simulateur d'examens est proposé tout au long du quadrimestre et jusqu'à l'examen.

6.4 Instruments, traces et données recueillies

Lors des deux premières années de mise à disposition de l'outil, trois types de données ont été recueillis durant le premier quadrimestre de l'année académique, c'est-à-dire le quadrimestre durant lequel le cours de physique est dispensé :

- *Les traces* : Un suivi de l'utilisation du simulateur d'examens ludifié par les étudiants a été opéré. En particulier, les données suivantes ont été relevées pour chaque étudiant : le nombre total de médailles obtenues, leurs niveaux, la médaille maximale obtenue dans chaque matière ainsi que la date d'obtention des différentes médailles.
- *Les scores* : Les notes globales et par thème de matière obtenues par chaque étudiant lors de l'examen certificatif de janvier, clôturant le cours de physique, ont été recueillies.
- *Un questionnaire de satisfaction* : Cette enquête portait aussi bien sur les activités en présentiel que sur celles organisées en ligne et était disponible entre la fin du quadrimestre et l'examen de janvier. Les étudiants y répondaient sur base volontaire. Trois questions, proposées sous la forme d'échelles d'opinion, portaient sur le simulateur d'examens ludifié :
 - Q14 : Le simulateur d'examens me permet de préparer efficacement l'examen. Estimez à quel point cette affirmation est vraie en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "absolument pas d'accord" ; 4 à "tout à fait d'accord".
 - Q15 : Les différentes durées proposées dans le simulateur facilitent ma manière de travailler. Estimez à quel point cette affirmation est vraie en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "absolument pas d'accord" ; 4 à "tout à fait d'accord".
 - Q16 : Les médailles à collectionner dans le simulateur augmentent ma motivation à travailler. Estimez à quel point cette affirmation est vraie en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "absolument pas d'accord" ; 4 à "tout à fait d'accord".

6.5 Résultats

6.5.1 Participation

Fréquentation générale du simulateur

Hypothèse 1 : L'introduction de badges augmente la fréquentation du simulateur par les étudiants (données de participation).

Depuis la mise en place de tests formatifs en ligne lors de l'année académique 2012-2013, les taux de participation des étudiants avaient considérablement chuté (tableau 4.2), s'établissant à des scores variant entre 10,7 % et 27 % en 2014-2015. C'est une des raisons pour lesquelles le simulateur d'examens ludifié avait été créé.

Le tableau 6.1 et la Figure 6.8 permettent d'observer que les taux de participation sur le simulateur sont nettement plus élevés que ceux observés sur les tests formatifs précédents en ligne.

	2015-2016		2016-2017	
	N	%	N	%
Optique	412	74,2	453	79,8
Electricité	337	60,7	388	68,3
Mécanique	331	59,7	390	68,7
Fluides	298	53,7	356	62,7
Imagerie	206	37,1	255	44,9

Tableau 6.1 : La fréquentation du simulateur d'examens est importante même si on observe une érosion au fur et à mesure de l'avancement du quadrimestre (les matières sont présentées dans ce tableau dans l'ordre chronologique des séquences d'enseignement).

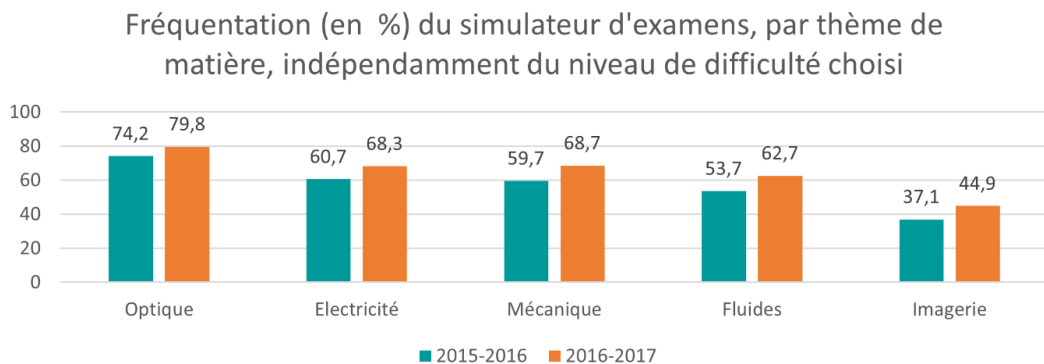


Figure 6.8 : La fréquentation diminue au cours du quadrimestre.

On peut également mettre en évidence que plus une matière est enseignée tôt durant le quadrimestre, plus le taux de participation des étudiants au simulateur d'examens dans cette matière est élevé. En effet, l'optique, au programme en début de quadrimestre, a été l'objet d'au moins une tentative, quel que soit le niveau du test choisi, par 74,2 % (N = 412) des étudiants lors de la première année de mise à disposition du simulateur et par 79,8 % (N = 453) des étudiants l'année suivante. A l'inverse, l'imagerie médicale, abordée en dernier lieu dans le quadrimestre, ne recueille que respectivement 37,1 % (N = 206) et 44,9 % (N = 255) des étudiants. Par ailleurs, outre l'érosion de la participation au cours du quadrimestre (Figure 6.8), un écart important de participation est observable entre les quatre premiers thèmes de matière d'une part (optique, électricité, mécanique et mécanique des fluides) et le dernier thème d'autre part (l'imagerie médicale).

Acquisition des médailles par type

Ce phénomène d'érosion au cours du quadrimestre est observable pour tous les types de médailles tant lors de l'année académique 2015-2016 qu'en 2016-2017 (Figure 6.9). En particulier, en 2016-2017, le taux de collecte des médailles de bronze et d'argent est beaucoup plus important pour l'optique, vue en premier, avec respectivement 42,3 % (N = 240) et 30,1 % (N = 171), que pour les autres thèmes de matière pour lesquelles ces taux varient entre 9,5 % (N = 54) et 21,5 % (N = 122). Lors des deux années académiques étudiées, nous pouvons aussi observer que moins d'étudiants collectent la médaille d'or en imagerie médicale, avec respectivement 11,9 % (N = 66) en 2015-2016 et 20,4 % (N = 116) l'année suivante.

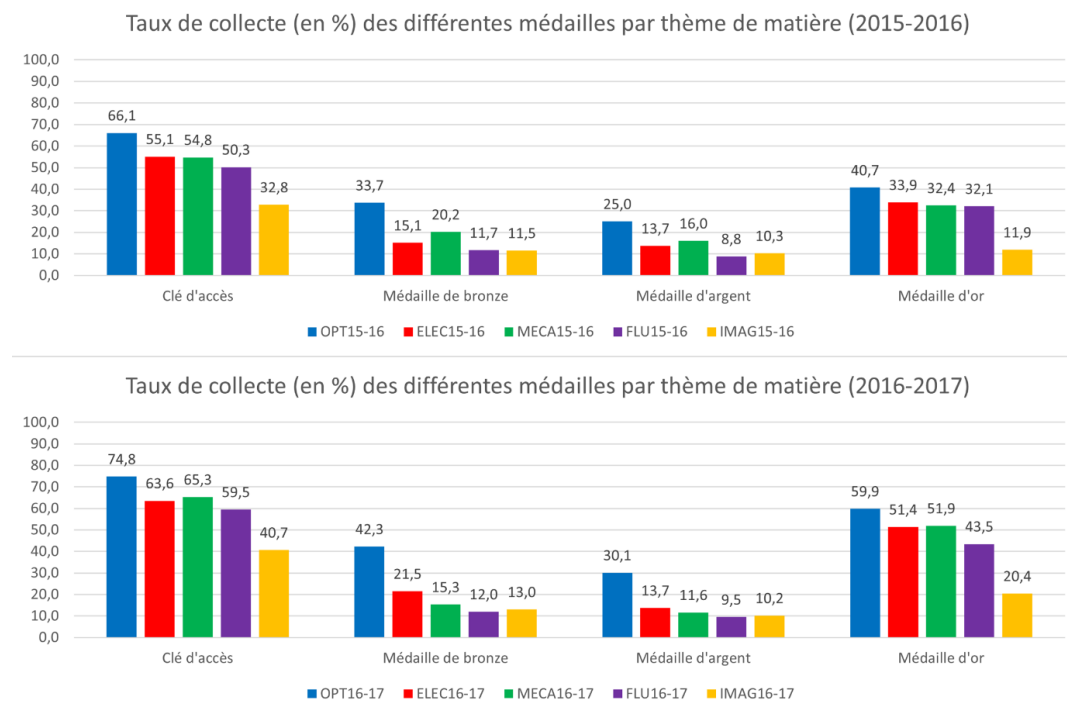


Figure 6.9 : Les étudiants collectent massivement les médailles d'or, sauf en imagerie.

Répartition temporelle de l'acquisition des médailles d'or

Hypothèse 2 : Le simulateur d'examen ludifié permet divers profils d'utilisation et de stratégie de travail (données de participation).

Nous venons donc d'observer que les tests de niveau C, octroyant la médaille d'or, rencontrent plus de succès que les tests des autres niveaux. Il est intéressant d'observer à quel moment ces médailles d'or sont engrangées. Ces données recueillies au cours des deux premières années de disponibilité du simulateur

d'examens (2015-2016 et 2016-2017) montrent à nouveau que plus un thème de matière est abordé tôt, plus il rencontre un succès important dans le simulateur. Cela est observable sur la figure 6.10 dans laquelle est illustrée l'évolution de l'accumulation de médailles d'or récoltées, thème par thème, par l'ensemble des étudiants. On peut y voir que c'est l'optique qui se détache à nouveau des autres thèmes de matière. A l'opposé, dans le cas de l'imagerie médicale, la courbe tarde à décoller et s'élève beaucoup moins que les autres.

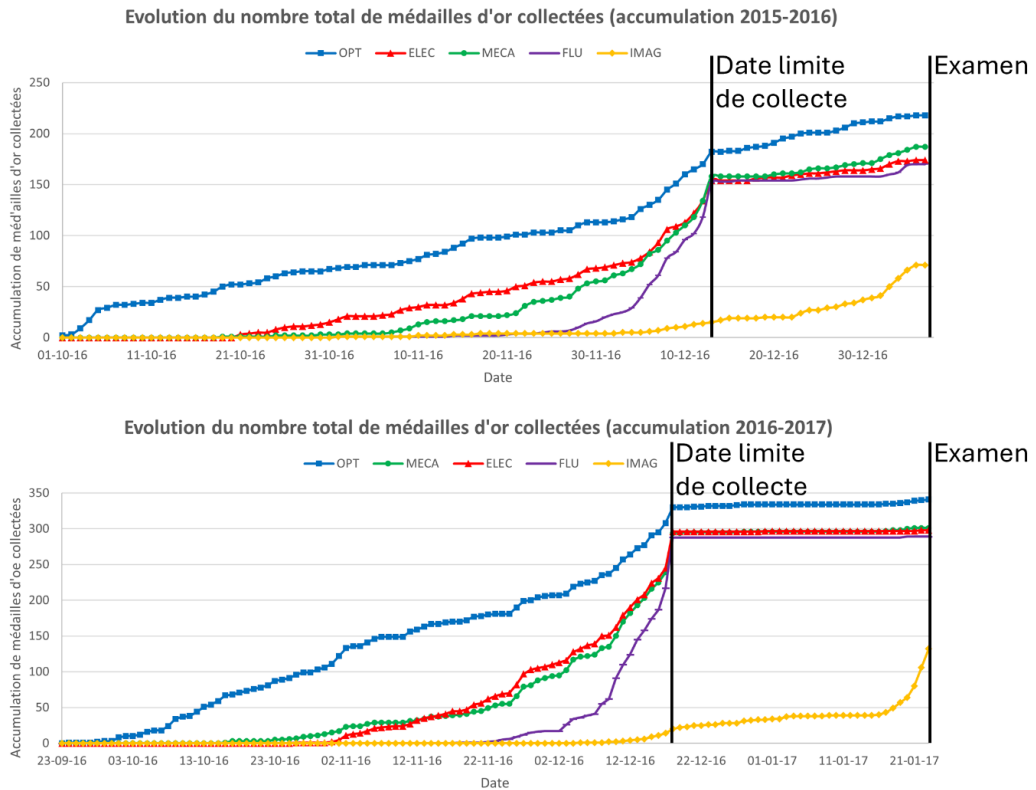


Figure 6.10 : Diverses stratégies sont mises en œuvre par les étudiants pour collecter les médailles d'or.

On peut également observer que les courbes des quatre matières pour lesquelles une médaille d'or doit être collectée pour participer au test formatif de décembre fléchissent plus ou moins fortement dans les derniers jours précédant la date limite de collecte. Cette observation rapide nous a poussés à investiguer plus en profondeur les différentes stratégies d'utilisation du simulateur. La quantité de données disponibles étant importante, quelques choix ont été opérés en amont :

- Seule l'obtention des médailles d'or est étudiée au regard des stratégies. Ce choix est justifié par le fait que les tests permettant la collecte d'une médaille d'or sont de même niveau et de même structure que l'examen de janvier. Par ailleurs, ce sont ces médailles que les étudiants doivent obtenir

pour pouvoir participer au test formatif de décembre. C'est donc a priori sur ces médailles que leur attention se concentre.

- L'imagerie médicale est écartée des analyses. En effet, il est apparu qu'une très large majorité des médailles d'or était collectée en cours de quadrimestre, et donc, peu le sont durant la période d'étude et de blocus. Cette observation est représentée sur la figure 6.10.

Sur cette base, plusieurs profils de travail se sont dégagés, correspondant chacun à des stratégies différentes :

- Certains étudiants travaillent régulièrement avec les différentes ressources mises à leur disposition et vont donc utiliser le simulateur tout au long du quadrimestre. Ces étudiants tentent donc d'obtenir la médaille d'or dans un thème de matière lorsque celle-ci est enseignée dans les différentes activités organisées en présentiel, ou juste après celles-ci. Cette population sera nommée « REG », pour « régulier », dans la suite de cette étude.
- Une partie des étudiants va utiliser le simulateur dans les dernières semaines voire les derniers jours avant la date limite de collecte de médailles, pour tenter, à la dernière minute, de remplir les conditions permettant d'accéder au test formatif organisé en amphithéâtre. Cette population sera appelée « Rush final » par la suite. D'autres étudiants, présentant des stratégies pouvant être comparées, utilisent le simulateur durant deux courtes périodes, juste avant le test formatif de novembre (voir ligne du temps de la figure 6.10) et juste avant la date limite de collecte en décembre. Ces étudiants utilisent le simulateur durant des périodes d'étude précédant des échéances d'évaluation. Ils seront regroupés sous l'appellation « Rush-TF ». Même si l'intention d'utilisation est probablement différente entre ces deux groupes, les premiers visant surtout la participation au test formatif de décembre et les seconds utilisant le simulateur comme outil d'apprentissage, ils se ressemblent néanmoins par la temporalité de l'utilisation qu'ils ont de l'outil, soit à la dernière minute. Pour cette raison, ils seront parfois regroupés dans la catégorie « RUSH ».
- Si les étudiants des catégories précitées ont utilisé le simulateur jusqu'à l'obtention du nombre requis de badges pour participer au second test, d'autres étudiants l'ont utilisé partiellement et seront regroupés dans la catégorie « PART », composée des sous-groupes « Abandon » reprenant les étudiants ayant utilisé le simulateur uniquement en début de quadrimestre avant d'arrêter de générer des tests, probablement soit parce qu'ils n'en voyaient pas l'utilité, soit parce qu'ils se sont démotivés ; « Trop tard » regroupant les étudiants ayant entamé le travail dans les derniers

jours avant l’échéance et ayant rapidement arrêté se rendant probablement compte de l’ampleur de la tâche à effectuer ; et « Partiel » prenant en compte les étudiants qui ont utilisé l’outil pour se tester sur des thèmes précis en cours de quadrimestre sans volonté affichée de participer au test de décembre.

- Enfin, certains étudiants n’utilisent jamais le simulateur. Ils seront appelés « NO ».

Sous-catégories	Catégories	N	N	%	%
Régulier	REG	76	76	13,4	13,4
Rush-TF	RUSH	57	206	10,0	36,3
Rush-final		149		26,2	
Partiel	PART	24	63	4,2	11,1
Abandon		9		1,6	
Trop tard		30		5,3	
No	NO	223	223	39,3	39,3

Tableau 6.2 : Près d’un étudiant sur deux a récolté les médailles nécessaires pour pouvoir participer au test formatif de décembre quelle que soit sa stratégie, travail régulier (REG) ou rush de dernière minute (RUSH).

Lors de l’année académique 2016-2017, 13,4 % (N = 76) de la population ont utilisé le simulateur régulièrement et 36,3 % (N = 206) l’ont utilisé « à la dernière minute », que ce soit juste avant la date limite de décembre ou également pour préparer le premier test organisé en novembre (Tableau 6.2). Près d’un étudiant sur deux a donc rempli les conditions pour participer au test formatif de décembre. 11,1 % (N = 63) ont eu une utilisation partielle de l’outil, alors que 39,3 % (N = 223) n’ont collecté aucune médaille d’or. Les résultats de ces différentes populations seront comparés dans la prochaine section.

6.5.2 Performance

Hypothèse 3 : L’acquisition de badges a un effet positif sur la performance à l’examen (données de performance).

Evolution du taux de réussite à l’examen de janvier

L’introduction du simulateur d’examens a eu un effet positif sur le taux de réussite à l’examen de janvier du cours de physique étudié (Figure 6.11). En effet, sur des épreuves semblables dans leur conception, ces taux de réussite variaient les trois années précédant l’introduction de cet outil entre 21,5 % (N = 141) en janvier 2015 et 26,8 % (N = 157) en janvier 2014. Suite à la mise à disposition du simulateur aux étudiants, ce même taux de réussite a sensiblement augmenté atteignant 37,8 % (N = 210) en janvier 2016 et 37,1 % (N = 211) en janvier 2017.

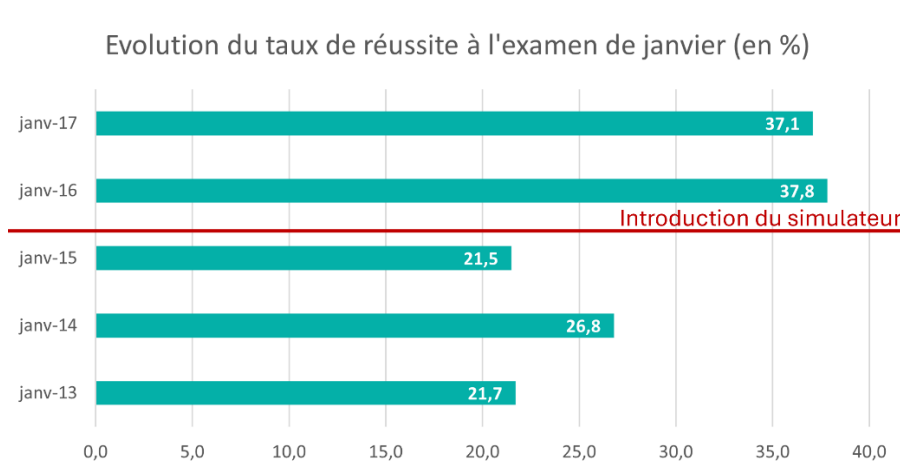


Figure 6.11 : L'introduction du simulateur d'examens ludifié a permis d'augmenter le taux de réussite à l'examen de janvier.

Un test khi-carré permet de mettre en évidence une corrélation entre la mise à disposition du simulateur d'examens ludifié et l'augmentation du taux de réussite, $\chi^2(4, 3057) = 77,8, p = 5.10^{-16}$. La force d'association mesurée ne s'élève par contre qu'à 0,16. La comparaison des moyennes n'est pas réalisée ici étant donné la mise en application du décret « Paysage » passant notamment le seuil de réussite de 12/20 à 10/20.

Analyse de la performance en fonction du nombre de badges collectés

Même s'il est impossible d'imputer de manière absolue cette augmentation du taux de réussite à l'outil, d'autres analyses tendent à montrer un effet positif de l'introduction de cet outil et de ses badges. En effet, le nombre de clés d'accès collectées est corrélé à la performance à l'examen tant en 2015-2016 ($\chi^2(5, 555) = 138,7, p = 3,4.10^{-28}$) qu'en 2016-2017 ($\chi^2(5, 568) = 106,9, p = 1,8.10^{-21}$). Les forces d'association mesurées sont assez fortes puisqu'elles valent respectivement 0,5 et 0,43. Les contributions principales à cette corrélation proviennent des configurations « échec - 0 clé d'accès », « réussite - 4 clés d'accès » et « réussite - 5 clés d'accès ». Cela est illustré sur la figure 6.12. Le fait qu'il y ait très peu d'étudiants ayant collecté 2 ou 3 médailles d'or explique probablement les pics obtenus pour ces catégories en 2015-2016.

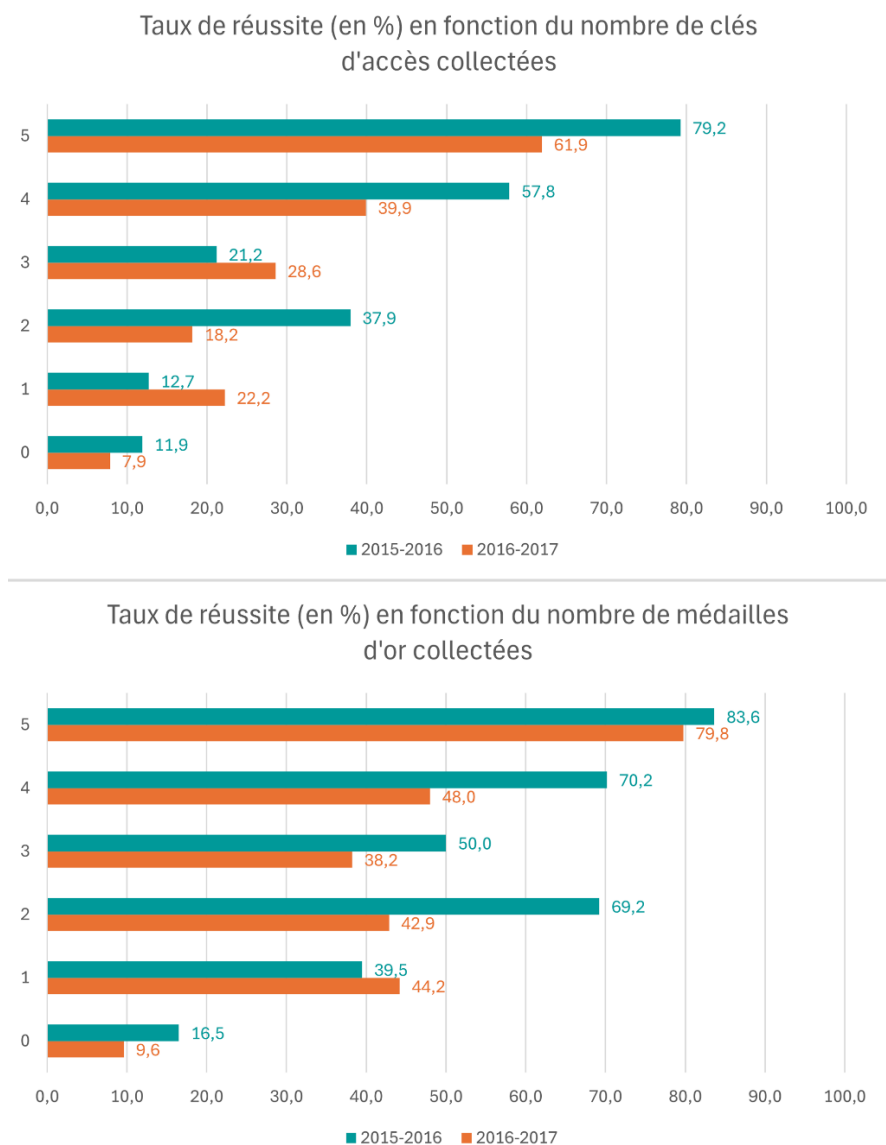


Figure 6.12 : Le taux de réussite à l'examen de janvier augmente avec le nombre de badges collectés.

Une analyse de la variance (anova) permet d'affirmer, pour ces deux années académiques, que les moyennes des différents groupes constitués sur la base du nombre de clés collectées sont significativement différentes (respectivement $F(5, 555) = 53,7, p = 2,1 \cdot 10^{-45}$ et $F(5, 568) = 41,2, p = 4,3 \cdot 10^{-36}$). En 2015-2016, la comparaison par paires permet de distinguer les étudiants ayant collecté 4 ou 5 clés d'accès des autres groupes (Figure 6.13).

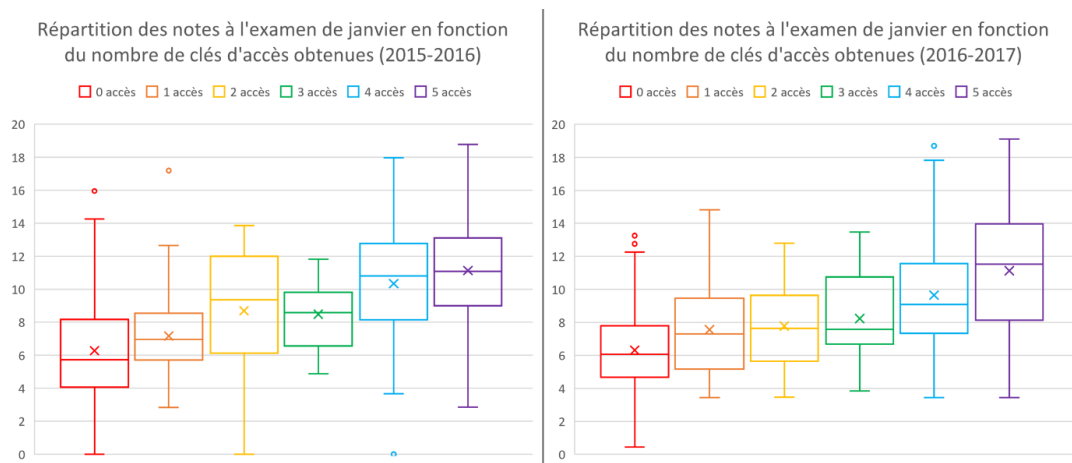


Figure 6.13 : Les étudiants ayant 4 ou 5 clés d'accès ont obtenu de meilleures notes lors de l'examen de janvier.

Des résultats similaires sont observés en mettant la focale sur le nombre de médailles d'or remportées. A nouveau, une corrélation est établie entre le nombre de badges collectés et la performance à l'examen que ce soit en janvier 2016, $X^2(5, 555) = 165,4$, $p = 6,9 \cdot 10^{-34}$, ou en janvier 2017, $X^2(5, 568) = 146,3$, $p = 8,4 \cdot 10^{-30}$. Les forces d'association mesurées sont à nouveau importantes et valent respectivement 0,55 et 0,51. Les contributions principales à cette corrélation proviennent des configurations « échec - 0 médaille d'or » et « réussite - 5 médailles d'or ».

Une ANOVA révèle des moyennes significativement différentes durant les deux années académiques étudiées (respectivement $F(5, 555) = 63,3$, $p = 4 \cdot 10^{-52}$ et $F(5, 568) = 54,9$, $p = 1,9 \cdot 10^{-46}$). En 2015-2016, la comparaison par paires place les différentes populations en trois grands groupes : les étudiants n'ayant engrangé aucune médaille d'or, ceux ayant collecté 1, 2 ou 3 médailles d'or, et enfin les étudiants comptabilisant 4 ou 5 médailles d'or (Figure 6.14). L'année suivante, les groupes extrêmes (0 ou 5 médailles collectées) se distinguent des autres populations.

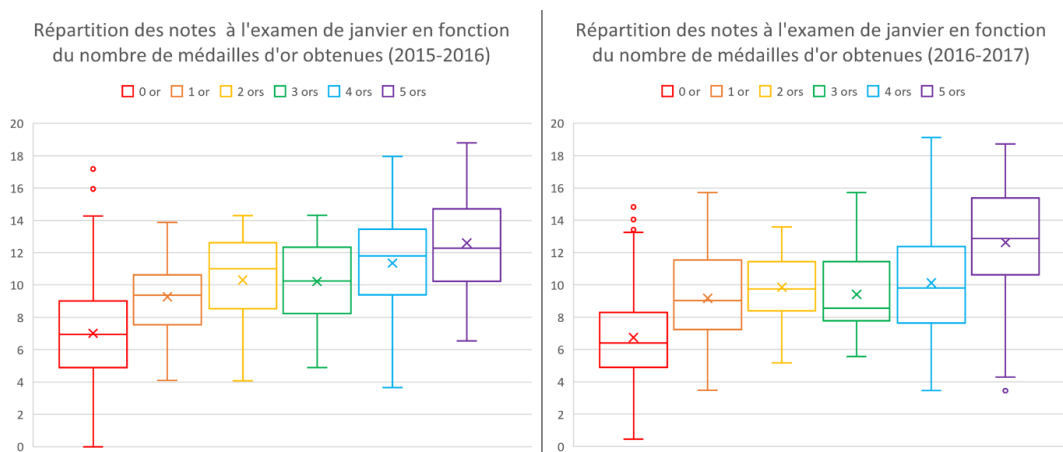


Figure 6.14 : Les étudiants ayant 4 ou 5 médailles d'or ont obtenu de meilleures notes lors de l'examen de janvier.

Analyse de la performance en fonction du profil de travail sur le simulateur

Hypothèse 4 : Un travail régulier a un effet sur l'effet positif sur la performance à l'examen (données de performance).

Les stratégies d'utilisation de cet outil semblent également impacter la performance lors de l'épreuve certificative de janvier (Figure 6.15). Les étudiants ayant travaillé régulièrement présentent un taux de réussite (78,9 % ; N = 76), nettement supérieur aux étudiants l'ayant utilisé à la dernière minute (46,1 % ; N = 206) ou partiellement (47,6 % ; N = 63). Les étudiants n'ayant pas du tout utilisé cet outil ont un taux de réussite s'élevant seulement à 11,2 % (N = 223).

Taux de réussite (en %) en fonction du profil de travail sur le simulateur d'examens ludifié

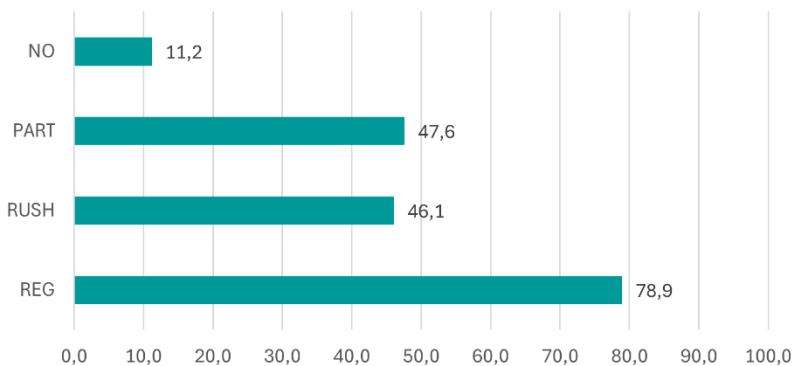


Figure 6.15 : Un travail régulier sur le simulateur augmente la performance à l'examen.

En effet, une corrélation existe entre les profils d'utilisation définis précédemment et la réussite en janvier, $\chi^2(3, 568) = 131,4$, $p = 2,7 \cdot 10^{-28}$. La force d'association

mesurée vaut 0,48. Une ANOVA permet d'affirmer que les moyennes de ces profils sont significativement différentes ($F(3, 568) = 91,2, p = 3,9.10^{-48}$). La comparaison par paires classe ces profils en trois grands groupes (Figure 6.16). Les étudiants « réguliers » (M-REG = 12,95) surclassent nettement le groupe comprenant les étudiants ayant utilisé l'outil partiellement (M-PART = 9,66) et en « rush » (M-RUSH = 9,89). Enfin, les étudiants n'ayant pas collecté de médailles d'or constituent un troisième et dernier groupe (M-NO = 6,82).

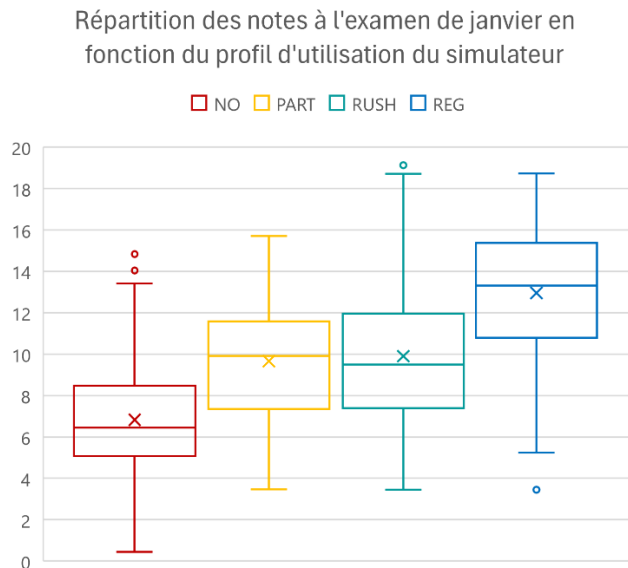


Figure 6.16 : Un travail régulier à l'aide du simulateur ludifié a un impact positif sur la performance à l'examen de janvier.

Impact de la médaille maximale collectée sur la performance dans chaque matière

Hypothèse 5 : La collecte des badges de plus haut niveau a un effet positif sur la performance à l'examen (données de performance).

Après avoir étudié l'impact du simulateur d'examens ludifié sur la performance globale, il convient de croiser le travail réalisé à l'aide de cet outil dans une matière particulière avec la performance sur les questions s'y rapportant lors de l'examen de janvier. En particulier, l'impact de la médaille maximale obtenue sera utilisé dans la suite de cette étude. Pour garantir des populations suffisamment conséquentes, les étudiants ayant collecté au maximum la clé d'accès, une médaille de bronze ou une médaille d'argent ont été rassemblés. De cette manière, par chaque thème de matière étudié, la population générale est divisée en trois groupes : les étudiants n'ayant collecté aucun badge, les étudiants ayant collecté au maximum la clé d'accès, la médaille de bronze ou la médaille d'argent, et enfin les étudiants ayant réussi à obtenir la médaille d'or.



Figure 6.17 : Les étudiants ayant collecté la médaille d’or dans une matière y performant mieux à l’examen, et ce, quelle que soit la matière.

Systématiquement, le groupe reprenant les étudiants ayant collecté la médaille d'or présente des taux de réussite plus importants que les autres groupes étudiés (Figure 6.17).

L'impact de la médaille maximale obtenue dans une matière sur la réussite des questions portant sur cette matière lors de l'épreuve de janvier est mis en évidence par des tests de corrélation χ^2 (Tableau 6.3). Chacun de ces tests montre en effet un lien entre les niveaux de performance sur le simulateur ludifié et à l'examen. Les facteurs d'association mesurés montrent également une relation à considérer puisque selon les cas, ils varient entre 0,32 et 0,45 (Tableau 6.3).

	2015-2016			2016-2017		
	χ^2	<i>P</i>	<i>V</i>	χ^2	<i>p</i>	<i>V</i>
Optique	100,5	1,50.10 ⁻²²	0,43	70,4	5,06.10 ⁻¹⁶	0,35
Mécanique	109,3	1,82.10 ⁻²⁴	0,44	58,7	1,77.10 ⁻¹³	0,32
Electricité	111,1	7,66.10 ⁻²⁵	0,45	67,2	2,51.10 ⁻¹⁵	0,34
Fluides	79,9	4,59.10 ⁻¹⁸	0,38	63,3	1,82.10 ⁻¹⁴	0,33
Imagerie	72,4	1,95.10 ⁻¹⁶	0,36	60,6	6,79.10 ⁻¹⁴	0,33

Tableau 6.3 : Plus le badge collecté dans un thème de matière est élevé, meilleure est la performance à l'examen aux questions s'y rapportant.

6.5.3 Perception

Hypothèse 6: Les étudiants expriment une satisfaction quant à leur expérience d'apprentissage avec l'outil (données de perception).

Les enquêtes de satisfaction proposées aux étudiants sur base volontaire lors des années académiques 2015-2016 et 2016-2017 ont recueilli respectivement 169 (30,5 % de participation) et 164 (28,9 %) réponses.

Lorsqu'il est demandé aux étudiants de se positionner sur la proposition « Le simulateur d'examens me permet de préparer efficacement l'examen », respectivement 79,9 % (N = 135) et 88,4 % (N = 145) des répondants jugent favorablement ou très favorablement l'utilité et l'efficacité du simulateur dans la préparation de l'examen (Figure 6.18).

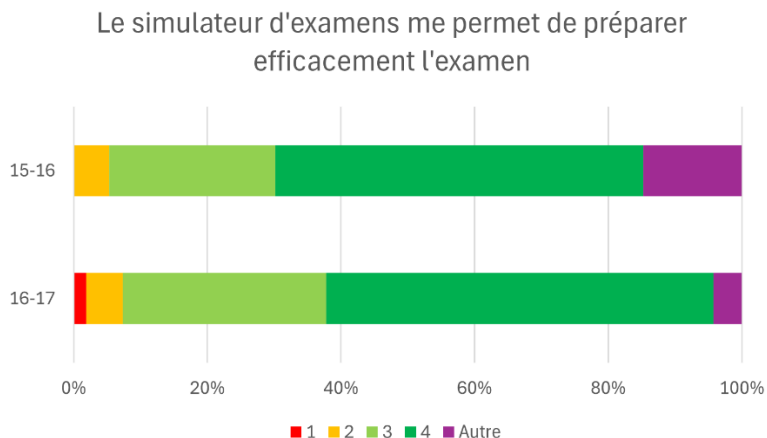


Figure 6.18 : Une très large majorité d'étudiants voit l'outil comme une aide dans la préparation de l'examen.

A la proposition « Les différentes durées proposées sur le simulateur facilitent l'organisation de mon travail », respectivement 68 % (N = 115) et 74,4 % (N = 122) des répondants donnent un avis favorable ou très favorable (Figure 6.19).

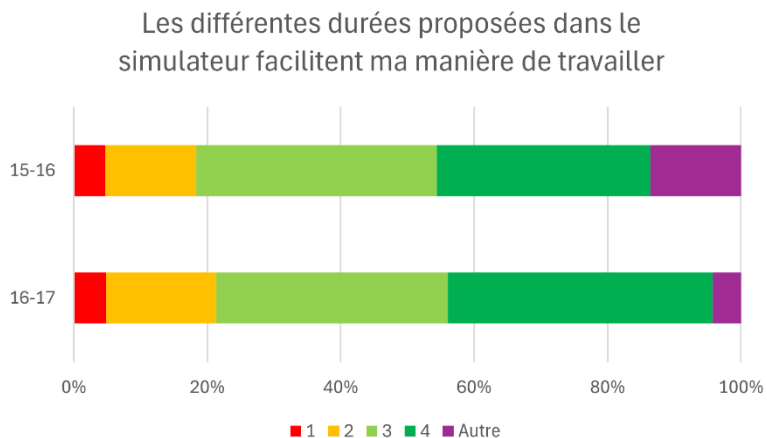


Figure 6.19 : Une majorité d'étudiants voit dans le simulateur un rôle de facilitateur dans l'organisation du travail grâce aux différentes durées des tests proposées sur cet outil.

Enfin, respectivement 58,6 % (N = 99) et 78 % (N = 128) des répondants sont d'accord ou tout à fait d'accord avec la proposition « Les médailles à collecter dans le simulateur augmentent ma motivation à travailler » (Figure 6.20).

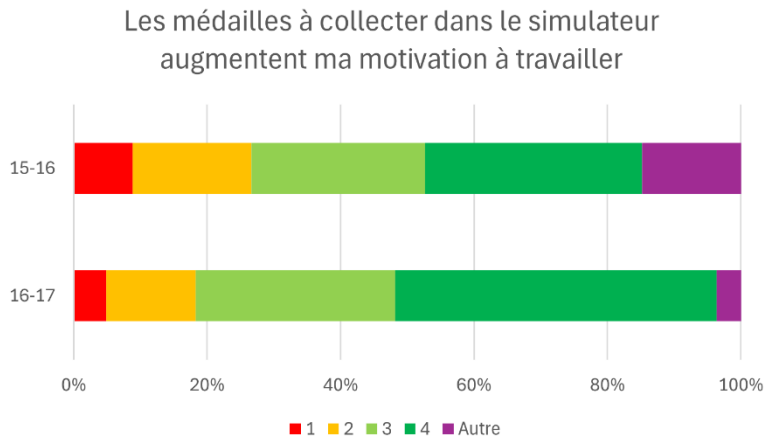


Figure 6.20 : Les médailles à collecter sont majoritairement vues comme un vecteur d'augmentation de la motivation.

6.6 Discussion

Que ce soit en termes de participation, d'augmentation de la performance lors de l'examen de janvier ou encore de perception qu'en ont les étudiants, le travail sur le simulateur d'examens ludifié semble constituer un outil qui a porté ses fruits.

6.6.1 Participation

En termes de participation, en comparaison aux premiers tests formatifs en ligne mis à disposition des étudiants lors de l'hybridation du cours, la proportion d'étudiants ayant utilisé l'outil a considérablement augmenté. Certains thèmes de matière ont rassemblé plus de 70 % des étudiants inscrits dans les filières étudiées (Figure 6.8). L'adoption de l'outil par les étudiants semble avoir été encouragée par la ludification qui y a été apportée par le biais de médailles à collectionner. Différentes études ont montré que la ludification permettait un accroissement de l'engagement (Antin et Churchill, 2011 ; Broer et Breiter, 2015 ; Kapp, 2012 ; Shields et Chugh, 2017).

Par ailleurs, l'incitant proposé, permettant aux étudiants ayant collecté suffisamment de médailles d'or (plus haut niveau de badge) de participer à un test formatif en présentiel en fin de quadrimestre, a probablement contribué positivement au succès rencontré par le simulateur. Cela peut être mis en évidence par les taux de participation plus faibles observés pour le dernier thème de matière abordé au cours, l'imagerie médicale. Ces taux s'élèvent à 37,1 % en 2015-2016 et 44,9 % l'année suivante (Figure 6.9). La médaille d'or dans cette matière n'étant pas exigée pour pouvoir participer à ce test formatif de décembre, il serait intéressant

de savoir pourquoi les étudiants qui ont été collecter cette dernière médaille d’or l’ont fait. Est-ce pour compléter leur « tableau de chasse » ? Est-ce pour se tester et obtenir une évaluation de leur niveau de compétence en prévision de l’examen ? Est-ce parce qu’ils trouvent l’outil ludique et ont donc envie d’y travailler, ce qui semble être confirmé par les résultats de l’enquête de satisfaction ? Ou encore une combinaison de ces explications ? Dans tous les cas, l’hypothèse 1 (L’introduction de badges augmente la fréquentation du simulateur par les étudiants) est rencontrée.

Le fait que la médaille d’or soit, dans chacun des thèmes de matière, le badge le plus recherché s’explique d’une part par la condition fixée pour la participation au test formatif en présentiel, et d’autre part par le fait que le niveau des tests octroyant ce type de badge est le plus proche de celui de l’examen. Le chemin emprunté pour y parvenir a pu être très différent d’un étudiant à l’autre, validant notre hypothèse 2 (Le simulateur d’examen ludifié permet divers profils d’utilisation et de stratégie de travail). En effet, il a été constaté différentes stratégies d’utilisation de cet outil, passant de l’étudiant régulier, qui travaille donc continuellement au cours du quadrimestre, à l’étudiant « rushant », c’est-à-dire l’utilisant dans les derniers jours précédant la date limite de collecte, ou encore à l’étudiant saisissant l’opportunité de l’outil pour l’un ou l’autre thème en fonction de ses besoins, mais sans viser nécessairement une participation au test formatif de fin de quadrimestre (Figure 6.10).

Cette forme de différenciation de l’apprentissage, en plus de celle qui est offerte par les différents paramètres de génération des tests a été notamment rendue possible par l’absence d’un guidage trop strict. A titre d’exemple, il avait été décidé en amont par l’équipe enseignante de ne pas obliger les étudiants à présenter les tests dans un ordre de difficulté croissante (test de niveau A puis test de niveau B et enfin test de niveau C), mais de les laisser définir leur propre stratégie. Cette volonté de créer un dispositif à destination de l’ensemble des étudiants, sans distinction de leurs profils soutient des stratégies diverses de travail (Verpoorten et al., 2009).

6.6.2 Performance

L’introduction de cet outil a permis d’augmenter la note moyenne globale à l’examen de janvier. Cet outil permettant de résoudre de nombreuses questions à choix multiples a probablement permis aux étudiants d’acquérir des compétences vis-à-vis de ce type d’évaluation qu’ils ont généralement peu rencontré dans l’enseignement secondaire. Même si le simulateur ludifié semble donc jouer un rôle dans l’augmentation du taux de réussite, il convient de rester prudent tant l’explication de la réussite est multifactorielle (niveau de départ des cohortes, effets

des enseignants, réformes, ...). En outre, l'utilisation de cet outil est corrélée à la performance lors de l'examen de janvier, que ce soit au regard du nombre de clés d'accès (Figure 6.13) ou du nombre de médailles d'or collectées (Figure 6.14). Ces éléments permettent de valider l'hypothèse 3 (L'acquisition de badges a un effet positif sur la performance à l'examen).

Les étudiants les plus assidus au dispositif présentent systématiquement de meilleurs résultats lors de l'examen. D'ailleurs, ce sont les étudiants du groupe « régulier » qui performent le mieux à l'examen (Figures 6.15 et 6.16), validant donc l'hypothèse 4 (Un travail régulier a un effet positif sur la performance à l'examen).

L'analyse de profils réalisée, qu'il serait nécessaire d'approfondir, permet de distinguer différents profils généraux de travail. Comme nous l'avons vu, certains étudiants, travaillant régulièrement, présentent les tests de difficultés croissantes d'un thème de matière dès la fin des activités d'enseignement en présentiel y correspondant. Cette stratégie leur permet de rester continuellement à jour et d'évaluer régulièrement leur maîtrise, ce qui peut constituer un effet rassurant de par la contrôlabilité offerte. D'autres étudiants travaillent régulièrement mais passent aux tests de niveau similaire à l'examen dès l'obtention de la clé. Probablement considèrent-ils comme une perte de temps les autres tests. Des abandons ont également pu être observés. Il serait intéressant d'en investiguer les raisons. Est-ce parce que ces étudiants n'ont pas adhéré à l'outil ou est-ce parce qu'ils étaient en décrochage vis-à-vis de la matière ?

Lorsque l'on met la focale sur chacun des thèmes, on observe à nouveau une corrélation forte mesurée entre le type de badge obtenu et la performance sur les questions du thème étudié lors de l'épreuve certificative (Figure 6.17). Le niveau maximal de badge obtenu est également corrélé avec une meilleure performance, et ce, dans chacun des thèmes de matière étudié (Tableau 6.3). L'hypothèse 5 (La collecte des badges de plus haut niveau a un effet positif sur la performance à l'examen) est donc vérifiée.

Comme souvent en pédagogie, il convient de nuancer ces résultats puisqu'il se peut que ce soit les étudiants déjà motivés et engagés dans la tâche qui aient saisi l'opportunité de cet outil pour travailler autrement ou davantage leur cours de physique. Néanmoins, les données issues de l'enquête de satisfaction semblent indiquer que l'ajout de badges à collectionner a contribué à augmenter la motivation des étudiants à travailler (Figure 6.20) et les a aidés à organiser leur travail en vue de l'examen (Figures 6.18 et 6.19). Ce constat rejoint les travaux de Frazer et al. (2007), Viau (2009) et Hamari (2017).

Il se peut donc que l'impact de la ludification sur la performance se révèle indirect, mais il n'en est pas moins intéressant. En effet, en renforçant la motivation à s'entraîner, elle encourage une utilisation plus intense du simulateur, augmentant ainsi le contact avec la matière, le rendant plus fréquent et régulier. Cela conduit l'étudiant à une meilleure préparation pour l'examen. Par ailleurs, l'étudiant peut développer différentes stratégies d'utilisation de l'outil en fonction de son profil. Un étudiant régulier, par exemple, peut utiliser l'outil dans une scénarisation de type classe inversée en lui offrant la possibilité de s'autoévaluer et de retravailler les concepts de la matière de manière autonome et d'ainsi profiter des séquences en présentiel pour favoriser la mise en pratique et les échanges dans un but remédial. Pour d'autres profils, le simulateur constitue une autre opportunité d'exercitation et lui permet également de le guider dans son travail (Verpoorten et al., 2007). Dans ce cas, le simulateur participe à une diversification des manières d'apprendre.

6.6.3 Perception

La perception qu'ont les étudiants de ce dispositif est globalement positive. Les étudiants indiquent que le simulateur d'examens les aide à préparer efficacement l'examen de janvier (Figure 6.18). Les étudiants relèvent une certaine efficacité dans l'outil (Figure 6.19) puisqu'ils jugent le ratio « temps consacré / bénéfices pour l'étude » satisfaisant (Elen & Lowyck, 1998). Ils semblent également considérer l'impact de la collecte des badges sur leur motivation (Ryan & Deci, 2000). Néanmoins, comme l'indique Marique et al. (2019) :

« Il est parfois reproché aux approches recourant aux jeux et aux récompenses de stimuler une motivation extrinsèque. Ce reproche pourrait être adressé à la ludification du simulateur. Les étudiants ne doivent-ils pas, par l'entremise des enseignants, développer avant tout un plaisir internalisé d'apprendre (Meirieu, 2014), une passion gratuite pour leur objet d'étude, indépendamment de toute considération stratégique liée à une récompense ? Le simulateur ludifié ne fait-il pas basculer la fréquentation de la matière dans une forme de logique comptable fondée sur des badges et bien loin des idéaux universitaires ? » (Marique et al., 2018, p.28)

Le simulateur d'examens étant le seul outil ludifié proposé dans ces filières d'étude, il « participe donc davantage d'une diversification des manières d'apprendre que d'une sorte de dictature du ludique » (Marique et al., 2018, p.28). Cet outil permet surtout d'augmenter la fréquence des étudiants avec la matière d'un cours souvent mal-aimé dans ces filières d'étude en raison de sa prétendue distance avec les matières médicales. L'ajout de badges rend donc l'expérience

d'apprentissage plus agréable, ce qui valide l'hypothèse 6 (Les étudiants expriment une satisfaction quant à leur expérience d'apprentissage avec l'outil).

6.7 Conclusions et perspectives

Le simulateur d'examens ludifié constitue un élément clé de l'écologie d'apprentissage développée dans le cadre du cours de physique en première année de médecine et dentisterie (Figure 6.21). Ce dispositif a vu le jour en raison du choix opéré par les autorités décanales et des équipes pédagogiques d'évaluer les étudiants à l'aide de QCM, en raison des multiples réformes d'organisation des études et des cohortes pléthoriques s'inscrivant dans ces filières d'étude chaque année. Néanmoins, les étudiants étaient peu, voire non, entraînés à ce mode d'évaluation. La réponse proposée s'est donc située dans un outil d'entraînement composé de plus de sept-cents QCM et agrémentés de badges à collectionner. Ce dispositif ludifié a donné des résultats encourageants, et dont l'ampleur était inattendue, tant du point de vue de la participation, que de l'augmentation de la performance à l'épreuve certificative, ou encore de la perception qu'en ont les étudiants. Cet ajout de badges semble avoir impacté positivement la motivation des étudiants à travailler cette matière et donc augmenter la fréquence de leur contact avec ce cours.

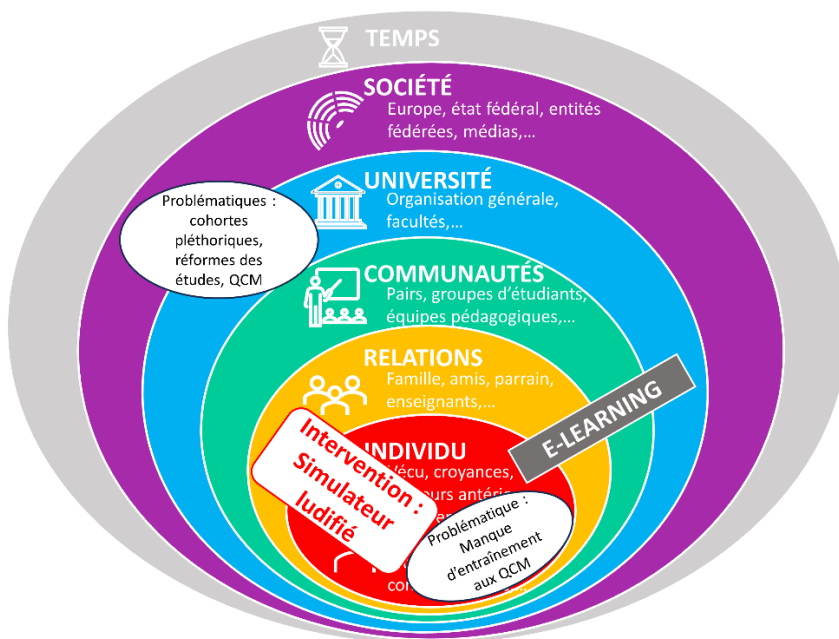


Figure 6.21 : Ce simulateur d'examens ludifié prend place dans les éléments les plus centraux de l'écologie d'apprentissage des étudiants.

La structuration de ce dispositif peut être transposée dans d’autres cours de physique, enseignés dans d’autres filières d’étude, voire dans d’autres matières. En particulier, un outil similaire a été développé dans le cadre du cours PHYS3038-1 enseigné en première année des sciences biomédicales à l’Université de Liège (Marique & Hoebeke, 2018). Certaines parties du cours de physique dans cette filière étant identiques au cours PHYS3018-1 (Figure 6.22), de nombreuses questions du simulateur initial ont pu être recyclées dans ce nouvel outil. Le cours PHYS3038-1, en sciences biomédicales, ne comprenant pas de prérequis, le simulateur d’examens a été aménagé afin de permettre à ces étudiants de se tester également sur ces matières non couvertes en médecine.

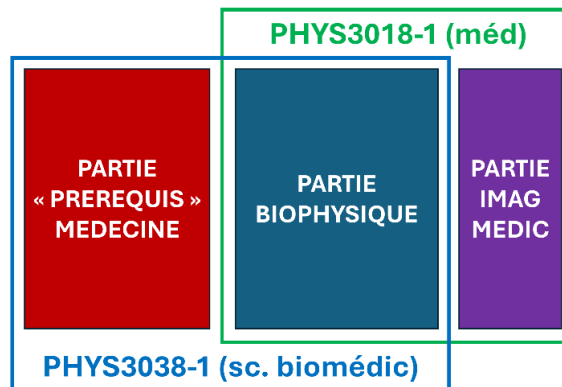


Figure 6.22 : Hormis la partie consacrée à l’étude de l’imagerie médicale, les contenus du cours de physique enseigné en médecine (PHYS3018-1) font également partie du cours de physique en sciences biomédicales (PHYS3038-1).

Par ailleurs, l’analyse des résultats des tests formatifs organisés en début d’année académique en sciences biomédicales a montré qu’une proportion importante des étudiants rencontrait des difficultés dans l’utilisation des outils mathématiques de base. Pour cette dernière raison, une partie consacrée exclusivement aux outils mathématiques qu’il est important de maîtriser pour pouvoir résoudre des exercices de physique a également été développée. L’outil est donc constitué de trois « étages » que l’étudiant est invité à parcourir dans l’ordre (Figure 6.23). Dans un premier temps, il est invité à présenter un test portant sur les outils mathématiques et obtenir un score de minimum 70 %. Une fois cela fait, l’accès au second étage est débloqué. Dans celui-ci, l’étudiant peut se tester dans chaque grand thème de matière (défini par le simulateur développé en médecine) sur la matière au programme de l’enseignement secondaire et revue dans le cadre du cours PHYS3038-1. Une fois le test réussi dans un thème de matière, l’étudiant reçoit la « clé d’accès » à ce thème pour le troisième et dernier étage du simulateur. Le test sur la matière déjà enseignée dans le secondaire remplace donc le test d’introduction du premier simulateur développé dans ce chapitre.

SIMULATEUR D'EXAMENS

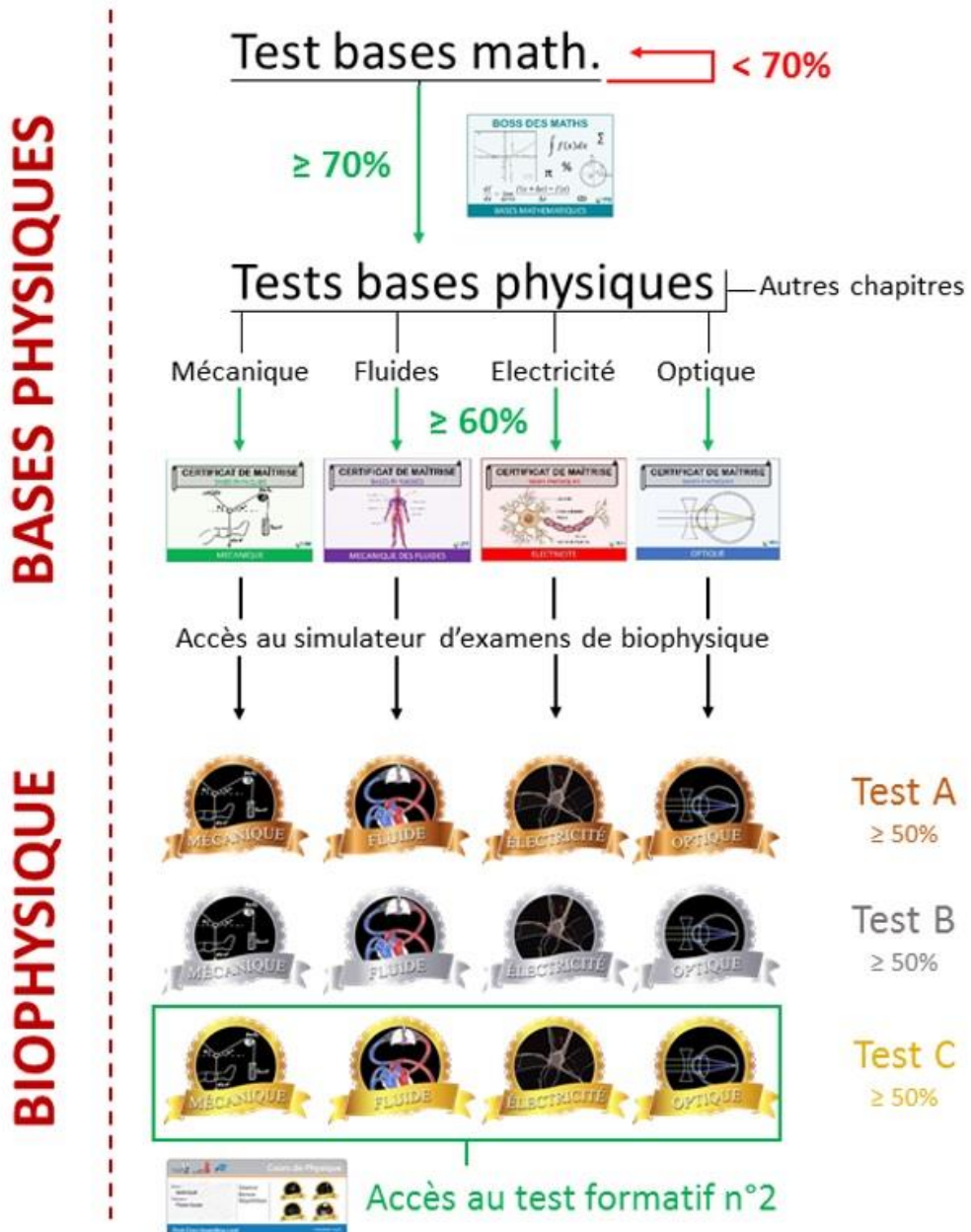


Figure 6.23 : Une deuxième version du simulateur d'examens a été créée pour les étudiants inscrits au cours de physique PHYS 3038-1 en sciences biomédicales (Sbim).

En termes de recherche, il serait intéressant d’investiguer davantage les profils d’utilisation de cet outil. En effet, nous nous sommes principalement intéressés à l’impact de la collecte des médailles d’or sur la performance pour les raisons évoquées. Néanmoins, il serait intéressant d’analyser plus en profondeur les stratégies complètes des étudiants en faisant également intervenir les autres badges à collecter et les éventuelles différences de stratégies entre les matières.

Prenons l’exemple de l’étudiant dont le tableau des médailles au moment de l’examen est présenté sur la figure 6.24.





















	OPTIQUE	ELECTRICITE	MECANIQUE	FLUIDES	IMAGERIE MEDICALE
ACCES (Test 30')					
BRONZE (Test A)					
ARGENT (Test B)					
OR (Test C)					

Figure 6.24 : En fonction du thème de matière, cet étudiant a adopté des stratégies d'utilisation différentes.

On peut imaginer que cet étudiant a, a priori, suivi un parcours assez linéaire pour le premier thème de matière abordé au cours, l’optique, en collectant la clé d’accès, la médaille de bronze, puis la médaille d’argent, et enfin, la médaille d’or. Par contre, dans le cas du deuxième thème, l’électricité, après avoir récupéré la clé d’accès, il s’est directement concentré sur l’objectif final que constitue la médaille d’or. Cela peut éventuellement s’expliquer par une meilleure maîtrise des concepts de base de l’électricité au départ. Dans ce cas, l’étudiant se sentant en confiance et étant assez sûr de ses capacités, se confronte directement au test correspondant à ce qu’il pourrait rencontrer à l’examen. Concernant la mécanique et la mécanique des fluides, l’étudiant n’a visiblement pas ressenti le besoin de tester sa maîtrise des concepts théoriques de base dans ces deux thèmes et s’est directement orienté vers leur mise en pratique au moyen d’exercices simples d’abord, donnant accès à la médaille d’argent, et d’exercices complexes par la suite.

Il pourrait s’avérer intéressant d’observer le profil de chaque étudiant vis-à-vis de chaque thème de matière afin d’en dégager les motivations à utiliser l’outil.

Chapitre 7 – Proposition d'extension n°4 : Vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques

Contextualisation et place de l’intervention dans le développement de l’écologie d’apprentissage

Au départ d’observations des encadrants de travaux pratiques, qui notaient chez les étudiants des difficultés à isoler, hiérarchiser et lier entre eux les concepts de base pour pouvoir les appliquer, une proposition d’extension d’écologie d’apprentissage a été développée et est présentée dans ce chapitre. Le dispositif proposé permet notamment d’améliorer la perception de compétence des étudiants et d’ainsi accroître leur engagement dans la tâche.

Afin d’objectiver les observations des encadrants, une enquête a été réalisée, dont les résultats sont fournis en premier, car ils ont permis d’explicitier le problème. Les solutions possibles sont ensuite discutées. La troisième partie présente celle retenue, à savoir une extension multimédia de l’écologie d’apprentissage prenant la forme de vidéos, associées à différents défis et quiz trouvant leur place en amont des séances de travaux pratiques de physique afin d’introduire celles-ci. Cette intervention globale active certains principes de la classe inversée.

Ce sont les attitudes de l’étudiant, en particulier sa motivation à s’engager dans les activités pratiques prévues à son programme de cours, qui sont visées dans cette intervention pédagogique (intensité 3 du sommet A sur la Figure 7.1). Ce projet répond partiellement également à la problématique des cohortes pléthoriques (intensité 1 du sommet B sur la Figure 7.1) observées dans ces filières d’étude. En effet, le financement en enveloppe fermée, malgré l’accroissement des populations étudiantes, engendre une diminution de l’encadrement par étudiant. Puisque ce projet vise à présenter les concepts et modèles théoriques en amont de la séance sous forme de vidéos, au lieu de le faire complètement oralement en début de séance, le gain de temps est considérable pour chaque sous-groupe d’étudiants. Celui-ci peut alors être récupéré par les encadrants dans les échanges concrets qu’ils peuvent avoir avec les étudiants aux tables de laboratoire. Les représentations alternatives (intensité 1 du sommet D sur la Figure 7.1) sont également ciblées par ce projet puisqu’une attention particulière y a été portée dans la conception des vidéos.

Une enquête conduite auprès des étudiants détermine dans quelle mesure ils estiment que le dispositif mis en place a favorisé leur apprentissage, en particulier, dans le cadre des activités pratiques.

Vidéos d'introduction aux séances de TP - Réponse aux problématiques énoncées

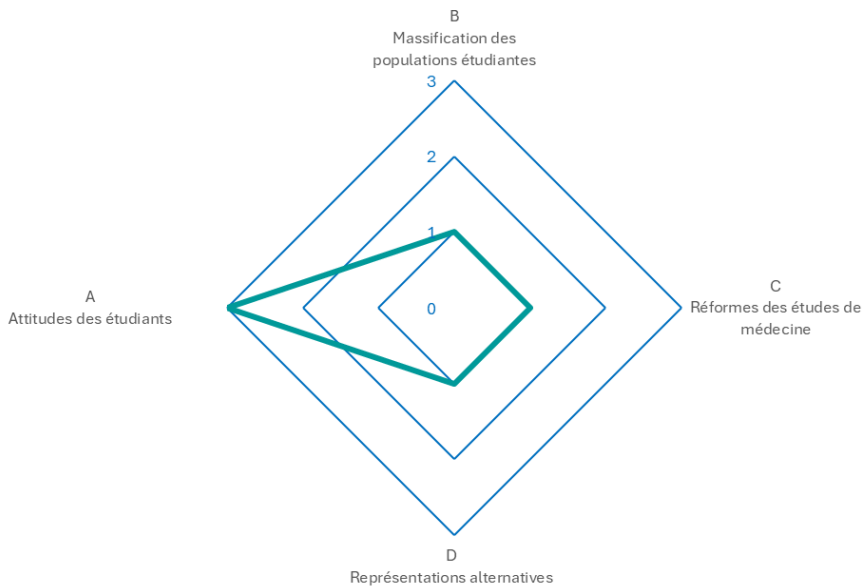


Figure 7.1 : L'objectif de cette intervention étant ciblée sur le travail préparatoire de l'étudiant aux séances de travaux pratiques et sur le rapport qu'il entretient avec la matière, en particulier sa motivation, ce sont principalement les attitudes qui sont visées.

7.1 Introduction : Contexte et problème

Les deux séances de travaux pratiques en laboratoire destinées aux étudiants inscrits en première année de bachelier en médecine et en sciences dentaires portent sur l'optique et l'électricité. La première vise à mettre en pratique les notions théoriques sur les lentilles, et la seconde, l'étude du circuit RC-série ainsi que la modélisation de l'axone. Chacune de ces séances dure 4 heures. Les travaux pratiques représentent à peine plus de 10 pourcents des heures au programme du cours PHYS3018-A-a (8 sur 78). Les notes (cahier de laboratoire) de ces travaux pratiques sont disponibles en ligne sur la plate-forme institutionnelle dès le début de l'année académique. Aucun travail préalable à la séance n'est demandé aux étudiants. Par ailleurs, aucun rapport n'est demandé à l'issue de la séance. Les notes prises par l'étudiant durant celle-ci doivent l'aider lors des révisions préalables à l'examen certificatif. Le dispositif souffre d'un problème d'alignement pédagogique (Biggs, 2003), les étudiants étant évalués sous forme de QCM lors de l'examen du cours, la pratique n'est jamais évaluée directement.

En pratique, en introduction de la séance au laboratoire, l’assistant-responsable de la séance rappelle, de manière ex cathedra, les notions de base essentielles à la bonne compréhension du laboratoire et présente le matériel qui sera utilisé. Ensuite, il fournit les explications pratiques sur le premier bloc d’expériences à réaliser ayant un dénominateur commun (mesure de distance focale des quatre lentilles qui sont utilisées en optique et mesure des tensions fournies par les trois générateurs utilisés en électricité). Les étudiants, regroupés par table de deux ou trois personnes, sont alors invités à accomplir les tâches indiquées dans le cahier de laboratoire. Au bout d’une durée d’environ trente minutes fixée par l’encadrant, une correction sommaire est faite et les explications des tâches suivantes sont énoncées. Ce modèle est reproduit, à trois ou quatre reprises, jusqu’aux dernières expériences à l’issue desquelles une correction complète est fournie oralement. Le découpage de la séance en différents blocs d’expérience présente l’avantage de donner du rythme à cette séance. Dans le cas où les explications fournies oralement ne sont pas suffisantes et que certains étudiants rencontrent des difficultés de compréhension, il leur est demandé d’appeler un des encadrants afin d’y pallier directement à leur table.

Les TP réduits à portion congrue, la rapidité avec laquelle il faut fournir des explications, le caractère nécessairement sommaire de celles-ci, le remplacement des examens oraux sur les pratiques de laboratoire par des QCM, le peu de poids de celles-ci (une ou deux questions portent sur chaque séance de travaux pratiques sur un total d’une quarantaine de questions) sont la résultante des réformes de l’organisation des études de médecine et de dentisterie (Section 1.2), particulièrement marquée par une réduction du nombre d’heures consacrées aux sciences de base et donc à la physique (ULiège, 2022).

Ces conditions, plus défavorables que dans la configuration antérieure, ont pu engendrer une diminution de l’intérêt des étudiants vis-à-vis des activités pratiques. D’ailleurs, depuis quelques années et de façon persistante, les encadrants des séances de travaux pratiques ont constaté chez les étudiants, un état d’impréparation pouvant aller jusqu’à l’ignorance du thème du laboratoire ! Pour objectiver ce ressenti et se donner des moyens d’agir, une enquête a été lancée auprès des encadrants.

7.1.1 Enquête auprès des encadrants

Instrument

L’enquête a pris la forme d’un questionnaire en ligne adressé en septembre 2016 à 17 encadrants en poste ayant donné, durant au moins une année, des séances de

travaux pratiques à destination des étudiants inscrits en première année de médecine et de sciences dentaires.

Le questionnaire comportait six questions fermées et deux questions ouvertes :

1. Question fermée : Depuis combien d'années êtes-vous en charge de séances aux laboratoires de physique à l'ULg ?

Réponses possibles : 1, 2, 3, 4, 5, 6

2. Question fermée : Quel(s) laboratoire(s) encadrez-vous ?

Réponses possibles : Mim (optique), E2 (électricité), les 2 laboratoires

3. Question fermée : Aux étudiants de quelle(s) section(s) avez-vous donné ces séances au laboratoire ? (Plusieurs choix possibles)

Réponses possibles : Médecine et dentisterie, Sciences, Toutes les sections de la faculté de médecine

4. Question fermée : Sur une échelle de 1 à 4, estimez à quel point l'aide que vous apportez aux étudiants durant les séances au laboratoire est importante. (1 = très mineure ; 4 = très importante)

5. Question fermée : Sur une échelle de 1 à 4, estimez le degré moyen de motivation des étudiants lorsqu'ils arrivent dans le laboratoire. (1 = très faible ; 4 = très élevé)

6. Question fermée : Sur une échelle de 1 à 4, estimez le degré moyen d'investissement des étudiants pendant les séances au laboratoire. (1 = très faible ; 4 = très élevé)

7. Question ouverte : Comment qualifieriez-vous l'attitude des étudiants durant les séances au laboratoire (maximum 3 adjectifs) :

8. Question ouverte : Quelles seraient pour vous les pistes d'amélioration à mettre en place afin que les étudiants se sentent plus concernés ou impliqués au laboratoire ?

Résultats

Participation

14 encadrants ont répondu. Le taux de participation s'élève à 82 %.

Parmi les répondants, 71,4 % (N = 10) ont une expérience d'encadrement d'au moins trois années académiques. Les quatre autres encadrants (28,6 %) affichent une année d'expérience.

La moitié d'entre eux (N = 7) a précédemment encadré uniquement le laboratoire d'électricité, 28,6 % (N = 4) uniquement celui d'optique et 21,4 % (N = 3) ont de l'expérience dans l'encadrement des deux séances.

Tous les répondants ont encadré, au moins une fois par le passé, les étudiants de première année en médecine et sciences dentaires.

Impressions sur l'encadrement des travaux pratiques

Cette enquête a révélé que les assistants en charge des laboratoires de physique considéraient globalement importante l'aide (et l'encadrement) qu'ils apportent aux étudiants lors de ces séances de travaux pratiques. En effet, 78,6 % (N = 11) indiquent la considérer comme importante ou très importante (Figure 7.2). Les encadrants se sentent donc utiles dans leur fonction au laboratoire.

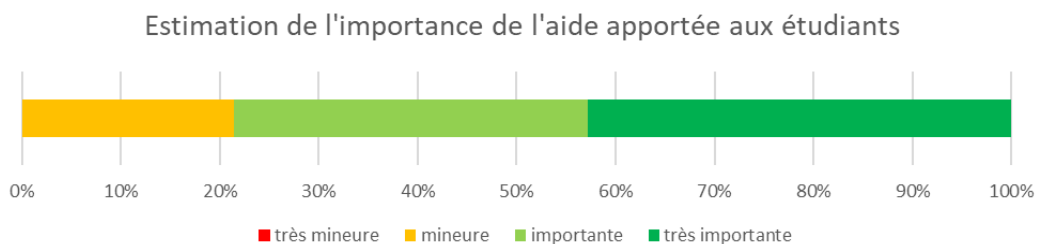


Figure 7.2 : Les encadrants sondés considèrent généralement importante l'aide fournie aux étudiants dans le cadre des séances de travaux pratiques.

Malgré l'importance prêtée à l'aide fournie, 85,7 % (N = 12) des encadrants considèrent la motivation des étudiants comme faible à l'arrivée au laboratoire (Figure 7.3).

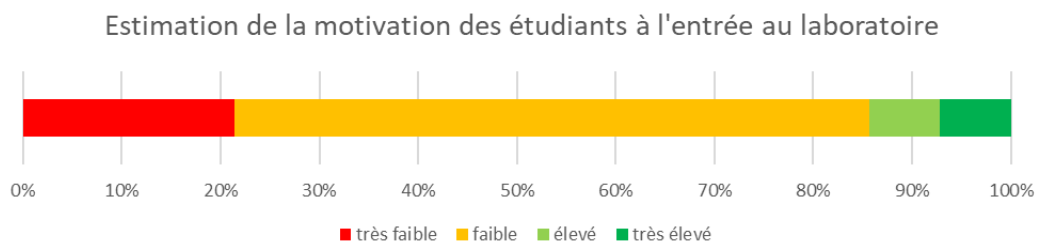


Figure 7.3 : Les encadrants considèrent les étudiants insuffisamment motivés lors de leur entrée au laboratoire.

La moitié des encadrants (N = 7) observe en outre un manque d'investissement dans la tâche de la part des apprenants au cours de ces séances de travaux pratiques (Figure 7.4).

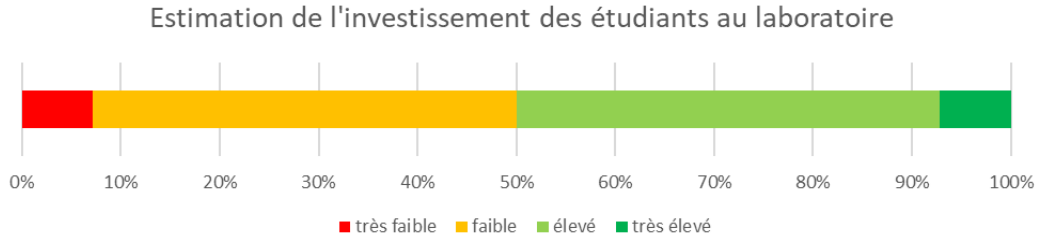


Figure 7.4 : Les encadrants sont partagés lorsqu'il leur demandé de se prononcer sur l'investissement des étudiants au cours des séances de travaux pratiques

Neuf des quatorze encadrants participant à cette enquête ont répondu à la question ouverte n°7 (*Comment qualifieriez-vous l'attitude des étudiants durant les séances de laboratoire (maximum 3 adjectifs) ?*). Les réponses fournies ont été réparties en deux catégories : impression positive et impression négative (Tableau 7.1). Ce classement a été réalisé en aveugle par deux membres de l'équipe pédagogique. Une mise en commun a ensuite eu lieu. Les divergences de jugement ont été discutées par les deux arbitres pour arriver à un consensus. Seul l'adjectif « impatient », cités deux fois, n'a pas été répertorié dans ces colonnes en raison de la difficulté d'interprétation, en l'absence de focus group par exemple, de la pensée des encadrants auteurs de cet adjectif. En effet, « impatient » pourrait être associé à des étudiants de bon niveau qui s'ennuient au laboratoire et souhaiteraient un rythme plus soutenu ou à des étudiants curieux et impatients d'en découvrir plus. Mais ce qualificatif peut aussi être associé à des étudiants peu engagés, dans une posture de récepteur passif des enseignements.

Les valeurs indiquées en haut des colonnes dans le tableau (Tableau 7.1) correspondent au nombre total de qualificatifs énoncés dans la catégorie associée. Certains termes, ou ensemble de termes, sont plus souvent cités que d'autres. Nous pouvons ainsi mettre en évidence les termes liés à une certaine forme de passivité (« amorphes », « apathiques », « attentistes » et « passifs ») cités au total à six reprises, ceux liés au décrochage (« perdus » et « dépassés ») énoncés au total par cinq encadrants, ou encore ceux liés à la distraction (« bavards », « distraits », « dissipés » et « dispersés »), cités cinq fois également. Les qualificatifs liés au stress (« stressés » et « inquiets ») apparaissent à trois reprises. Le déficit d'engagement, qualifiés par les termes « nonchalants » et « superficiels » apparaissent également à trois reprises. Du côté des qualificatifs positifs liés à l'application dans le travail (« appliqués » et « volontaires ») sont cités à trois reprises.

QUALIFICATIFS RECUEILLIS	
Impression positive N = 8	Impression négative N = 23
appliqués (*2) volontaires attentifs concentrés curieux demandeurs d'aide intéressés	amorphes apathiques attentistes passifs (*3) perdus (*4) dépassés bavards dispersés dissipés (*2) distracts inquiets stressés (*2) nonchalants (*2) superficiels non convaincus

Tableau 7.1 : Adjectifs recueillis auprès des encadrants concernant l’attitude des étudiants lors des séances de travaux pratiques.

Enfin, les réponses fournies par les encadrants à la question ouverte n°8 (Quelles seraient pour vous les pistes d’amélioration à mettre en place afin que les étudiants se sentent plus concernés ou impliqués au laboratoire ?) ont été classées en cinq catégories indiquées dans le tableau (Tableau 7.2).

n°	Propositions des encadrants	N
1	S'assurer que la théorie a été vue au cours théorique avant le TP	5
2	Renforcer les liens avec la filière d'étude	4
3	Modifier les engagements pédagogiques	2
4	Réviser les cahiers de laboratoire	2
5	Organiser un test d'accès au laboratoire	2

Tableau 7.2 : Pistes d’amélioration proposées par les encadrants.

Proposition n°1 : 5 encadrants (35,7 %) indiquent qu’il serait souhaitable que les étudiants aient vu la matière avant de se rendre au laboratoire.

Encadrant 8 : « Être certain que les apports théoriques ont été abordés en cours précédemment »

Proposition n°2 : Quatre assistants (28,6 %) souhaitent que les contenus proposés lors de ces activités pratiques soient plus en adéquation avec la filière d'étude à laquelle elles sont dispensées.

Encadrant 1 : « Faire davantage de liens avec leur cursus »

Encadrant 8 : « Si possible illustrer de façon plus pertinente les liens entre les concepts physiques et les applications médicales »

Proposition n°3 : Deux assistants (14,3 %) suggèrent de modifier les engagements pédagogiques en réinstaurant un examen pratique ou en augmentant le nombre de questions portant sur les travaux pratiques à l'examen.

Encadrant 5 : « Proposer un examen pratique aux médecins, qui semblent très peu intéressés par les laboratoires du fait de l'absence d'examen pratique »

Encadrant 10 : « Augmenter la pondération des labos dans la note finale »

Proposition n°4 : Deux encadrants (14,3 %) proposent de réécrire les cahiers de laboratoire.

Encadrant 2 : « Notes de labo plus "digestes" »

Encadrant 12 : « Mettre les fascicules de labo complètement à jour (en refaire de nouveaux plus pédagogiques et plus clairs) »

Proposition n°5 : Deux assistants (14,3 %) suggèrent également de mettre en place des tests d'accès.

Encadrant 14 : « Instaurer un test d'entrée afin d'éviter les cas sociaux »

Discussion

Globalement, les encadrants jugent la motivation des étudiants insuffisante (Figure 7.3) et que l'investissement de ces derniers lors des séances de travaux pratiques n'est pas optimal (Figure 7.4).

Parmi les termes fournis par les encadrants pour qualifier l'attitude des étudiants, les impressions négatives dominent et, pour beaucoup, confirment l'impression de motivation déficiente. Les termes employés traduisent une forme de passivité, de décrochage ou encore de dissipation de certains étudiants lors des séances pratiques.

Même si la première colonne du tableau 7.1 donne à penser qu'il ne s'agit pas d'un phénomène absolument général, les réponses fournies aux questions fermées

et aux questions ouvertes de l'enquête se recoupent largement pour pointer des problèmes liés à un déficit général d'engagement lors des séances de travaux pratiques. L'engagement est la face visible de la motivation interne. Galand & Tobaty (2022) différencie d'ailleurs l'engagement et la motivation :

« L'engagement scolaire serait donc ce que l'apprenant fait, ressent et pense pendant l'activité » et « la motivation est une construction hypothétique dont on pense qu'elle oriente, énergise le comportement. On ne sait donc pas l'observer, mais on suppose qu'elle est un facilitateur de l'engagement. L'engagement de l'élève serait un indicateur de sa motivation, mais en partie seulement » (Galand & Tobaty, 2022, p. 116)

Pour Galand & Tobaty (2022), l'engagement reflète plusieurs dimensions très en lien avec les qualificatifs énoncés par les encadrants :

- *Dimension comportementale* : autrement dit, ce que l'étudiant fait en classe (sa participation ou son absence voire son opposition à participer...). Les qualificatifs cités associés seraient alors : volontaires, demandeurs d'aide, attentistes, dispersés, passifs,...
- *Dimension émotionnelle* : ou comment l'étudiant se sent (joie, colère, ennui...). Les qualificatifs cités s'y rapportant seraient alors : inquiets, stressés...
- *Dimension cognitive* : ce qui relève de l'attention ou de la profondeur de traitement. On peut y associer les qualificatifs suivants : appliqués, attentifs, curieux, intéressés, superficiels, distraits...

Les résultats de l'enquête se prêtent à une interprétation avec le modèle francophone le plus connu en la matière : celui de Rolland Viau. L'auteur définit la motivation comme « *un état dynamique qui a ses origines dans les perceptions qu'un élève a de lui-même et de son environnement* » (Viau, 1994). On remarque dans cette définition de Viau l'importance de l'environnement et donc la nécessité d'aborder l'apprentissage dans une vision écologique. Viau (2009) identifie trois leviers principaux influençant la motivation dans un contexte scolaire :

1. La perception de la valeur de la tâche

C'est l'utilité de la tâche proposée qui est ici questionnée (Pourquoi ferais-je ce que l'on me demande ?) Cette question englobe plusieurs aspects, notamment l'intérêt intrinsèque de l'étudiant pour la tâche, sa pertinence pour ses objectifs personnels, et son utilité perçue pour le futur. On touche ici à la différence entre la motivation intrinsèque, celle concrètement liée à la tâche scolaire et au plaisir qu'elle procure à l'apprenant, et la motivation extrinsèque, indirectement liée à la

tâche et suscitée par des motifs externes comme par exemple la pression sociale, la certification ou encore le besoin de récompense ou de reconnaissance.

L'étudiant accordant une grande valeur à une tâche s'y engagera plus facilement et plus durablement. L'enseignant peut jouer sur ce facteur en montrant les liens de cette tâche avec les intérêts de l'apprenant ou en précisant l'importance et l'utilité de cette tâche dans un processus plus large.

2. Perception du sentiment de compétence

C'est la perception de l'apprenant de sa capacité à réaliser la tâche qui est questionnée ici (Suis-je capable d'accomplir cette tâche ?). Plus l'étudiant se sent compétent, plus il s'engage et persévère dans la tâche. L'enseignant, par le biais de feedbacks, peut agir sur ce sentiment de compétence en reconnaissant les succès de l'apprenant (renforcement positif). Offrir des possibilités d'auto-évaluation et ou d'évaluations formatives à l'étudiant peut l'aider à se convaincre de ses capacités.

3. Perception de la contrôlabilité

C'est le degré de contrôle de l'étudiant sur ses actions et ses décisions qui est questionné (Puis-je agir dans le processus ?). Lorsque l'apprenant se sent autonome et responsable de choix, il a davantage l'impression de maîtriser son environnement et ses apprentissages, en conséquence de quoi il est plus motivé à s'engager et à se responsabiliser. Donner plus de pouvoir aux apprenants est donc par exemple un bon moyen de lutter contre le phénomène d'attribution de l'échec à des causes externes.

Au regard de ce modèle, les attitudes des étudiants identifiées par les qualificatifs renseignés par les encadrants peuvent être analysés. Ainsi, un étudiant amorphe, apathique, dissipé, distrait, passif ou encore superficiel n'accorde probablement pas une grande valeur aux tâches demandées au laboratoire. Ce manque de valeur est évident pour l'étudiant non convaincu. De la même manière, l'étudiant stressé, inquiet voire passif n'a probablement pas une estime importante de sa compétence à réaliser les expériences. Enfin, l'étudiant perdu ou dépassé n'estime probablement pas être en mesure de diriger son action au laboratoire. Ce modèle ne permet néanmoins probablement pas d'expliquer entièrement les attitudes des étudiants. A titre d'exemple, un étudiant ne s'étant pas suffisamment préparé à la séance de travaux pratiques se sentira rapidement dépassé lors de celle-ci, mais il peut tout aussi bien l'être également en raison de potentielles lacunes engendrées dans l'enseignement obligatoire.

Notons qu'à ces trois leviers de Viau (2009), Poumay (2014) en ajoute trois autres, (Figure 7.5). Ceux-ci couvrent l'alignement pédagogique entre objectifs, méthodes

et évaluation (Biggs, 2003), l’activité de l’étudiant la séance et vise un apprentissage plus en profondeur (Biggs, 1987), ainsi que l’introduction des TIC (technologies de l’information et de la communication) dans les cours (Karsenti et al., 2007 ; Karsenti et al., 2012)

1	Améliorer l’ alignement pédagogique entre objectifs, méthodes et évaluation au sein de son cours (ou programme)	Biggs 2003 (notion d’alignement constructif)
2	Rendre l’étudiant plus actif durant son cours (ou programme), de façon à rendre ses apprentissages plus profonds, plus durablement ancrés et plus transférables	Biggs 1987 (apprentissage en surface/profondeur)
3	Augmenter la valeur des activités aux yeux de l’étudiant, notamment en les rapprochant de son futur vécu professionnel	Déterminants de la motivation (Viau 2009)
4	Augmenter le sentiment de maîtrise ou de compétence de l’étudiant	Parmi les déterminants internes du savoir-agir autonome (Georges 2010)
5	Donner à l’étudiant davantage de contrôle sur les tâches qu’on lui propose, d’autonomie dans le pilotage de ses apprentissages	
6	Introduire l’usage des TIC dans un cours ou un programme	Viau (SD) ; Karsenti et al. (2007, 2012)

Figure 7.5 : Poumay (2014) présente six leviers pour améliorer l’apprentissage des étudiants de l’enseignement supérieur (Poumay, 2014, p. 4).

Les cinq propositions émises par les encadrants peuvent également être interprétées à la lumière de ces modèles :

Proposition 1 : Certains encadrants tentent différentes explications au sujet du manque de préparation. En particulier, l’encadrant 8 indique qu’il faudrait « Être certain que les apports théoriques ont été abordés en cours précédemment ». Le fait de proposer un rappel ou une évocation des concepts clés à mobiliser au laboratoire sous forme de vidéos à visionner avant la séance va dans ce sens-là. Cette proposition vise non seulement à introduire l’usage des TIC dans la formation, mais surtout à améliorer l’alignement pédagogique entre objectifs et méthodes. Le sentiment de compétence, voire de contrôle, de l’étudiant sur la tâche demandée sont également visés. En effet, en dehors d’une logique de découverte de la matière par l’expérience (ce qui n’est pas le cas pour ces travaux pratiques), si l’étudiant n’a pas le bagage théorique suffisant, il ne pourra se sentir ni apte à effectuer les tâches voulues.

Proposition 2 : Ce même encadrant 8 estime qu’il serait intéressant d’« illustrer de façon plus pertinente les liens entre les concepts physiques et les applications médicales ». C’est la valeur de l’activité qui est visée par cette proposition. Dans la pratique, le laboratoire d’électricité est déjà fortement en lien avec le domaine

d'étude choisi par les étudiants ciblés ici puisque la finalité de cette séance est de modéliser l'axone (fibre nerveuse) et d'étudier la réponse de celui-ci à un stimulus électrique faible. Pour cela, il est nécessaire que l'étudiant maîtrise les concepts-clés de l'étude des circuits R-C série et soit capable d'utiliser un oscilloscope. La séance est donc constituée de trois étapes.

- La première partie propose à l'apprenant de se familiariser avec l'oscilloscope au travers de quelques mesures simples à effectuer.
- La deuxième partie consiste en l'étude d'un circuit R-C série simple à l'aide d'un multimètre classique. Il est demandé à l'étudiant, lors de cette partie, de comprendre en profondeur les phénomènes électriques se produisant lors de la charge et de la décharge du condensateur.
- La troisième partie permet à l'étudiant de mobiliser ce qu'il a appris ou revu lors des deux premières parties pour réussir à modéliser l'axone et à comprendre comment l'information est transmise dans le corps humain sous forme de signaux électriques dans ces axones.

Concernant le laboratoire d'optique, la première partie de la séance est très généraliste et vise à comprendre, grâce à un banc d'optique, le fonctionnement des lentilles et des associations de lentilles, en particulier le microscope d'observation. La séance se poursuit ensuite avec l'utilisation du microscope. Différentes observations et expériences à réaliser doivent permettre aux apprenants de comprendre le rôle de chaque élément de cet appareil.

Proposition 3 : La proposition visant à modifier les engagements pédagogiques dans le but de donner plus de poids aux activités pratiques dans l'évaluation. Cela vise un meilleur alignement entre les contenus du cours et l'évaluation de celui-ci. Par ailleurs, cela influencerait inévitablement la valeur que les étudiants accordent aux activités pratiques, même il s'agirait d'une valeur extrinsèque (recherche de points en vue de la certification).

Proposition 4 : Des assistants proposent de réviser les cahiers de laboratoire, ce qui est compliquée à mettre en pratique strictement. En effet, ces séances de travaux pratiques étant communes à d'autres filières d'études, la modification des cahiers de laboratoire nécessiterait une volonté à une échelle plus large (au niveau d'un département par exemple) que celle d'une équipe pédagogique. Il est donc proposé de réfléchir à l'échelle locale dans un premier temps avant d'élargir l'offre aux autres sections d'étude moyennant l'accord des responsables concernés. Cette proposition est difficilement interprétable au regard des modèles exposés.

Proposition 5 : Différents encadrants suggèrent aussi de mettre en place des tests d'accès au laboratoire. La mise en place de tests formatifs à présenter sur base

volontaire est simple. Ces tests présentent l’avantage de permettre à l’étudiant de vérifier sa bonne maîtrise des concepts de base avant de se rendre au laboratoire. Cette proposition vise à renforcer le sentiment de compétence des étudiants. Cela peut particulièrement être le cas si ces derniers ont la possibilité de se tester à plusieurs reprises sur des questions différentes. Une banque de questions serait alors utile. La mise en pratique la plus économe serait de proposer ces tests en ligne, ce qui présenterait l’avantage complémentaire de renforcer l’usage des TIC. Cependant, rendre contraignante la passation de ces tests et/ou rendre ces tests certificatifs impliquerait des démarches plus lourdes pour faire modifier les engagements pédagogiques du cours concerné.

7.1.2 Suites données à l’enquête

L’analyse des résultats de l’enquête réalisées auprès des encadrants et leurs discussions conduisent à privilégier la proposition de régulation n°1, et dans une moindre mesure les propositions n°2 et 5. La solution retenue prend la forme d’un dispositif d’introduction aux séances de travaux pratiques comprenant notamment des séquences vidéo pédagogiques et des tests formatifs. En faisant cela, un impact sur la motivation et l’engagement en séance est espéré.

Le schéma causal postulé est que pareille préparation en amont sur les notions nécessaires pour tirer profit des séances pratiques fortifiera la perception de compétence et de contrôlabilité chez l’étudiants. Par ailleurs, afin d’augmenter la perception de la valeur, une réflexion est entamée au sujet du contenu des séances de travaux pratiques afin d’intégrer des éléments pratiques plus proche du métier auquel ces étudiants se destinent. Ces deux interventions combinées devraient pousser les étudiants à s’investir davantage aux laboratoires de physique grâce à la dynamique motivationnelle reposant sur des actions visant les 3 leviers de Viau (Figure 7.6). Il est à noter que cet élargissement de l’écologie d’apprentissage à des activités réalisées en dehors du cadre strict de la classe rejoint le mouvement de la classe inversée (flipped classroom). Cette littérature pointe d’ailleurs certains effets motivationnels de sa pratique. Bishop & Verleger (2013), par exemple, soulignent le potentiel de ce type d’approche à accroître l’engagement des étudiants et ainsi améliorer la compréhension conceptuelle. Les auteurs notent cependant les obstacles liés à la mise en œuvre technologique et à l’acceptation par les enseignants et les étudiants. Afin de contrer ces obstacles, la régulation s’appuie soigneusement sur des modèles plus granulaires afin d’encadrer de façon serrée sa mise en œuvre.

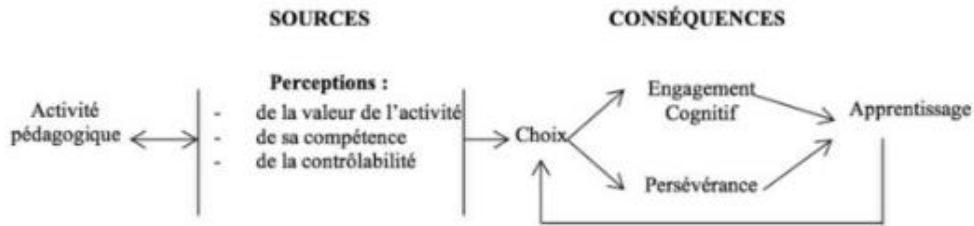


Figure 7.6 : Schéma de la dynamique motivationnelle au regard d'une activité (Viau, 2014, p. 234).

7.2 Cadre théorique

7.2.1 Classe inversée

Le premier modèle granulaire est celui de Kim et al. (2014) visant à structurer et mettre en œuvre une approche de type « classe inversée » de manière efficace. Ces approches sont de plus en plus populaires dans de nombreux domaines de l'apprentissage et relocalisent les activités d'apprentissage initiales, traditionnellement effectuées en classe, à des espaces individuels par le biais des lectures ou des vidéos éducatives à visionner. Les sessions en classe sont alors consacrées à des activités interactives et pratiques favorisant la compréhension approfondie et la collaboration (Bishop & Verleger, 2013).

Kim et al. (2014) ont énoncé neuf principes visant à améliorer l'efficacité de l'apprentissage en rendant le processus plus interactif, engageant et centré sur l'étudiant.

1. Fournir une opportunité pour les étudiants d'acquérir une première exposition avant le cours.

Le contenu d'apprentissage traditionnellement présenté en classe est transféré hors de la classe. Les étudiants accèdent à des matériaux pédagogiques par le biais de vidéos, des lectures ou en assistant à des conférences, et ce, avant d'aborder la matière en classe.

Un des avantages de la classe inversée est que les étudiants peuvent se préparer pour les activités en classe en regardant et explorant des matériaux d'apprentissage, le plus souvent en ligne, et de manière générale en dehors de la salle de classe selon leur propre emploi du temps et leur niveau de compréhension. Ce type d'apprentissage différencié est rendu possible grâce à des technologies telles que le webcast. Les étudiants peuvent ainsi ajuster leur compréhension du contenu en ligne fourni et explorer différents types et niveaux de ressources, interne ou externe à celles fournies par l'équipe pédagogique.

2. Fournir une incitation pour les étudiants à se préparer pour le cours.

L'interaction en face à face réussie dans une classe inversée typique dépend de la mesure dans laquelle les étudiants se sont préparés avant de participer aux activités en classe. Pour encourager cette préparation, des incitations telles que des quiz hebdomadaires peuvent être utilisées. Ces méthodes ont montré une efficacité pour motiver les étudiants à s'engager dans les activités d'apprentissage et la résolution de problèmes. Les enseignants peuvent utiliser des discussions en ligne avec une notation à faible enjeu et demander aux étudiants de soumettre des questions et commentaires sur des plateformes comme YouTube, en leur attribuant des points pour les devoirs. Cela augmente la participation et prépare les étudiants pour les activités en classe.

3. Fournir un mécanisme pour évaluer la compréhension des étudiants

Les quiz à faible enjeu aident à vérifier la compréhension des étudiants et à les préparer pour les activités en classe.

Les quiz à faible enjeu et autres formes d'évaluation formative se sont révélés efficaces pour garantir la participation des étudiants aux activités en dehors de la classe et les aider à se préparer pour les activités en classe. Bien que la majorité des étudiants regardent les vidéos et répondent correctement aux quiz, il existe encore des marges d'amélioration pour s'assurer de leur engagement véritable.

4. Fournir des connexions claires entre les activités en classe et hors classe

Le contenu en ligne et les activités doivent directement soutenir ou se connecter avec les activités en classe associées. Une mauvaise cohésion entre les parties en ligne et en face-à-face des classes hybrides peut distraire les étudiants et les empêcher de s'engager pleinement. Il est donc crucial d'aligner clairement et de manière cohérente les activités en ligne et en classe pour que les étudiants puissent atteindre avec succès leurs objectifs d'apprentissage.

5. Fournir des instructions clairement définies et bien structurées

Les étudiants nécessitent des instructions et des structures bien définies pour les activités de la classe inversée. Une structure de cours claire avec des outils de soutien doit être conçue pour aider les étudiants à se préparer et réussir à atteindre les objectifs d'apprentissage. Cela facilite également les activités en classe et renforce la connexion entre les activités en classe et hors classe.

Il arrive que certains étudiants puissent être initialement réticents à une méthode exigeant plus d'engagement hors de la classe. Pour éviter cela, une structure bien conçue, qui guide efficacement les étudiants, alliée à des instructions claires vont les aider à se concentrer sur les objectifs quotidiens et à comprendre ce qu'on

attend d'eux pour les projets. À l'inverse, une mauvaise définition des attentes peut entraîner de la confusion et de l'incertitude quant aux résultats attendus.

6. Fournir suffisamment de temps aux étudiants pour réaliser les devoirs

Les activités en classe doivent être conçues de manière à laisser suffisamment de temps aux étudiants pour appliquer les connaissances, informations et compétences acquises en ligne. Il est crucial de prévoir du temps en classe pour permettre aux étudiants de travailler en groupe et d'appliquer ce qu'ils ont appris en ligne. Le timing des activités hors classe doit également être bien adapté pour permettre une préparation adéquate des activités en classe. Une planification inadéquate peut réduire l'efficacité des activités en classe, rendant difficile l'avancement des projets de groupe.

7. Faciliter la création d'une communauté d'apprentissage

Il est intéressant que les enseignants encouragent la collaboration et la création d'une communauté d'apprentissage parmi les étudiants.

Une communauté d'apprentissage permet aux étudiants d'assimiler de nouvelles idées en apprenant les uns des autres. Les enseignants peuvent dès lors initier et faciliter la création d'une culture de collaboration et d'apprentissage en communauté. Les interactions initiales entre pairs peuvent être encouragées par des activités brise-glace et la promotion d'un partage libre des opinions. Une facilitation par l'équipe enseignante aide à surmonter les difficultés liées à la collaboration en groupe, telles que la répartition inégale du travail et les différences de niveaux de participation.

8. Fournir des retours rapides et adaptatifs sur les travaux individuels ou de groupe

Des retours, ou feedbacks, rapides et personnalisés sont essentiels pour soutenir les activités de classe inversée. Les enseignants doivent adapter leurs retours en fonction des besoins des étudiants, en prenant le temps de répondre aux questions et clarifier les confusions. Cela renforce l'interactivité et l'engagement des étudiants, notamment ceux qui trouvent certaines activités trop structurées ou ennuyeuses une fois la résolution des problèmes terminée.

9. Utiliser des technologies familières et faciles d'accès

Les technologies doivent être simples d'accès et familières pour les étudiants afin de ne pas ajouter de complexité inutile. Les vidéos doivent être courtes, ciblées et engageantes. L'intégration de la technologie dans la pédagogie est cruciale, et non seulement son utilisation. Les étudiants doivent se sentir à l'aise avec les outils

technologiques utilisés pour éviter toute distraction ou gêne, comme le malaise face à la caméra, qui peut nuire à l'apprentissage.

7.2.2 Motivation

Le second modèle granulaire est l’extension que Viau propose en 10 principes. Viau (2009) a dressé une liste de dix conditions permettant d’agir sur la motivation des étudiants à s’engager dans le cadre d’une activité d’apprentissage.

1. Être signifiante aux yeux de l’étudiant

Pour que cette condition soit remplie, l’activité proposée doit avoir du sens pour l’étudiant en croisant par exemple ses centres d’intérêts, ses projets ou ses choix dans son parcours d’étude.

2. Être diversifiée et s’intégrer aux autres activités

Pour éviter le caractère répétitif, et routinier, il convient de ne pas se restreindre l’activité à l’exécution d’une seule tâche, toujours la même. En variant les tâches proposées à l’étudiant, on peut lutter contre la lassitude et la démotivation. Par ailleurs, pour augmenter la perception d’une séquence d’apprentissage, il convient d’intégrer chaque activité à d’autres activités afin qu’ensemble elles constituent une séquence logique.

3. Représenter un défi pour l’étudiant

Même si la perception de la difficulté d’une activité proposée est nécessairement subjective, celles-ci ne doivent ni trop facile, ni trop difficile. De cette manière, il est possible d’agir sur la perception qu’a l’étudiant de ses compétences et donc sur son engagement futur.

4. Être authentique

Les étudiants ont moins tendance à s’engager dans une tâche pédagogique s’ils ont l’impression que celle-ci est purement scolaire et donc déconnectée par exemple du domaine d’étude qu’ils ont choisi. A l’inverse, si les étudiants perçoivent dans l’activité une utilité par rapport à leur profession, ils accordent à l’activité une plus grande valeur.

5. Exiger un engagement cognitif de l’étudiant

Une activité pédagogique doit engager l’étudiant cognitivement, en l’amenant à utiliser des stratégies d’apprentissage pour comprendre et relier les nouvelles notions à ses connaissances. Elle doit inciter à la réflexion profonde plutôt qu’à une simple activité. Organiser les activités autour de grandes questions renforce la

perception de compétence, à condition que l'engagement requis soit adapté aux capacités de l'étudiant et qu'il dispose des ressources nécessaires pour réussir.

6. Responsabiliser l'étudiant en lui permettant de faire des choix

Plus l'étudiant est responsabilisé, plus sa perception de sa contrôlabilité sur ses actions sera importante. Pour y parvenir, il peut s'avérer pertinent que le choix de certains aspects d'une activité d'apprentissage repose sur l'étudiant. Dans ce cas, il doit être clairement communiqué ce qui incombe à l'étudiant et ce qui reste sous la responsabilité de l'enseignant.

7. Permettre à l'étudiant d'interagir et de collaborer avec les autres

La compétition ne motive généralement que les étudiants les plus performants. L'apprentissage collaboratif et coopératif suscite par contre la motivation d'un plus grand nombre d'étudiants.

8. Avoir un caractère interdisciplinaire

Dans le cadre professionnel, et particulièrement dans le milieu médical, l'individu doit pouvoir mobiliser ses connaissances et compétences issus de divers domaines pour parvenir à trouver une solution à un problème. Avoir des activités favorisant ce type de démarche transversale et interdisciplinaire peut être formateur et motivant pour l'étudiant.

9. Comporter des consignes claires

Pour motiver les étudiants à s'engager dans une activité pédagogique, les règles de celle-ci doivent être énoncées clairement dès le début. Ces règles doivent notamment porter sur ce qui est attendu de l'étudiant, la durée de l'activité, le type de ressources qu'il peut mobiliser... De cette manière, il est possible de réduire l'éventuel stress présent chez un étudiant. De plus, cela lui donne la possibilité de s'organiser et donc de favoriser sa contrôlabilité sur ses apprentissages.

10. Se dérouler une période de temps suffisante

La planification des activités est importante. Pour que l'étudiant puisse profiter pleinement de celles-ci, il est important que le temps qu'il y consacre soit suffisant et qu'il puisse compléter chaque étape à un rythme qui ne s'avère pas trop élevé.

7.2.3 La vidéo en contexte d'éducation

En 1946, le premier programme de formation à distance intégrant la vidéo via la télévision voit le jour (Flavier, 2021). Cette innovation lance une dynamique de recherche, notamment avec les études dans les années 1970 portant sur la sémiotique des films éducatifs (Jacquinot, 1977 ; Peraya, 2017) et l'utilisation de la vidéo dans le cadre de la formation (Flavier, 2021). Par la suite, la démocratisation

des ordinateurs personnels (via des CD-ROM et DVD), puis celle d’Internet à haut débit (rendant plus flexible l’usage de la vidéo) continuent à stimuler cet intérêt (Flavier, 2021).

Entre octobre et décembre 2011, un cours en ligne sur l’intelligence artificielle, animé par deux professeurs de Stanford, attire 160 000 participants, dont 23 000 obtiendront une attestation de réussite. C’est la naissance des Massive Open Online Courses (MOOC). Dix ans plus tard, ces cours ont pris une ampleur impressionnante : 19 400 MOOC sont proposés par 950 universités, réunissant 220 millions d’inscrits (Shah, 2021). À cela s’ajoutent les plateformes d’apprentissage comme Khan Academy. Dans ces environnements virtuels, la vidéo est un vecteur essentiel utilisé par les enseignants pour transmettre leurs contenus (Peraya, 2017).

Le rôle de la vidéo dans l’éducation connaît un essor fulgurant avec la crise de la Covid-19, qui dès mars 2020, impose à 100 millions d’enseignants de revoir rapidement leurs méthodes pédagogiques. L’usage du numérique, de la formation à distance et de la vidéo se répand alors massivement.

Ce phénomène s’inscrit dans une évolution marquée par des technologies de plus en plus accessibles, un développement considérable des plateformes comme YouTube, et une adoption accrue de la vidéo dans l’éducation. Une enquête menée par Kaltura, une société éditrice de logiciels libres permettant la création et le travail collaboratif de production de vidéos, révèle que plus de 80% des enseignants utilisent désormais la vidéo dans leurs cours ou en tant que complément pédagogique (Kaltura, 2016). De plus, la majorité des étudiants interrogés plébiscitent ce média, et plus de la moitié souhaitent en augmenter l’usage dans leur parcours éducatif futur.

7.2.4 Principes de l’apprentissage multimédia

Le troisième modèle granulaire est celui de Mayer (2009) a énoncé une série de principes visant à maximiser l’efficacité des contenus multimédia en tentant d’optimiser l’attention, l’engagement et la mémorisation des informations par les apprenants. Voici une présentation rapide de ces principes :

- Principe de cohérence :

Éliminer les éléments superflus tels que les sons et les images décoratifs afin d’éviter la surcharge cognitive et de distraire l’apprenant entraînant une diminution de sa compréhension.

- Principe de signalisation :

Attirer l'attention de l'apprenant en mettant en évidence les informations importantes à l'aide d'indices visuels (flèches, surlignage, gras...) ou auditifs (accentuer, parler plus fort...).

- Principe de redondance :

Eviter de fournir les mêmes informations simultanément sous forme écrite et orale. Il convient donc de privilégier l'association de l'image et de l'oral à celle de l'image, de l'oral et du texte afin d'éviter une surcharge cognitive.

- Principe de contiguïté spatiale :

Placer les éléments textuels (explications, légendes...) à proximité directe des éléments visuels correspondant pour faciliter l'association et l'intégration des informations.

- Principe de contiguïté temporelle :

Combiner les éléments auditifs et visuels de manière simultanée afin de favoriser une intégration efficace des informations.

- Principe de segmentation :

Diviser l'information en petits segments facilite l'apprentissage, notamment en raison d'un contrôle plus facile du rythme.

- Principe de pré-entraînement :

Introduire les concepts de base avant d'approfondir la matière afin de préparer en douceur les étudiants à l'apprentissage visé.

- Principe de modalité :

Préférer la narration auditive à un texte écrit surchargé pour présenter et commenter des illustrations, et ce, afin de mieux gérer la charge cognitive.

- Principe de multimodalité :

Combiner des illustrations visuelles et des textes parlés pour engager à la fois les canaux visuel et auditif et ainsi faciliter l'apprentissage.

- Principe de personnalisation :

Utiliser un langage conversationnel plutôt que formel pour rendre le contenu plus engageant.

- Principe de la voix :

Utiliser une voix humaine et conviviale pour les narrations.

- Principe de l’image :

Inclure l’image de l’enseignant pour renforcer le sentiment de présence et ainsi favoriser l’engagement de l’étudiant.

Guo et al. (2014) ont dressé une liste de recommandation concernant les contenus multimédia. Certaines de ces recommandations recourent les principes de Mayer (2009) en évoquant par exemple le fait que les étudiants s’engagent plus lorsque l’enseignant est visible.

« ...les vidéos dans lesquelles l’enseignant est visible à l’écran et discute des diapositives sont plus engageantes que celles où seules les diapositives sont visibles » (traduction de Guo et al., 2014, p.2).

Ils relèvent également que le débit de parole joue sur l’engagement et qu’il convient qu’il ne soit pas trop lent. Cette recommandation a également été prise en compte notamment lorsque les auteurs recommandent un débit minimum de 160 mots par minute. En cas de débit trop lent, il n’est pas rare de voir les étudiants faire varier la vitesse de lecture des vidéos. Les auteurs insistent aussi sur le fait qu’il est préférable que les enseignants montrent leur enthousiasme afin de rendre les vidéos plus attrayantes.

Guo et al. (2014) sortent du cadre de Mayer (2009) pour deux de leurs recommandations. Celles-ci concernent

- la durée des contenus :

Les auteurs conseillent des vidéos d’une durée maximale de six minutes.

« l’engagement médian des étudiants est de maximum 6 minutes quelle que soit la durée de la vidéo » (traduction libre de Guo et al., 2014, p.4)

« les étudiants visionnent moins de la moitié des vidéos de plus de 9 minutes » (traduction libre de Guo et al., 2014, p.4)

- le cadre :

Les auteurs suggèrent d’enregistrer les séquences vidéo dans des cadres informels plutôt qu’en studio.

7.2.5 Hypothèses

Les hypothèses suivantes sous-tendent cette recherche :

- a) Les étudiants consultent les vidéos et répondent aux défis (données de participation).
- b) Le fait de proposer des défis, sous forme de questions de réflexion, et des quiz aux étudiants avant de se rendre au laboratoire influence leur engagement et leur permet de se préparer à la séance pratique (données de participation).
- c) L'introduction de vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques et de différents défis et quiz a un effet positif sur la performance à l'examen, en particulier, dans les matières concernées par les séances de travaux pratiques (données de performance).

Les étudiants expriment une satisfaction quant à leur expérience d'apprentissage grâce au dispositif proposé (données de perception).

7.3 Création de vidéos d'introduction aux travaux pratiques

En réponse aux résultats de l'enquête lancée auprès des encadrants, un dispositif pédagogique d'introduction aux séances de travaux pratiques a été mis sur pied. Celui-ci repose le visionnage de deux courtes séquences vidéo avant la séance au laboratoire selon les principes de la classe inversée (Bishop & Verleger, 2013 ; Kim et al., 2014). L'objectif de ces vidéos est d'augmenter la compréhension des concepts de base de la matière qui seront mobilisés lors de la séance pratique et d'ainsi y augmenter l'engagement des étudiants. Un défi proposé sous la forme d'une question de réflexion ainsi qu'un quiz formatif a présenté en clôture du dispositif permettant à l'étudiant de percevoir et contrôler sa compétence sur la matière de la séance à venir.

7.3.1 Présentation du dispositif proposé

Concrètement, sur la plate-forme institutionnelle de cours en ligne, l'ensemble du dispositif est disponible dès le début de l'année académique. Afin de faciliter l'organisation du travail de l'étudiant n'ayant pas encore une autonomie suffisante, un planning conseillé (Figure 7.7) leur est proposé.

Dix jours avant la séance pratique, l'étudiant est invité à visionner la première vidéo qui débute par une illustration des concepts de base. Ceux-ci sont ensuite rapidement mis en application via différents exemples et courts exercices. Enfin,

une situation particulière nouvelle et non expliquée est diffusée. Ceci constitue le défi que les étudiants sont alors invités à commenter et expliquer sur la plateforme en ligne. Cela leur demande un engagement cognitif plus important. Pour y parvenir, les étudiants doivent mobiliser les concepts enseignés lors des cours théoriques et qui sont rapidement à nouveau abordés lors de la première vidéo. Le temps de résolution de ce défi est de quelques minutes, mais dépend du niveau de compétence de l’étudiant. Néanmoins, afin de lui laisser le temps de la réflexion, il lui est conseillé la seconde séquence vidéo quatre jours avant la séance pratique au laboratoire. Cette seconde vidéo comprend donc la solution-type au défi posé à la fin de la première séquence, ainsi que la présentation du matériel qui sera utilisé au cours des travaux pratiques. Il reste alors quatre jours à l’étudiant pour présenter, autant de fois qu’il le souhaite le quiz formatif composé de cinq QCM portant sur les prérequis et les concepts de base à maîtriser pour se rendre au laboratoire.

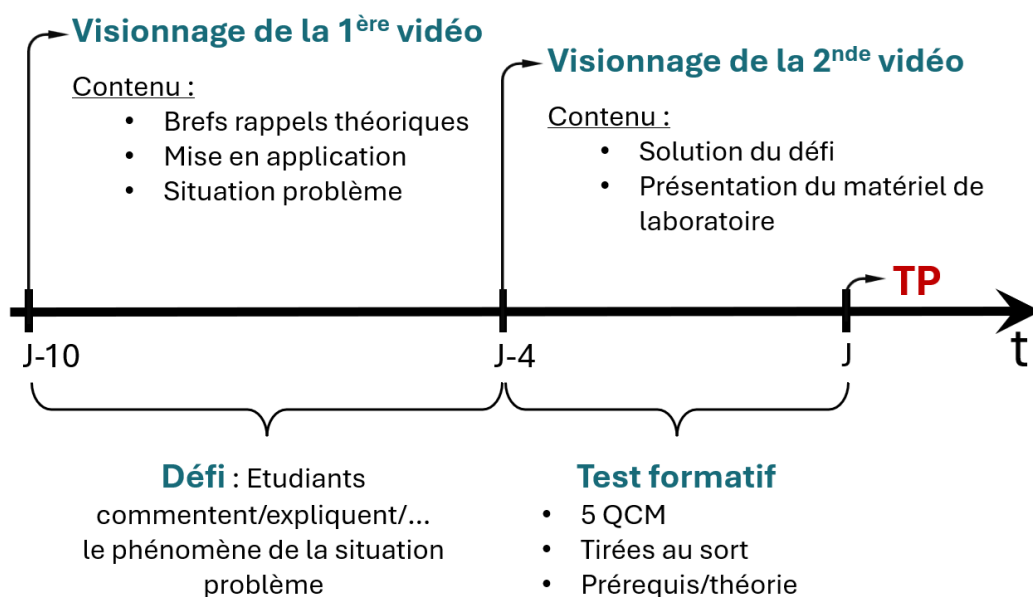


Figure 7.7 : Planning conseillé des activités préparatoires à la séance de travaux pratiques.

Ce planning est conseillé et non contraignant. L’étudiant peut donc, s’il le souhaite organiser son travail en autonomie puisque l’ensemble des ressources sont disponibles en continu. Par exemple, il est possible pour un étudiant désireux d’obtenir immédiatement la solution du défi après avoir tenté de résoudre celui-ci de visionner la seconde vidéo dans la foulée.

Vidéos

Martin et al. (2015) identifient sept catégories de vidéos, chacune étant associée à un niveau de complexité et à une estimation des coûts. Parmi ces formats, on trouve par exemple le "me, myself and board" (où l'enseignant est à l'écran et commente un support visuel), le diaporama commenté, ou encore l'interview. De leur côté, Motte et al. (2018) définissent quatre stratégies pour aider les enseignants à produire des vidéos : filmer des personnes, capturer un écran, créer une animation, et monter des vidéos. Quant à Peltier (2016), il propose trois typologies axées plus spécifiquement sur les podcasts, en se basant sur le type de podcast, son objectif, et ses modalités d'usage. En ce qui nous concerne et suivant la première proposition typologique, les vidéos correspondent principalement à des ressources multimédia de type « *Me, myself and board* », « *expérience* » et « *screencast* » dans la typologie (Figure 7.8) de Van de Poël et al. (2016). En effet, elles ont essentiellement été tournées devant un fond vert par deux assistants en charge de ces travaux pratiques, mais elles sont agrémentées de différents types d'illustrations comme des vidéos d'expériences réelles (Figure 7.9a), et d'animations PowerPoint commentées (Figure 7.9b).



Figure 7.8 : Van de Poël et al. (2016) proposent une typologie des ressources multimédia.

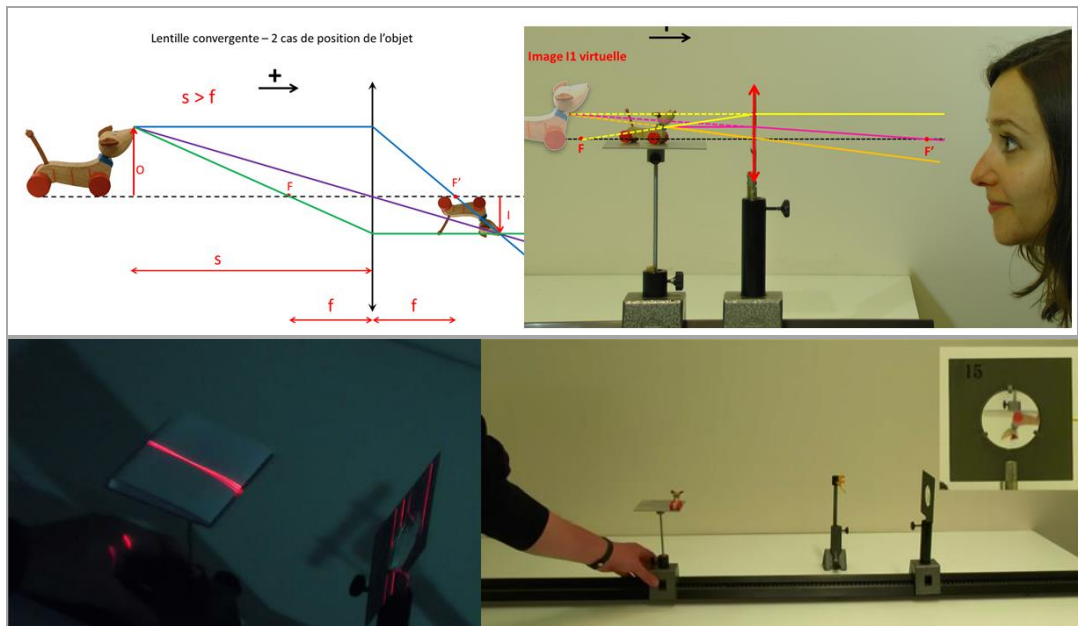


Figure 7.9 : a) Capture d'écran de powerpoint animé et commenté ; b) Captures d'écran de vidéos d'expérience.

La première vidéo, centrée sur le rappel des concepts théoriques de base, leur mise en application et l'énoncé du défi vise donc essentiellement les activités cognitives « se rappeler », « comprendre », « appliquer » et « analyser » de Anderson & Krathwohl (2001), et beaucoup moins, voire pas du tout les activités « évaluer » et « créer ». Cela correspond aux autres activités du cours et aux compétences visées lors de l'épreuve certificative. Ce sont pratiquement uniquement des connaissances conceptuelles qui en émergent (Krathwohl, 2002). La seconde vidéo, fournissant la solution du défi et présentant le matériel et la manière de l'utiliser concerne alors des connaissances essentiellement procédurales (Krathwohl, 2002) alimentée par des activités de type « se rappeler », « comprendre » et « appliquer ». Par ailleurs, Laduron (2020) a défini une typologie couvrant les différents types d'usage de la vidéo à des fins pédagogiques. Pour lui, la vidéo peut être utilisée comme un objet de compréhension, un objet de mémorisation, un objet de mise en action, un objet d'analyse, un objet de positionnement ou un objet de création. Nos deux vidéos couvrent les quatre premiers usages énoncés. En effet, elles permettent grâce aux illustrations des concepts enseignés et aux applications qui en sont réalisées de mieux comprendre la matière et visent à ce qu'elle soit plus facilement mémorisée. Par ailleurs, la présentation du matériel et de son fonctionnement tend à mettre les étudiants en action. Enfin, le défi, basée sur l'explication à fournir d'une situation non expliquée dans la première vidéo repose sur l'analyse.

La production de ces vidéos est le résultat d'un travail collaboratif de quelques semaines faisant intervenir plusieurs services de l'Université de Liège : PHYDEO (s. d.) pour la captation et le montage des vidéos d'expérience, l'IFRES (s. d.) pour le conseil à la scénarisation pédagogique, les tournages devant fond vert et le montage final, et deux assistants du Département de Physique pour la scénarisation pédagogique, l'écriture des scripts et la coordination du projet.

Quiz formatif

En conclusion du dispositif et en préambule à la séance (Figure 7.7), un quiz formatif non obligatoire est soumis aux étudiants. Ce test, composé de cinq questions à choix multiples tirées aléatoirement dans un pool d'une trentaine d'items, porte tant sur les bases théoriques que sur les éléments liés aux travaux pratiques présentés dans les séquences vidéo. L'étudiant a la possibilité de présenter ce test autant de fois qu'il le souhaite. Les règles de conception développées par Leclercq (Leclercq, 1986) ont été respectées lors de la rédaction des questions.

Lors de la séance de travaux pratiques, l'encadrant peut se permettre de réduire la durée des rappels portant sur les concepts théoriques de base puisque ceux-ci ont été réalisés dans la première vidéo. Cela présente l'avantage d'« obliger » l'étudiant à consulter la vidéo pour pouvoir profiter pleinement de la séance. Par ailleurs, un autre avantage que permet ce type d'approche est de gagner un peu de temps en début de séance et donc de bénéficier de plus de temps pour manipuler le matériel. En cela, nous appliquons le principe de la classe inversée qui réserve au cours des activités à plus haute valeur cognitive que la prise de connaissance livresque d'informations générales.

7.3.2 Défis proposés

Les étudiants rencontrent souvent des difficultés à faire des liens entre les concepts théoriques et leur mise en application dans le cadre des séances d'exercices ou de travaux pratiques. L'organisation, souvent figée, des séances des différents types d'enseignement n'aide pas les étudiants à combler ce gouffre. Dès lors, les vidéos d'introduction, et en particulier le défi proposé, peuvent ajouter, de manière ludique, un contact avec la matière, et par ce biais faciliter l'étape de mise en pratique.

Défi proposé en introduction du laboratoire d'optique

Dans le cas du laboratoire d'optique, c'est sur la notion d'image virtuelle que les étudiants sont invités à travailler. Deux constructions optiques réalisées à l'aide d'une lentille convergente sont présentées dans la première vidéo. Dans la première construction, l'objet réel est positionné avant le foyer objet de la lentille,

c’est-à-dire à une distance de cette lentille supérieure à sa distance focale. L’image de cet objet au travers de cette lentille est alors réelle et peut donc être recueillie sur écran, ce qui est illustré dans la vidéo. Dans la deuxième construction, l’objet est placé entre le foyer objet et la lentille, autrement dit à une distance inférieure à la distance focale de la lentille. L’image ainsi obtenue est virtuelle et ne peut être observée sur écran. La vidéo montre alors l’assistante regarder au travers de la lentille et ainsi observer cette image virtuelle (Figure 7.10). L’étudiant est ensuite invité à expliquer pourquoi il est possible d’observer cette image alors qu’elle est virtuelle.

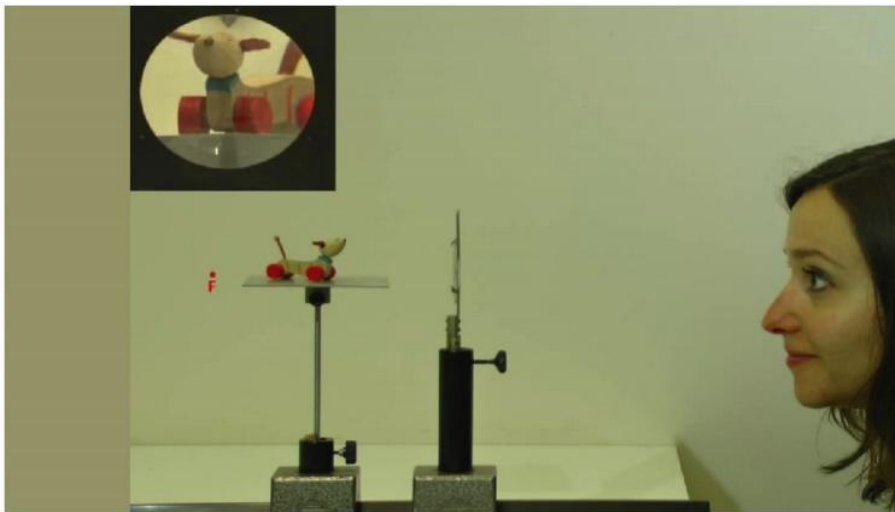


Figure 7.10 : Dans le défi proposé à la fin de la première vidéo d’optique, il est demandé à l’étudiant comment il est possible d’observer une image virtuelle.

Pour pouvoir résoudre cet exercice, l’étudiant doit mobiliser différents concepts vus au cours théorique et lors des séances d’exercices au sujet de l’œil et des systèmes à plusieurs lentilles. En effet, lorsque la lumière issue d’un objet traverse plusieurs lentilles, il est plus aisé de travailler en utilisant l’image fournie par une lentille comme objet pour la lentille suivante. Cependant, malgré l’apparente simplicité des raisonnements à produire dans ce type d’exercice en optique géométrique, des obstacles apparaissent dans l’appropriation des concepts, créant dès lors des difficultés d’apprentissage. Cela se marque particulièrement dans la construction d’image (Fawaz & Viennot, 1986 ; Mistrioti, 2003 ; Ouazzani Touhami et al., 2016), les étudiants rencontrent aussi des difficultés à considérer l’œil de la même manière que les lentilles en verre ou en plexiglas. Or, c’est bien ce principe qu’il faut appliquer ici en utilisant l’image produite par la lentille convergente comme objet pour la seconde lentille convergente du système, l’œil (Figure 7.11).

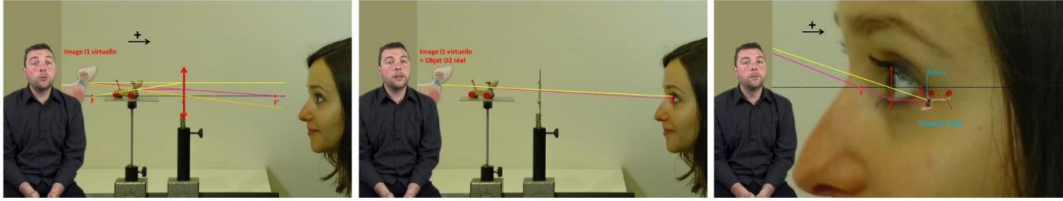


Figure 7.11 : L'étudiant doit mobiliser les concepts vus au cours et lors des séances d'exercices pour pouvoir résoudre ce défi d'optique.

Défi proposé en introduction du laboratoire d'électricité

Dans le cas de l'électricité, la première vidéo présente l'analyse du mouvement des charges électriques lors de la charge et de la décharge d'un condensateur dans un circuit R-C série (Figure 7.12).

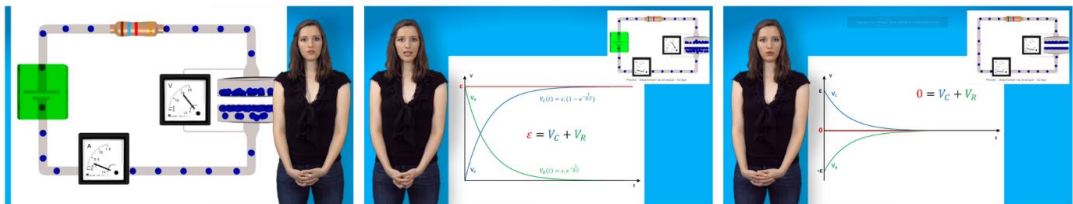


Figure 7.12 : Illustrations des rappels concernant la charge et la décharge d'un condensateur placé en série avec une résistance.

Après cette explication, il est proposé à l'étudiant de réfléchir à ce qu'il se passe au niveau du condensateur, tant du point de vue des charges que de la différence de potentiel aux bornes de celui-ci, si, une fois le condensateur chargé, on remplace le générateur de tension ε par un générateur fournissant une tension réduite de moitié, soit $\varepsilon/2$ (Figure 7.13).

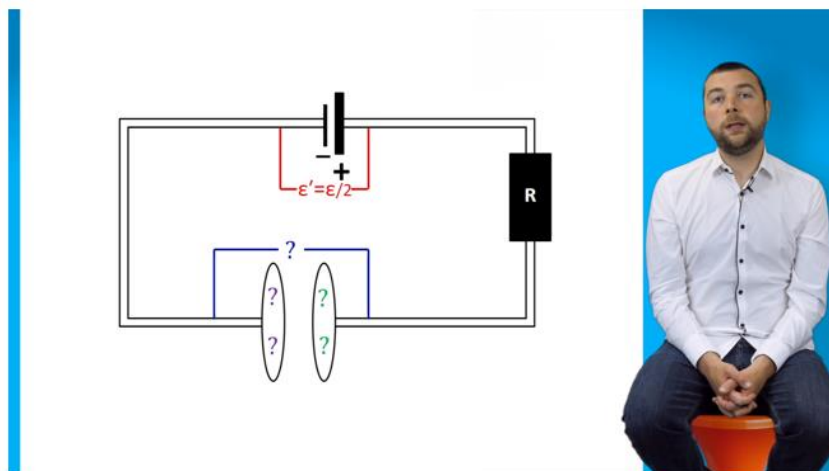


Figure 7.13 : Dans ce défi d'électricité, il est demandé ce qu'il se passe au niveau du condensateur lorsqu'on remplace un générateur par un autre fournissant une plus faible tension.

Les difficultés courantes rencontrées chez les étudiants dans cette matière se situent essentiellement autour des confusions entre différence de potentiel et intensité de courant, et par extension ici, entre la différence de potentiel aux bornes du condensateur et la quantité de charges présente sur ses plateaux. Souvent, c’est l’utilisation du raisonnement causal linéaire qui maintiendra l’étudiant dans l’erreur (Closset & Viennot, 1984). En effet, il est nécessaire pour l’étudiant de comprendre que la différence de potentiel maximale aux bornes du condensateur est fixée par la tension fournie par le générateur. La quantité de charges présente sur ses plateaux n’est alors qu’une conséquence de cette tension (et de la valeur de la capacité du condensateur). Donc, si on réduit de moitié la tension fournie, nécessairement la différence de potentiel aux bornes du condensateur serait également réduite de moitié, et par conséquent, la quantité de charges également (Figure 7.14).

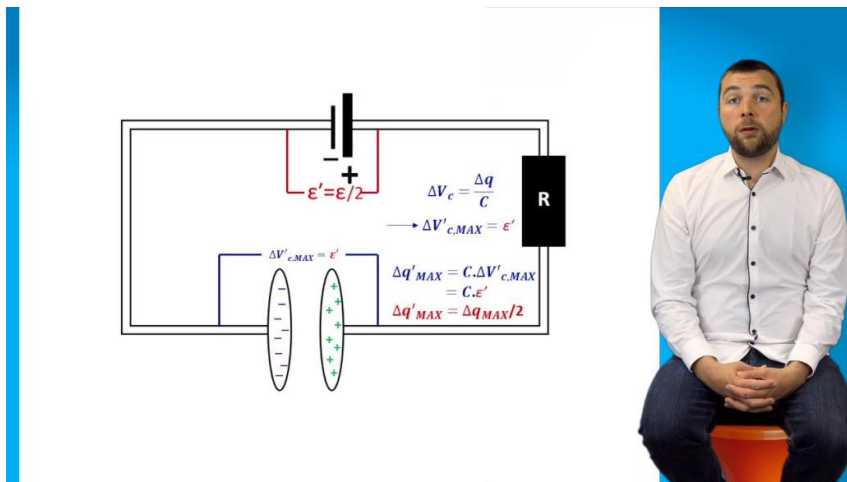


Figure 7.14 : L’explication de la réponse au défi est fournie au début de la 2^e vidéo d’introduction.

L’ensemble de la démarche entre le moment de la publication de la première séquence vidéo et le jour de la séance au laboratoire a également été pensé afin que cette activité se déroule sur une période de temps suffisante et que les consignes soient claires pour les apprenants. Comme le précise Viau (1994), ces derniers éléments contribuent également à favoriser la motivation des étudiants à s’investir davantage lors de ces activités pratiques.

7.3.3 Modifications du contenu des séances de travaux pratiques

Outre l’extension externe de l’écologie d’apprentissage par les vidéos, et plus globalement le dispositif introductif aux séances pratiques, il a semblé intéressant que celle-ci ait des répercussions sur le niveau écologique restreint de la classe. Dans chacune des séances pratiques, une expérience supplémentaire a ainsi vu le

jour. Celle-ci vise spécifiquement une expérience en rapport avec le domaine médical afin de jeter des ponts entre le domaine d'étude choisi par les étudiants et les activités d'apprentissage proposées. Une quatrième partie a été ajoutée à la séance pratique d'électricité.

Celle-ci est consacrée à l'étude de l'électrocardiogramme et à l'analyse des données qui peuvent être collectées grâce à cet outil. En pratique, quatre ordinateurs ont été placés dans le laboratoire. Chaque étudiant peut, à son tour au cours de la séance, se rendre à l'un de ces ordinateurs et obtenir des mesures combinées réalisées avec l'électrocardiogramme et un détecteur de rythme cardiaque. Grâce à ces données, l'étudiant peut mesurer sa fréquence cardiaque et calculer la vitesse de l'impulsion cardiaque¹⁶ (Figure 7.15) ainsi que la vitesse du sang dans l'aorte.

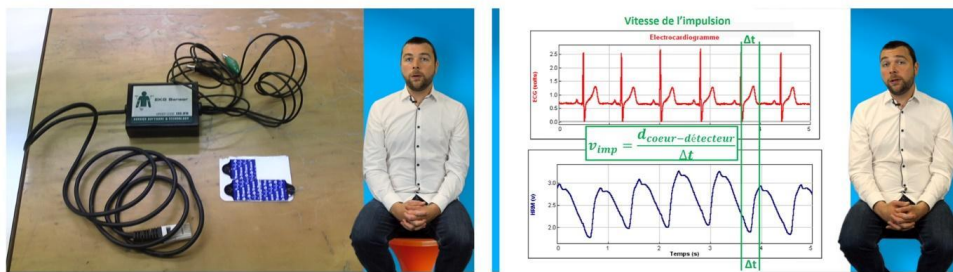


Figure 7.15 : L'électrocardiogramme a été ajouté au laboratoire d'électricité prévu au programme du cours PHYS3018-A-a en première année de médecine et dentisterie afin de renforcer les liens entre cours et la filière d'étude.

Dans le cas de l'optique, une explication complémentaire du rôle de l'œil a été ajoutée aux explications fournies en cours de séance afin de mettre également en pratique ces notions vues au cours théorique. Cette explication permet également de déconstruire quelques raisonnements alternatifs portant notamment sur les constructions d'images, en particulier d'images virtuelles, abordés précédemment. Concrètement, lors de la correction du montage de la modélisation du microscope d'observation sur le banc d'optique, un assistant ajoute une lentille servant à jouer le rôle de la cornée de l'œil de l'observateur. Il simule ensuite deux des défauts de l'œil étudiés en théorie (la myopie et l'hypermétropie) en déplaçant l'écran sur lequel est projetée l'image finale de ce montage. L'ajout d'une dernière lentille (respectivement divergente pour la myopie et convergente pour l'hypermétropie) permet d'illustrer la manière de corriger ces défauts de l'œil (Figure 7.16).

¹⁶ L'impulsion cardiaque est la déformation mécanique qui va se propager le long des veines et artères suite à l'éjection du sang par le cœur. C'est cette perturbation que nous sentons lorsque nous prenons notre pouls. La fréquence à laquelle nous la mesurons est évidemment égale à la fréquence cardiaque puisqu'une perturbation démarre du cœur à chaque battement de celui-ci.

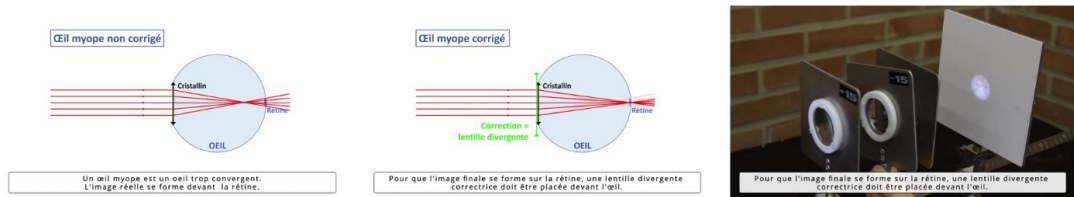


Figure 7.16 : Dans le cas de l’optique, afin de renforcer les liens entre le cours et la filière d’étude choisie, ce sont les corrections aux différents défauts de l’œil qui ont trouvé une nouvelle place dans la séance au laboratoire.

Ces deux ajouts visent à favoriser leur motivation. En effet, plusieurs critères de Viau (2009) sont rencontrés par ces nouvelles expériences.

- Elles sont signifiantes aux yeux des étudiants en étant directement reliées à leur domaine d’étude.
- Elles sont diversifiées puisqu’elles ne demandent pas les mêmes procédures que les autres expériences à réaliser et s’intègrent à la séance.
- Elles sont authentiques. En particulier, dans le cas de l’électrocardiogramme, les étudiants peuvent prendre les mesures directement sur eux-mêmes.
- Elles représentent un défi pour les étudiants puisque pour chacune de ces expériences, ceux-ci doivent mobiliser différents concepts issus du thème de la séance ou d’autres thèmes (la mécanique des fluides pour l’électrocardiogramme par exemple) pour parvenir à la solution, et ce, sans que le chemin soit fourni dans le cahier de laboratoire.
- Elles exigent donc un engagement cognitif de la part des étudiants.
- Elles comportent des consignes claires sans que la marche à suivre soit dictée comme une recette de cuisine.

Elle se déroule sur une période de temps suffisante puisque le temps estimé pour compléter chacune de ces expériences est inférieur au temps économisé lors de la phase de rappels théoriques grâce aux vidéos.

7.3.4 Des principes de la classe inversée

En touchant aux environnements d’apprentissage et élargissant les murs de la classe, ce projet s’inspire des démarches pédagogiques de classe inversée. La majorité des critères énoncés par Kim et al. (2014) sont rencontrés. Voici un rapide rappel des neuf critères, avec pour chacun, un commentaire lié au projet de vidéos d’introduction aux travaux pratiques :

Le dispositif pédagogique décrit présente une forte adéquation avec les principes de la classe inversée définis par Kim et al. (2014) :

1. Fournir une opportunité pour les étudiants d'acquérir une première exposition avant le cours.

L'utilisation de vidéos en ligne pour introduire les concepts de base avant la séance pratique est une pratique typique de la classe inversée, où les étudiants sont exposés au contenu avant de venir en classe, en l'occurrence au laboratoire dans le cadre de notre projet. Ce projet s'aligne donc avec le premier principe de Kim et al. (2014).

2. Fournir une incitation pour les étudiants à se préparer pour le cours.

En posant un problème non expliqué, les étudiants sont incités à réfléchir de manière critique et à appliquer leurs connaissances pour résoudre des problèmes, une composante clé de l'apprentissage actif en classe inversée (Bishop & Verleger, 2013). Ces problèmes non résolus dans les vidéos et les tests formatifs motivent les étudiants à se préparer, respectant ainsi le deuxième principe.

3. Fournir un mécanisme pour évaluer la compréhension des étudiants.

Les tests formatifs aident à évaluer la compréhension des étudiants et à identifier les domaines nécessitant des éclaircissements (Roediger & Butler, 2011), une méthode recommandée dans les environnements de classe inversée. Ces tests formatifs non obligatoires sont en accord avec le troisième principe.

4. Fournir des connexions claires entre les activités en classe et hors classe.

Le dispositif établit des liens explicites entre les activités en ligne et en présentiel, ce qui correspond au quatrième principe. En effet, encourager les étudiants à commenter et expliquer leurs observations en ligne favorise une interaction précoce et l'engagement avec le matériel, ce qui est essentiel pour maximiser les bénéfices des sessions en présentiel.

5. Fournir des instructions clairement définies et bien structurées.

La fourniture de la solution du défi dans la seconde vidéo et la présentation du matériel qui y fait avant la séance permettent aux étudiants de se préparer plus efficacement, ce qui est une pratique courante dans les cours inversés pour faciliter une meilleure utilisation du temps en classe (Davies et al., 2013). Cela permet de respecter le cinquième principe.

6. Fournir suffisamment de temps aux étudiants pour réaliser les devoirs.

La planification des vidéos et des tests formatifs sur une période suffisante permet aux étudiants de se préparer adéquatement, répondant au sixième principe. De

plus, la réduction du temps consacré aux rappels théoriques en classe permet de consacrer plus de temps aux activités pratiques et à l'application des concepts, une caractéristique clé des classes inversées (Strayer, 2012).

7. Faciliter la création d'une communauté d'apprentissage.

Bien que moins explicitement abordé, le dispositif pourrait améliorer cet aspect en intégrant plus de forums et d'interactions en ligne, mais il montre déjà une certaine facilitation de la collaboration en classe, correspondant au septième principe. Par ailleurs, lors des expériences pratiques réalisées au laboratoire, les étudiants sont invités à travailler en groupe, ce qui permet de renforcer les liens et créer une cohésion dans la communauté étudiante.

8. Utiliser des technologies familières et faciles d'accès.

Le choix de technologies accessibles et la collaboration avec divers services universitaires pour la production des vidéos sont en adéquation avec le neuvième principe.

9. Fournir des retours rapides et adaptatifs sur les travaux individuels ou de groupe.

Ce principe est le moins représenté dans le dispositif actuel. L'ajout de mécanismes pour fournir des feedbacks rapides et personnalisés améliorerait encore l'intégration de ce principe.

Conclusion globale sur l'adéquation au modèle de classe inversée de Kim et al. (2014)

Le dispositif est largement conforme aux principes de la classe inversée définis par Kim et al. (2014). Il se distingue par une préparation des étudiants via des vidéos et des tests formatifs, un lien explicite entre les activités en ligne et en présentiel, et une utilisation appropriée des technologies. Bien que l'intégration des retours rapides et adaptatifs puisse être améliorée, le dispositif démontre une forte adhésion aux autres principes, indiquant une adéquation globale solide avec la méthodologie de la classe inversée. Ces améliorations peuvent encore être envisagées pour renforcer l'efficacité et l'engagement des étudiants, consolidant ainsi la pertinence du dispositif dans un cadre pédagogique moderne et interactif.

7.3.5 De la motivation

Ce projet rencontre les conditions énoncées par Viau (2009) pour susciter la motivation chez les étudiants. Voici un retour sur chacune des conditions de Viau (2009) agrémentée d'un commentaire portant sur ce projet.

1. Être signifiante aux yeux de l'étudiant.

Les vidéos et les expériences supplémentaires (comme l'étude de l'électrocardiogramme par exemple) sont directement liées aux applications pratiques en médecine, rendant les activités significatives pour les étudiants en médecine.

2. Être diversifiée et s'intégrer aux autres activités.

Le dispositif inclut des vidéos, des tests formatifs, et des expériences pratiques en laboratoire, offrant une variété d'activités intégrées dans une séquence cohérente.

3. Représenter un défi pour l'étudiant.

Les défis posés dans les vidéos, tels que les questions non résolues sur l'optique et l'électricité, offrent des tâches stimulantes qui requièrent l'application des concepts théoriques.

4. Être authentique.

Les activités sont directement liées aux applications cliniques et de recherche, comme l'utilisation de l'électrocardiogramme, ce qui les rend authentiques et pertinentes pour les étudiants en médecine.

5. Exiger un engagement cognitif de l'étudiant.

Les vidéos posent des questions ouvertes et des problèmes complexes qui nécessitent une réflexion approfondie et l'application des connaissances théoriques.

6. Responsabiliser l'étudiant.

Les étudiants sont responsables de leur propre préparation en visionnant les vidéos et en participant aux tests formatifs à leur propre rythme.

7. Permettre à l'étudiant d'interagir et de collaborer avec les autres.

Les séances de laboratoire offrent des opportunités pour le travail en groupe et la collaboration, bien que cet aspect puisse être encore renforcé.

8. Avoir un caractère interdisciplinaire.

Le projet touche plusieurs domaines (optique, électricité, mécanique des fluides), favorisant une approche interdisciplinaire et permettant de mobiliser des connaissances variées.

9. Comporter des consignes claires.

Les vidéos et les tests formatifs sont accompagnés de consignes claires sur les attentes et les objectifs, aidant les étudiants à s'organiser et à comprendre les tâches à accomplir.

10. Se dérouler sur une période de temps suffisante.

Le dispositif prévoit une période de temps suffisante entre la publication des vidéos et les séances pratiques, permettant aux étudiants de se préparer adéquatement. Un planning conseillé est publié pour aider les étudiants à organiser leur travail.

Conclusion sur l’adéquation globale au modèle de Viau (2009) sur la motivation

Toutes les conditions de Viau (2009) ont pu être liées à une ou plusieurs étapes du dispositif décrit. Il présente une forte adéquation avec les conditions de Viau pour agir sur la motivation des étudiants. Les activités proposées sont significatives, variées, et intégrées de manière cohérente, tout en représentant des défis stimulants et authentiques. Les étudiants sont cognitivement engagés et responsabilisés, avec des opportunités d'interaction et de collaboration. Les activités sont interdisciplinaires et accompagnées de consignes claires, et elles se déroulent sur une période de temps suffisante. Cette approche globale contribue à motiver les étudiants et à les engager activement dans leur apprentissage, rendant le dispositif efficace et bien aligné avec les principes de motivation en pédagogie.

7.3.6 Des principes de l’apprentissage multimédia

Une attention particulière a été portée aux principes de Mayer (2009) lors de la conception des vidéos de ce projet. Pour la plupart, un exemple issu des vidéos de ce projet est présenté.

- *Principe de cohérence* (Exemple : Figure 7.15)
- *Principe de signalisation* : Par exemple, la Figure 7.14 illustre la correction du défi proposé dans le cadre du dispositif d’introduction à la séance de travaux pratiques d’électricité. Dans ce défi, la tension fournie par le générateur est modifiée (divisée par deux). Afin de voir les conséquences de cette modification, la tension est marquée en rouge dans le raisonnement mathématique.
- *Principe de redondance* : Dans l’explication de la charge et de la décharge d’un condensateur dans un circuit RC, l’explication complète est faire

oralement, seules les principaux résultats mathématiques et les graphiques illustrant l'évolution des différences de potentiel sont visibles à l'écran (Figure 7.12).

- *Principe de contiguïté spatiale* : Les éléments textuels placés à proximité des illustrations visuels les enrichissent et facilitent la compréhension (Figure 7.11).
- Principe de contiguïté temporelle
- *Principe de segmentation* : La présentation du circuit, la charge du condensateur et sa décharge sont présentées dans des moments distincts pour faciliter l'appropriation (Figure 7.11).
- *Principe de pré-entraînement* : par essence, ce projet poursuit l'objectif d'introduire ou rappeler les concepts de base avant de les mettre en application au laboratoire.
- *Principe de modalité* : L'énoncé du défi d'électricité est présenté oralement et illustré à l'aide d'un schéma (Figure 7.13).
- *Principe de multimodalité* : Les canaux visuels et auditifs de l'étudiant sont activés respectivement par le schéma présenté et le développement mathématique d'une part, et l'explication orale d'autre part (Figure 7.14).
- Principe de personnalisation
- Principe de la voix
- *Principe de l'image* : L'enseignant est régulièrement visible à l'écran pour renforcer la convivialité et espérer augmenter l'engagement de l'étudiant (Figure 7.14).

Conclusion sur l'adéquation globale aux principes de l'apprentissage multimédia

Les principes de Mayer (2009) sont donc globalement rencontrés dans notre projet. Les recommandations complémentaires de Guo et al. (2014) le sont partiellement. En effet, les auteurs conseillent des vidéos d'une durée maximale de six minutes. Deux des quatre vidéos du projet ont des durées inférieures à six minutes, une troisième a une durée de neuf minutes et la dernière, une durée de douze minutes. Cette dernière vidéo correspond à la seconde partie de l'électricité et donc la correction du défi et la présentation du matériel. La quantité d'informations quant à la présentation du matériel à utiliser au laboratoire et aux consignes de sécurité qui y sont liées est plus conséquente que pour l'autre laboratoire. Le projet sur l'électricité ayant été réalisé après celui de l'optique, nous

avons voulu, quitte à ne pas respecter cette recommandation de Guo et al. (2014), garder la même structure pour chaque laboratoire sans transiger sur la transmission des informations relevant de mesures de sécurité.

Les auteurs suggèrent par ailleurs d’enregistrer les séquences vidéo dans des cadres informels plutôt qu’en studio. Cette recommandation est partiellement rencontrée. Dans notre projet, nous avons décidé, afin de faciliter le travail d’intégration des illustrations, notamment mathématiques, d’alterner les plans enregistrés en studio avec d’autres tournés au laboratoire.

7.4 Instruments

Seul le processus de préparation à la séance en laboratoire d’optique (vidéos, défi et test formatif en ligne) est visé par cette recherche puisque celui d’électricité a été conçu plus tard.

Les traces de participation au défi (question de réflexion) et au test formatif clôturant le processus d’introduction à la séance de travaux pratiques en optique sont également utilisées dans le cadre de cette recherche, et ce, pour les années académiques 2016-2017, 2017-2018 et 2018-2019. Ces traces indiquent la participation et la meilleure note obtenue par l’étudiant à ce test. Ces tentatives sont notées sur 50 points (10 points pour chacune des cinq questions). En raison d’un souci technique, il ne nous est malheureusement pas possible d’obtenir les contenus des commentaires publiés par les étudiants au défi, nous ne pourrions donc utiliser dans cette étude que la participation à cet exercice et non le niveau de performance des étudiants.

Les traces de visionnage des vidéos n’ont par contre pas pu être recueillies pour des raisons techniques.

Les séances de travaux pratiques visent à augmenter le niveau de compétence globale des étudiants dans la matière concernée (ici l’optique). Pour cette raison il semble opportun de corrélérer la participation aux deux activités proposées pour lesquelles nous avons des traces avec la réussite aux questions portant sur l’optique à l’examen de janvier. Nous utiliserons également le score obtenu par chacun aux questions portant spécifiquement sur les travaux pratiques d’optique. En cas d’échec à l’examen de janvier, les étudiants ont la possibilité de le représenter à nouveau lors de la session de juin et lors de la session d’été en septembre. Cependant, nous ne nous intéresserons ici qu’aux résultats obtenus à l’examen de janvier puisqu’aucune séance de révision des travaux pratiques n’est organisée après cette première session. Notons cependant que les vidéos

d'introduction aux séances pratiques restent à disposition des étudiants durant l'entièreté de l'année académique.

Par ailleurs, chaque année, à l'issue du quadrimestre durant lequel le cours de physique est enseigné, une enquête de satisfaction a été publiée sur le cours en ligne proposé sur la plate-forme institutionnelle. Il était demandé aux étudiants d'y répondre avant le début de la session d'examens de janvier. Leur participation était facultative, bien qu'encouragée. Cette enquête portait sur l'ensemble des éléments du cours, qu'ils soient organisés en présentiel ou en distanciel.

Dès la première année du projet de mise à disposition des étudiants de vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques, une question portant sur celles-ci a été ajoutée à cette enquête : Une seule question portait sur ce projet de vidéos d'introduction à la séance de travaux pratiques en optique : « *Le fait d'avoir des vidéos introductives (2 parties) et un petit test avant de me rendre au laboratoire Mim m'a permis de mieux comprendre ce laboratoire (par rapport au labo E2 notamment¹⁷). Estimez à quel point cette affirmation est vraie en donnant une valeur comprise entre 1 et 4. 1 correspond à "absolument inutile" 4 à "tout à fait utile" ».*

7.5 Résultats

7.5.1 Participation au défi

Hypothèse a – Les étudiants consultent les vidéos et répondront aux défis proposés (données de participation).

Lors de la première année académique où ce dispositif a été proposé (2016-2017), 15,6 % (N = 90) des étudiants de médecine ou sciences dentaires ont encodé leur réponse à la question de réflexion proposée sur la plate-forme en ligne entre les deux vidéos.

L'année suivante, 17,2 % (N = 20) des étudiants de la population globale ont encodé une réponse au problème posé entre les deux vidéos. En 2018-2019, ils étaient 17,3 % (N = 31) à encoder une réponse au défi proposé.

¹⁷ Rappelons que les vidéos portant sur le laboratoire d'électricité E2 n'avaient pas encore été conçues au moment où cette enquête a été lancée (décembre 2016).

7.5.2 Participation et performance au test formatif

Hypothèse b – Le fait de proposer des défis, sous forme de questions de réflexion, et des quiz aux étudiants avant de se rendre au laboratoire influence leur engagement et leur permet de se préparer à la séance pratique (données de participation).

Lors de la première d’année d’expérimentation, les traces recueillies en ligne sur le test formatif proposé avant la séance de travaux pratiques permettent de se rendre compte que ce test a rencontré plus de succès que le défi proposé puisque 40,3 % (N = 232) des étudiants ont conclu au moins une tentative. Les deux années suivantes, ce taux de participation au test formatif en ligne s’élevait respectivement à 65,5 % (N = 76) en 2017-2018 et 68,2 % (N = 122) en 2018-2019.

Du point de vue de la performance à ce quiz formatif, 13,4 % (N = 48) de la population ayant au moins une tentative ont réussi un sans-faute lors d’une tentative en 2106-2017. Exactement la moitié (N = 116) des étudiants ayant ouvert le test a obtenu un score supérieur à la moitié des points lors d’au moins une tentative. L’année suivante, 64,5 % (N = 49) ont obtenu, au moins une fois, la moitié des points et 17,1 % (N = 13) n’ont commis aucune erreur. Enfin, en 2018-2019, 67,2 % (N = 82) des étudiants ayant tenté le test l’ont réussi. Notons que 13,9 % (N = 17) ont répondu correctement à chaque question posée.

Le graphique suivant (Figure 7.17) présente l’évolution, au cours des trois années étudiées, de la répartition des étudiants ayant présenté au moins une fois le test en fonction de la meilleure note qu’ils y ont obtenue.

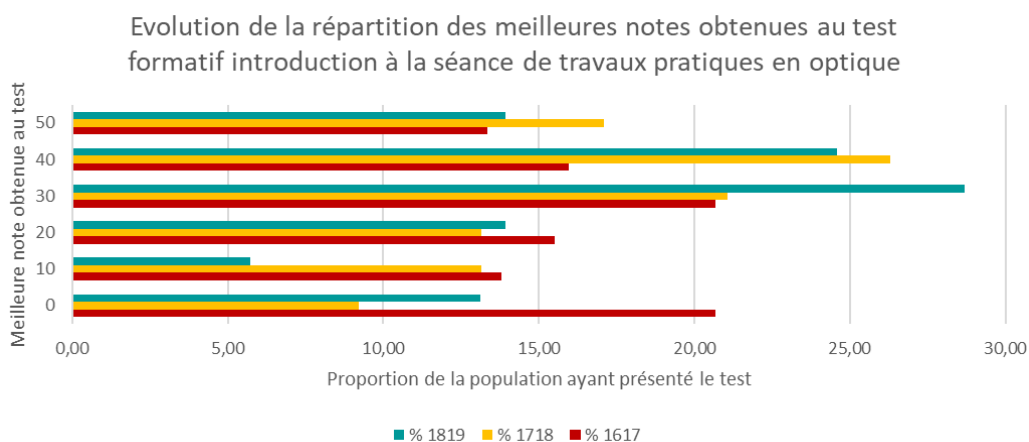


Figure 7.17 : Les notes obtenues au test formatif introductif en optique semblent s’améliorer au cours des années étudiées.

7.5.3 Performance à l'examen

Hypothèse c – L'introduction de vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques et de différents défis et quiz a un effet sur la performance à l'examen, en particulier, dans les matières concernées par les séances de travaux pratiques (données de performance).

Le graphique de la figure 7.18 présente l'évolution des moyennes obtenues par l'ensemble des étudiants aux questions d'optique (graphique jaune), et aux questions spécifiques à la séance de travaux pratiques (graphique vert) lors de l'examen de janvier entre 2015 et 2019. Pour rappel, le projet des vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques d'optique a été mis à disposition des étudiants en septembre 2016.

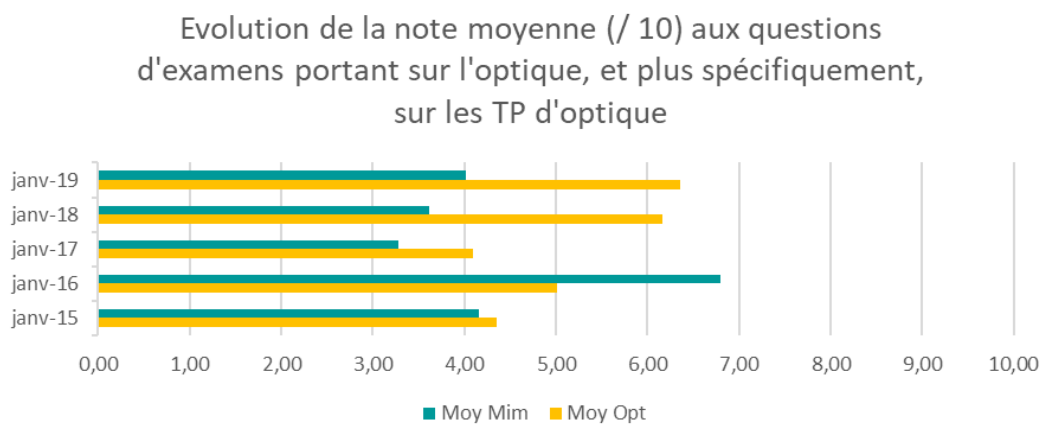


Figure 7.18 : Les étudiants présentent de meilleures notes aux questions d'examen portant sur l'optique depuis la mise en place des vidéos d'introduction aux séances de travaux pratiques, mais pas aux questions portant directement sur cette séance.

Un « saut » peut être observé dans les moyennes obtenues par l'ensemble des étudiants aux questions d'optique à partir de l'examen de janvier 2018. Ces différences de moyenne calculées sur les questions d'optique sont significativement différentes ($F = 47,2$; $p = 5,4 \cdot 10^{-28}$). La méthode de classement des groupes montre trois ensembles : un premier composé des étudiants ayant présenté les examens de janvier 2018 et 2019, un second composé des étudiants ayant été interrogés en janvier 2016, et enfin, un dernier groupe composé des étudiants interrogés en janvier 2015 et 2017. Aucune différence significative n'est par contre observée lorsqu'on s'intéresse uniquement aux questions portant sur les travaux pratiques d'optique.

Afin d'identifier un éventuel impact du nouveau dispositif sur l'apprentissage de l'optique, il est intéressant de corréliser son utilisation avec la performance lors de l'épreuve certificative de janvier. Le test de Khi-carré nous permet d'identifier de

potentielles dépendances entre la performance à la partie consacrée à l'optique lors de l'examen et les trois variables permettant de juger de l'utilisation de l'outil proposé : la participation au test formatif préalable à la séance de travaux pratiques, la note obtenue à ce test, et le fait d'avoir commenté ou non la situation-problème constituant à la fin de la première vidéo.

Etude des corrélations potentielles entre la participation aux activités proposées et la performance aux questions d'optique à l'examen			
variables étudiées	Années académiques		
	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Participation au test formatif	Oui ($p = 6,70.10^{-6}$)	Oui ($p = 6,81.10^{-3}$)	Oui ($p = 1,33.10^{-2}$)
Note obtenue au test formatif	Oui ($p = 1,93.10^{-5}$)	Non ($p = 1,42.10^{-1}$)	Non ($p = 4,23.10^{-1}$)
Participation à l'exercice (commentaire de la situation-problème)	Oui ($p = 2,24.10^{-3}$)	Non ($p = 7,76.10^{-1}$)	Non ($p = 3,36.10^{-1}$)

Tableau 7.3 : La participation au test formatif d'introduction aux séances pratiques est toujours corrélée avec la performance aux questions portant sur l'optique lors de l'examen.

Le tableau 7.3 montre que seule la participation au test formatif est systématiquement corrélée avec la performance en optique à l'examen. La mesure de l'association calculée grâce au V de Cramer indique des valeurs de 0,21, 0,25 et 0,19 respectivement pour ces trois années académiques testées. Pour l'année académique 2016-2017, le facteur d'association s'élève à 0,37 pour la corrélation établie entre la performance à l'examen et la note obtenue au test formatif. Ce sont principalement la catégorie reliant la note nulle au test formatif et l'échec à la partie optique de l'examen et celle liant la note maximale au test formatif à la réussite de l'optique à l'examen qui contribuent au résultat de dépendance obtenu grâce au test du khi-carré. Aucune dépendance ne peut être mise en évidence au cours des deux autres années académiques.

Notons enfin que la participation à l'exercice visant à expliquer la situation-problème proposée ne semble pas être corrélée à un haut niveau de performance à l'examen. En effet, même si en 2016-2017, le test de khi-carré nous indique une dépendance entre ces variables, le coefficient d'association calculé par la méthode du V de Cramer s'élève seulement à 0,14.

7.5.4 Perception

Hypothèse d – Les étudiants expriment une satisfaction quant à leur expérience d'apprentissage grâce au dispositif proposé (données de perception).

En décembre 2016, 28,5 % (N = 164) des étudiants y ont participé. Un an plus tard, ce taux atteignait 47,4 % (N = 55), alors qu'en décembre 2019, il s'élevait à 32,4 % (N = 58)¹⁸.

La figure 7.19 indique l'évolution de la satisfaction des étudiants vis-à-vis du projet de vidéos d'introduction à la séance de travaux pratiques en optique au cours des années académiques précitées.

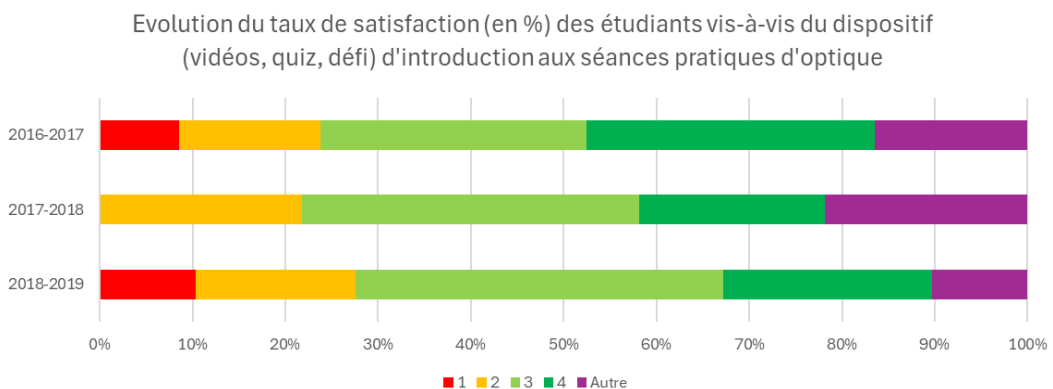


Figure 7.19 : Une large majorité d'étudiants perçoit positivement ou très positivement ce projet de vidéos d'introduction à la séance de travaux pratiques d'optique.

59,8 % des répondants (N = 98) considèrent favorablement ou très favorablement l'apport de ces vidéos dans leur compréhension de la séance lors de la première année de disponibilité de ces vidéos. Il est à noter que parmi les 16,5 % de la catégorie « Autre », 13,4 % des répondants (N = 22) ont indiqué ne pas avoir regardé ces vidéos et 3,0 % (N = 5) n'ont pas répondu à cette question dans l'enquête de satisfaction. En décembre 2017, 56,4 % des étudiants (N = 31) donnaient un avis positif ou très positif (réponses 3 ou 4) à ce dispositif, ce taux grimant à 62,1 % (N = 36) un an plus tard.

¹⁸ Dès la rentrée académique de septembre 2017, le nombre d'étudiants autorisés à s'inscrire en première année de bachelier en médecine et en sciences dentaires a fortement chuté en raison de l'instauration d'un examen d'entrée conditionnant l'accès à ces études. A partir de l'année académique 2023-2024, cet examen d'admission est remplacé par un concours (ARES, s. d.b).

7.6 Discussion

7.6.1 Participation

Peu d’étudiants (respectivement 15,6 %, 17,2 % et 17,3 %) ont participé de manière active au défi proposé sous la forme d’une question de réflexion posée entre les deux vidéos d’introduction à la séance pratique consacrée à l’optique lors des trois premières années académiques de ce projet. Cela ne veut pas dire pour autant que les autres n’ont pas réfléchi au défi proposé, mais simplement qu’ils n’ont pas pris la peine de compléter leur réponse en ligne. Etant donné qu’il nous est impossible de consulter le taux de fréquentation et de visionnage des vidéos, ne nous pouvons déterminer avec exactitude quelle proportion d’étudiants a profité de ce dispositif.

Le test formatif en ligne prenant la forme d’un quiz et concluant le processus de préparation à la séance pratique d’optique a rencontré plus de succès, avec des taux de participation s’élevant respectivement à 40,3 %, 65,5 % et 68,2 % des populations étudiées.

Cette différence de participation peut probablement être en partie expliquée par le fait que l’investissement temporel est plus faible en répondant à un questionnaire composé de cinq QCM qu’en devant rédiger une réponse à un exercice proposé. Par ailleurs, l’étudiant recevait un feedback immédiat lors de la passation de son test formatif (il pouvait prendre connaissance des réponses correctes à chaque question présente dans son test juste après avoir validé celui-ci), alors qu’il recevait le feedback de l’exercice lié à la situation-problème lors de la publication de la seconde vidéo, qu’il ait pris la peine d’encoder une réponse ou non.

L’hypothèse a (*les étudiants consultent les vidéos et répondent aux défis*) est donc en partie confirmée au vu des fréquentations des défis. Par ailleurs, au vu du succès au quiz formatif, on peut espérer que l’hypothèse b (*Le fait de proposer des défis, sous forme de questions de réflexion, et des quiz aux étudiants avant de se rendre au laboratoire influence leur engagement et leur permet de se préparer à la séance pratique*) est validée, même s’il est très compliqué de mesurer concrètement l’engagement des étudiants aux laboratoires.

7.6.2 Performance

Parmi les étudiants actifs au quiz formatif, ils sont entre 50 % et 67,2 % à avoir obtenu au moins la moitié des points sur une de leurs tentatives.

Il a aussi été montré (Figure 7.18) que les notes globales, calculées sur l’ensemble de la population, aux questions d’optique lors de l’examen de janvier sont

statistiquement meilleures depuis l'épreuve de janvier 2018, c'est-à-dire depuis la deuxième année de l'expérimentation. Ce constat n'est pas reconduit sur les questions consacrées aux séances pratiques d'optique.

Une partie de l'explication réside probablement dans le fait qu'à partir de septembre 2017, les étudiants s'inscrivant en première année de médecine ou de sciences dentaires ont dû réussir un examen d'entrée, portant entre autres sur la physique, pour pouvoir accéder à la formation qu'ils ont choisi de suivre. Il est donc difficile de comparer les cohortes d'avant septembre 2017 avec les suivantes.

Les fluctuations observées dans les notes moyennes aux questions portant spécifiquement sur les travaux pratiques d'optique proviennent probablement, d'une part, de la variabilité du nombre de ces questions spécifiques à l'optique d'une épreuve à l'autre et, d'autre part, de la variabilité du niveau de difficulté de ces questions d'une session à l'autre. En effet, même si, globalement, le niveau de l'examen de physique est constant, il est possible qu'à l'intérieur d'une matière, le niveau diffère au fil des épreuves.

Une corrélation a pu être observée, uniquement lors de l'année académique 2106-2017, entre la performance au quiz formatif et lors de l'examen, sur la partie consacrée à l'optique. Les étudiants performant au quiz performant ensuite lors de l'examen. Cette corrélation peut probablement en partie être expliquée par la motivation initiale des étudiants participants. En effet, un étudiant motivé, qui travaille régulièrement, s'engage probablement plus facilement dans ce type de tâche.

Le fait qu'aucune dépendance ne soit constatée entre les niveaux de performance au test formatif et à l'examen pour les deux dernières années académiques peut probablement être expliqué par l'introduction de l'examen d'entrée en septembre 2017 pour pouvoir accéder à ces études. La population sondée est donc composée d'étudiants censés avoir de bonnes bases dans cette matière dont les rudiments sont abordés dans l'enseignement obligatoire. Par contre, un lien est établi entre la participation au test formatif et la performance à l'examen. Les coefficients d'association calculés ne sont cependant pas très élevés puisqu'ils varient entre 0,19 et 0,25. Cela pourrait laisser supposer que le simple fait de présenter au moins une fois le test formatif soit un engagement suffisant pour améliorer son niveau de maîtrise de la matière concernée.

Le défi proposé entre les deux vidéos ne semble pas impacter la performance à l'examen. Il convient néanmoins de nuancer cette observation. En effet, au vu des traces recueillies, nous considérons comme participant à l'exercice que les étudiants ayant fourni une réponse écrite. Or, comme nous l'avons mentionné précédemment, il est possible que certains étudiants n'aient pas pris la peine

d’encoder leur réponse et aient simplement résolu l’exercice sur papier ou mentalement en sachant que la solution leur serait fournie au début de la seconde vidéo. Il est également possible que la connaissance de la publication de la solution au défi dans cette seconde vidéo ait eu comme conséquence que des étudiants ne s’engagent tout simplement pas dans cet exercice.

Il est difficile de conclure au sujet de l’hypothèse c (L’introduction de vidéos d’introduction aux séances de travaux pratiques et de différents défis et quiz a un effet positif sur la performance à l’examen, en particulier, dans les matières concernées par les séances de travaux pratiques). En effet, certains éléments, comme la participation au quiz formatif, montrent parfois des corrélations avec la performance à l’examen, d’autres, comme la participation au défi, non. Par ailleurs, le fait que ces corrélations soient observées à partir de l’introduction de l’examen d’entrée régissant l’accès aux études de médecine et de dentisterie nous invite à la prudence.

7.6.3 Perception

Les étudiants semblent avoir massivement apprécié le dispositif mis en place en introduction de la séance de travaux pratiques en optique puisque des taux de satisfaction variant entre 56,4 % et 62,1 % ont pu être mesurés. L’hypothèse d (*Les étudiants expriment une satisfaction quant à leur expérience d’apprentissage grâce au dispositif propos*) est donc vérifiée.

7.7 Développements ultérieurs

Au vu des résultats obtenus, ce type de dispositif, basé sur les principes de la classe inversée, devrait être étendu à toutes les autres séances pratiques. Depuis l’introduction de ces vidéos pour le laboratoire d’optique et celui d’électricité, d’autres projets similaires ont vu le jour, à commencer par la mécanique des fluides. Le projet de vidéos en mécanique des fluides (Figure 7.20) a été particulièrement apprécié par les enseignants des cours de physique des autres filières d’étude. En effet, il arrive que ces séances pratiques consacrées à la mécanique des fluides soient parfois programmées tôt dans le quadrimestre, certains titulaires de cours manquent alors de temps pour réaliser l’enseignement complet du chapitre concerné avant que les premiers étudiants ne doivent se rendre au laboratoire. Cela peut entraîner chez eux un manque de confort évident. Le fait de pouvoir disposer de vidéos d’introduction construite selon le modèle initial (double vidéo entrecoupée d’un exercice visant à l’analyse d’une situation nouvelle, le tout suivi d’un quiz) a permis que tous les étudiants de ces filières

arrivent avec un bagage suffisant au laboratoire. En quelque sorte, l'étendue de ce projet à d'autres de travaux pratiques a permis d'élargir davantage leurs propres écologies d'apprentissage. Par ailleurs, le dispositif d'introduction aux séances pratiques en optique et en électricité a également été proposé et inséré au programme des cours de physique des autres filières d'étude.

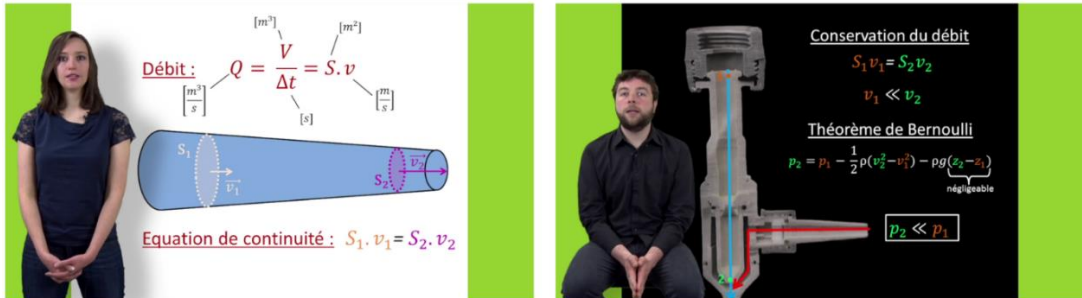


Figure 7.20 : Illustrations des vidéos d'introduction à la séance de travaux pratiques portant sur la mécanique des fluides.

7.8 Conclusions et perspectives

Une enquête réalisée auprès des encadrants des séances de travaux pratiques de physique a mis en évidence que ceux-ci percevaient une faible motivation chez les étudiants. Celle-ci pouvait être le révélateur d'un manque de préparation en amont à ces séances et d'un manque d'engagement au laboratoire.

Parmi les propositions énoncées par les encadrants, et sur la base d'une analyse réalisée sur la base des leviers de la motivation (Poumay, 2014 ; Viau, 2009), un dispositif d'introduction aux séances pratiques et une modification du contenu des séances ont été mis sur pied avec des objectifs multiples.

- Augmenter la valeur des activités en proposant des expériences en lien avec la filière d'étude des étudiants
- Augmenter l'engagement et le sentiment de compétence et de contrôlabilité par l'intermédiaire des vidéos d'introduction, des tests formatifs et des défis proposés
- Proposer ces outils en ligne afin d'en faciliter l'utilisation par les étudiants et, en accord avec les principes de la classe inversée, laisser plus de temps aux activités pratiques et aux échanges lors de la venue des étudiants au laboratoire.

Ce projet rencontre de nombreux critères de la classe inversée (Kim et al., 2014) ainsi que les conditions visant à susciter la motivation chez l'apprenant (Viau,

2009). Par ailleurs, la diversification des ressources rencontre la volonté d’extension de l’écologie d’apprentissage des apprenants dans le cadre de leur cours de physique.

Etant donné les traces disponibles, il est impossible d’évaluer le potentiel lien entre le visionnage de ces vidéos et la performance à l’examen. Il semble cependant établi que le fait de participer au test formatif préalable à la séance en laboratoire soit un engagement permettant à l’étudiant de mieux appréhender cette séance et donc de mieux performer lors de l’épreuve certificative. Enfin, chaque année, plus de la moitié des étudiants répondant à l’enquête de satisfaction indique que ce dispositif les aide à comprendre la séance de travaux pratiques. Enfin, notre recherche n’a pas permis d’identifier de corrélation systématique vis-à-vis de la performance à l’examen de janvier. Ce n’est pas pour autant que le dispositif ne l’influence. Il serait intéressant d’investiguer davantage les effets de ce dispositif, notamment sur la base de l’augmentation significative des scores globaux observés sur les questions portant sur l’optique lors des examens de janvier à partir de l’épreuve de 2018.

A tout le moins, ce dispositif permet de s’assurer que chaque étudiant a bien vu les bases de la matière avant de se rendre au laboratoire. Ce point rencontre un souhait émis par les encadrants lors de l’enquête réalisée au début du projet. Par ailleurs, le fait de revoir les bases de la matière en vidéos et d’y présenter le matériel permet de mieux rentabiliser le temps passé au laboratoire puisque la quasi-totalité de celui-ci est alors consacré aux manipulations pratiques et aux échanges avec les pairs et les encadrants.

La combinaison des données de participation, de performance et perception permet d’affirmer que l’engagement des étudiants vis-à-vis des activités pratiques au laboratoire a été augmenté.

Dans le futur, il serait peut-être intéressant de voir si un accès contraint à ces séances de travaux pratiques par le visionnage de ces vidéos, et éventuellement la réussite du test formatif introductif, pourrait avoir un impact positif sur l’apprentissage des étudiants.

Les séances de travaux pratiques pourraient également être complètement revues et trouver une autre place dans la scénarisation. Pour l’instant, ces séances servent à mettre en pratique les concepts théoriques enseignés précédemment. Ces séances sont fortement dirigées par les encadrants et le manuel, ce dernier s’apparentant à un livre de recette. Or, ces séances pourraient permettre de découvrir la matière. Par exemple, une nouvelle scénarisation de l’électricité, et des circuits RC en particulier, pourrait être imaginée en présentant les concepts

théoriques et notions de base (différence de potentiel, courant, résistance, condensateur, ...) lors de cours en amphithéâtres. Les étudiants se rendraient alors au laboratoire afin de construire par eux-mêmes des circuits et d'observer l'impact de l'introduction d'un condensateur sur l'évolution du courant et des différences de potentiel mesurées. L'étudiant devrait alors comprendre pourquoi et comment ces variations naissent. Ces activités représenteraient alors un défi pour les étudiants et leur permettraient peut-être d'être significatives à leurs yeux. Ces deux aspects influencent la motivation (Viau, 1994).

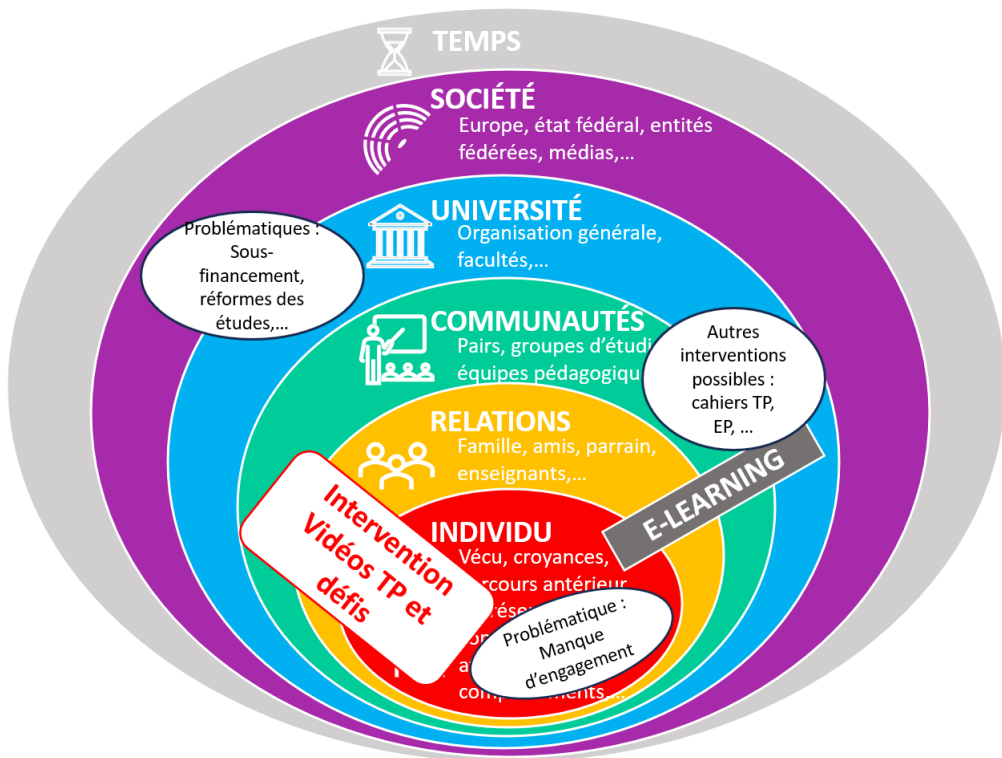


Figure 7.21 : Ce projet vise essentiellement l'individu et en particulier, sa motivation et ses éventuelles lacunes.

Ce sont les attitudes des étudiants qui sont visées par cette intervention, mais celles-ci sont influencées par d'autres niveaux écologiques comme l'université ou la société (Figure 7.21). En effet, le désintérêt pour les travaux pratiques est une probable conséquence de l'organisation des études de médecine et des multiples réformes qu'elles ont subi, mais également des problématiques politiques telles que le sous-financement de l'enseignement supérieur engendrant une diminution de l'encadrement. La réponse que nous y avons apporté se situe essentiellement au niveau de l'individu (Figure 7.21) mais les pratiques des encadrants et des étudiants, et donc la sphère des communautés, au cours des séances pratiques ont

été impactées par ce nouveau dispositif. En conséquence, les relations entre l’étudiant et les encadrants et entre l’étudiants et ses pairs sont également visées par cette nouvelle organisation étant donné qu’un temps plus important est octroyé aux échanges lors des séances pratiques. Certaines propositions des encadrants (réécriture des cahiers de laboratoire, modification des engagements pédagogiques), se situant à des niveaux de décisions supérieurs (université) dépassent le cadre de notre intervention.

Chapitre 8 – Proposition d’extension n°5 : Mise en place d’un système d’évaluation formative continue et de feedbacks personnalisés

Contextualisation et place de l’intervention dans le développement de l’écologie d’apprentissage

La proposition d’extension d’écologie présentée dans ce chapitre vise à fournir des feedbacks personnalisés aux étudiants inscrits dans des filières d’étude caractérisées par de grandes populations d’apprenants. Ce dispositif répond donc en partie au problème de la massification des populations étudiantes (intensité 2, sommet B, Figure 8.1). Pour alimenter ces feedbacks personnalisés, des évaluations formatives sont régulièrement organisées, à raison d’une par mois. La première d’entre elles porte sur la maîtrise des prérequis en physique imposés par les réformes organisant ces études. Le feedback qui en découle propose des outils permettant à l’étudiant de travailler en autonomie les prérequis pour lesquels il aurait d’éventuelles lacunes (intensité 2, sommet C, Figure 8.1). Les évaluations formatives suivantes portent sur la matière enseignée lors du cours de physique à l’université. Les feedbacks reçus par l’étudiant lui conseillent l’utilisation des outils que l’équipe pédagogique juge opportun en fonction de son profil, mais l’étudiant reste maître dans les choix qu’il opère pour organiser son travail et son étude. (intensité 1, sommet A, Figure 8.1)

A l’issue de chaque évaluation, en complément du feedback personnel, un corrigé détaillé est fourni à l’ensemble de la population. Celui-ci reprend les réponses attendues, mais également les raisonnements permettant d’y parvenir ainsi qu’une explication des propositions erronées. Ces corrigés sont une occasion supplémentaire de l’équipe pédagogique d’attirer l’attention des étudiants sur différentes représentations alternatives auxquelles ils pourraient être confrontés (intensité 1, sommet D, Figure 8.1).

Ce chapitre présente l’augmentation progressive du nombre d’évaluations formatives, ainsi que les différents types de feedbacks proposés (corrigés détaillés et feedbacks personnalisés). Ces dispositifs ont été analysés au regard du modèle des « trois P » (participation, performance, perception).

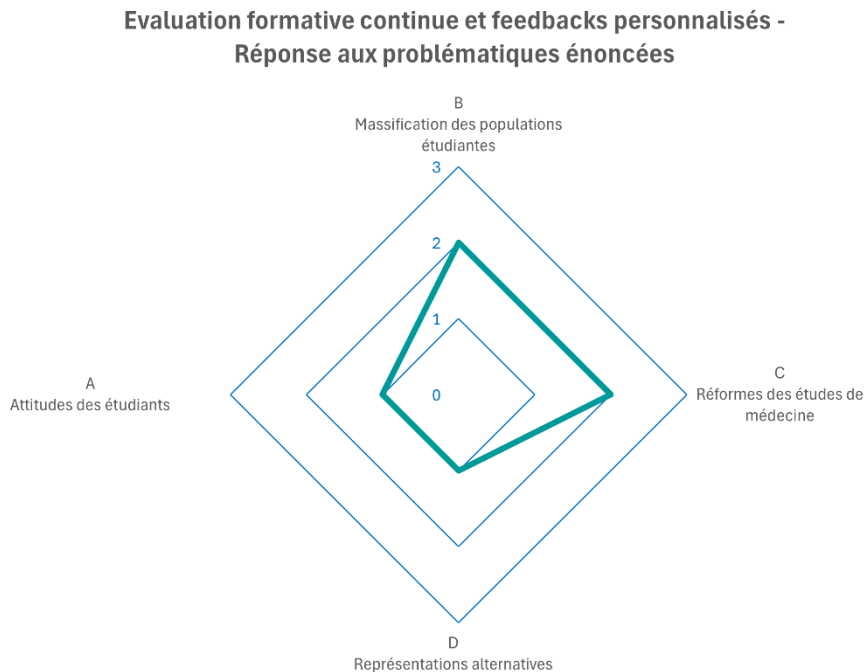


Figure 8.1 : Cette intervention pédagogique vise à fournir une réponse personnalisée à un grand nombre d'étudiants suite à la passation d'évaluations formatives régulières.

8.1 Contexte

Lors des prémices de l'hybridation du cours PHYS3018-1 durant l'année académique 2012-2013, les deux seuls tests formatifs mis à disposition des étudiants étaient ceux proposés en ligne (chapitre 4). Ceux-ci comprenaient toujours les mêmes dix questions.

Rapidement, une volonté s'est dégagée d'amplifier les dispositifs d'évaluation formative en raison de leurs vertus pédagogiques. En effet, les évaluations formatives aident l'étudiant à apprendre et à se développer (Perrenoud, 1991). En particulier, c'est la qualité diagnostique des évaluations formatives qui est mise en avant (Jouquan et al., 2013), et celles-ci peuvent donc constituer une fonction essentielle dans la régulation des apprentissages (Legendre, 2005).

Ces régulations peuvent concerner tant les étudiants que les enseignants. Pour Wiliam (2010) : « L'évaluation est formative dans la mesure où les informations qu'elle donne sur les acquisitions des élèves sont suscitées, interprétées et utilisées par les enseignants, les élèves ou leurs pairs pour prendre des décisions sur les étapes suivantes susceptibles d'être meilleures ou mieux étayées que celles qu'ils auraient prises en l'absence de ces données » (Wiliam, 2010, p. 157). De Ketele

(2013) va dans le même sens en mettant en évidence les bénéfiques croisés des évaluations formatives. Il précise que « l’évaluation formative sert [...] directement l’apprentissage en train de se faire et permet de prendre deux grands types de décisions en interaction : des décisions qui concernent directement le comportement de l’apprenant et des décisions qui concernent directement le comportement du formateur ou la modification de l’environnement de l’apprentissage » (De Ketele, 2013, p. 288).

Les feedbacks sont donc précieux à l’étudiant (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006 ; Nicol & Milligan, 2006). Si celles-ci sont positives, elles peuvent le conforter dans les démarches, les méthodes de travail et les stratégies développées. Dans le cas contraire, les informations issues de cette évaluation formative peuvent participer de manière constructive à une auto-régulation de la part de l’étudiant (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006). Les feedbacks sont pareillement précieux à l’enseignant car celui-ci peut alors ajuster son enseignement sur la base des analyses réalisées à partir des résultats à cette évaluation formative. Néanmoins, Romainville (2013) précise que « l’évaluation formative vise à long terme à favoriser les processus d’autorégulation de l’étudiant et il convient dans ce sens de ne pas l’habituer à ce que l’enseignant régule à sa place ses processus d’apprentissage ».

Sur cette base, la quantité d’évaluations formatives proposées n’a cessé d’augmenter, en passant de deux à quatre tests formatifs en ligne lors de l’année académique 2013-2014, ou encore en introduisant un test formatif en présentiel à mi-parcours dès l’année académique 2014-2015. Ce test en présentiel portait sur la première moitié de la matière et était aligné sur l’examen final de janvier (Leclercq, 1998 ; Tyler, 1949 ; Biggs, 2003). Un corrigé général était ensuite publié et chaque étudiant recevait ses propres notes sur l’ensemble de l’épreuve ainsi que pour chaque chapitre évalué. Ensuite, la mise à disposition des étudiants du simulateur d’examens ludifié a permis d’augmenter considérablement les opportunités d’évaluation formative (chapitre 6). Cependant, les étudiants ne recevaient pas de feedbacks plus détaillés que les badges sur leur performance par matière. Ceci constituait un manque qui a été comblé en deux étapes. Dans un premier temps, avec l’introduction du simulateur d’examens ludifié a été ajouté un test formatif en décembre, aligné sur l’examen et portant sur la seconde moitié de la matière. Cette première extension du processus d’évaluations formatives est présentée dans la section 8.2 de ce chapitre. Par la suite, des évaluations formatives régulières, au nombre de quatre (une par mois), ont été créées et des feedbacks personnalisés ont été générés à destination des étudiants. Cette seconde extension est présentée dans la section 8.3.

8.2 Augmentation du nombre d'évaluations formatives organisées en présentiel

8.2.1 Description de l'intervention

Avant l'introduction en 2015 du simulateur d'examens ludifié (chapitre 6), un seul test formatif en présentiel était organisé. Celui-ci prenait place dans le calendrier à la moitié du quadrimestre, en novembre, et portait sur la première moitié de la matière du cours de physique. Dès l'introduction du simulateur d'examens, une réflexion a été entamée afin d'identifier les leviers de motivation (Viau, 2009) sur lesquels il était possible d'agir afin d'inciter les étudiants à utiliser cet outil. Il est clair que deux des leviers de Viau étaient rencontrés, à savoir la perception du sentiment de compétence, grâce à l'octroi des badges, mais surtout la perception de la contrôlabilité, engendrée par la possibilité offerte par cet outil de se tester à tout instant et de pouvoir cibler son travail en fonction des résultats obtenus. Le dernier levier, la perception de la valeur de la tâche, est plus difficilement accessible dans le cas du simulateur. Il a donc été convenu de se réorienter vers des éléments relevant de la motivation extrinsèque, le second test devenant la récompense d'un bon travail sur le simulateur. Ce second test est calqué sur l'organisation du premier test formatif organisé en novembre mais n'est accessible qu'aux étudiants ayant collecté un nombre minimum de badges sur le simulateur d'examens ludifié. En pratique, ce second test est organisé à la fin de l'ensemble des activités d'enseignement et prend donc place lors des derniers jours du quadrimestre, en décembre. Ce second test porte sur la seconde moitié de la matière du cours.

Enfin, lors de la période d'étude (blocus) à la fin du premier quadrimestre, il a été décidé de donner la possibilité aux étudiants d'estimer leur niveau de maîtrise pour chaque grand thème de matière. Cette auto-évaluation prend donc place à la fin du quadrimestre, soit peu de temps avant l'examen certificatif. L'objectif de cette démarche est de leur permettre de confronter leurs croyances aux résultats réellement obtenus lors de l'examen. Pour ce faire, l'étudiant reçoit à l'issue de l'examen de janvier, sa note globale sur l'épreuve, mais également sa note à chacun des cinq grands thèmes de matière constituant le cours. Cette démarche poursuit l'objectif d'augmenter la perception du sentiment de contrôlabilité (Viau, 2009), en vue de l'éventuel examen de seconde session, en fournissant un feedback détaillé à l'étudiant.

Les questions guidant cette recherche sont les suivantes.

- Question n° 1 : Les étudiants participent-ils à ce type d'évaluations formatives (données de participation) ?

- Question n° 2 : Le fait de participer aux tests formatifs améliore-t-il la performance à l’examen (donnée de participation de performance) ?
- Question n° 3 : Le fait de performer aux tests formatifs est-il synonyme de performance à l’examen (données de performance) ?
- Question n° 4 : Les tests formatifs organisés en présentiel en novembre et en décembre aident-ils les étudiants à percevoir leur niveau réel de maîtrise de la matière (données de perception) ?
- Question n° 5 : Le test formatif organisé en présentiel à mi-quadrimestre engendre-t-il des modifications de stratégies d’apprentissage chez les étudiants (données de perception) ?
- Question n° 6 : Les étudiants ont-ils conscience de leur niveau réel et s’évaluent-ils correctement (données de perception) ?

8.2.2 Instruments et sources de données

Les données complètes des deux tests formatifs et des examens des années académiques 2015-2016 et 2016-2017. Elles sont de deux types :

- Données quantitatives :
 - l’éventuelle participation aux tests formatifs de novembre et de décembre,
 - la note globale et les notes par thème de matière (optique, mécanique, électricité, fluides et imagerie) à ces tests formatifs pour chaque étudiant,
 - la note globale et les notes par thème de matière à l’examen pour chaque étudiant,
- Données qualitatives :

Les réponses fournies à l’enquête proposée chaque année entre la fin du quadrimestre et l’examen. Ce questionnaire comporte six questions sur ces tests formatifs. Pour chacune de ces questions, les étudiants sont invités à se positionner sur une échelle d’opinion à quatre niveaux. Une catégorie « Sans objet » est également présente pour les étudiants n’ayant pas participé au dispositif. Ces questions sont les suivantes :

- Q5 : Le test formatif en présentiel (mi-novembre) organisé à mi-formation m’a permis de me rendre compte de mon niveau réel de maîtrise de la matière.

- Q6 : Le résultat que j'ai obtenu au test formatif en présentiel (mi-novembre) organisé à mi-formation correspondait au niveau de maîtrise de la matière que je pensais avoir.
- Q7 : Suite au test formatif en présentiel (mi-novembre) organisé à mi-formation, j'ai travaillé davantage mon cours de physique.
- Q8 : Suite au test formatif en présentiel (mi-novembre) organisé à mi-formation, j'ai modifié ma méthode de travail.
- Q23 : Le second test formatif en présentiel (mi-décembre) organisé en fin de formation m'a permis de me rendre compte de mon niveau réel de maîtrise de la matière.
- Q24 : Le résultat que j'ai obtenu au second test formatif en présentiel (mi-décembre) organisé en fin de formation correspondait au niveau de maîtrise de la matière que je pensais avoir.

Par ailleurs, les questions Q17 à Q22 portent sur l'auto-évaluation sur l'ensemble du cours et par thème. Il a été précisé aux étudiants que les niveaux 3 et 4 correspondent respectivement à une réussite mineure et une réussite majeure de la matière visée, et que les niveaux 1 et 2 correspondent à un échec majeur et un échec mineur. Il est conseillé à l'étudiant de garder une trace de cette auto-évaluation et de la comparer à ses résultats obtenus lors de l'examen. De cette manière, l'étudiant peut confronter ses croyances et son sentiment de compétence à la performance effectivement réalisée.

- Q17 : Je pense que mon niveau de maîtrise global de la matière est actuellement :
- Q18 : Je pense que mon niveau de maîtrise en optique est actuellement :
- Q19 : Je pense que mon niveau de maîtrise en mécanique est actuellement :
- Q20 : Je pense que mon niveau de maîtrise en électricité est actuellement :
- Q21 : Je pense que mon niveau de maîtrise en mécanique des fluides est actuellement :
- Q22 : Je pense que mon niveau de maîtrise en imagerie médicale est actuellement :

8.2.3 Résultats

Participation

Question n° 1 : Les étudiants participent-ils à ce type d’évaluations formatives ?

Le test formatif de novembre a rassemblé respectivement 54,2 % (N = 301) de la population en 2015-2016 et 53,9 % (N = 306) en 2016-2017. Le test formatif de décembre a été présenté par respectivement 27 % (N = 150) de la population complète en 2015-2016 et 38,6 % (N = 219) l’année suivante (Tableau 8.1). Pour rappel, ce test de décembre n’était accessible qu’aux étudiants ayant collecté un nombre suffisant de badges sur le simulateur d’examens (chapitre 6). En décembre 2015, 169 étudiants avaient rempli les conditions pour participer au test formatif. 19 étudiants étaient donc dans les conditions pour passer le test, mais ne l’ont pas présenté. Le taux de participation effectif en 2015-2016 s’élève donc à 88,8 % (N = 150). En 2016-2017, ils étaient 282 à avoir rempli ces conditions, mais n’étaient que 219 à présenter le test (77,7 % de participation).

Année académique	Nombre total d’étudiants	Test de novembre : Nombre d’étudiants	Test de novembre : Taux de participation (%)	Test de décembre : Étudiants ayant rempli la condition	Test de décembre : Taux ayant rempli la condition (%)	Test de décembre : Nombre d’étudiants ayant présenté le test	Test de décembre : Taux de passation parmi ceux ayant rempli la condition (%)
2015-2016	555	301	54.2%	169	30.5%	150	88.8%
2016-2017	568	306	53.9%	282	49.6%	219	77.7%

Tableau 8.1 : Taux de participation aux tests formatifs de novembre et de décembre.

Performance

Question n° 2 : Le fait de participer aux tests formatifs améliore-t-il la performance à l’examen ?

La participation au test formatif de novembre est corrélée à une plus grande performance à l’examen de janvier. En effet, un test chi-carré a permis de mettre en évidence cet effet tant en 2015-2016 qu’en 2016-2017 (Tableau 8.2). Les forces d’association mesurées grâce au V de Cramer sont moyennes (respectivement 0,31 et 0,35).

Par ailleurs, une analyse de la variance (ANOVA) a montré que les moyennes des notes à l’examen diffèrent significativement entre les étudiants ayant participé ou non au test formatif. Cette différence est significative pour l’année 2015-2016 ($F(1, 555) = 98,8, p < 0,001$) ainsi que pour l’année 2016-2017 ($F(1, 568) = 100,8, p < 0,001$), comme illustré dans la Figure 8.2.

	2015-2016			2016-2017		
	χ^2	p	V	χ^2	p	V
Participation au test formatif de novembre	54,6	$1,5 \cdot 10^{-13}$	0,31	69,7	$7,1 \cdot 10^{-17}$	0,35
Participation au test formatif de décembre	63,8	$1,4 \cdot 10^{-15}$	0,36	73,6	$9,7 \cdot 10^{-18}$	0,34

Tableau 8.2 : La participation aux tests formatifs en présentiel et la performance à l'examen sont liées.

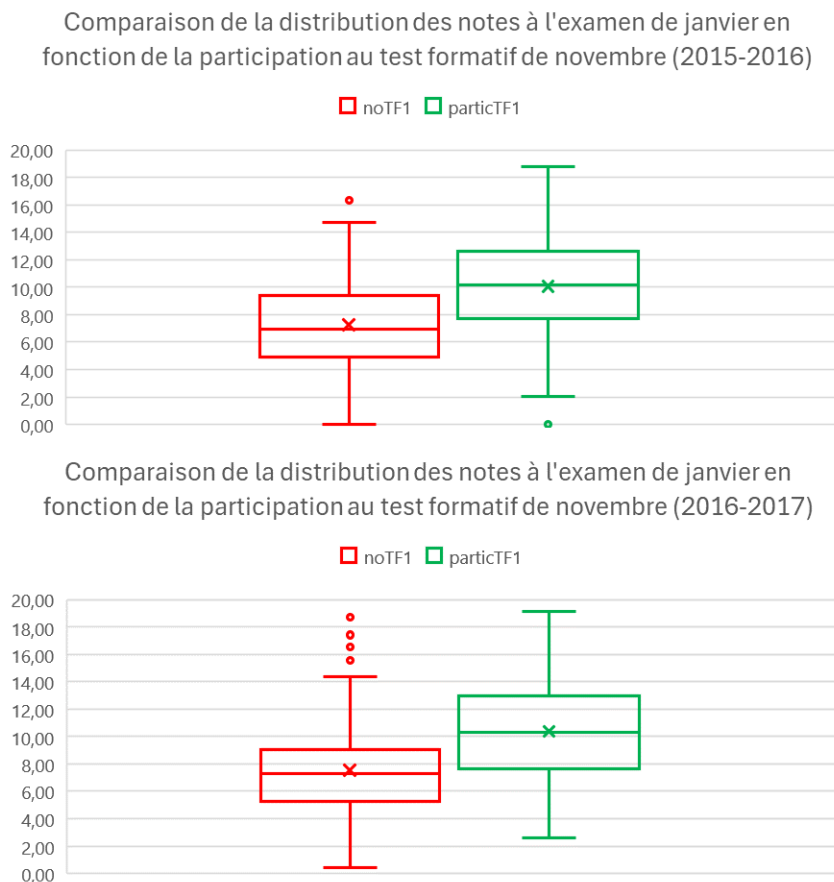
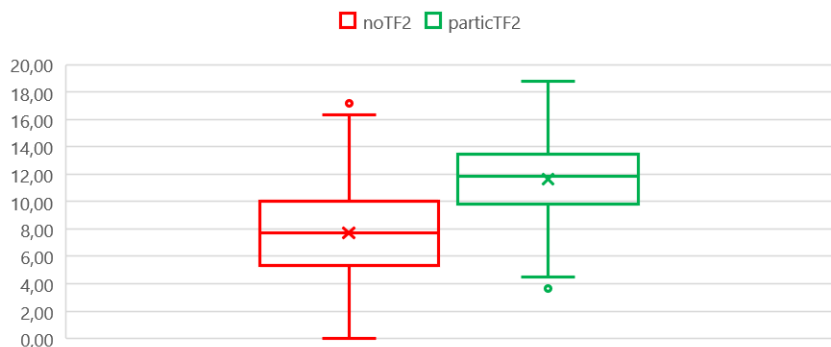


Figure 8.2 : Les étudiants ayant participé au test formatif en présentiel organisé en novembre présentent de meilleures notes à l'examen de janvier.

La participation au test formatif de décembre, conditionnée par l'obtention préalable de badges, est, elle aussi, corrélée avec la performance à l'épreuve certificative. Les résultats des tests de dépendance chi-carré indiquent bien une relation entre les variables testées (Tableau 8.2). Les forces d'association mesurées sont à nouveau moyennes (respectivement 0,36 et 0,34). Les moyennes des populations définies sur la base de la participation ou non à ce second test formatif sont significativement différentes (Figure 8.3) en décembre 2015 ($F(1, 555) = 171,95$; $p = 2,13 \cdot 10^{-34}$) et en décembre 2016 ($F(1, 568) = 132,2$; $p = 1,21 \cdot 10^{-27}$).

Comparaison de la distribution des notes à l'examen de janvier en fonction de la participation au test formatif de décembre (2015-2016)



Comparaison de la distribution des notes à l'examen de janvier en fonction de la participation au test formatif de décembre (2016-2017)

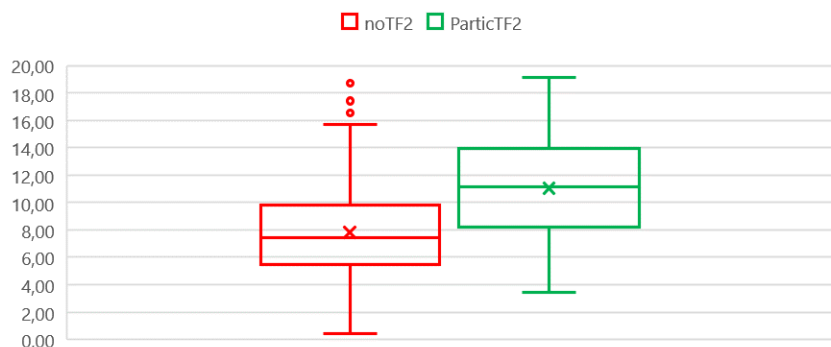


Figure 8.3 : Participer au test formatif organisé en décembre est synonyme de meilleure performance à l'examen de janvier.

Question n° 3 : Le fait de performer aux tests formatifs est-il synonyme de performance à l'examen ?

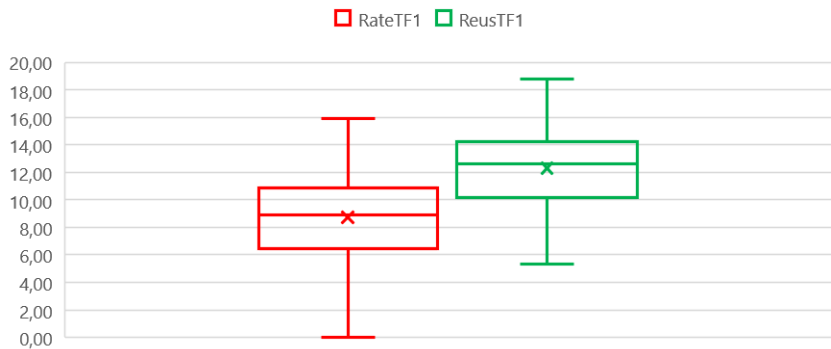
Une relation entre la performance lors de ces tests et à l'examen certificatif de janvier peut également être mise en évidence (Tableau 8.3), hormis dans le cas de la réussite du test de décembre 2015. Dans le cas où les corrélations sont mises en évidence, les forces d'association mesurées sont moyennes (entre 0,3 et 0,4).

	2015-2016			2016-2017		
	χ^2	p	V	χ^2	p	V
Réussite du test formatif de novembre	33,9	$5,7 \cdot 10^{-9}$	0,34	49,9	$1,6 \cdot 10^{-12}$	0,4
Réussite du test formatif de décembre	2,56	/	/	19,5	$9,9 \cdot 10^{-6}$	0,3

Tableau 8.3 : La performance aux tests formatifs en présentiel et la performance à l'examen sont souvent liées.

Les moyennes des populations définies sur la base de la réussite ou non au premier test formatif sont significativement différentes (Figure 8.4) en décembre 2015 ($F(1, 301) = 101,9 ; p = 8,19.10^{-21}$) et en décembre 2016 ($F(1, 306) = 114,7 ; p = 6,35.10^{-23}$).

Comparaison de la distribution des notes à l'examen de janvier en fonction de la réussite du test formatif de novembre (2015-2016)



Comparaison de la distribution des notes à l'examen de janvier en fonction de la réussite du test formatif de novembre (2016-2017)

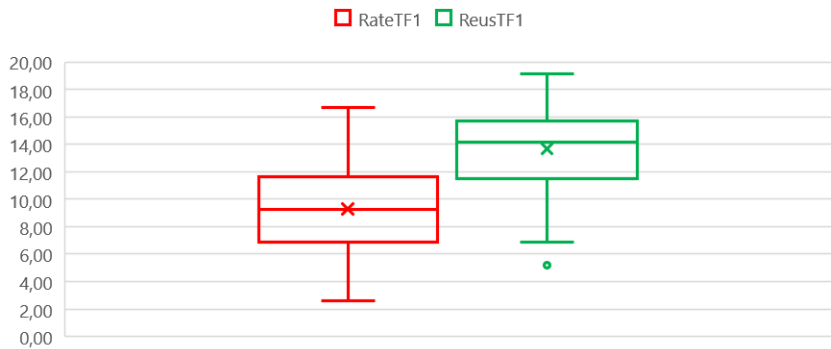
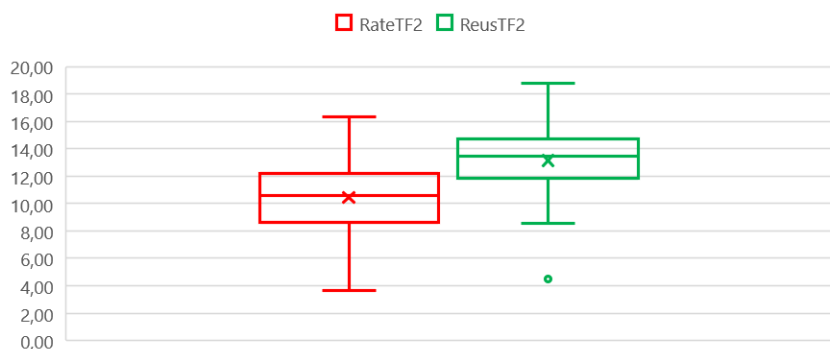


Figure 8.4 : Les notes obtenues par les étudiants ayant réussi le test formatif de novembre sont supérieures à celles de ceux y ayant échoué.

Des résultats similaires sont obtenus dans la comparaison des moyennes à l'examen pour les groupes créés en fonction de la réussite ou de l'échec obtenu au test formatif de décembre (Figure 8.5), que ce soit en 2015-2016 ($F(1, 150) = 38 ; p = 6,44.10^{-9}$) ou en 2016-2017 ($F(1, 219) = 35,6 ; p = 9,87.10^{-9}$).

Comparaison de la distribution des notes à l'examen de janvier en fonction de la réussite du test formatif de décembre (2015-2016)



Comparaison de la distribution des notes à l'examen de janvier en fonction de la réussite du test formatif de décembre (2016-2017)

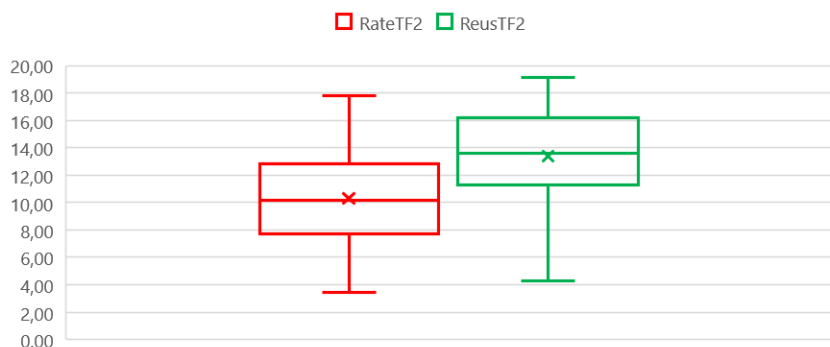


Figure 8.5 : Les étudiants ayant réussi le test formatif de décembre réussissent généralement mieux l'examen de janvier que les étudiants ayant échoué en décembre.

Perception

Question n° 4 : Les tests formatifs organisés en présentiel en novembre et en décembre aident-ils les étudiants à percevoir leur niveau réel de maîtrise de la matière ?

Les étudiants ayant répondu à l'enquête de satisfaction reconnaissent l'utilité du test formatif organisé à mi-quadrimestre en novembre. En 2015-2016, 68 % (N = 115) et en 2016-2017, 69,5 % (N = 114) des répondants ont donné un avis positif ou très positif sur l'aide apportée par ce test de novembre pour évaluer leur niveau réel de maîtrise de la matière (Figure 8.6a). Pour 55 % (N = 93) et 54,3 % (N = 89) d'entre eux, le résultat qu'ils ont obtenu à ce test correspondait au niveau qu'ils pensaient avoir (Figure 8.6b).

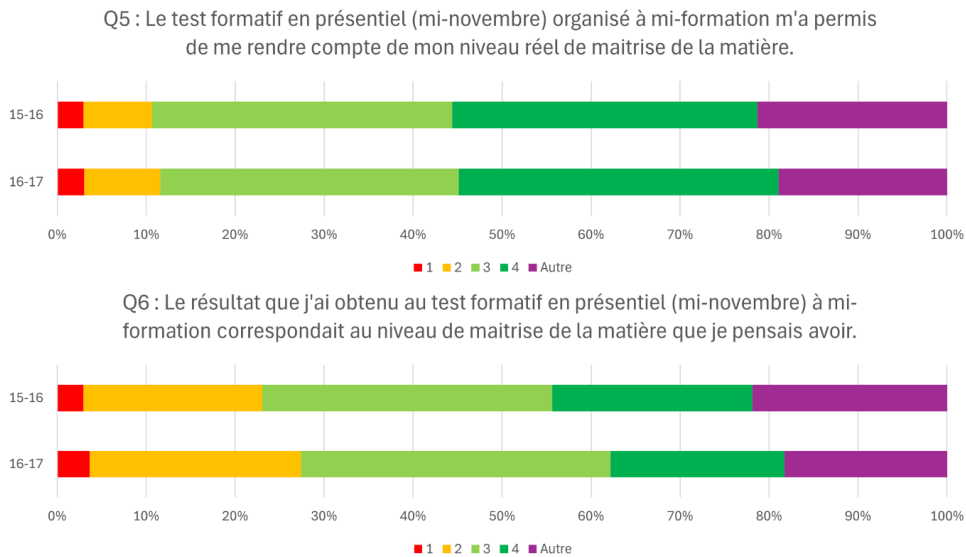


Figure 8.6 : Le test formatif organisé en présentiel en novembre a aidé une majorité des étudiants à se rendre compte de leur maîtrise réelle de la matière (a), mais ils n'ont pas été surpris par le résultat qu'ils y ont obtenu (b).

De même, le test formatif en présentiel de décembre a reçu des avis favorables. En ne considérant que les répondants ayant rempli les conditions pour participer à ce test, les opinions positives vis-à-vis de l'utilité de ce test pour s'autoévaluer (Figure 8.7a) s'élèvent alors respectivement à 78 % (N = 64) et 78,4 % (N = 87). Ils sont alors respectivement 65,9 % (N = 54) et 55,9 % (N = 62) à déclarer s'être attendus au résultat obtenu (Figure 8.7b).

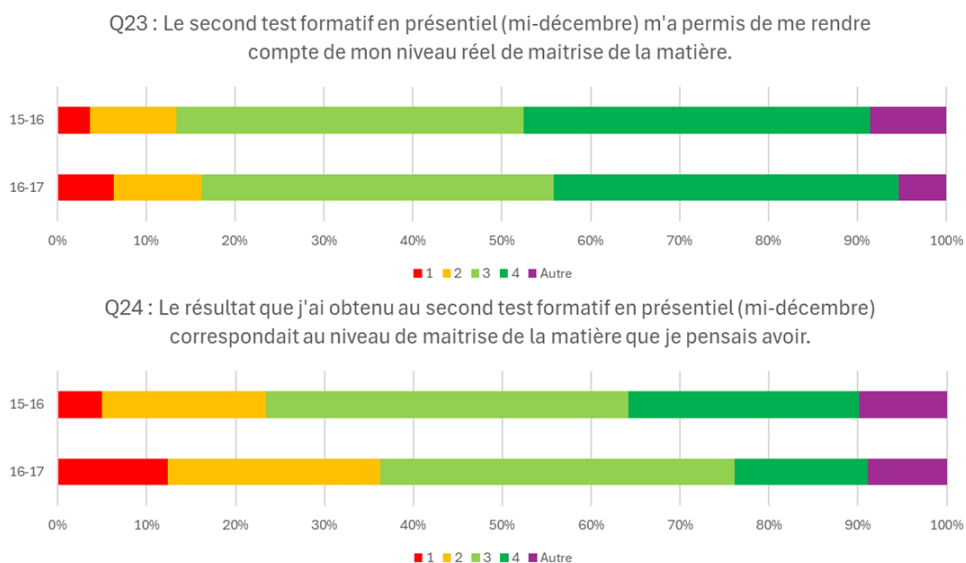


Figure 8.7 : Les étudiants ayant présenté le test formatif de décembre considèrent que ce test les a aidés à mesurer leur maîtrise réelle de la matière (a), et s'attendaient au résultat qu'ils y ont obtenu (b).

Question n° 5 : Le test formatif organisé en présentiel à mi-quadrimestre engendre-t-il des modifications de stratégies d’apprentissage chez les étudiants (données de perception) ?

Après avoir pris connaissance de leurs résultats au test formatif de novembre, 50,6 % (N = 83) des répondants en 2015-2016, et 52,7 % (N = 89) l’année suivante indiquent avoir travaillé davantage (Figure 8.8a). Ils sont respectivement 25 % (N = 41) et 26 % (N = 44) à déclarer avoir modifié leur méthode de travail (Figure 8.8b).

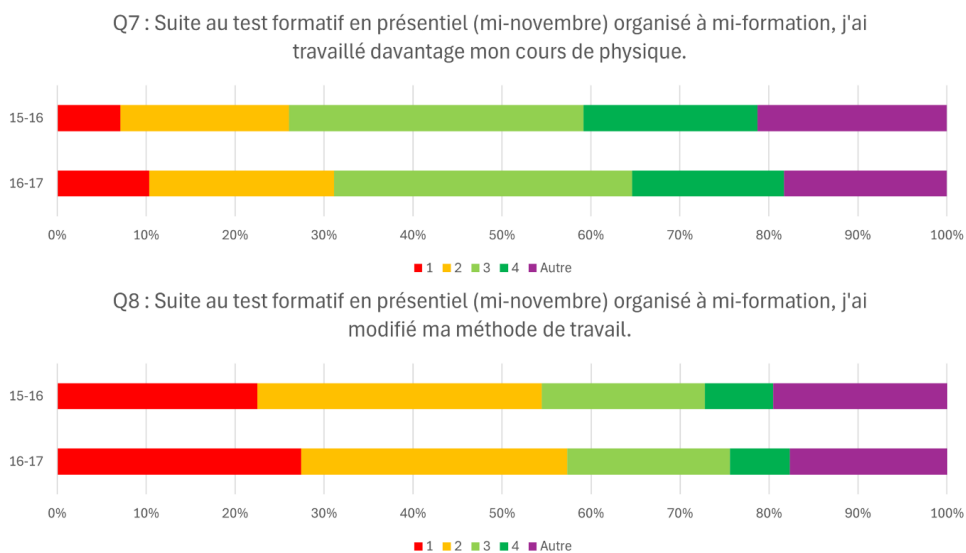


Figure 8.8 : La majorité des étudiants déclare avoir travaillé davantage à l’issue du test formatif de novembre (a), mais ils sont moins nombreux à avoir modifié leur méthode de travail (b).

Question n° 6 : Les étudiants ont-ils conscience de leur niveau réel et s’évaluent-ils correctement (données de perception) ?

La question de la conscience de leur niveau réel par les étudiants a déjà été partiellement abordée à la question de recherche n°4. Mais afin d’approfondir le sujet, il a été demandé aux étudiants, dans cette enquête, de s’auto-évaluer à quelques jours de l’examen de janvier. Il leur était demandé de se positionner, sur l’ensemble du cours de physique et par thème de matière, sur une échelle d’opinion à quatre niveaux, le niveau « 1 » correspondant à un futur échec important et le niveau « 4 » à une réussite importante. Ces données ont été croisées nominalement avec les scores réellement obtenus lors de l’examen de janvier. Afin de retrouver une échelle à quatre niveaux, les scores compris entre 0 et 5 sur 20 points se sont vu attribuer la valeur 1 ; les scores entre 5 et 10 sur 20, la valeur 2 ; les scores entre 10 et 15, la valeur 3 ; et les scores entre 15 et 20, la valeur 4. Les bornes supérieures de ces intervalles sont ouvertes.

La différence entre la valeur indiquée par l'étudiant dans son auto-évaluation et la valeur provenant de son score réel a ensuite été calculée.

Il ressort de ce calcul qu'une majorité des étudiants arrivent à s'auto-évaluer correctement principalement sur la globalité du cours. En effet, en 2015-2016, sur les 163 étudiants ayant répondu à l'enquête et s'étant donc auto-évalués, 51,5% (N = 84) ont indiqué dans leur auto-évaluation la valeur de la tranche de points dans laquelle ils allaient se trouver lors de l'examen (population « OK » sur la Figure 8.9a). En 2016-2017, sur les 157 répondants, ce taux s'élève à 48,4 % (N = 76). Ces scores montent même respectivement à 94,5 % (N = 154) et 92,4 % (N = 145) si on inclut les étudiants ayant légèrement sous-estimé (population « sous ») ou surestimé (population « sur »), c'est-à-dire les étudiants ayant une catégorie d'écart par rapport à leur niveau de maîtrise. Concernant les thèmes de matière, ce taux d'auto-évaluation correcte varie entre 28,4 % (N = 46 ; Fluides) et 37,3 % (N = 60 ; Optique) en 2015-2016 et entre 20,4 % (N = 32 ; Fluides) et 36,9 % (N = 58 ; Optique) en 2016-2017 (Figure 8.9b). Les populations « Fsous » et « Fsur », et « TFsous » et « TFsur », correspondent respectivement à un écart de deux et de trois catégories entre l'auto-évaluation et la tranche dans laquelle se situe réellement leur note à l'examen de janvier.

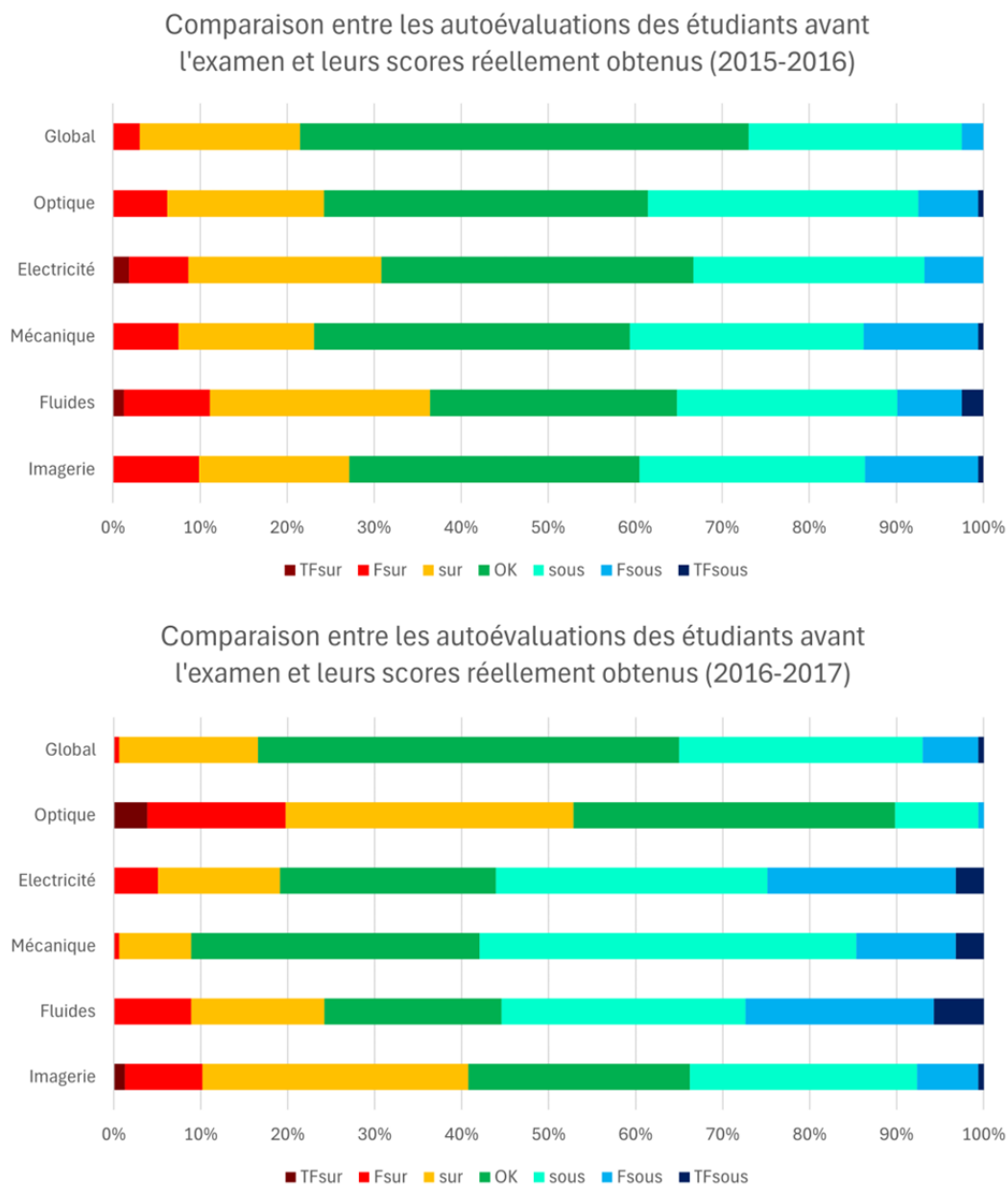


Figure 8.9 : Environ la moitié des étudiants ayant rempli l'enquête se sont correctement évalués sur la globalité de l'examen tant en 2015-2016 (a) qu'en 2016-2017 (b).

8.2.4 Discussion

Participation

Même s'il serait souhaitable que tous les étudiants profitent de la possibilité de s'évaluer grâce aux tests formatifs mis à leur disposition, les taux de participation

n'en restent pas moins importants puisque plus d'un étudiant sur deux (respectivement 54,2 % et 53,9 %) participe au test de novembre. Les taux de fréquentation du test de décembre sont nécessairement plus faibles (27 % et 38,6 %) en raison de la condition d'accès imposée.

En 2016-2017, il a été constaté que participation effective au test de décembre était nettement inférieure au nombre d'étudiants ayant rempli les conditions pour y accéder (taux de participation effective de 77,7 %). Cette importante différence s'explique probablement par l'organisation, le même jour, d'une évaluation partielle certificative dans une autre matière à leur programme de cours.

Performance

Puisque la participation à ces tests est corrélée à la performance lors de l'examen de janvier (Figures 8.2 et 8.3), il serait probablement intéressant d'exposer, en début d'année académique, les résultats de cette étude afin d'aider les étudiants à se convaincre de l'importance de ce processus d'évaluation. Les performances lors de ces tests formatifs et lors de l'examen certificatif sont également corrélées (Figures 8.4 et 8.5). Il est néanmoins probable que le niveau de maîtrise, notamment des prérequis, soit plus important dans cette population, et que celle-ci soit déjà plus fortement engagée dans l'apprentissage.

Perception

Les étudiants qui participent à ces tests semblent convaincus de leur intérêt. En effet, ils indiquent majoritairement que ces tests les aident à évaluer leur niveau réel de maîtrise de la matière (Figures 8.6a et 8.7a). Lorsqu'ils reçoivent leurs résultats, ils ne sont généralement pas surpris (Figures 8.6b et 8.7b) et énoncent majoritairement le fait que cela les encourage à travailler davantage (Figure 8.8), mais pas forcément à modifier leur méthode de travail, même en cas d'échec. L'absence de feedback plus précis et personnel peut expliquer ce type de réaction. En effet, les seules informations que les étudiants reçoivent en cours de quadrimestre sont leurs notes globales et par thème de matière aux tests formatifs en présentiel. Ils ne reçoivent donc aucune information concernant les processus cognitifs, ni de conseils spécifiques sur ce qu'ils pourraient mettre en place pour palier leurs éventuelles difficultés. Notons cependant qu'ils ont la possibilité de demander des rendez-vous de remédiation avec un membre de l'équipe pédagogique du cours de physique ou encore contacter la cellule « guidance étude » afin de discuter de méthodes de travail, mais initier ces processus demande à l'étudiant de faire preuve de maturité et d'engagement.

Par ailleurs, une majorité d'étudiants (respectivement 51,5 % et 48,4 %) réussit à s'auto-évaluer correctement sur l'ensemble de l'épreuve (Figure 8.9), traduisant la maîtrise de compétence de métacognition chez eux. Ces taux dépassent largement

les 90 % lorsqu’on y incorpore les étudiants s’étant légèrement surestimés ou sous-estimés. Il convient de néanmoins nuancer cet apparent taux d’auto-évaluation. En effet, il est possible que ces étudiants soient capables de s’auto-évaluer correctement même sans ce dispositif d’évaluation formative continue. Aucune mesure ne permet de vérifier cela. Par ailleurs, les catégories étant définies avec une large plage de points (cinq points), il est possible qu’un étudiant ait une différence de presque dix points entre son auto-évaluation et son score réel (par exemple s’il obtient 6/20 et pense prétendre à 14/20), ce qui se traduirait, dans certains cas, par une seule catégorie d’écart et donc une légère sous-estimation ou surestimation. Il serait intéressant de proposer à nouveau cette auto-évaluation avec des catégories plus fines.

Par ailleurs, il est important de noter que les étudiants se sont autoévalués à quelques jours de l’échéance certificative. Il est donc certain qu’entre la complétude de l’enquête et l’examen, ils ont continué d’étudier et se préparer à l’épreuve, augmentant probablement leur niveau de compétence.

8.2.5 Conclusions

Ces résultats sont encourageants et, espérons-le, le fruit des feedbacks reçus suite aux deux tests formatifs. Dans tous les cas, il ne peut être qu’intéressant d’élargir les dispositifs permettant aux étudiants d’obtenir des informations sur l’évolution de leur apprentissage au cours du quadrimestre. C’est pour cette raison et pour combler le manque de données sur la maîtrise des prérequis à l’entame des études qu’un processus plus important, décrit dans la prochaine section, a été mis en place lors de l’année académique 2018-2019.

8.3 Mise en place de l’évaluation formative continue et de feedbacks personnalisés

8.3.1 Description de l’intervention

Dès la rentrée en septembre 2018, sur la base des expériences partielles antérieures et des résultats présentés, des évaluations formatives régulières ont été proposées et sont donc venues compléter ce que nous appelons dans notre communication à destination des étudiants l’« évaluation formative continue » (Tableau 8.4 et Figure 8.10). Ce processus comprend notamment la génération de feedbacks détaillés et personnalisés à plusieurs reprises durant le quadrimestre.

Outil d'évaluation	Mode d'évaluation	Nombre de tentatives possibles	Format de l'évaluation	Année académique d'introduction	Fourniture d'un corrigé ?	Fourniture d'un feedback personnalisé ?
Tests formatifs en ligne par thème	En ligne	Illimité	QCM - série unique par thème	2012-2013	Non	Non
Test formatif à mi-quadrimestre	En présentiel	1	QCM - 1 série (partie 1/2)	2014-2015	Oui	Non
Simulateur d'examens ludifié	En ligne	Illimité	QCM - tirage aléatoire	2015-2016	Non	Non
Test formatif en fin de quadrimestre	En présentiel	1	QCM - 1 série (partie 2/2)	2015-2016	Oui	Non
Évaluation formative continue	Hybride	1	QCM - 1 série par test	2018-2019	Oui	Oui, à partir de 2019

Tableau 8.4 : Les évaluations formatives ont évolué au cours du temps.

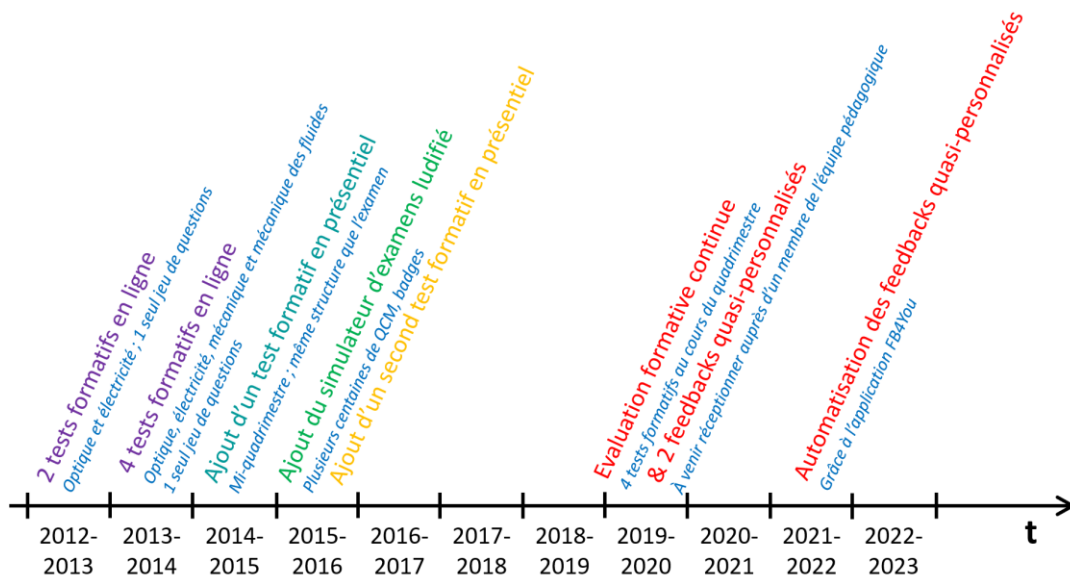


Figure 8.10 : Au fil des années, de plus en plus d'évaluations formatives ont été proposées aux étudiants et les feedbacks fournis ont été toujours plus riches.

Le programme d'évaluation formative continue repose sur quatre évènements organisés à la moitié de chaque mois entre septembre et décembre (Figure 8.11). Comme l'avance Cosnefroy (2012), le fait de proposer un contrôle des connaissances de façon rapprochée peut faciliter la transition secondaire-supérieur et favoriser l'autonomie de l'étudiant.

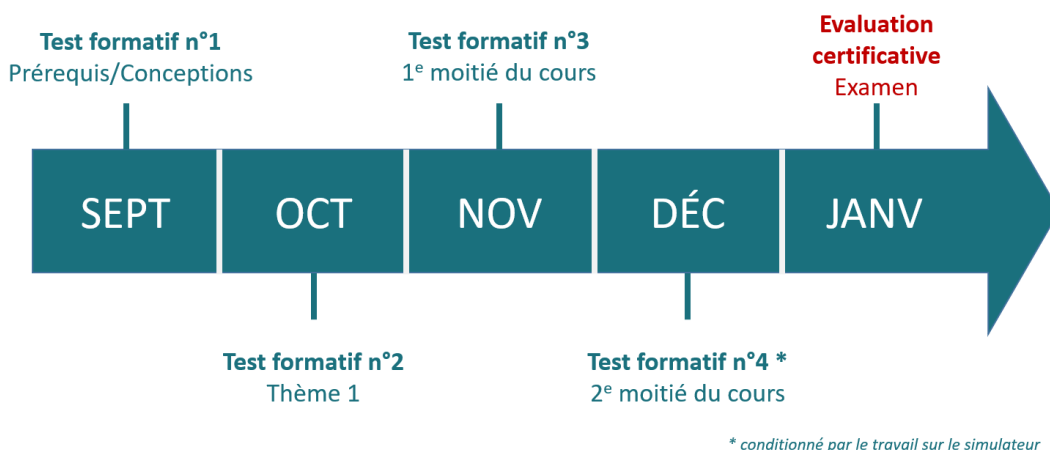


Figure 8.11 : Plan des évaluations durant le quadrimestre.

Chaque test est composé exclusivement de questions à choix multiples, structurées selon trois niveaux basés sur les taxonomies éducatives de Bloom (1956) et d'Anderson et al. (2001). Le premier niveau cible la connaissance et la compréhension. Ce niveau vise à questionner les étudiants sur leur maîtrise des concepts de base de la matière. Le niveau intermédiaire inclut des questions d'application, impliquant des exercices simples pour lesquels le chemin de résolution est souvent direct et évident. Le niveau le plus avancé comporte des questions plus complexes nécessitant l'intégration de multiples chapitres, l'analyse correcte de la situation décrite par l'énoncé et la capacité à distinguer les informations pertinentes des superflues. Le niveau des questions de chaque test est déterminé par au moins trois membres du corps enseignant, ou par des enseignants du secondaire pour le premier test. Si tous les évaluateurs s'accordent sur le niveau de difficulté d'une question, celui-ci est approuvé. En cas de désaccord, une discussion est initiée pour parvenir à un consensus.

Le premier test est administré aux étudiants durant le premier cours de physique, sans que ceux-ci soient informés qu'ils vont être évalués. Ce test vise à évaluer leur maîtrise des connaissances de base en physique nécessaires pour entamer les études de médecine et de dentisterie sans pour autant avoir réétudié ou retravaillé ces matières. A l'issue de ce premier test, l'étudiant est informé des éventuels chapitres des prérequis qu'il lui est conseillé de travailler. Le second test se tient après les leçons couvrant le premier module, l'optique, pour les étudiants en médecine et dentisterie. Ce test est composé selon la même ventilation qu'à l'examen entre les questions plus théoriques, celles portant sur les travaux pratiques et enfin les applications et les exercices plus complexes. Les troisième et quatrième tests sont des évaluations formatives qui portent respectivement sur les première et seconde parties du cours de physique du premier cycle universitaire et

sont alignés sur l'épreuve certificative de janvier. Le canevas de cet examen est utilisé pour concevoir ces épreuves afin d'en garantir la similarité. La dernière étape du processus consiste en l'examen certificatif organisé en janvier.

Toutes les épreuves sont accessibles, sur base volontaire, à toute la population concernée, à l'exception du test formatif de décembre (sur la seconde moitié de la matière). L'accès à ce test est conditionné par un travail en ligne suffisant, matérialisé par l'obtention d'un nombre minimal de badges à collecter sur le simulateur d'examens.

Corrigé détaillé

Après chaque test formatif, un corrigé détaillé est fourni aux étudiants, incluant pour chaque question, l'énoncé, la bonne réponse, le raisonnement nécessaire pour y arriver, et une explication des propositions incorrectes (Figure 8.12). Ce corrigé indique également quelles propositions erronées doivent être considérées par l'étudiant comme des fautes graves, indiquées « FG ». Ces fautes graves, identifiées par consensus par les membres de l'équipe enseignante, correspondent pour la plupart à une absence de maîtrise des concepts de base ou à une mauvaise application de ceux-ci.

Grâce à ce corrigé détaillé, il peut comparer ses propres réponses aux solutions attendues et aux éventuelles fautes graves commises. Il garde en effet, à l'issue de chaque test, un récapitulatif des réponses fournies ainsi que ses feuilles de brouillon.

FG = Faute Grave

1. Lors de tests automobiles, deux voitures sont placées côte à côte sur la ligne de départ d’une longue ligne droite. La première atteint la vitesse de 100 km/h en 4 s, la seconde en 6 s. Que vaut la différence de vitesse entre les 2 voitures après 10 s ?

Remarque : les voitures accélèrent constamment pendant les 10 secondes.

1. 2,3 m/s
2. 23,1 m/s
3. 46,3 m/s
4. 69,4 m/s
5. 83,3 km/h

Réponse : 2

Les deux voitures ont une vitesse nulle en $t = 0$ s. Calculons les accélérations de chacune des voitures, après avoir transposé les valeurs de vitesse de km/h en m/s.

$$\text{Voiture 1 : } a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{100/3,6}{4} = 6,94 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Voiture 2 : } a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{100/3,6}{6} = 4,63 \text{ m/s}^2$$

Lors de ces MRUA, la vitesse au cours du temps est donnée par :

$$v(t) = v_0 + at = 0 + at$$

Après 10 secondes, les voitures ont des vitesses respectivement égales à :

$$\text{Voiture 1 : } v_1 = 6,94 \cdot 10 = 69,4 \text{ m/s}$$

$$\text{Voiture 2 : } v_2 = 4,63 \cdot 10 = 46,3 \text{ m/s}$$

La différence de vitesse entre les deux voitures après 10 secondes est $69,4 - 46,3 = 23,1$ m/s. (**Proposition 2**)

Proposition 1 : Il s’agit de la valeur de la différence entre les deux accélérations.

Proposition 3 : Il s’agit de la vitesse de la voiture 2. **FG**

Proposition 4 : Il s’agit de la vitesse de la voiture 1. **FG**

Proposition 5 : Cette réponse est correcte, elle correspond à 23,1 m/s mais en km/h. Nous préférons toujours exprimer une réponse en m/s. A l’examen, nous ne vous proposerons jamais deux réponses correctes dans des unités différentes.

Figure 8.12 : Extrait du corrigé que l’étudiant reçoit à l’issue de chaque test. Ce correctif présente le raisonnement attendu ainsi que l’explication des différents distracteurs et l’indication « FG » (fautes graves) le cas échéant.

Feedback personnalisé

Les performances de l’étudiant lors des évaluations successives sont analysées et compilées afin de permettre à l’étudiant de suivre son progrès dans le développement de compétences méthodologiques et disciplinaires. Les étudiants disposent alors, pour chaque évaluation formative, de données globales sur le test, par grand thème de matière, par chapitre, mais également par processus cognitif

(étant donné que c'est sur cette base que le niveau de difficulté des questions est établi).

À partir de l'année académique 2019-2020, et sur la base d'une première expérimentation réalisée dans la filière biomédicale en 2018-2019, l'étudiant a la possibilité de recevoir un feedback complet de la part de l'équipe pédagogique à l'issue de la deuxième et de la troisième évaluation formative (Figure 8.12). La réception d'un tel feedback peut considérablement améliorer l'expérience d'apprentissage pour l'étudiant en l'aidant notamment à cibler ses difficultés et en lui fournissant des pistes d'autorégulation. Hausman (2024) donne une définition composite du feedback à partir des travaux de Hattie & Timperley (2007), Nicol & Macfarlane-Dick (2006) et Shute (2008) : *Le feedback est « [...] une information communiquée par un agent (par exemple, un enseignant, un pair, un livre, un parent, soi-même, son expérience) à un apprenant (traduit de Hattie & Timperley, 2007, p. 81) ... relative à l'état actuel de ses apprentissages et de ses performances, (traduit de Nicol & Macfarlane-Dick, 2006, p. 208) ... qui vise à modifier sa pensée ou son comportement dans le but d'améliorer l'apprentissage » (traduit de Shute, 2008, p. 154).*

L'étudiant est invité à venir récupérer son feedback auprès d'un membre de l'équipe pédagogique durant des plages horaires définies à l'avance. Un court échange est alors entamé afin que l'enseignant puisse conseiller les ressources adéquates en fonction du profil de l'étudiant.

Concrètement, le feedback comprend plusieurs feuillets.

- Le premier feuillet reprend les données générales de l'étudiant et son évolution au cours du quadrimestre. Le feuillet général (Figure 8.13) permet à l'étudiant de visualiser de manière synthétique l'évolution de ses notes de test en test, et ce, de manière globale, par thème de matière et par processus cognitif.
- Les feuillets suivants, un par test formatif, indiquent à l'étudiant sa note générale, ses notes obtenues par thème de matière abordée et par processus cognitif. Une comparaison avec la moyenne calculée sur l'ensemble de la population participante est également précisée pour chaque catégorie. Enfin, l'étudiant reçoit l'indication du nombre de « fautes graves » (FG) commises dans chaque thème de matière (Figure 8.14).



FEEDBACK
COURS DE PHYSIQUE (Bloc1 SBIM)

novembre 2018

Matricule :

Nom :

Prenom :

Section



Test 1 - septembre Prérequis	Test 1 - septembre Prérequis	Test 2 - octobre Mécanique	Test 3 - novembre Partie 1/2
<i>Global</i>	6,75	8,95	12,00
<i>Mécanique</i>	5,40	8,95	14,50
<i>Fluides</i>	/	/	7,50
<i>Electricité</i>	8,00	/	/
<i>Optique</i>	10,00	/	/
<hr/>			
<i>Connaiss-compréh</i>	7,00	10,00	17,00
<i>Application</i>	6,67	8,57	9,80
<i>Analyse</i>	/	0,00	10,00

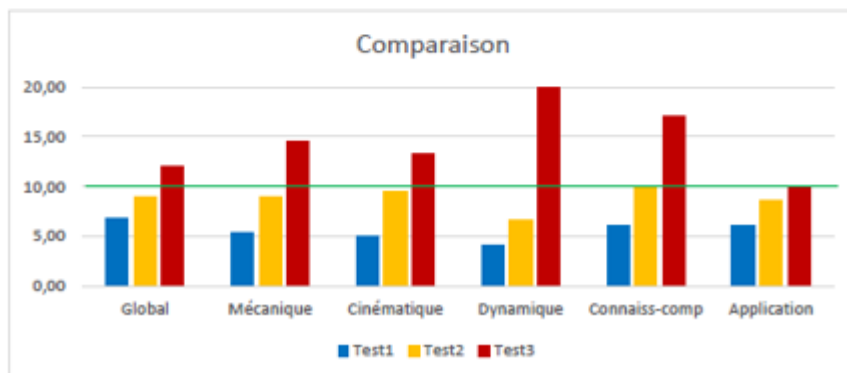
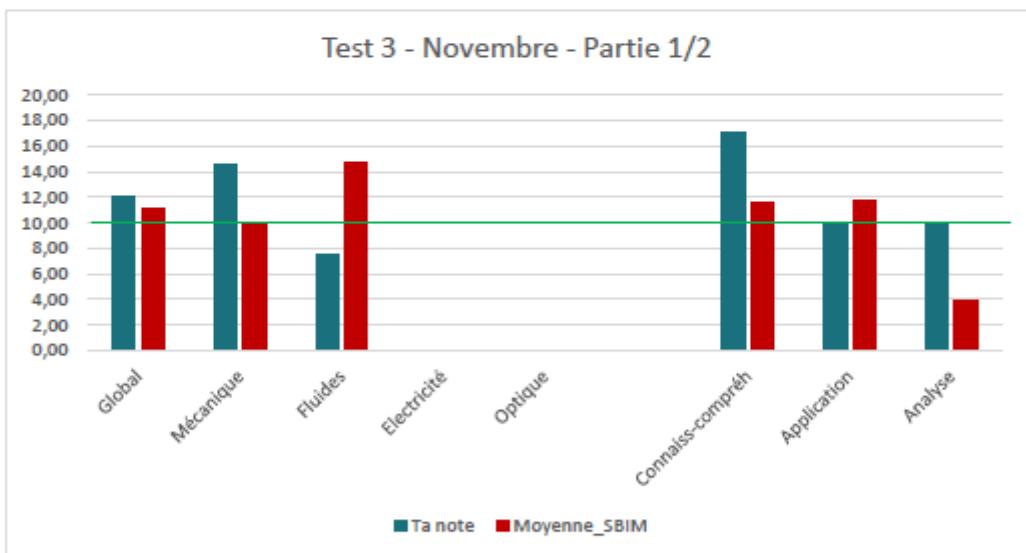


Figure 8.13 : Feuillet général permettant à l’étudiant d’observer son évolution de test en test.

Test 3 - novembre Partie 1/2	Ta note	Note moyenne	#FG	#FG moyen
<u>Global</u>	12,00	11,10	1	3,20
<u>Mécanique</u>	14,50	9,99	1	2,77
<u>Fluides</u>	7,50	14,79	0	0,43
<u>Electricité</u>	/	/	/	/
<u>Optique</u>	/	/	/	/
<u>Connaiss-compréh</u>	17,00	11,58	0	2,18
<u>Application</u>	9,80	11,80	1	0,77
<u>Analyse</u>	10,00	3,97	0	0,25



Test 3 - novembre Partie 1/2	Ta note	Note moyenne	#FG	#FG moyen
<u>Cinématique</u>	13,33	11,46	1	0,86
<u>Dynamique</u>	20,00	10,82	0	1,66
<u>Statique/Matériau</u>	10,00	5,68	0	0,25

Figure 8.14 : Feuillelet reprenant les informations portant sur un test en particulier et dans lequel l'étudiant peut comparer sa performance à la performance moyenne de la section.

Les questions de recherche qui guident cette seconde étude sont les suivantes.

- Question n° 1 : Les étudiants participent-ils de manière régulière aux différents tests composant l’évaluation formative continue (données de participation) ?
- Question n° 2 : La participation aux différents tests de l’évaluation formative continue est-elle synonyme de performance à l’examen (données de performance) ?
- Question n° 3 : La performance aux différents tests de l’évaluation formative continue est-elle synonyme de performance à l’examen (données de performance) ?
- Question n° 4 : Les étudiant perçoivent-ils l’intérêt du dispositif d’évaluation formative continue ?

8.3.2 Instruments

Les scores globaux à chacun des tests formatifs, et donc les présences, seront utilisés pour les deux premières années académiques de mise en place de l’évaluation formative continue (2018-2019 et 2019-2020).

Les résultats de l’enquête de satisfaction proposée en fin de quadrimestre lors de l’année académique 2018-2019 seront également utilisées afin d’évaluer la perception de ce dispositif par les étudiants. L’étude porte sur les deux propositions suivantes auxquelles les étudiants étaient invités à se positionner grâce à une échelle de Likert à quatre niveaux :

Q9 : Le système d'évaluation continue (aux alentours du 15 de chaque mois) m'a aidé dans l'organisation de mon travail.

Q10 : Le feedback personnalisé (reçu à l'issue du 2^e et 3^e test formatif) m'a aidé.

8.3.3 Résultats

Participation

Question n° 1 : Les étudiants participent-ils de manière régulière aux différents tests composant l’évaluation formative continue ?

Lors des deux premières années de mise en place de l’évaluation continue, les taux de participation, calculés sur la base de la population ayant présenté l’examen de janvier se situent respectivement entre 79,7 % et 89,3 % et entre 79,8 % et 86,5 % pour les trois premiers tests (Figure 8.14). Seul le dernier test formatif, organisé en

décembre, présente des taux de participation sensiblement plus faibles mais néanmoins élevés (respectivement 75,7 % et 68 %).

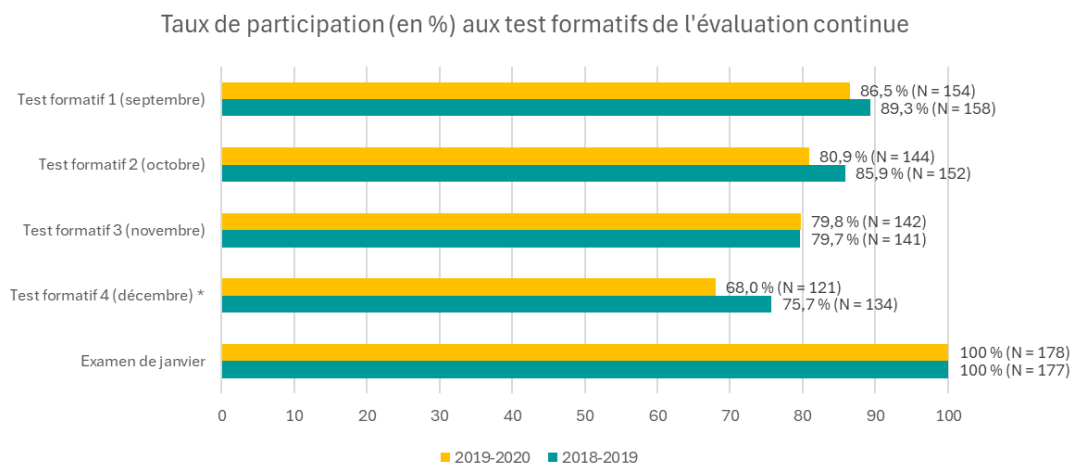


Figure 8.14 : Les tests formatifs organisés régulièrement ont rencontré un franc succès.

Par ailleurs, une très large majorité des étudiants (respectivement 67,2 % et 55,1 %) a présenté l'ensemble des tests formatifs proposés (Figure 8.15). Ils sont également respectivement 23 % et 11,9 % à avoir présenté trois des quatre tests. Concernant ces derniers, c'est pour la plupart au dernier test formatif qu'ils n'ont pas participé. Enfin, la proportion d'étudiants n'ayant participé à aucun test est très faible (respectivement 6,7 % et 5,6 %), tout comme celle de ceux n'ayant présenté qu'un seul test (4,5 %).

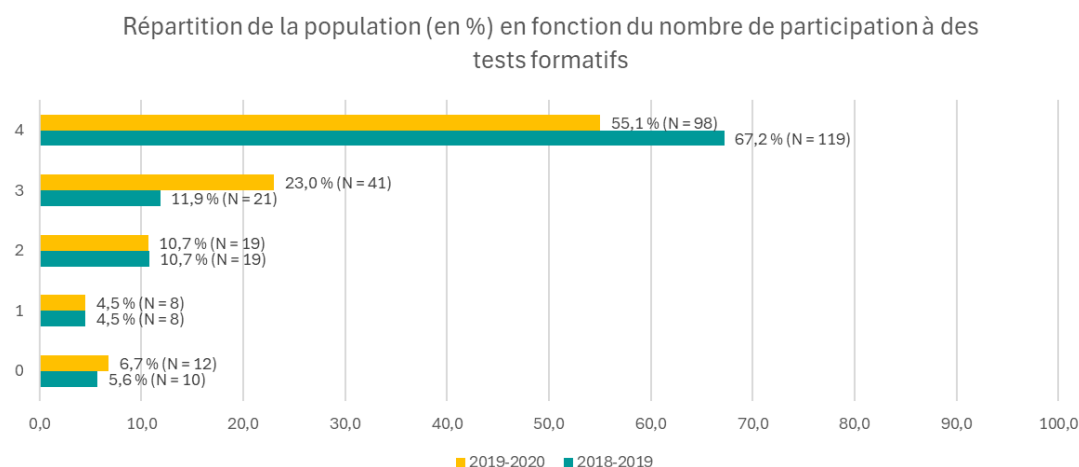


Figure 8.15 : Une large majorité des étudiants a participé à l'ensemble des tests formatifs proposés.

Performance

Question n° 2: La participation aux différents tests de l’évaluation formative continue est-elle synonyme de performance à l’examen ?

La participation à chacun des tests formatifs proposés est systématiquement corrélée à la performance à l’examen (Tableau 8.5). Les forces d’association pour les trois premiers tests sont faibles puisqu’elles varient entre 0,25 et 0,27 en 2018-2019 et entre 0,15 et 0,28 l’année suivante. Ces mêmes forces d’association s’élèvent respectivement à 0,35 et 0,44 dans le cas du test formatif de décembre.

Participation	2018-2019			2019-2020		
	χ^2	p	V	χ^2	p	V
Test formatif 1 (septembre)	11,2	$8,2 \cdot 10^{-4}$	0,25	4,2	$4 \cdot 10^{-2}$	0,15
Test formatif 2 (octobre)	12,5	$4 \cdot 10^{-4}$	0,27	9,2	$2,4 \cdot 10^{-3}$	0,23
Test formatif 3 (novembre)	11,2	$8 \cdot 10^{-4}$	0,25	14	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,28
Test formatif 4 (décembre)	21,5	$3,5 \cdot 10^{-6}$	0,35	33,9	$5,7 \cdot 10^{-9}$	0,44

Tableau 8.5 : La participation à chaque test est corrélée avec la performance à l’examen.

Question n° 3: La performance aux différents tests de l’évaluation formative continue est-elle synonyme de performance à l’examen ?

La réussite de ces tests formatifs n’est par contre pas toujours liée à la performance lors de l’examen de janvier (Tableau 8.6). C’est notamment le cas pour les premier et quatrième tests formatifs en 2019-2020. Dans les cas où une corrélation a pu être établie, les forces d’association varient entre 0,2 et 0,3.

Réussite	2018-2019			2019-2020		
	χ^2	p	V	χ^2	p	V
Test formatif 1 (septembre)	6	$1,4 \cdot 10^{-2}$	0,2	1,1	/	/
Test formatif 2 (octobre)	13,5	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0,3	10	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0,26
Test formatif 3 (novembre)	9,2	$2,4 \cdot 10^{-3}$	0,26	10,4	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,27
Test formatif 4 (décembre)	12,2	$4,9 \cdot 10^{-4}$	0,3	3,7	/	/

Tableau 8.6 : Les performances aux tests formatifs et lors de l’examen ne sont pas toujours liées.

L’hypothèse que la performance à l’examen est corrélée au nombre de tests formatifs auquel l’étudiant a participé a été confirmée par un test chi-carré pour l’année académique 2018-2019 ($\chi^2(3, N = 177) = 23,2, p = 3,6 \cdot 10^{-5}$) et l’année 2019-2020 ($\chi^2(3, N = 178) = 27,3, p = 5,2 \cdot 10^{-6}$). Les forces d’association mesurées s’élèvent alors respectivement à 0,36 et 0,39.

Une ANOVA révèle des moyennes significativement différentes durant les deux années académiques étudiées en fonction du nombre de tests formatifs auxquels l'étudiant a participé (respectivement $F(4) = 20 ; p = 1,5.10^{-13}$ et $F(4) = 10,4 ; p = 1,5.10^{-7}$). La comparaison par paires distingue dans les deux cas les étudiants ayant participé à trois ou quatre tests formatifs des autres populations (Figure 8.16).

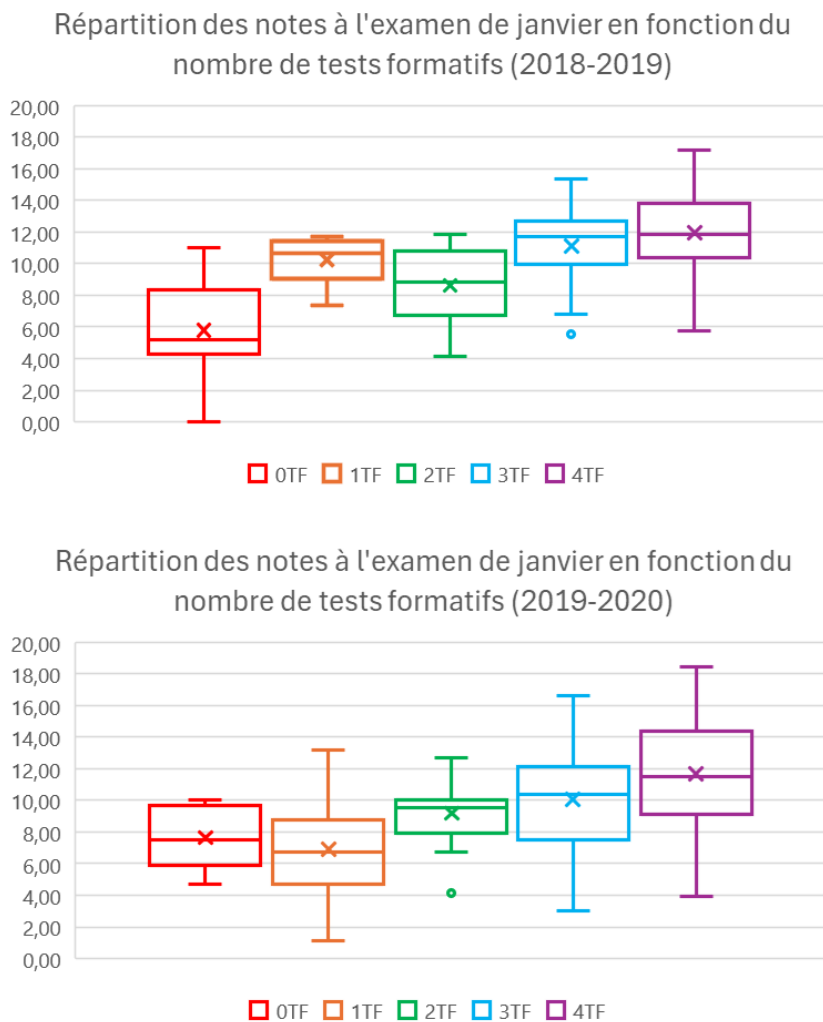


Figure 8.16 : Participer à un grand nombre de tests formatifs est souvent synonyme de performance à l'examen.

Perception

Question n° 4 : Les étudiant perçoivent l'intérêt du dispositif d'évaluation formative continue ?

A la question 9 « Le système d'évaluation continue (aux alentours du 15 de chaque mois) m'a aidé dans l'organisation de mon travail », 66,6 % des étudiants (N = 39)

ont un avis positif ou très positif (Figure 8.17). La question 10 « Le feedback personnalisé (reçu à l'issue du 2^e et 3^e test formatif) m'a aidé » a recueilli 53,6 % (N = 31) d'avis favorables ou très favorables. Un tiers des répondants à cette question a indiqué n'être pas venu chercher le feedback personnalisé.

Aucune donnée de perception sur cette évaluation continue n'a pu être collectée lors de l'année académique 2019-2020.

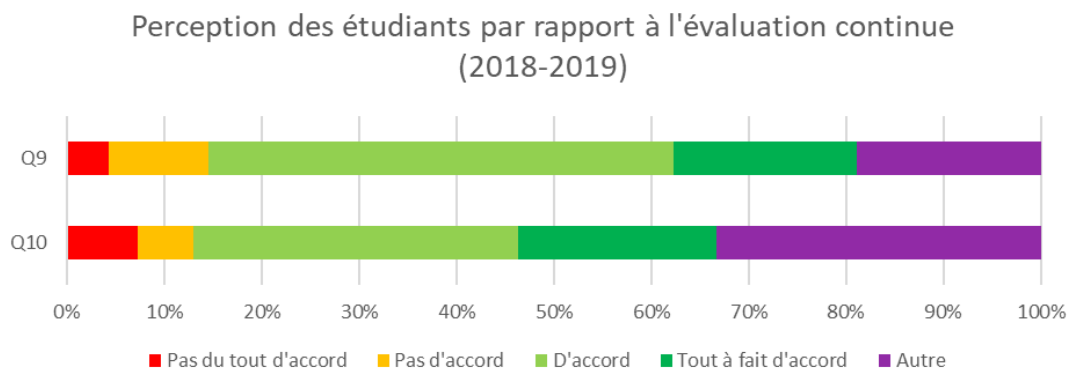


Figure 8.17 : Les étudiants sont majoritairement satisfaits de l'évaluation continue et des feedbacks fournis.

8.3.4 Discussion

Participation

La participation aux différents tests formatifs est très élevée, frôlant voire dépassant largement les 80 % lors des trois premières évaluations (Figure 8.14). Le quatrième test formatif, celui de décembre, présente des taux de participation un peu plus faibles (respectivement 68 % et 75,7 %), en raison de l'accès conditionné par le travail sur le simulateur d'examens ludifié. Une large majorité des étudiants participe à l'ensemble des évaluations formatives du dispositif avec respectivement 67,2 % et 55,1 % (Figure 8.15).

Performance

La participation à chacun de ces tests est corrélée avec la performance à l'examen de janvier (Tableau 8.4). Par ailleurs, plus l'étudiant participe à un nombre élevé de tests formatifs, au plus statistiquement il performe à l'examen. En particulier, les étudiants ayant présenté trois ou quatre tests obtiennent de meilleurs résultats (Figure 8.16). Il est à noter que pour la quasi-totalité des étudiants ayant 3 tests à leur actif, c'est celui de décembre, conditionné par l'obtention de badges, auquel ils n'ont pas participé. De plus, lorsque des étudiants n'ont présenté qu'un seul test, il s'agit de celui de septembre. Pour rappel, ce test est organisé lors de la

première séance de cours. Les étudiants ne sont pas informés qu'ils vont présenter un test puisque le but de celui-ci est de vérifier la maîtrise d'une série de savoirs et compétences au programme de l'option « sciences générales » de l'enseignement secondaire de transition.

Les forces d'association mesurées dans ces corrélations sont assez faibles pour les trois premiers tests (entre 0,15 et 0,28). Elles sont un peu plus élevées pour le test décembre (respectivement 0,35 et 0,44), ce qui s'explique probablement par le tri opéré par le biais des badges à collecter. Ce sont donc, a priori, les meilleurs étudiants et les plus motivés qui participent à cette ultime évaluation formative. D'ailleurs, la performance aux évaluations formatives est également corrélée avec la performance à l'examen (Tableau 8.5).

Perception

Même si les données de perception ne couvrent qu'une seule année académique, les retours des étudiants sont positifs (Figure 8.17). En effet, 66,6 % des répondants estiment que l'évaluation continue les a aidés à organiser leur travail, et 53,6 % indiquent que le feedback personnalisé, présenté sous la forme d'un tableau de bord, rapidement commenté par un enseignant, leur a été utile. Pour rappel, en 2018-2019 et 2019-2020, les étudiants étaient invités à venir récupérer leur feedback auprès d'un membre de l'équipe pédagogique lors de plages horaires préalablement fixées. Face au succès rencontré, les encadrants n'ont pu consacrer que quelques minutes à chaque étudiant intéressé, ce qui peut sembler dérisoire. Cependant, étant donné le fait que l'étudiant repartait avec ce feedback, il a pu l'utiliser comme ressource supplémentaire afin, par exemple, de cibler le travail à fournir. Notons enfin que le succès rencontré par ce dispositif a engendré l'absence de prise de données sur les étudiants réceptionnant ce feedback personnel.

8.4 Conclusions et perspectives

Il semble que le système d'évaluation formative continue permette aux étudiants de se préparer efficacement aux examens et qu'ils le perçoivent comme tel au vu des taux de participation à chaque test. Ce processus a donc vocation à être maintenu.

Les feedbacks semblent satisfaire également les étudiants. Néanmoins, la transmission de ceux-ci a été compliquée en raison de l'affluence constatée. Depuis l'année académique 2021-2022, les étudiants ne doivent plus se déplacer pour récupérer leur feedback personnel. Ceux-ci sont transmis par le biais d'une application développée par l'Université de Liège, FB4You (SMART ULiège, s. d.).

Outre la consultation des feedbacks, cette application permet à l’étudiant de recevoir des conseils méthodologiques, de répondre à de courtes enquêtes pédagogiques ou encore de partager son ressenti par rapport à ses apprentissages. Concernant les feedbacks fournis pour chaque test formatif, l’application permet d’envoyer un message spécifique pour deux tranches de performances (de 0 à 50 % et de 50 à 100 %) ou quatre tranches de performances (de 0 à 40 %, de 40 à 50 %, de 50 à 60 % et de 60 à 100 %) et ce, catégorie par catégorie. De cette manière, la population est découpée en sous-groupes en fonction des difficultés rencontrées. Ce découpage facilite le travail des encadrants en le rendant moins chronophage. Pour chaque tranche de performance de chaque catégorie évaluée, des conseils méthodologiques mais également sur les ressources à utiliser sont dispensés par l’équipe enseignante (Figure 8.18).

Les feedbacks fournis pourraient être considérablement enrichis en prenant en compte la participation de l’étudiant aux activités proposées en présentiel (séances d’exercices, travaux pratiques...) et en ligne (simulateur d’examens...). La démarche se rapprocherait alors d’une logique de learning analytics (Detroz & Hausman, 2021 ; Hausman et al., 2020 ; Siemens et al., 2012), c’est-à-dire « *la mesure, la collecte, l’analyse et la présentation de données au sujet des apprenants et de leur contexte dans le but de comprendre et d’optimiser les apprentissages et les écologies dans lesquelles ils se construisent* » (Siemens et al., 2012 traduit par Detroz & Hausman, 2021). Detroz & Hausman (2021) précise qu’il réside dans les learning analytics un « *important potentiel d’usage pour prédire, alerter, estimer, recommander, ... et rendre (enfin !) visible l’invisible* ».

EVALUATION CONTINUE : TEST N°2

✓ Histogramme de la cohorte

Message général :

Voici votre feedback du test formatif n°2 (octobre) de l'évaluation continue en physique (PHYS3018).

Message à ceux qui ont une note d'exclusion (note < 8) :

En octobre, tu semblais rencontrer de grandes difficultés en physique (optique). N'hésite pas à te rendre aux remédiations prévues à l'horaire et à contacter l'équipe pédagogique si nécessaire.

Par ailleurs, nous te conseillons de te tester régulièrement sur chaque matière grâce au simulateur d'examen sur ecampus. Pour rappel, les tests de niveau A ne comprennent que des questions de connaissance et de compréhension. On ajoute alors des exercices simples dans les tests de niveau B et des exercices complexes dans les tests de niveau C. Le niveau C correspond donc au niveau de l'examen.

Message à ceux qui ont raté l'épreuve sans note d'exclusion (note >= 8 et < 10) :

Tu as échoué au test d'octobre. Si tu rencontres encore des difficultés en optique, n'hésite pas à te rendre aux remédiations ou à prendre contact avec l'équipe pédagogique.

Nous te conseillons de t'entraîner et de tester grâce au simulateur d'examen sur ecampus. Pour rappel, les tests de niveau A ne comprennent que des questions de connaissance et de compréhension. On ajoute alors des exercices simples dans les tests de niveau B et des exercices complexes dans les tests de niveau C. Le niveau C correspond donc au niveau de l'examen.

Message à ceux qui ont réussi l'épreuve (note >= 10 et < 12) :

Bravo, tu as réussi le test formatif d'octobre portant sur l'optique !

Ne relâche pas tes efforts et continue de te tester sur chaque matière grâce au simulateur d'examen sur ecampus. Pour rappel, les tests de niveau A ne comprennent que des questions de connaissance et de compréhension. On ajoute alors des exercices simples dans les tests de niveau B et des exercices complexes dans les tests de niveau C. Le niveau C correspond donc au niveau de l'examen.

Message à ceux qui ont réussi l'épreuve (note >= 12) :

Bravo ! Tu as brillamment réussi le test formatif d'octobre portant sur l'optique !

Ne relâche pas tes efforts et teste-toi régulièrement sur chaque matière grâce au simulateur d'examen sur ecampus. Pour rappel, les tests de niveau A ne comprennent que des questions de connaissance et de compréhension. On ajoute alors des exercices simples dans les tests de niveau B et des exercices complexes dans les tests de niveau C. Le niveau C correspond donc au niveau de l'examen.

APPLICATION

✓ Histogramme de la cohorte

Message à ceux qui ont raté l'épreuve (note inférieur à 10) :

Il semble que tu aies quelques difficultés à résoudre les exercices d'optique (lentilles et défauts de l'oeil). Pour atteindre le niveau minimal requis, il est important de progressivement augmenter le niveau de difficulté des exercices que tu résous et d'effectuer ce travail en autonomie.

Lorsque tu ne parviens pas à la bonne réponse à un exercice d'entraînement, ne demande pas trop rapidement de l'aide. Avant cela, consulte ta résolution et essaye d'identifier à chacune des étapes de ton raisonnement si tu as utilisé le(s) bon(s) modèle(s), le(s) bonne(s) formule(s), si tu n'as pas fait d'erreurs de calcul, ... C'est ce travail d'analyse (qui prend un certain temps) qui te fera progresser !

Enfin, si tu souhaites quelques exercices intégralement résolus, nous te rappelons que dans chaque dossier de répétition sur ecampus se trouve un dossier reprenant des exercices d'entraînement. Pour chaque exercice d'entraînement, tu trouveras l'énoncé, la réponse finale ainsi que la résolution en vidéo. Evidemment, nous t'encourageons vivement à tenter (à plusieurs reprises si nécessaire) de résoudre l'exercice avant de consulter la solution complète.

Message à ceux qui ont réussi l'épreuve (note supérieur ou égale à 10) :

Tu semblais maîtriser les exercices simples d'optique lors du test en octobre dernier. Bravo !

Si tu souhaites poursuivre ton apprentissage dans cette matière, nous te rappelons que dans chaque dossier de répétition sur ecampus se trouve un dossier reprenant des exercices d'entraînement. Pour chaque exercice d'entraînement, tu trouveras l'énoncé, la réponse finale ainsi que la résolution en vidéo. Evidemment, nous t'encourageons vivement à tenter (à plusieurs reprises si nécessaire) de résoudre l'exercice avant de consulter la solution complète.

Figure 8.18 : Exemples de feedback fourni grâce à l'application FB4You (vue enseignant).

En conclusion, ce dispositif, pour répondre aux cohortes pléthoriques composant les filières de médecine et de dentisterie et aux réformes organisant ces études, notamment par l’instauration de prérequis, tente de fournir une réponse individualisée et personnalisée à chaque étudiant par l’intermédiaire de feedbacks dans lesquels l’équipe enseignante conseille l’utilisation d’outils développés en conséquence. Cette intervention propose donc une réponse centrée sur l’individu et sa relation avec l’équipe enseignante à une problématique si situant au niveau de l’organisation des études régie par la société et l’université (Figure 8.19).

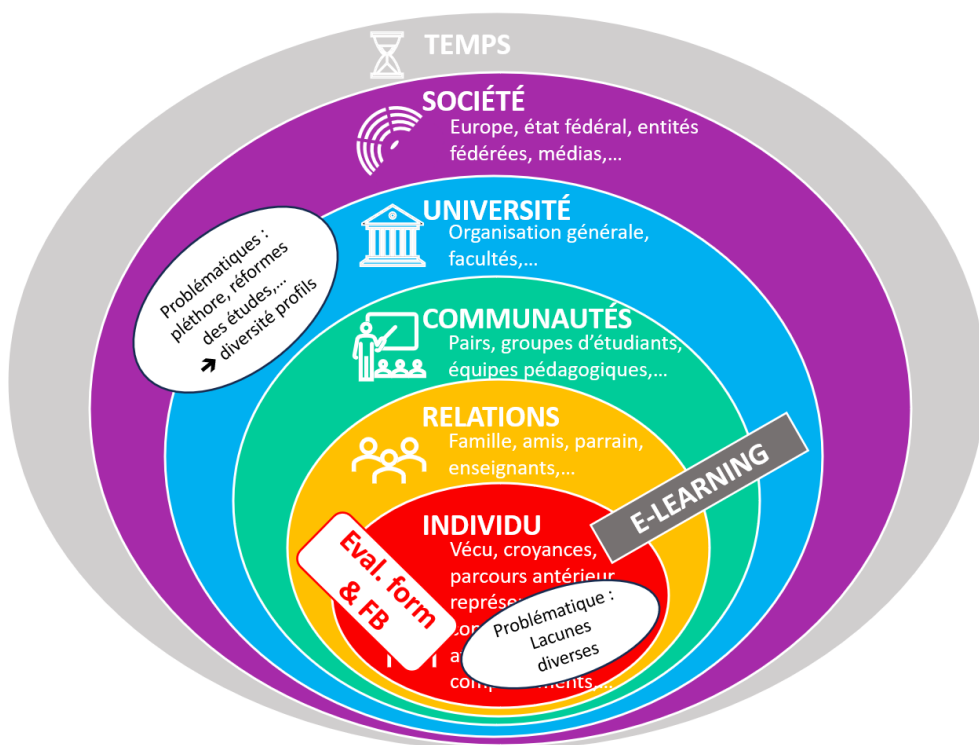


Figure 8.19 : Des réponses centrées sur l’individu et l’équipe enseignante sont proposées aux problématiques trouvant leur origine au niveau sociétal et universitaire.

Chapitre 9 – Proposition d’extension n°6 : Création d’un MOOC soutenant la transition secondaire-supérieur

Contextualisation et place de l’intervention dans le développement de l’écologie d’apprentissage

L’extension d’écologie présentée dans ce chapitre vise à développer un outil facilitant la transition entre les enseignements secondaire et supérieur. En particulier, il permet aux étudiants entrant à l’université de (re)travailler, si nécessaire, les bases de la mécanique générale de manière ludique et autonome. En effet, ce MOOC a été conçu de telle sorte que chaque étudiant puisse y sélectionner ce dont il a besoin, selon ses lacunes et la manière dont il souhaite organiser son travail (intensité 1 du sommet A de la Figure 9.1). Cet outil répond donc à l’hétérogénéité des cohortes entrant à l’université (intensité 2 du sommet B de la Figure 9.1), et cela est d’autant plus important vu les prérequis imposés par les réformes des études de médecine ces dernières années (intensité 2 du sommet C de la Figure 9.1). Par ailleurs, la structure du MOOC vise à confronter l’étudiant à ses propres obstacles, qu’il s’agisse de représentations alternatives ou d’obstacles technico-mathématiques (intensité 3 du sommet D de la Figure 9.1), alors qu’aucune autre extension de l’écologie d’apprentissage n’était principalement centrée sur ce point.

Conception d’un MOOC sur les bases de la physique - Réponse aux problématiques énoncées



Figure 9.1 : Cette intervention pédagogique vise essentiellement à fournir aux étudiants un outil avec lequel ils pourront travailler en autonomie les prérequis en physique et se confronter à leurs éventuelles représentations alternatives.

Différentes questions du test diagnostique non traitées dans le chapitre 2 sont abordées dans ce chapitre, afin de mettre en évidence quelques obstacles à l'apprentissage. En réponse aux constats posés, chaque séquence de ce MOOC débute par des exercices centrés sur ces obstacles. En particulier, suivant l'objectif de confronter l'étudiant à ses obstacles, le concept de vidéo interactive est abordé et mis en pratique dans deux situations précises.

La structure globale du MOOC est également développée dans ce chapitre. Le fait de rendre la physique concrète au travers de l'analyse de situations de la vie quotidienne et de pratiques sportives est particulièrement mis en évidence.

9.1 Contexte

9.1.1 Représentations alternatives

La littérature fait état depuis plusieurs décennies de la présence de représentations alternatives dans les raisonnements des élèves et étudiants, quel que soit le niveau d'études (Bachelard, 1938 ; Lebrun & De Hosson, 2017 ; Thouin, 1985 ; Viennot, 1996), et donc également dans l'enseignement supérieur (Daud et al., 2015 ; Resbiantoro, 2022). Cela est particulièrement vérifié en mécanique (Clement, 1982 ; Coppens, 2007 ; McCloskey et al., 1980 ; Mou et al., 2015 ; Viennot, 1979), probablement en raison du lien étroit existant entre cette matière et les expériences du quotidien de chaque individu.

Par ailleurs, nous avons pu montrer sur une de ces représentations alternatives, l'adhérence force-vitesse (Coppens, 2009 ; Viennot, 1979), que la majorité des étudiants y sont confrontés, et ce, quels que soient leurs antécédents scolaires (choix d'options, redoublement...). La seule différence significative observée concernait le choix de la filière d'étude supérieure (les étudiants soumis à un examen d'entrée contraignant et intégrant la physique étaient moins sujets à l'adhérence force-vitesse). Les étudiants ayant dû performer à une épreuve d'admission comprenant une partie consacrée à la physique présentaient des résultats significativement meilleurs que ceux issus des autres filières d'études (chapitre 2). Par ailleurs, l'analyse des résultats globaux pour l'ensemble des questions de mécanique, toutes filières confondues, (chapitre 2) laisse penser que les étudiants entrant à l'université sont également sujets à d'autres représentations alternatives que l'adhérence force-vitesse sur laquelle notre étude portait principalement.

Nous avons évoqué, dans le chapitre 2, le cas des confusions entre les grandeurs cinématiques, l'impetus (McCloskey, 1983), l'action unique de la dernière force ou de la plus grande force appliquée (Coppens, 2007), l'attribution de la force comme

une propriété d’un objet (Viennot, 1989 ; Coppens, 2007)... Enfin, certains élèves et étudiants font également face à des obstacles d’ordre technique et mathématique.

9.1.2 Autres obstacles

Ces représentations alternatives liées à la physique peuvent s’entremêler avec des difficultés plus techniques liées notamment à la maîtrise des outils mathématiques de base (Bengloan & Nichelle, 2012 ; Boumghar et al., 2012 ; Di Fabio, 2023 ; Marique et al., 2020 ; Nguyen & Meltzer, 2003) qui doivent être mobilisés dans de nombreuses applications proposées dans les cours de physique générale à l’université. Ces obstacles technico-mathématiques, souvent liés au formalisme (Najar, 2012), peuvent résulter de difficultés de transfert entre ces deux matières chez les étudiants (Grivopoulos, 2024 ; Malafosse et al., 2000) ou de la manière différente d’aborder ces outils entre les cours de mathématiques et de physique (Gueudet et al., 2023 ; Hellio et al., 2024 ; Hitier & Gonzalez-Martin, 2022).

Or, en physique de manière générale, et en mécanique particulièrement, le formalisme mathématique est important. Il s’agit même souvent d’un double formalisme mathématique alliant les représentations vectorielles et algébriques des grandeurs traitées (Di Fabio, 2022). Cela est particulièrement le cas en mécanique, que ce soit dans le traitement des grandeurs cinématiques ou des forces, par exemple. Or, plusieurs recherches ont montré que les étudiants éprouvaient des difficultés dans l’utilisation des grandeurs vectorielles. Ainsi, Ba (2007) a mis en évidence les difficultés générales que les étudiants rencontrent dans l’utilisation des vecteurs en physique. En particulier, Aguirre (2006) a montré que les étudiants rencontraient des difficultés à décomposer un vecteur en ses composantes dans un système de référence donné et à recomposer ce vecteur à partir des composantes. Nguyen et Meltzer (2003) ont étudié les difficultés liées au fait que les étudiants assimilaient les grandeurs vectorielles à leur unique intensité, en conséquence de quoi, l’addition vectorielle était rendue plus compliquée. Di Fabio (2022) s’est intéressée aux représentations des vecteurs vitesse instantanée et accélération dans le cas de la chute libre.

Enfin, diverses difficultés reposent sur une maîtrise insuffisante de la langue, qui ne permet pas de percevoir les données implicites fournies dans l’énoncé. Par exemple, lorsqu’un énoncé précise qu’un objet est lâché, l’étudiant doit traduire que la vitesse initiale de cet objet est nulle. Or, certains étudiants ne distinguent pas de nuance entre « lâcher » et « lancer », ce dernier terme étant synonyme d’un vecteur « vitesse initiale » non nul.

La section suivante traite quelques questions de mécanique du test diagnostique, proposé en ligne en septembre 2020 à l’ensemble des étudiants inscrits en

première année de bachelier à l'Université de Liège et ayant un cours de physique à leur programme, qui n'ont pas été abordées dans le chapitre 2.

9.2 Retour sur le test diagnostique de septembre 2020

9.2.1 Questions n°2 et n°3 : Analyse du mouvement parabolique

L'analyse du mouvement parabolique d'un objet lancé dans un champ de pesanteur pose des difficultés à certains étudiants (Anago et al., 2018 ; Caramazza, 1981 ; Coppens, 2007 ; Di Fabio et al., 2021 ; Prescott & Mitchelmore, 2005 ; Viennot, 1979).

Ces difficultés sont en partie liées à des obstacles technico-mathématiques, notamment au sujet des vecteurs, ce qui a été peu étudié par des chercheurs en didactique (Di Fabio et al., 2021). Les quelques études existantes mettent en évidence la difficulté des étudiants à distinguer le vecteur de sa norme, notamment dans le langage utilisé (Genin et al., 1987), le manque de sens que les étudiants donnent aux caractéristiques des vecteurs (Nguyen & Meltzer, 2003), ou encore les difficultés à additionner des vecteurs (Malgrange et al., 1973).

Les difficultés rencontrées peuvent également être causées par des obstacles épistémologiques (Thouin, 1989), comme l'obstacle de l'expérience première qui « *consiste à expliquer un phénomène en se fiant aux apparences* » (Thouin, 1989, p. 248). En effet, comme nous l'avons vu au chapitre 2, l'obstacle de l'expérience première induit chez de nombreux étudiants l'idée que le vecteur force est lié au vecteur vitesse, au lieu du vecteur accélération (Coppens, 2007, Viennot, 1979), et que donc la force suit la direction et le sens du mouvement (Clément, 1982). Ces obstacles conduisent à des raisonnements de type « impetus » (DiSessa, 2018). Enfin, certains étudiants confondent les grandeurs cinématiques, la position et la vitesse d'une part, et la vitesse et l'accélération d'autre part (Trowbridge & McDermott, 1980). C'est particulièrement le cas des étudiants qui voient simplement l'accélération comme le rapport de la vitesse sur le temps (et non de la variation de la vitesse sur l'intervalle de temps correspondant. Pour eux, puisque $a = v/t$, si v est nulle, alors a l'est également forcément.

Énoncés des questions n°2 et n°3

2. Un footballeur shoote dans un ballon. Au sommet de la trajectoire, nous pouvons affirmer que la vitesse v et l'accélération a du ballon, respectent :

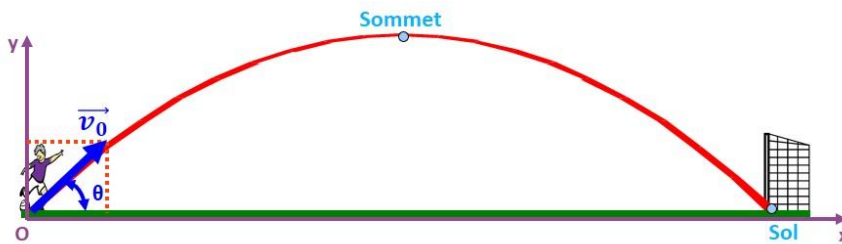


Figure 9.2 : Graphique joint à la question 1.

- a. $v \neq 0$; $a \neq 0$
- b. $v = 0$; $a \neq 0$
- c. $v \neq 0$; $a = 0$
- d. $v = 0$; $a = 0$

3. Un footballeur shoote dans un ballon. Au sommet de la trajectoire, nous pouvons affirmer que les composantes du vecteur vitesse sont :

- a. $v_x \neq 0$; $v_y \neq 0$
- b. $v_x = 0$; $v_y \neq 0$
- c. $v_x \neq 0$; $v_y = 0$
- d. $v_x = 0$; $v_y = 0$

Explication

Lorsque le ballon est tiré obliquement, comme c’est le cas dans le cadre de ces deux questions, il décrit, dans un référentiel galiléen attaché à la Terre et en l’absence de frottements, une trajectoire parabolique. Celle-ci est la combinaison de deux mouvements couramment étudiés en cinématique : un mouvement rectiligne uniforme (MRU) horizontal et un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA) vertical, dont l’accélération correspond à celle de la pesanteur terrestre en l’absence de frottements et de résistance de l’air. La composante horizontale du vecteur vitesse, v_x , de l’objet est non nulle et ne subit aucune variation. Dans la direction verticale, l’accélération de la pesanteur, dirigée dans le sens opposé à la composante verticale du vecteur vitesse du ballon, v_y , le freine dans son ascension. Le ballon, à force d’être ralenti verticalement, finit par voir la composante verticale de son vecteur vitesse, v_y , devenir nulle, ce qui définit alors le sommet de la trajectoire. Puisqu’il est soumis continuellement à son propre poids, le ballon continue d’accélérer vers le bas et se dirige alors vers des altitudes plus faibles. Puisque la composante verticale v_y du vecteur vitesse du ballon est alors orientée dans le même sens que l’accélération, v_y augmente en valeur absolue.

Au sommet de la trajectoire du mobile, la composante horizontale de son vecteur vitesse, v_x , est non nulle, contrairement à sa composante verticale, v_y . La norme du vecteur vitesse est donc non nulle. Par ailleurs, la gravité terrestre s'appliquant à tout instant sur le ballon, la norme du vecteur accélération du ballon est également non nulle.

Résultats

Les taux de sélection (en %) des différentes propositions à la question n°2 sont présentés dans le tableau 9.2. 34 % (N = 298) des étudiants sélectionnent la bonne proposition, à savoir celle précisant que la norme du vecteur accélération et la norme du vecteur vitesse sont toutes deux non nulles. Au total, 35,2 % (N = 308) des étudiants indiquent la nullité de la norme du vecteur vitesse au sommet de la trajectoire parabolique. 30,5 % (N = 267) des répondants indiquent que la norme du vecteur accélération y est nulle, contrairement à celle du vecteur vitesse. Enfin, ils sont 13,6 % (N = 119) à avoir indiqué la nullité de la vitesse et de l'accélération.

Q2 : Un footballeur shoote dans un ballon. Au sommet de la trajectoire, nous pouvons affirmer que la vitesse v et l'accélération a du ballon, respectent :			
Propositions	Correcte ?	N	%
a. $v \neq 0$; $a \neq 0$	V	298	34,0
b. $v = 0$; $a \neq 0$		189	21,6
c. $v \neq 0$; $a = 0$		267	30,5
d. $v = 0$; $a = 0$		119	13,6
Sans réponse		3	0,3
		876	100,0

Tableau 9.1 : Seul environ un étudiant sur trois identifie correctement le fait que ni la norme du vecteur vitesse, ni celle de l'accélération ne sont nulles.

À la question n°3, 56,2 % (N = 492) des étudiants identifient correctement le fait qu'au sommet de la trajectoire parabolique d'un objet lancé obliquement, la composante horizontale du vecteur vitesse est non nulle, contrairement à sa composante verticale (Tableau 9.3). Ils sont 23,5 % (N = 206) à penser que les deux composantes sont non nulles.

Q3 : Un footballeur shoote dans un ballon. Au sommet de la trajectoire, nous pouvons affirmer que les composantes du vecteur vitesse sont :			
Propositions	Correcte ?	N	%
a. $v_x \neq 0 ; v_y \neq 0$		206	23,5
b. $v_x = 0 ; v_y \neq 0$		88	10,0
c. $v_x \neq 0 ; v_y = 0$	V	492	56,2
d. $v_x = 0 ; v_y = 0$		77	8,8
Sans réponse		13	1,5
		876	100,0

Tableau 9.2 : Une majorité d’étudiants identifie correctement la nullité de la seule composante verticale du vecteur vitesse.

En croisant les réponses fournies aux questions n°2 et n°3, on se rend compte que 27,7 % (N = 243) des étudiants ont fourni des réponses incohérentes (Tableau 9.4), soit en indiquant que les deux composantes du vecteur vitesse sont nulles mais que sa norme est non nulle (1 % ; N = 9), soit en indiquant que qu’au moins une des composantes de ce même vecteur est non nulle, mais que sa norme est nulle (26,7 % ; N = 234).

Incohérence dans le calcul vectoriel	N	%
Au moins 1 composante du vecteur vitesse $\neq 0$; norme du vecteur vitesse = 0	234	26,7
2 composantes du vecteur vitesse = 0 ; norme du vecteur vitesse $\neq 0$	9	1,0

Tableau 9.3 : 27,7 % des étudiants donnent des réponses incohérentes entre elles aux questions n°2 et 3.

Discussion

L’analyse des réponses fournies à deux questions du test diagnostique (questions n°2 et n°3 – Annexe 1) a montré que les difficultés conceptuelles et les obstacles mathématiques rendaient compliquée l’analyse du mouvement parabolique par les étudiants. En effet, alors que la cinématique est présente dans les programmes des différentes options de l’enseignement de transition en Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique, et que ces deux questions à choix multiples correspondent à une situation classique couramment rencontrée dans les cours de l’enseignement secondaire, peu d’étudiants arrivent à identifier correctement la nullité et la non-nullité des grandeurs demandées (34 % pour la norme des vecteurs vitesse et accélération et 56,2 % pour les composantes du vecteur vitesse). Ce constat corrobore les études de Di Fabio et al. (2021) et Nguyen & Meltzer (2003). Par ailleurs, plus d’un étudiant sur quatre fournissent une combinaison incohérente de réponses aux deux questions étudiées. Cette absence de cohérence dans le traitement des vecteurs en cinématique a également déjà été mise en évidence par

Di Fabio et al. (2021) qui ajoutent que cela « *semble révéler une incompréhension des concepts de base de cinématique* » (Di Fabio, 2021, p. 139).

9.2.2 Question n°12 : Analyse d'un corps dévalant un plan incliné

Énoncé de la question n°12

12. Soit un skieur de 70 kg (matériel compris) descendant une piste de ski inclinée à 30°. Le coefficient de frottement entre la neige et les skis vaut 0,1. Que vaut la force normale ? (Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$)

- a) 0 N
- b) 350 N
- c) 606 N
- d) 700 N

Explication

Le skieur dévalant la piste de ski enneigée subit trois forces : son poids, la force normale appliquée par le sol et la force de frottement résultant de l'interaction entre la neige et les skis (Figure 9.3). Le skieur accélère vers le bas de la piste enneigée et son accélération peut être déterminée grâce à l'application de la deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Selon l'axe x, le skieur accélère vers le bas de la piste :

$$\begin{aligned} \sum F_x &= P_x - F_f = m \cdot a_x \\ \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \sin(30^\circ) - \mu_c \cdot N &= m \cdot a \end{aligned}$$

La composante a_x de l'accélération est alors égale à a puisqu'elle est strictement orientée dans la même direction et le même sens que l'axe x.

Selon l'axe y, le skieur est au repos. Donc :

$$\begin{aligned} \sum F_y &= -P_y + N = m \cdot a_y = 0 \\ \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \cos(30^\circ) &= N = m \cdot g \cdot \cos(30^\circ) = N \end{aligned}$$

L'intensité de la force normale est donc égale à la projection du poids dans la direction perpendiculaire à la piste. Elle vaut :

$$N = m \cdot g \cdot \cos(30^\circ) = 70 \cdot 10 \cdot \cos(30^\circ) = 606 \text{ N}$$

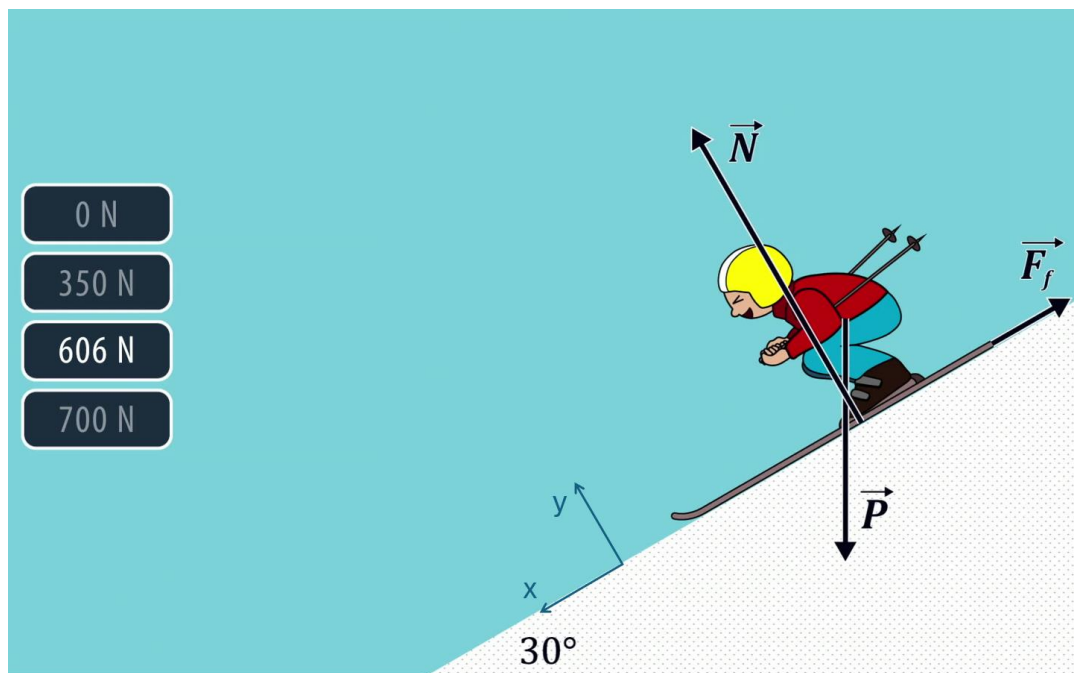


Figure 9.3 : Le skieur subit trois forces lors de la descente de la piste enneigée.

Résultats

40,5 % des étudiants (N = 355) trouvent la bonne intensité de la force normale agissant sur le skieur. Pour cela, ces étudiants ont dû projeter correctement le poids du skieur dans la direction perpendiculaire à la piste (Tableau 9.4). 22,5 % (N = 197) ont commis une erreur dans la projection du poids en identifiant mal soit la fonction trigonométrique, soit l’angle à utiliser. Enfin, 24,2 % de la population sondée (N = 212) n’ont pas projeté le poids et ont simplement considéré que la force normale avait la même intensité que le poids du skieur. 2,7 % des étudiants (N = 24) ont indiqué la nullité de la force normale et 10 % (N = 88) se sont abstenus à cette question.

Q12 : 12. Soit un skieur de 70 kg (matériel compris) descendant une piste de ski inclinée à 30°. Le coefficient de frottement entre la neige et les skis vaut 0,1. Que vaut la force normale ? (Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$)			
Propositions	Correcte ?	N	%
a. 0 N		24	2,7
b. 350 N		197	22,5
c. 606 N	V	355	40,5
d. 700 N		212	24,2
Sans réponse		88	10,0
		876	100,0

Tableau 9.4 : Moins de la moitié des étudiants calculent correctement l'intensité de la force normale dans cette situation.

Discussion

Moins de la moitié des étudiants ont à la fois

- déterminé correctement les orientations relatives des forces subies par le skieur,
- compris qu'il était nécessaire de mobiliser la seconde loi de Newton pour traiter cette situation,
- identifié que, dans la direction perpendiculaire à la piste, la somme des composantes des forces y était nulle, et,
- correctement projeté les forces dans cette direction.

Il s'agit d'étapes a priori simples pour un élève sortant de l'enseignement secondaire. Cependant, il est courant que les étudiants rencontrent encore des difficultés dans ce type de démarche lorsqu'ils sont à l'université. Preuve en est que 22,5 % des étudiants ont choisi la proposition b (350 N). Ils ont bien identifié le fait qu'il convenait de projeter le poids du skieur le long d'un axe perpendiculaire à la pente neigeuse pour obtenir l'intensité de la force normale, mais ont commis une erreur d'ordre technico-mathématique (inversion cosinus et sinus).

Pour les 24,2 % des étudiants sondés, qui ont considéré que la force normale subie par le skieur était d'égale intensité à son poids (proposition c), les difficultés dépassent les aspects techniques et mathématiques. En effet, ces étudiants ne tiennent pas compte de l'inclinaison de la pente, et traitent donc le problème comme si le sol était horizontal. Cette erreur peut être expliquée par un abus de langage courant chez certains enseignants et chez de nombreux élèves et étudiants qui utilisent l'expression « réaction normale » à la place de « force

normale ». Il en résulte une conception erronée dans la manière dont cette force agit sur le corps, dans notre cas le skieur. En effet, l’expression « réaction normale » conduit l’apprenant à penser que la force normale est la réaction au poids du corps considéré, et c’est alors la 3^e loi de Newton qui lui dicte que les deux doivent avoir la même intensité, oubliant au passage que des forces de type actions réciproques n’agissent pas sur le même objet.

Il en va de même pour les 2,7 % qui ont indiqué que la force normale agissant sur le skieur était nulle (proposition a). Cette proposition sous-entendrait une absence de contact entre le skieur et la pente. Ces étudiants rencontrent donc des difficultés en lien avec la définition même de cette interaction.

9.2.3 Conclusions

Il ressort de l’analyse de ces trois questions issues du test diagnostique de septembre 2020 que les étudiants sont confrontés à des obstacles d’ordre conceptuel mais également technico-mathématique. Cela conforte les résultats obtenus pour les questions centrées sur l’adhérence force-vitesse (chapitre 2).

L’hétérogénéité des cohortes s’inscrivant à l’université complique le travail de remédiation sur ces différentes difficultés de base. De plus, même si des possibilités de travailler en autonomie les matières constituant les prérequis ont été mises en place depuis de nombreuses années (chapitre 4), aucune intervention pédagogique ne portait concrètement sur la confrontation de l’étudiant à ses propres représentations lors des premières extensions de l’écologie d’apprentissage des apprenants. Nous avons pallié ce manque par la création d’un MOOC (Massive Open Online Course) abordant la mécanique générale par le biais des représentations alternatives courantes et des obstacles technico-mathématiques se rapportant à l’apprentissage de la physique. La panoplie large d’outils pouvant constituer un MOOC en fait le choix adéquat pour ce projet.

9.3 Cadre théorique

9.3.1 MOOC

Le concept de MOOC (Massive Open Online Courses) est apparu en 2008 (Siemens et Downes, 2013) dans le cadre du mouvement des Open Educational Resources (OER), ou Ressources Éducatives Libres (REL), visant à rendre ces ressources accessibles à tous. Au départ, les MOOC encourageaient les apprenants à utiliser ces matériaux tout en interagissant avec d’autres personnes. Cette vision de l’apprentissage reposait donc sur une approche connectiviste (Siemens, 2005).

« Les Massive Open Online Courses (MOOC) sont des cours visant une participation interactive à grande échelle et un accès ouvert via le web. Les MOOC offrent aux apprenants la possibilité de participer à des activités d'apprentissage, plutôt que de simplement rendre des ressources ou des supports de cours disponibles librement. » (Siemens & Downes, 2013, p. 2)

Au cours du temps, des MOOC basés sur une approche instructiviste ont été développés pour fournir une formation complète aux apprenants ou pour soutenir une formation existante. Siemens & Downes (2013) distinguent donc deux catégories de MOOC, les xMOOC et les cMOOC.

Les xMOOC reposent sur un modèle instructiviste où les objectifs d'apprentissage sont définis par l'enseignant ou l'instructeur, les parcours sont structurés et les interactions entre apprenants limitées. Ce type de MOOC suit un format classique : diffusion de vidéos, tâches courtes telles que des quiz ou des évaluations à correction automatisée, le tout s'intégrant dans une progression par étapes. Il convient particulièrement à des disciplines scientifiques, étant donné le fait que les réponses aux applications proposées sont facilement évaluables par des outils numériques. Les xMOOC sont adaptés aux apprenants avec des compétences numériques et pédagogiques limitées (Siemens & Downes, 2013).

En revanche, les cMOOC, basés sur le connectivisme, adoptent une approche différente. Ils permettent aux apprenants de définir leurs propres objectifs d'apprentissage, avec des parcours flexibles et ouverts. L'interaction avec les autres est encouragée, mais doit être initiée par les participants eux-mêmes, favorisant ainsi un apprentissage collaboratif à travers les réseaux numériques (Siemens, 2007). Cela nécessite que les apprenants soient capables d'auto-réguler leur apprentissage en définissant et en atteignant des objectifs d'apprentissage (Littlejohn, Milligan & Margaryan, 2013, Siemens & Downes, 2013).

Les MOOC attirent généralement une grande variété d'apprenants aux parcours, expériences et niveaux de compétences divers. Il est difficile d'identifier ce qui est efficace ou ce qui est apprécié par les apprenants, car il existe à la fois peu d'études empiriques sur la manière dont les gens apprennent dans les MOOC, mais également sur la façon de concevoir un environnement d'apprentissage qui tienne compte de ces profils variés. Une des variables pour quantifier l'activité des apprenants pourrait être le taux de complétion, mais la littérature indique que celui-ci dépasse rarement les 10 % (Reich, 2014 ; Reich & Ruiperez-Valiente, 2019, Vrillon, 2019). En particulier, à l'Université de Liège, les attestations de participation, délivrées lorsque l'apprenant a atteint un seuil minimal d'activités proposées, sont attribuées en moyenne, selon les MOOC considérés, à 9 % des participants (Tonus et al., 2020).

Plusieurs caractéristiques des MOOC ont guidé notre choix de cet outil comme solution pertinente aux problématiques énoncées.

Tout d’abord, les MOOC ne visent pas un public restreint, tel qu’une filière d’études spécifique dans les murs d’une institution particulière, ce qui constitue un avantage important dans notre contexte. Comme abordé au chapitre 2, la majorité des étudiants, quelle que soit leur filière, sont confrontés à des représentations alternatives. Le MOOC que nous avons développé peut donc être proposé à un large public, aussi bien au sein de l’Université de Liège qu’au-delà. Il s’intègre notamment dans les activités préparatoires aux études supérieures, organisées tant par l’université que par d’autres institutions, permettant ainsi de mieux préparer les futurs étudiants et de réduire leur exposition aux représentations alternatives. Ce MOOC, principalement basé sur le modèle des xMOOC, constitue, dans une approche d’hybridation des apprentissages (de Lemos Esteves et al., 2022), une base aux activités ultérieures d’enseignement.

Un autre facteur décisif dans le choix de cet outil est sa gratuité. Accessible à tous, étudiants comme non-étudiants à travers le monde, il s’inscrit dans une démarche de « *démocratisation maximale des savoirs* » (ULiège, s. d.), en particulier dans l’enseignement supérieur (Collin & Saffari, 2015). De plus, son caractère asynchrone favorise l’autonomie des apprenants. Les étudiants peuvent s’approprier le contenu selon leurs besoins spécifiques, en sélectionnant uniquement les modules qui leur sont utiles, ce qui est particulièrement bénéfique pour ceux qui présentent des lacunes dans certains chapitres non couverts durant leur parcours scolaire. Ce MOOC, disponible en permanence, permet un apprentissage flexible et adapté au rythme de chacun, sans contrainte de temps imposée par l’enseignant, suivant ainsi une approche « self-paced ».

Enfin, la diversité des outils pédagogiques numériques offerts par les MOOC, tels que les vidéos, quiz, wikis, forums, webinaires, simulations et évaluations interactives, permet une scénarisation riche et répond aux besoins pédagogiques spécifiques des enseignants. Les MOOC ne se limitent donc pas à de simples plateformes de dépôt de documents, mais représentent des environnements d’apprentissage complets et dynamiques.

9.3.2 Vidéos interactives

Le concept de vidéos interactives est relativement récent en raison des outils technologiques qu’elles nécessitent. Ces vidéos, également appelées hypervidéos (Meixner, 2017 ; Sauli et al., 2018), se distinguent en permettant aux utilisateurs de naviguer de façon non-linéaire dans leur contenu. Il s’agit de contenus multimédias où les utilisateurs peuvent interagir activement, par exemple à travers

des quiz, des activités de glisser-déposer (drag-drop) ou des zones cliquables (hotspot), que l'apprenant doit utiliser pour accéder à la suite des contenus. Certaines structures de vidéos interactives sont basées sur des interfaces à plusieurs cadres, un pour la vidéo elle-même et au moins un autre pour les éléments interactifs, qui sont donc extérieurs à la vidéo (Dimitrova & Mitrovic, 2022 ; Yoon et al., 2021), tandis que d'autres combinent en une seule interface la vidéo et les éléments interactifs (Şendurur et al., 2024).

C'est le concept de scénario à embranchements, ou branching scenario (Şendurur et al., 2024) auquel il est alors fait appel. Dans ce type de scénarisation pédagogique au travers des multimédia, les décisions de l'apprenant influencent le déroulement de la vidéo et lui fournissent des retours personnalisés en fonction de ses choix (Şendurur et al., 2024). Ces fonctionnalités permettent aux enseignants d'intégrer du contenu supplémentaire en cours de vidéo, comme des résumés ou des illustrations, tout en offrant à l'étudiant la possibilité de choisir son propre parcours d'apprentissage, rendant ainsi l'expérience plus autonome et personnalisée. Şendurur et al. (2024) indiquent que « *la combinaison de ces fonctionnalités et du flux du contenu dans les vidéos interactives peut enrichir les possibilités de conception pédagogique. Par exemple, le concepteur peut activer des parcours flexibles d'une fonctionnalité à l'autre afin de soutenir l'autonomie de l'apprenant* » (Şendurur et al., 2024, p. 2).

Par ailleurs, le fait de recourir aux vidéos interactives permet d'augmenter l'engagement des étudiants (Chi & Wylie, 2014 ; Marshall, 2019 ; Schwan & Riempp, 2004 ; Zhang et al., 2006). En effet, regarder une vidéo linéaire traditionnelle place l'étudiant dans un rôle de récepteur essentiellement passif. Par contre, lui demander d'interagir dans la vidéo par le biais de questions intermédiaires ou d'autres éléments interactifs rend l'apprentissage plus actif et donc plus engageant (Chi & Wylie, 2014). Il convient, comme dans le cas des vidéos traditionnelles, d'être vigilant au respect des principes des contenus multimedia (Guo, 2014 ; Mayer, 2009 ; Mayer, 2021), et en particulier la gestion de la charge cognitive.

Cette voie des vidéos interactives a été explorée dans le cadre de deux exercices qui sont décrits dans la section suivante.

9.4 Intervention : Le MOOC « La physique générale pour bien entamer l'enseignement supérieur »

Le MOOC sur la physique générale (FUN, s. d.), développé par l'Université de Liège, a été conçu comme un outil de transition entre l'enseignement secondaire et

supérieur. Il est destiné à la fois aux élèves en fin de secondaire qui souhaitent se préparer aux études supérieures ou à un examen d'entrée, ainsi qu'aux étudiants de première année de l'enseignement supérieur recherchant un complément aux séances de remédiation en physique. L'utilisation autonome du MOOC permet d'optimiser les séances de remédiation en présentiel, où le remédiateur peut se concentrer sur la résolution des difficultés restantes et sur des aspects méthodologiques, notamment en ce qui concerne les exercices pratiques.

Grâce à ce MOOC, les étudiants peuvent donc revoir les concepts au programme des cours de physique de l’option « sciences générales » de l’enseignement secondaire du 2^e et 3^e degrés en Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique (W.B.E., 2015 ; W.B.E., 2018) sous un angle différent, afin de renforcer leurs bases et ainsi pouvoir mieux suivre les cours en présentiel. Dans un premier temps, seule la mécanique a été abordée. Ce choix d’entamer la création du MOOC par la mécanique repose sur le fait que les concepts de la mécanique interviennent dans de nombreux autres thèmes de matière du cours de physique, comme l’électricité ou la mécanique des fluides. Fournir un outil aux étudiants dont l’objectif est de mieux maîtriser ces concepts et de les confronter à leurs représentations alternatives est cohérent.

9.4.1 Structure générale du MOOC

Le MOOC « La physique générale pour bien entamer les études supérieures » est composé de deux modules, le premier portant sur la cinématique et le second sur la dynamique. Chaque module est composé de différentes séquences, correspondant chacune à un chapitre, et chaque séquence est composée de plusieurs objets (vidéos, quiz...).

Le premier module du MOOC porte sur la cinématique, c’est-à-dire l’étude des mouvements sans en étudier leurs causes (Figure 9.4). Ce premier module est composé de quatre séquences consacrées respectivement aux notions générales des mouvements (notamment les grandeurs cinématiques), à l’étude des mouvements rectilignes, à celle des mouvements paraboliques et enfin à celle des mouvements circulaires. Le second module est centré sur la dynamique et aborde principalement les notions de force et d’énergie (Figure 9.4). Ce module est composé de six séquences : les forces, les lois de Newton, leurs applications, le travail et la puissance, les énergies, et les bilans d’énergie.

MOOC La physique générale pour bien entamer l'enseignement supérieur

MODULE 1 : Cinématique

Séquence 1.1 : Notions de mouvements

Séquence 1.2 : Mouvements rectilignes

Quiz certificatif 1 : Les mouvements rectilignes

Séquence 1.3 : Mouvements paraboliques

Séquence 1.4 : Mouvements circulaires

Quiz certificatif 2 : Les mouvements à 2 dimensions

La cinématique : Synthèse

MODULE 2 : Dynamique

Séquence 2.1 : Notions de force

Séquence 2.2 : Lois de Newton

Séquence 2.3 : Application des lois de Newton

Quiz certificatif 3 : Les forces et les lois de Newton

Séquence 2.4 : Travail et puissance

Séquence 2.5 : Énergies

Séquence 2.6 : Bilan de l'énergie

Quiz certificatif 4 : Énergies

La mécanique : Synthèse

Test certificatif final

Figure 9.4 : Structure de notre MOOC.

Des quiz certificatifs sont régulièrement organisés dans ce MOOC, permettant une évaluation des étudiants à la fin de chaque séquence et une rétroaction immédiate. Le nombre maximal de tentatives est fixé à trois pour ces évaluations. Par ailleurs, d'autres tests certificatifs sont organisés à la moitié et à la fin de chaque module afin d'évaluer l'apprentissage sur des petites parties de matière. Enfin, à l'issue du MOOC, un test certificatif général est proposé et porte sur toute la matière du MOOC (Figure 9.4). Une seule tentative est autorisée pour ces quatre tests de mi-module et le test certificatif final. Chacun des trois types d'évaluation (quiz de fin de séquence, quiz certificatifs de mi-module et test certificatif final) détermine un tiers de la note globale pour ce MOOC. Dans le cas où l'apprenant obtient au minimum 50%, il peut télécharger un badge de réussite de la formation.

L'apprenant n'est pas pour autant obligé de suivre la formation complètement. En effet, l'ensemble des contenus sont immédiatement accessibles dès l'inscription finalisée et le cours ouvert. Il peut donc viser uniquement les modules ou les

séquences qu’il souhaite, par exemple, en fonction de lacunes particulières qu’il possède.

9.4.2 Structure des séquences

Chaque séquence du MOOC débute par un exercice destiné à confronter l’étudiant à des représentations alternatives et des obstacles technico-mathématiques en lien avec le thème de la séquence. L’étudiant répond à cet exercice, mais ne reçoit pas immédiatement le corrigé. Il est d’abord invité à visionner une (ou plusieurs) vidéo(s) présentant la théorie de manière ludique. Une fois cela fait, l’exercice introductif lui est de nouveau proposé, lui permettant de modifier sa réponse à la lumière des nouvelles informations acquises. Ce n’est qu’après cette seconde tentative qu’il accède à la correction fournie par l’équipe pédagogique. Cette structure récurrente au début de chacune des séquences constitue une phase de déconstruction de la conception alternative essentielle à l’apprentissage et l’appropriation du concept correct. Dans le cas contraire, le risque de faire cohabiter concept physique et conception alternative est non négligeable (Coppens, 2007 ; Viennot, 1989).

Les concepts enseignés sont ensuite appliqués dans des exercices, des quiz ou des expériences à réaliser chez soi. Enfin, un quiz certificatif clôture la séquence. Ce type de structure (Figure 9.5) est appliqué à l’ensemble de séquences à l’exception des séquences 2.3 et 2.6 qui reposent sur l’application de concepts enseignés précédemment dans le MOOC.

Plan de séquence

- Exercice introductif (obstacles)
- Développement de la théorie
- Retour sur l’exercice introductif + corrigé
- Mises en application (exercices, expériences, quiz, ...)
- Quiz certificatif de fin de séquence

Figure 9.5 : Plan d’une séquence.

Ce MOOC repose sur de nombreuses vidéos. Celles-ci ont été conçues dans le respect des principes de l’apprentissage multimédia (Guo et al., 2014 ; Mayer, 2009 ; Mayer, 2021) énoncés dans la section 7.2 de cette thèse, notamment en tentant de réduire la charge cognitive extrinsèque afin de rendre l’apprentissage plus efficace (Clark et al., 2011 ; Sweller, 2011). Toutes les vidéos, à l’exception de deux d’entre elles sur lesquelles nous reviendrons ci-après, suivent un scénario linéaire. Dans ces vidéos classiques, les seules possibilités d’interaction et d’influence qu’a l’apprenant sur son déroulement résident dans le contrôle de son

flux grâce aux boutons de fonctions classiques comme la lecture, la mise en pause, le retour en arrière, la modification de la vitesse de lecture... Ces vidéos, traditionnelles, ne permettent donc des interactions qu'entre l'apprenant et le lecteur multimédia. Les vidéos interactives ajoutent une dimension supplémentaire en favorisant les interactions entre l'apprenant et le contenu des vidéos. Deux vidéos dans ce MOOC reposent sur ce dernier concept.

9.4.3 Rendre la physique concrète grâce à des situations sportives et de la vie quotidienne

Nous avons voulu exploiter les nombreux outils disponibles lors de la création de ce MOOC pour « sortir la physique des salles de classe » et ainsi rendre la matière plus concrète et attrayante. En particulier, nous avons collaboré avec des sportifs, amateurs et professionnels, pour analyser leurs pratiques et intégrer ces observations dans le contenu du cours de physique ou pour illustrer certains concepts. Nous avons aussi étudié diverses situations de la vie quotidienne pour montrer que la physique est omniprésente. Des séquences ont été tournées dans différents contextes, tels que la foire de Liège, les transports en commun ou en voiture, pour enrichir l'apprentissage.

Voici, pour chaque séquence, quelques exemples d'intégration de ces situations pour illustrer les concepts ou les appliquer.

Cinématique

Notions de mouvement

Afin de définir et d'appréhender différentes grandeurs cinématiques, deux protagonistes ont réalisé le même déplacement, c'est-à-dire que leur position de départ et leur position d'arrivée étaient communes. L'un a effectué le trajet en trottinette sur des sentiers interdits à la circulation automobile et à une vitesse considérée comme de norme constante, et l'autre s'est d'abord déplacé à pied, avant de prendre le bus pour enfin finir son trajet à pied (Figure 9.6). Ce deuxième protagoniste a vu sa vitesse varier constamment (vitesse de marche \neq vitesse du bus, le bus freine et accélère...).

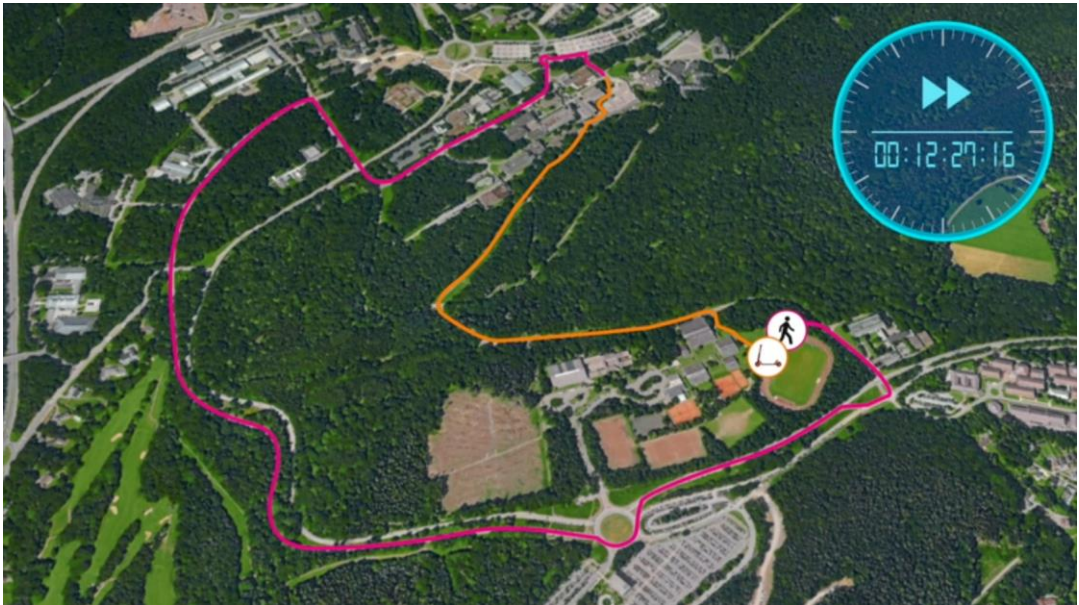


Figure 9.6 : L'apprenant peut suivre l'évolution de la position des deux protagonistes sur la carte.

Sur la base des observations faites sur ces trajets, le déplacement est distingué de la distance parcourue ou encore de la trajectoire. De la même manière, la différence entre la vitesse moyenne et la vitesse instantanée est mise en évidence.

Les composantes tangentielle et centripète sont quant à elle distinguées grâce à l'analyse d'un 400 mètres réalisé par un athlète. Celui-ci accélère dans le premier virage. Il continue ensuite d'augmenter sa vitesse dans la première ligne droite (Figure 9.7a). Son accélération se résume alors à sa composante tangentielle. Il parcourt ensuite le second virage à une valeur constante de vitesse. Son accélération est alors strictement centripète (Figure 9.7b).

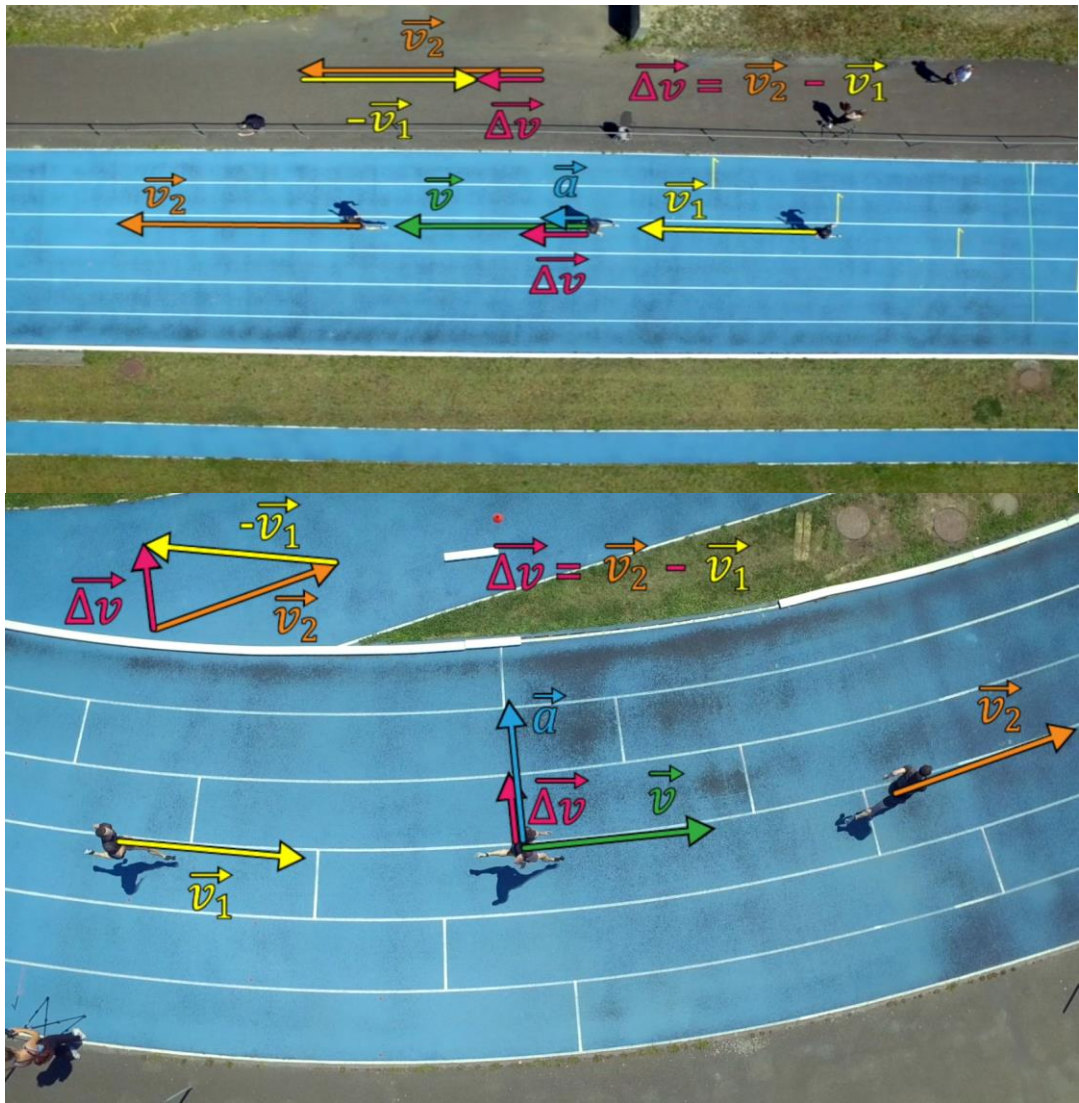


Figure 9.7 : L'accélération est définie grâce à l'analyse de la course d'un athlète en ligne droite (a) et dans un virage (b).

Un retour est ensuite effectué sur le trajet du bus. En particulier, celui-ci aborde un virage en ralentissant. Il subit alors une accélération comprenant à la fois une composante tangentielle, qui fait varier la valeur de la vitesse, et une composante centripète, qui fait varier l’orientation du vecteur vitesse (Figure 9.8).

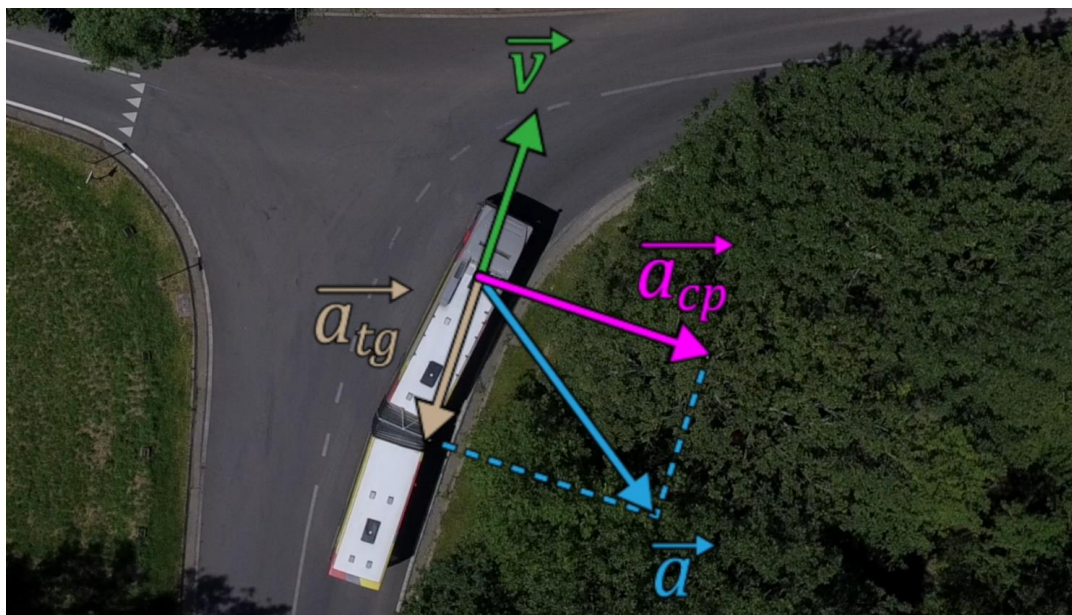


Figure 9.8 : Le bus ralentit dans le virage.

Mouvements rectilignes

Les lois du MRUA sont notamment mises en application grâce à deux expériences à réaliser de manière autonome. La première consiste à mesurer différentes grandeurs cinématiques lors d'un trajet en ascenseur à l'aide de l'application mobile PhyPhox (Phyphox, s. d.) et la seconde à estimer son temps de réaction à l'aide d'une règle graduée à attraper (Figure 9.9).

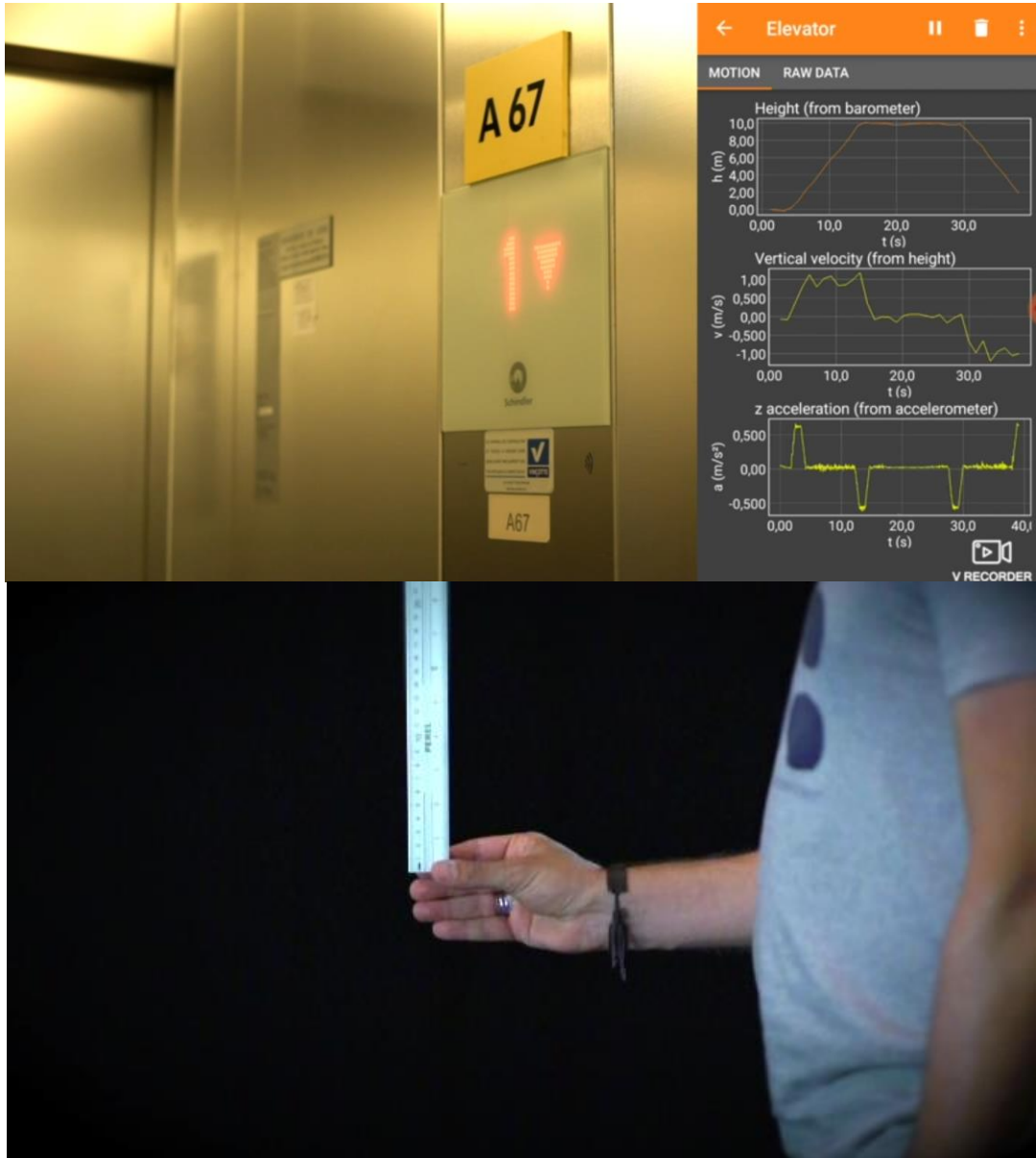
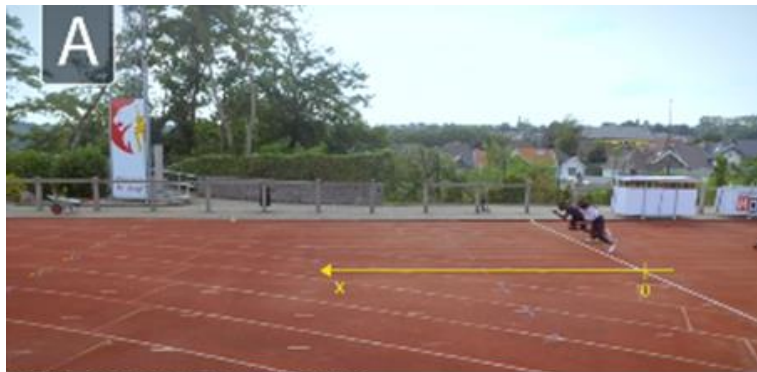


Figure 9.9 : Des expériences à réaliser dans un ascenseur (a) et à l'aide d'une règle graduée (b) permettent de mettre en pratique les lois du MRUA.

Différents exercices sont également proposés sous forme de vidéo. L’objectif est d’identifier le graphique correct de l’évolution temporelle de la position $x(t)$ ou de la vitesse $v_x(t)$ en fonction de situations décrites en vidéo (Figure 9.10). Le même ensemble de graphique est proposé pour les deux exercices $x(t)$ et $v_x(t)$, ce qui explique l’absence de notation sur l’axe vertical de ces graphiques. Dans le cas de l’analyse de l’évolution temporelle de la position, la conséquence collatérale de cette approche est la différenciation entre la trajectoire du mobile étudié et son graphique $x(t)$.



QUIZ 1 : POSITION AU COURS DU TEMPS (0 points possibles)

Associez chaque situation avec le graphique de l’évolution de la position au cours du temps qui lui convient.

Attention : vous devez avoir placé les 8 lettres avant de valider pour savoir si tout est correct ou pas !

			Aucun de ces graphiques

◀ A B C D E F ▶

Figure 9.10 : Exercice d’identification du graphique correct en fonction de la situation.

Mouvements paraboliques

Le mouvement parabolique est illustré et mis en pratique grâce à l'analyse de la trajectoire d'un ballon de basket (Figure 9.11).

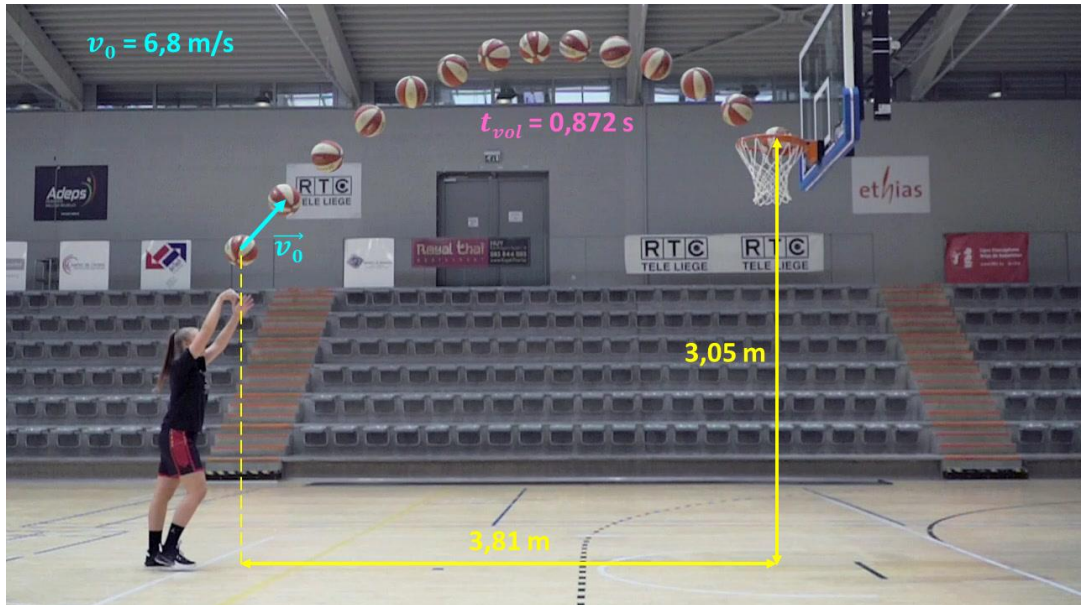


Figure 9.11 : Une fois lancé obliquement, le ballon décrit une trajectoire parabolique.

Mouvements circulaires

Les mouvements circulaires sont illustrés grâce à la grande roue de la foire de Liège. Les différentes grandeurs angulaires sont définies à partir de la différence des mouvements de deux points particuliers de cette roue, le point d'attache d'une nacelle (N) et un point situé sur l'axe de la roue (A).



Figure 9.12 : Grande roue servant à l'illustration des mouvements circulaires.

Dynamique

Notions de force

La conception qu'ont certains étudiants à considérer que les forces de frottement sont toujours opposées au mouvement (Caldas, 1994 ; Coppens, 2009) est déconstruite à l'aide d'une roue de vélo (Figure 9.13).



Figure 9.13 : Comme dans le cas de la marche, les forces de frottement permettent au vélo d'avancer.

Lois de Newton

Le principe d'inertie (première loi de Newton) est observé grâce à un passager debout dans un bus qui accélère (Figure 9.14).



Figure 9.14 : Visualisation du principe d'inertie.

La troisième loi de Newton, ou principe d'action-réaction est étudié au travers du sport. En particulier, l'appui qu'une nageuse prend sur le mur de la piscine et l'utilité des starting blocks en athlétisme sont étudiés.

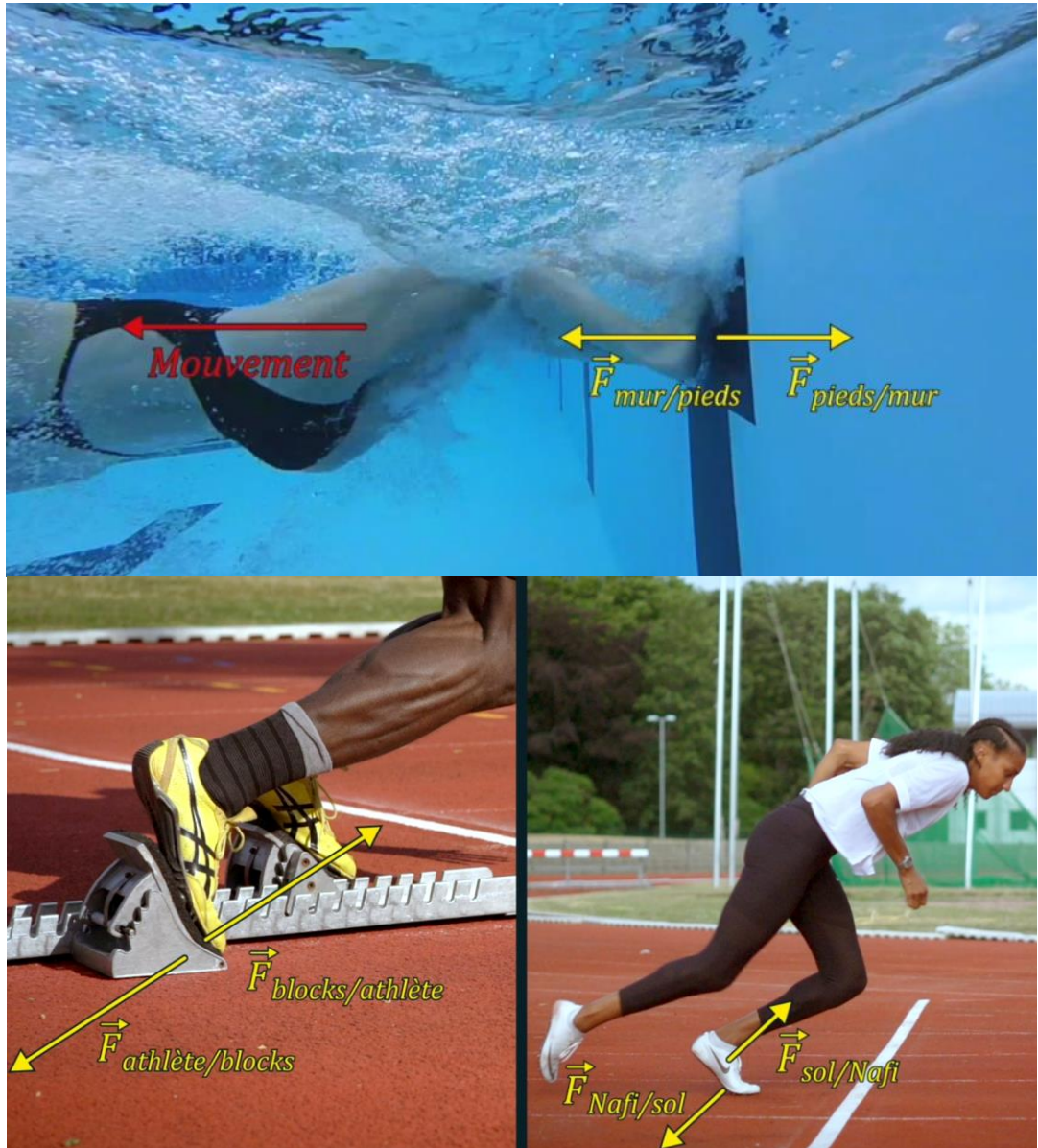


Figure 9.15 : Le principe d'action-réaction est étudié au travers du sport.

Applications des lois de Newton

Les lois de Newton sont appliquées au cas des chaises suspendues à la foire (Figure 9.16). Chaque chaise décrit une trajectoire circulaire. En limitant l'étude au cas où la vitesse est constante en norme, la somme des forces appliquées à une chaise est alors égale au produit de sa masse par son accélération. Cette dernière est limitée à sa composante centripète.

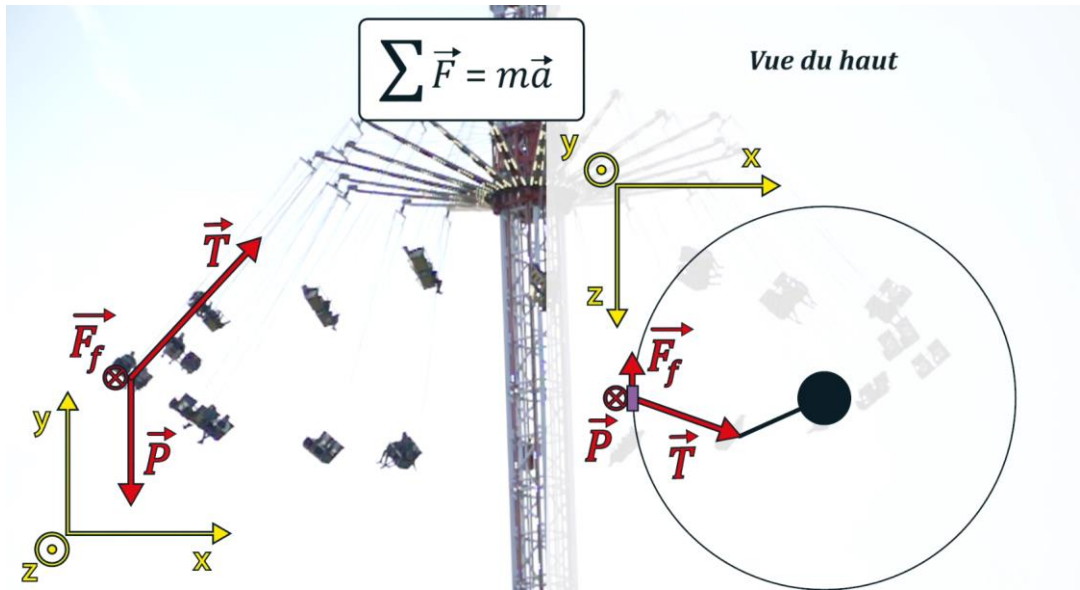


Figure 9.16 : Les chaises suspendues sont étudiées au regard de la deuxième loi de Newton.

Sur la base des lois de Newton, un astronaute explique comment il est possible de simuler l'impesanteur à l'aide d'un avion. Ce sont donc les vols paraboliques qui sont étudiée dans ce MOOC (Figure 9.17).

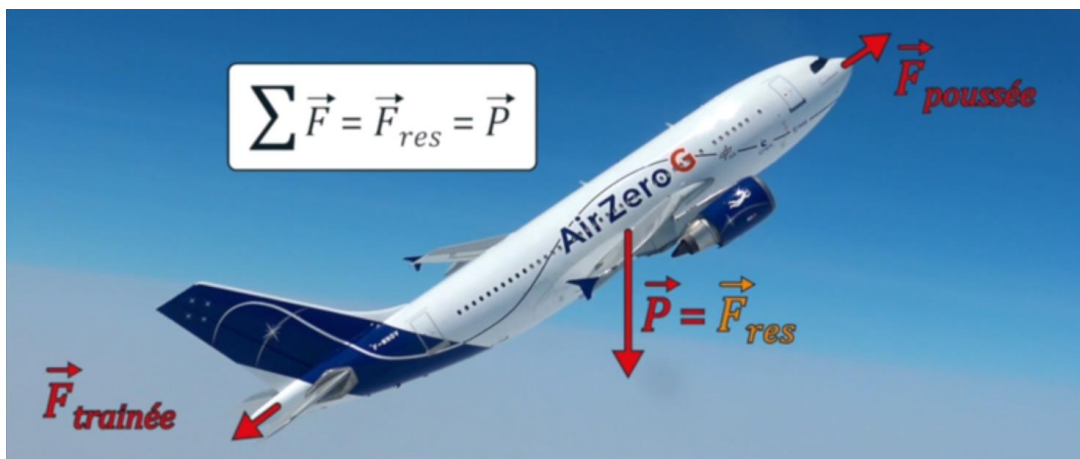


Figure 9.17 : Les vols paraboliques recréent l’état d’impesanteur.

Travail et puissance

Le travail et la puissance sont mis en application dans le cas d’un cycliste escaladant une côte (Figure 9.18). L’étudiant est invité à calculer le travail de chaque force subie par le cycliste au cours de son ascension d’une côte. La puissance musculaire développée est également calculée.

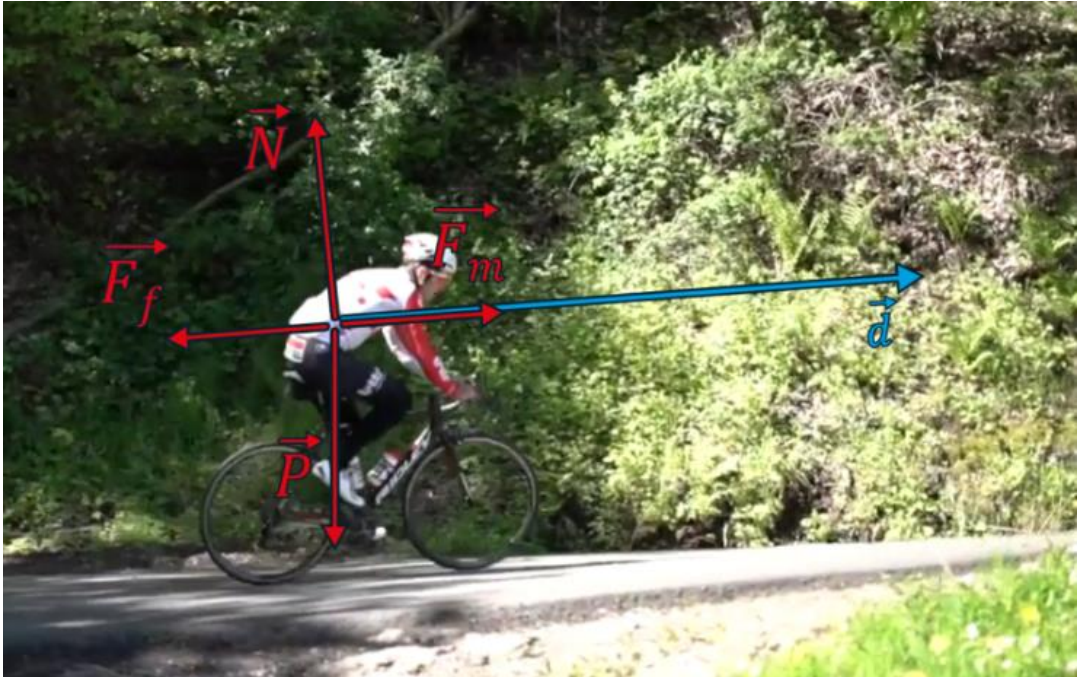


Figure 9.18 : L’exercice propose le calcul du travail des forces agissant sur le cycliste et la puissance musculaire développée.

Énergies et bilan d'énergie

Les différentes formes d'énergie et les bilans d'énergies sont étudiés grâce à l'analyse du saut à la perche (Figure 9.19).

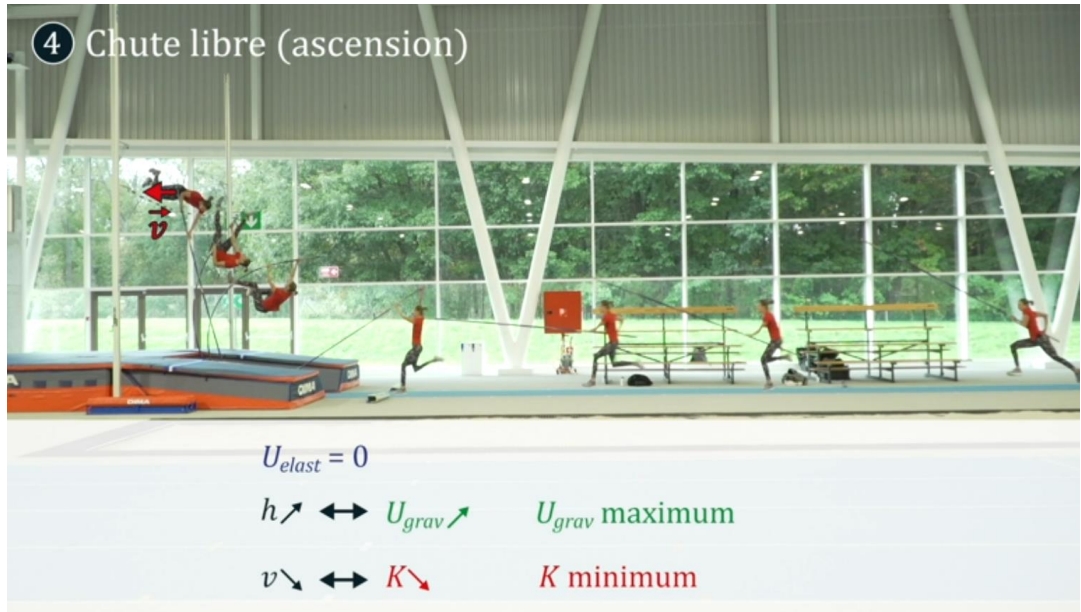


Figure 9.19 : Chaque phase du saut à la perche est analysée d'un point de vue énergétique.

Ces notions sont ensuite mises en pratique par l'étude de la vitesse de pointe d'une sauteuse en hauteur (Figure 9.20).

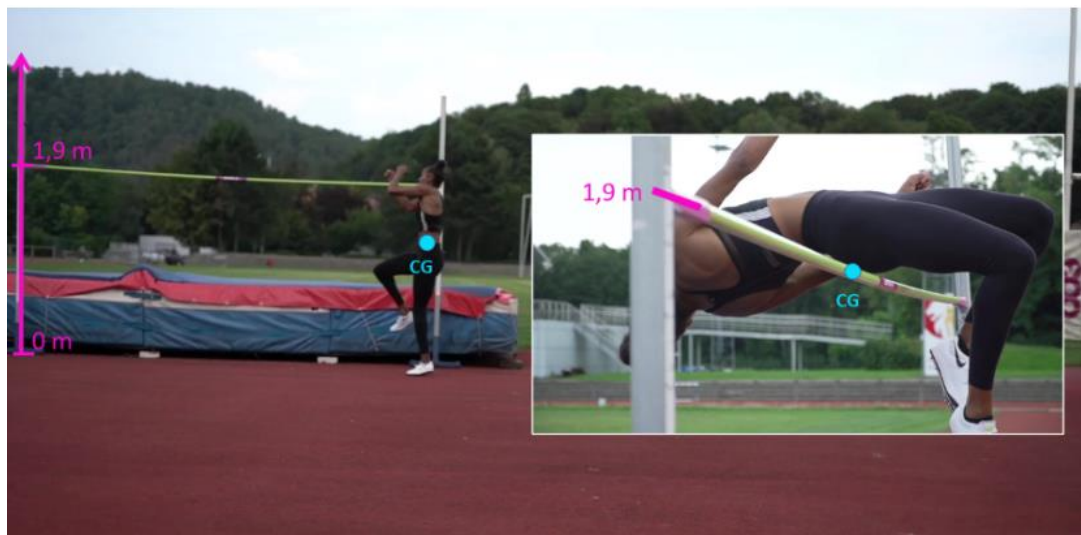


Figure 9.20 : Le saut en hauteur est une succession de transformations d'énergie.

9.4.4 Confrontation aux obstacles

Un accent particulier a été mis sur les obstacles à l’apprentissage, en particulier les représentations alternatives et les obstacles technico-mathématiques. Nous avons donc choisi de confronter les étudiants à leurs idées préconçues, à certaines confusions fréquentes. L’objectif est de déconstruire ces conceptions erronées pour ensuite reconstruire des savoirs solides, s’approchant ainsi de la logique du changement conceptuel (Vosniadou et al., 2008). Cette stratégie est l’une des pistes de remédiation proposée par Resbiantoro et al. (2022). Ces auteurs indiquent également la mise en œuvre de simulations et d’expériences pratiques comme une piste possible pour lutter contre les représentations alternatives en les déconstruisant.

Usage de la vidéo interactive dans le MOOC

Pour tenter de contrer ces obstacles identifiés, qu’il s’agisse de représentations alternatives ou d’obstacles technico-mathématiques, le recours à la vidéo interactive a semblé être une opportunité à saisir. En effet, ce type de dispositif permet à l’étudiant d’obtenir immédiatement un feedback précis et ludique à l’analyse qu’il va faire d’une situation donnée. Par ailleurs, grâce à ce type d’outil, l’étudiant peut également voir l’effet de la modification d’un ou plusieurs paramètres sur l’évolution de la situation présentée. Il peut s’avérer utile pour sa compréhension globale qu’il continue à expérimenter en testant différentes combinaisons et en analysant l’impact de la modification de tel ou tel paramètre sur la situation présentée. Deux situations ont été proposées sous forme de vidéos interactives dans le cadre de notre MOOC, l’analyse du mouvement parabolique d’un corps lancé obliquement dans un champ de pesanteur (vertical) et l’analyse d’un corps dévalant un plan incliné.

Analyse du mouvement parabolique

Dans le cas du mouvement parabolique, la vidéo d’énoncé illustre un homme-canon être propulsé et décrire, sous l’effet de la pesanteur, une trajectoire parabolique. Lorsqu’il arrive au sommet de la trajectoire, la vidéo est automatiquement mise en pause et une question apparaît à l’écran. Comme aux questions n°2 et n°3 du test de septembre 2020, l’étudiant est invité à choisir la bonne combinaison de valeurs pour quatre paramètres à cette position dans la trajectoire (composantes horizontale et verticale de la vitesse, norme de la vitesse, norme de l’accélération). Pour chaque paramètre, il doit indiquer simplement s’il est nul ou non (Figure 9.21).



Figure 9.21 : L'étudiant doit se positionner par rapport à différentes grandeurs physiques lorsque l'homme-canon arrive au sommet de la trajectoire parabolique qu'il décrit.

Une fois la combinaison de réponses choisie, une vidéo illustrant le résultat correspondant à ce choix s'affiche et permet à l'étudiant d'y être confronté et donc de visualiser directement ses potentielles erreurs de raisonnement. Il peut dès lors se rendre compte immédiatement de la plausibilité ou non de chacune de ses réponses et les corriger en encodant directement une nouvelle combinaison de solutions. L'avantage de ce type de dispositif est que l'étudiant peut à la fois visualiser immédiatement l'impact de ses choix, mais également prolonger l'expérience en « jouant » et en observant ainsi l'impact de la modification de tel ou tel paramètre sur l'évolution de la trajectoire.

Concrètement, dans l'analyse des paramètres précités au sommet de la trajectoire, 16 combinaisons de réponses sont possibles : 1 correcte, 7 fausses mais physiquement réalistes et 8 non réalistes (par exemple si l'étudiant indique la nullité des composantes de la vitesse mais la non nullité de la vitesse) (Figure 9.22). Une fois que l'étudiant a choisi la combinaison qu'il pense être correcte, une vidéo présente donc une suite de trajectoire correspondant à son choix.

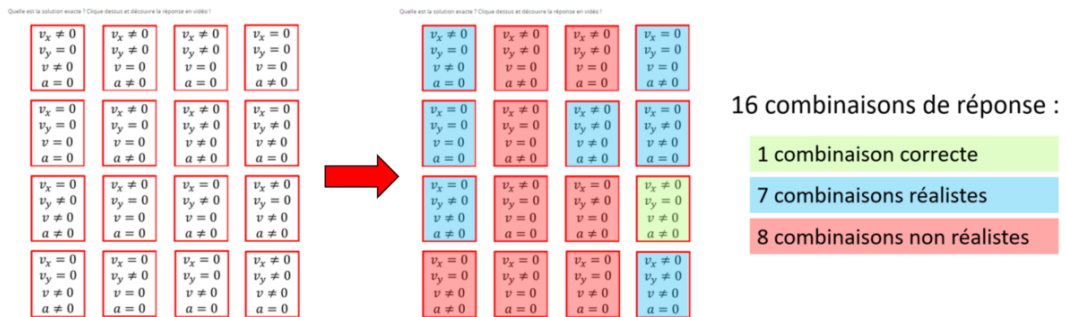


Figure 9.22 : Parmi les seize combinaisons possibles, une seule est correcte, sept sont réalistes mais fausses, et huit sont incohérentes.

S’il choisit la bonne combinaison, la trajectoire parabolique se poursuit comme attendu (Figure 9.23a). Voyons maintenant quelques cas de situations fausses mais ayant une réalité physique. Par exemple, si l’étudiant considère que toutes les grandeurs sont nulles, l’homme canon restera immobile au sommet de la trajectoire (Figure 9.23b). S’il se trompe uniquement sur l’accélération, en indiquant à tort qu’elle est nulle, l’homme canon ne retombera pas vers le sol et poursuivra son chemin parallèlement au sol horizontal à vitesse constante (Figure 9.23c). Dans ce cas, l’étudiant peut immédiatement et facilement identifier le problème dans son raisonnement et le corriger en direct.

Enfin, si l’étudiant choisit une combinaison non réaliste du point de vue de la physique, une inscription « bug » lui permet de comprendre qu’un souci de cohérence est présent dans son raisonnement (Figure 9.23d).

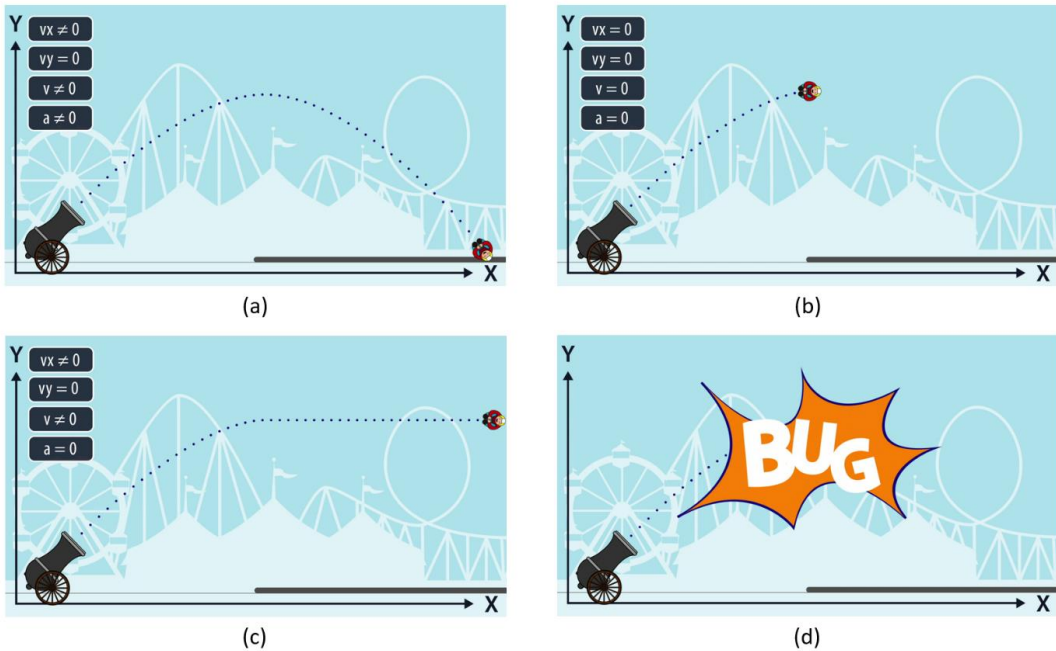


Figure 9.23 : La suite de la vidéo de l'homme-canon dépend de la combinaison de réponses sélectionnée.

Notons que nous avons également conçu ce type d'exercice lorsque l'homme-canon est en phase de descente. Nous avons différencié deux situations : une où l'homme-canon se déplace dans l'air, bien que nous y négligions les frottements (Figure 9.24a), et celle où il arrive au niveau d'une surface d'eau (Figure 9.24b). La même question est posée pour chacune de ces situations. Il s'agit de fixer la nullité ou non-nullité des mêmes paramètres que dans l'analyse de la situation au sommet, soit les composantes horizontale et verticale du vecteur vitesse, la norme de ce vecteur ainsi que la norme du vecteur accélération que subit l'homme-canon.

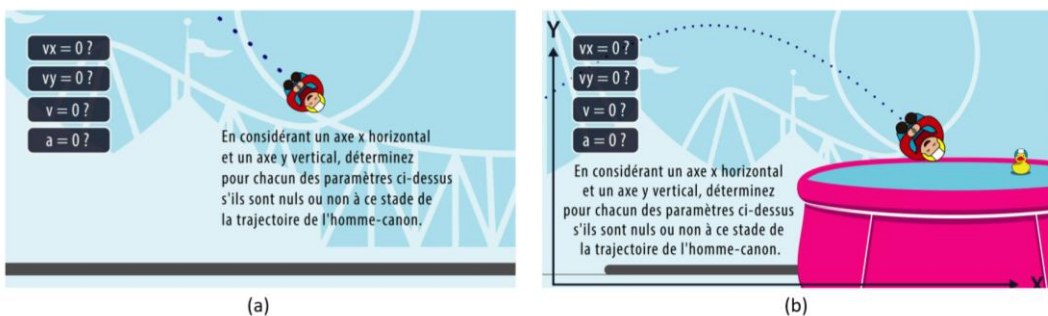


Figure 9.24 : L'étudiant est invité à analyser les mêmes grandeurs physiques lors de la descente de l'homme-canon.

Analyse d’un corps dévalant un plan incliné

La situation du skieur dévalant une pente enneigée a également été proposée sous la forme d’une vidéo interactive dans le cadre de notre MOOC. Concrètement, une première vidéo présente l’énoncé et est alors mise en pause automatiquement au moment où la question apparaît. Comme dans le cas de la question n°12 du test diagnostique de septembre 2020, l’objectif est de déterminer l’intensité de la force normale subie par le skieur (Figure 9.25).

Un skieur de 70 kg (matériel compris) descend une piste de ski inclinée à 30° . Le coefficient de frottement entre la neige et les ski vaut 0,1. Que vaut la force normale ? (Remarque : on considère $g = 10 \text{ m/s}^2$)

0 N
350 N
606 N
700 N

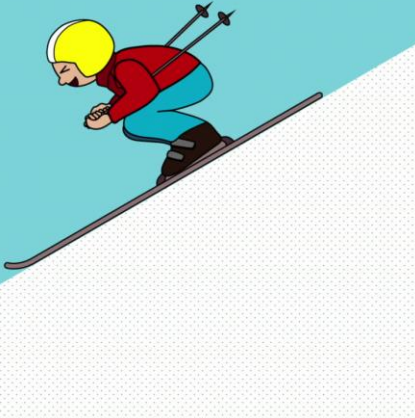
Une illustration d'un skieur descendant une piste inclinée. Le skieur est représenté en silhouette simplifiée, portant un casque jaune, une veste rouge et des pantalons bleus. Il est en position de descente, avec ses skis et ses bâtons à ski. La piste est blanche et inclinée à un angle de 30 degrés par rapport à l'horizontale. Le fond de la scène est un ciel bleu clair.

Figure 9.25 : Énoncé de la question visant à identifier l’intensité de la force normale subie par le skieur.

L’étudiant choisit alors l’une des quatre propositions, identiques à celles proposées en 2020. Le mouvement du skieur se poursuit en accord avec la proposition cochée par l’étudiant.

Si l’étudiant indique que la force normale est nulle, alors la force de frottement l’est également. Dans ce cas, seul son poids agit sur le skieur et celui-ci ne peut que « chuter » à la verticale (Figure 9.26a). Evidemment cette situation est impossible et incohérente d’un point de vue physique. En effet, le skieur appuie sur la piste, en réaction de quoi, la piste exerce une force, la force normale, sur le skieur. Puisque la piste est présente, le skieur ne peut bien sûr pas la percer et descendre verticalement. L’interprétation visuelle choisie, vu son incohérence physique, frappe l’esprit de l’étudiant et attire son attention sur son erreur.

Le cas de la proposition « 350 N » correspond à une valeur inférieure à l'intensité réelle de la force normale. Donc, la projection perpendiculaire à la piste de celle-ci n'est pas suffisante pour contrebalancer le poids du skieur. La résultante des forces est alors orientée non pas strictement vers le bas du plan incliné, mais également vers le bas dans la direction perpendiculaire à la piste (Figure 9.26b). A nouveau, le but de cette visualisation est de confronter l'étudiant aux conséquences physiques de son choix.

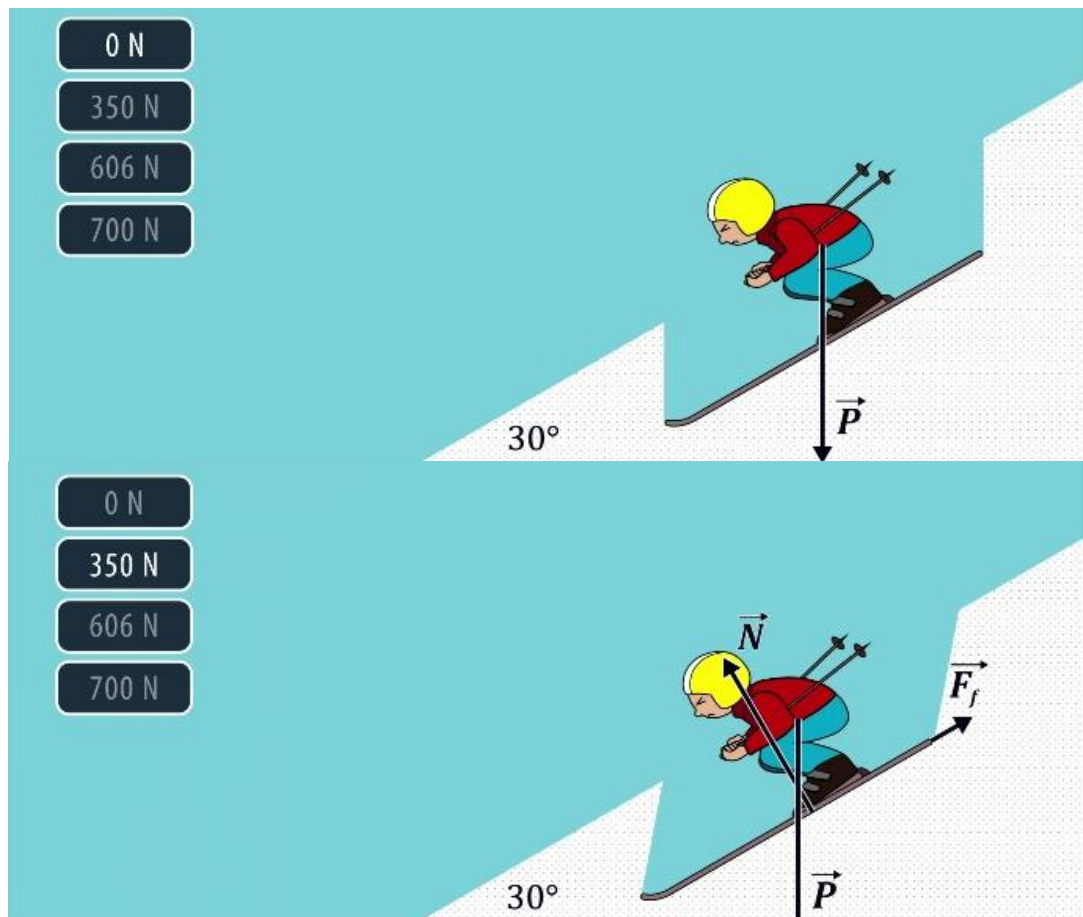


Figure 9.26 : Une intensité trop faible de la force normale entraîne une trajectoire incohérente du skieur.

A l’inverse, si l’étudiant choisit une valeur trop élevée pour la force normale pour le skieur, alors celui-ci va décoller. Une fois le contact rompu avec la piste, il ne subit plus de force normale exercée par celle-ci et le skieur n’est plus soumis qu’à son poids (Figure 9.27).

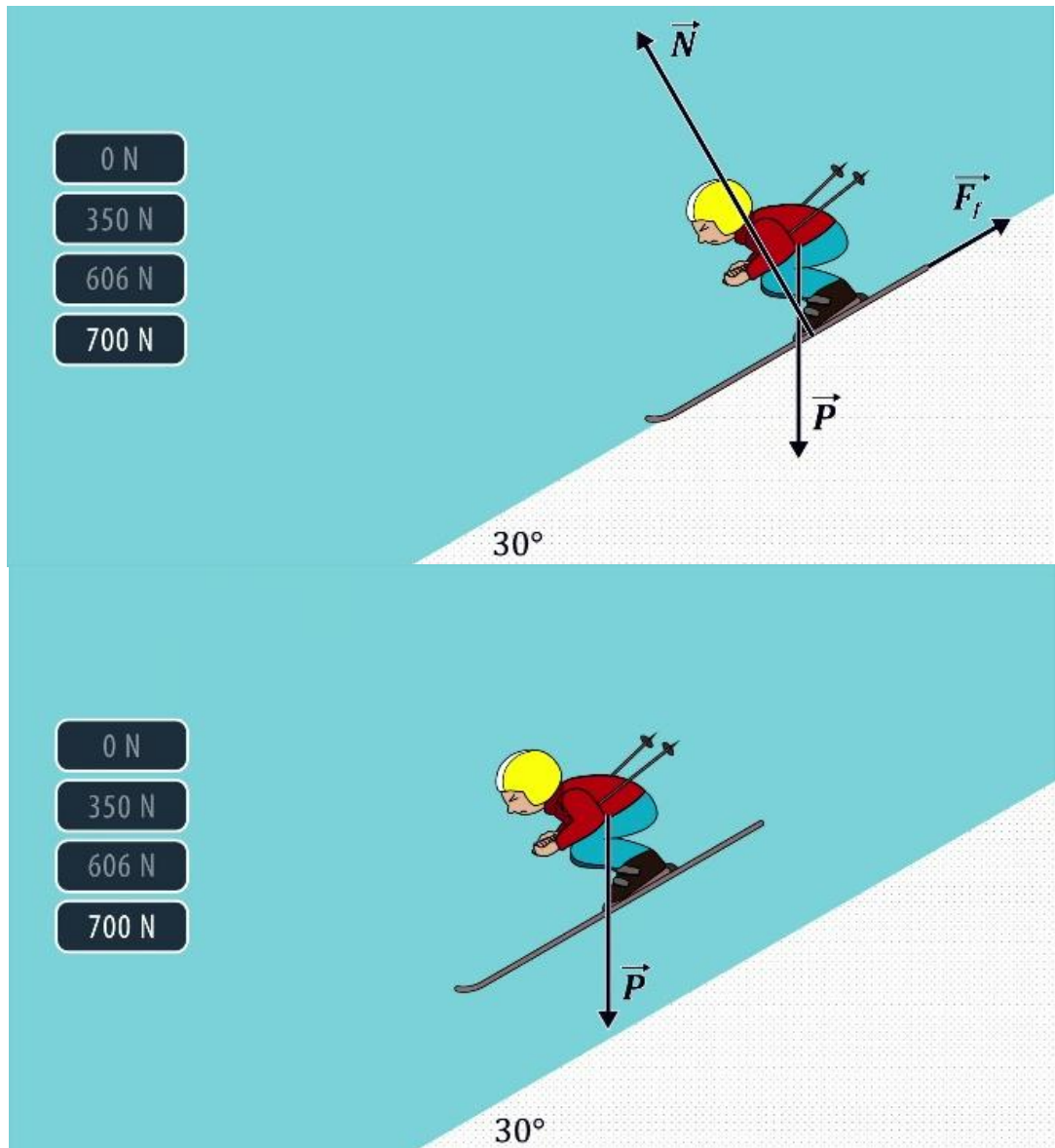


Figure 9.27 : Si l’intensité de la force normale du skieur est trop importante, celui-ci va décoller.

En cas de bonne réponse, le skieur dévale la pente correctement et une animation précise à l'étudiant que sa réponse est bien correcte (Figure 9.28).

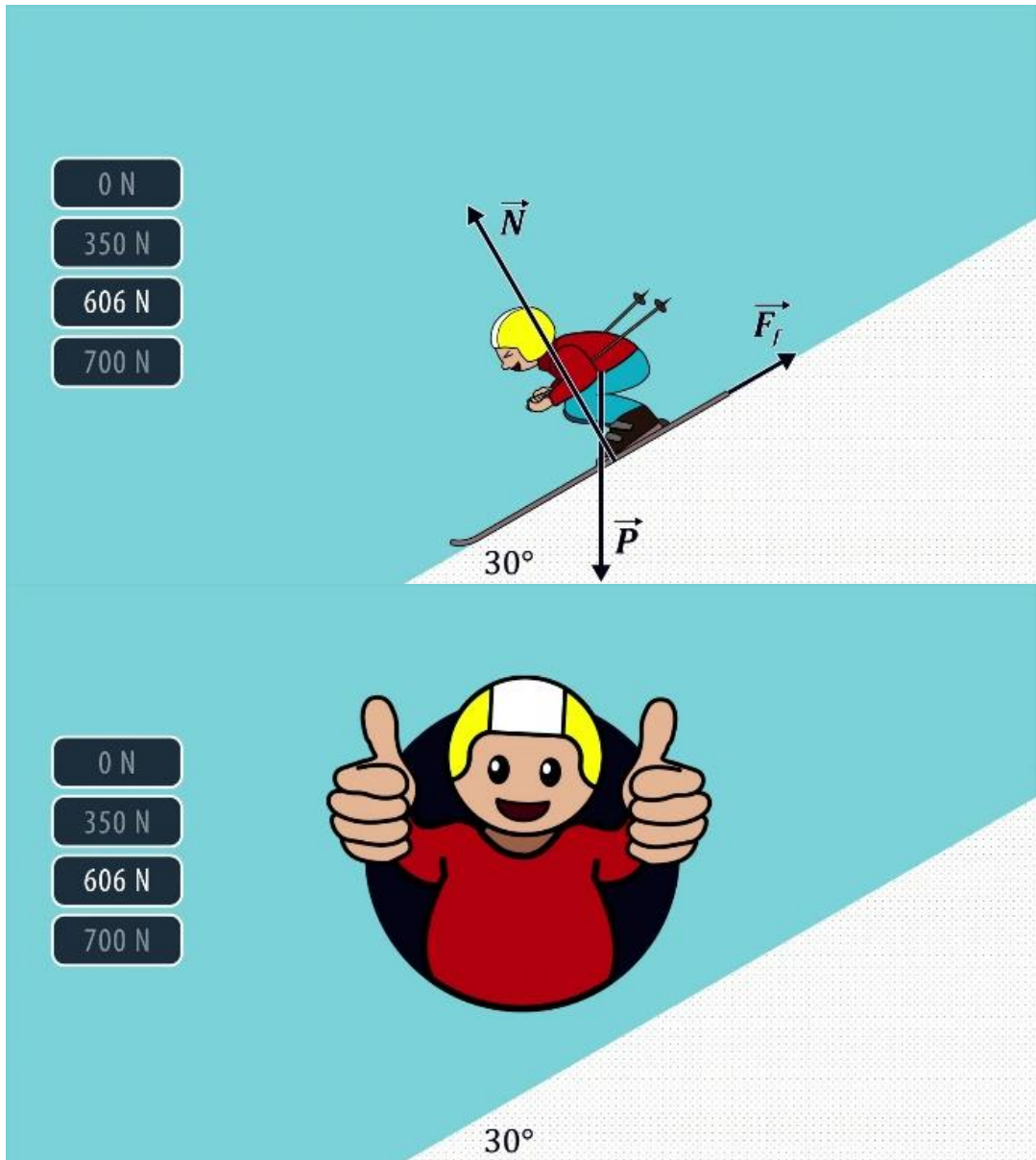


Figure 9.28 : L'étudiant peut visualiser le fait qu'il a choisi la bonne proposition en voyant le skieur dévaler la pente correctement.

9.5 Conclusion et perspectives

Ce MOOC a pour objectif de permettre aux étudiants entamant des études supérieures de combler leurs éventuelles lacunes en physique, et particulièrement en mécanique, grâce à une approche ludique. Par ailleurs, le fait d’avoir voulu rendre les applications de la mécanique générale les plus concrètes possibles au travers de situations de la vie quotidienne et du sport peut agir sur la motivation des étudiants vis-à-vis de la physique et donc les engager davantage dans l’apprentissage de cette matière. Une autre particularité de cet outil réside dans la volonté de confronter l’étudiant à ces obstacles (représentations alternatives ou obstacles technico-mathématiques) afin d’espérer les lever (Figure 9.5).

Ce MOOC, par définition, n’est donc pas uniquement limité aux étudiants des filières d’études principalement abordées dans le cadre de cette thèse, mais peut être utile à l’ensemble des étudiants entamant des études supérieures dans lesquelles la physique est au programme. Ils peuvent à la fois l’utiliser comme outil de préparation aux études supérieures lorsqu’ils sont encore élèves dans l’enseignement secondaire, mais aussi comme outil de remédiation dans le supérieur. Ce MOOC constitue donc une proposition d’extension de l’écologie d’apprentissage de nombreux apprenants.

Aucune trace ne peut être exploitée de cet outil. Il est donc difficile d’en évaluer l’impact sur la participation des étudiants de notre institution ainsi que sur une potentielle amélioration de leur performance en physique. Même si l’impact de ce MOOC n’est pas mesurable actuellement, il est néanmoins positif d’avoir développé un outil confrontant directement l’étudiant à ses obstacles à l’apprentissage. Il pourrait également s’avérer intéressant de soumettre les inscrits à notre MOOC à un questionnaire visant à mesurer leur perception de cet outil, notamment vis-à-vis des situations concrètes utilisées et des confrontations aux obstacles.

Du point de vue des contenus, il serait intéressant d’envisager des développements ultérieurs de cet outil afin qu’il couvre l’entièreté du programme de l’option « sciences générales » de l’enseignement secondaire en Fédération Wallonie-Bruxelles.

Le fait de couvrir l’entièreté des prérequis aux filières d’étude considérées dans cette thèse permettrait une vision temporelle élargie de l’écologie d’apprentissage de chaque étudiant. En effet, chaque étudiant est censé maîtriser ces éléments d’apprentissage antérieurs que constituent les prérequis. En intégrant à leur écologie d’apprentissage, un outil qui les ramène dans le temps présent, l’apprentissage est rendu plus flexible. Notre MOOC constitue alors un outil de

choix pour le développement d'une écologie d'apprentissage qui dépasse le cadre de l'apprentissage des contenus visés dans le cours de physique de première année universitaire.

Dans cette optique, il sera nécessaire d'identifier les obstacles à l'apprentissage dans les champs de la physique enseignés dans le secondaire et non encore traités dans le cadre de ce MOOC. Le développement de vidéos interactives, bien que chronophage, reste une piste intéressante à exploiter davantage.

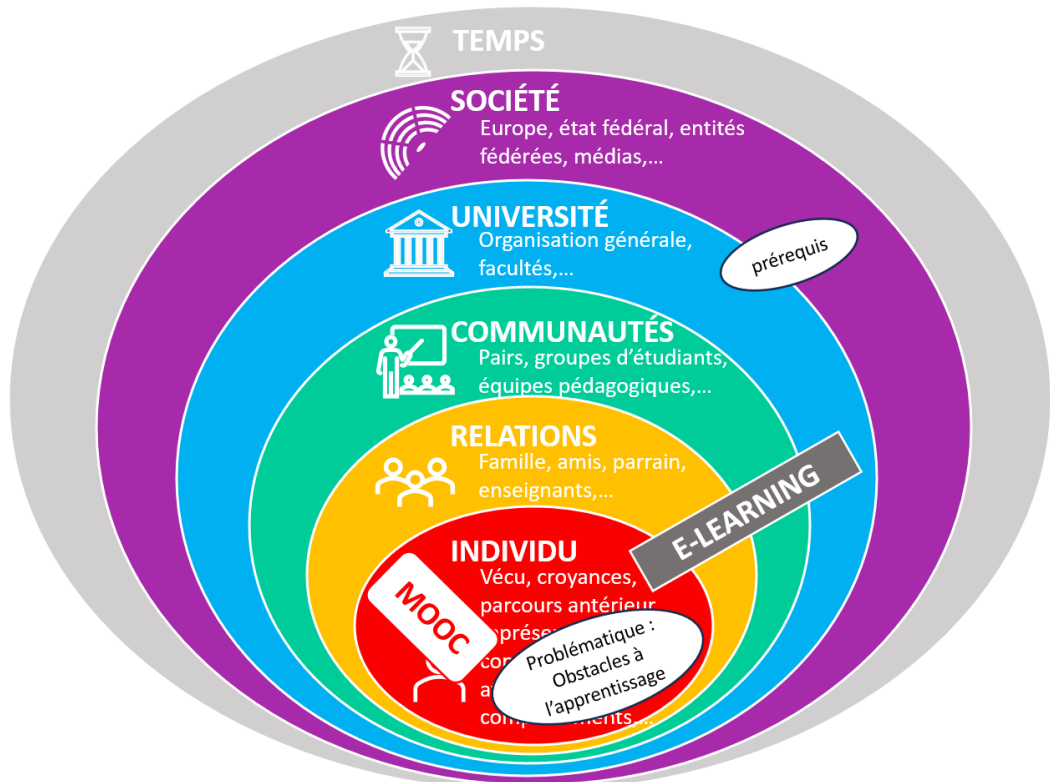


Figure 9.30 : Le MOOC vise essentiellement à permettre aux étudiants de combler leurs lacunes à l'entame de leurs études, mais aussi de lever les obstacles à l'apprentissage.

Conclusion

Face à la massification des populations étudiantes et l'hétérogénéité des profils qui en découle, il est nécessaire de favoriser une approche de l'apprentissage basée sur la différenciation. Brown (2004) loue les avantages d'une approche différenciée en fournissant des aides additionnelles aux étudiants en difficulté pour lesquels le programme général représente un défi, et des activités plus complexes aux étudiants d'un niveau plus avancé. L'objectif de cette différenciation réside dans la volonté de maintenir des attentes élevées pour tous les étudiants et d'offrir des activités d'apprentissage de haute qualité. Cette adaptation continue des parcours et des stratégies d'apprentissage est dès lors une réponse à un diagnostic posé identifiant les difficultés de chacun et ajustant les ressources en conséquence. Cette approche rejoint la personnalisation axée sur le diagnostic de Verpoorten et al. (2009).

Sur cette base, l'enseignement peut alors basculer d'une approche identique pour chacun vers une approche écologique de l'apprentissage. Dans ce cadre, cette thèse vise à prendre la mesure de la capacité du concept d'écologie d'apprentissage à éclairer conceptuellement un processus d'innovations pédagogiques développées entre 2012 et 2022 dans un cours de physique en première année à l'université. Elle analyse dans quelle mesure cette approche est bénéfique par rapport à la manière traditionnelle de vivre une expérience d'apprentissage d'un cours.

Ce concept d'écologie d'apprentissage a été abordé du point de vue d'un étudiant et a été défini comme « englobant ses processus ainsi que l'ensemble des contextes, des relations et des interactions qui offrent des opportunités et des ressources pour l'apprentissage, le développement et la réalisation personnelle. Chaque contexte comprend une configuration unique de finalités, d'activités, de ressources matérielles, de relations, d'interactions, et d'apprentissages médiatisés qui en découlent » (Jackson, 2013).

Adaptée à l'enseignement supérieur, l'écologie d'apprentissage est centrée sur l'apprenant, interconnectée, autorégulée, flexible, et personnalisable grâce aux nouvelles technologies. Elle permet le développement de compétences transversales telles que l'autonomie et l'autorégulation, et enrichit l'expérience d'apprentissage.

Pour que l'écologie d'apprentissage rencontre les objectifs affirmés de différenciation des parcours éducatifs, et donc qu'elle tienne davantage compte des spécificités et des profils des étudiants, il est nécessaire qu'elle soit reliée à chaque étudiant par l'intermédiaire du recueil de ses traces d'apprentissage. Verpoorten et al. (2019) soulignent par ailleurs l'importance de rendre visibles ces traces d'apprentissage (participation et performance aux évaluations formatives, contribution sur les forums...) afin que chaque étudiant prenne conscience de son

apprentissage, notamment en termes de lacunes et de progrès, et le régule. C'est alors que peuvent se développer des compétences transversales telles que l'autonomie, l'autorégulation et l'engagement. Ces compétences transversales de l'étudiant se renforcent mutuellement et chacune contribue au développement de son écologie d'apprentissage. En retour, le développement d'une écologie riche témoigne de l'engagement de l'étudiant et de son autonomie, tout en favorisant l'autorégulation de son apprentissage en variant l'utilisation des ressources en fonction de ses besoins.

L'enrichissement de son écologie d'apprentissage devient alors un processus de responsabilisation progressive. Ces compétences transversales peuvent notamment se matérialiser dans la capacité de chaque étudiant à mobiliser, dans son écologie d'apprentissage propre, des ressources extérieures à celles fournies par l'institution. Il est d'ailleurs clair que, si les apports de l'équipe enseignante à l'écologie de chaque étudiant sont pauvres, celui-ci explore et s'approvisionne en dehors du cadre de l'institution. Ce travail autonome de recherche est, en outre, facilité par les outils numériques, et plus globalement, les nouvelles technologies.

Cependant, certains étudiants ne maîtrisent pas encore ces compétences à la sortie de l'enseignement secondaire. Il est donc crucial de les accompagner dans la conception de leur écologie d'apprentissage, en leur fournissant différentes extensions et ressources, créées par l'équipe enseignante, que chaque étudiant est ensuite libre de mobiliser ou non, dans son écologie d'apprentissage propre. Ces choix de chaque étudiant s'opèrent sur la pertinence jugée vis-à-vis de son profil, de ses besoins et de ses éventuelles lacunes. Cette phase, nécessairement temporaire, doit l'aider à acquérir les compétences du « savoir apprendre ». Elle s'apparente à l'échafaudage (scaffolding), mis notamment en place dans notre intervention sur l'organisation des séances de résolution d'exercices (chapitre 5), puisque l'équipe enseignante suggère, par l'intermédiaire des feedbacks personnalisés (chapitre 8), l'utilisation de ressources particulières adaptées au profil de l'étudiant.

Cette logique globale s'inscrit dans le souci d'intégrer pleinement la question de la réussite dans les cours, à travers la création d'écosystèmes d'accompagnement à la réussite (Bournaud et De Clercq, 2024). De Clercq et Bournaud (2023) voient « *l'accompagnement pédagogique et à la réussite comme deux facettes de l'accompagnement étudiant. Le premier serait avant tout mû par des objectifs de maîtrise des compétences et connaissances disciplinaires de la formation : l'accompagnement pédagogique. Le second, l'accompagnement à la réussite, serait guidé par des objectifs de réussite au sens large du terme (réussite, performance, bien-être, ajustement académique et orientation vocationnelle)* » (De Clercq et Bournaud, 2023, p. 2).

Dans le cadre de cette thèse, cette double facette se retrouve également dans les propositions d'extension de l'écologie d'apprentissage des étudiants. D'une part, les ressources développées visent à renforcer les compétences et savoirs disciplinaires, relevant ainsi de l'accompagnement pédagogique. D'autre part, elles cherchent à développer des compétences transversales comme l'autonomie (chapitre 5), la motivation (chapitre 6), l'engagement (chapitre 7) et l'autoévaluation (chapitre 8), qui sont des leviers essentiels de réussite globale.

Cette dernière compétence est visée par plusieurs ressources comme les tests formatifs, le simulateur d'examens ou les feedbacks personnalisés. Elles permettent à l'étudiant de s'autoévaluer et de confronter la perception de son niveau de maîtrise à des données objectives fournies par les traces de son apprentissage (chapitres 4, 6, 8). L'objectif est donc de renforcer sa capacité à identifier ses lacunes et de l'aider à orienter son travail en mobilisant des ressources adaptées à ses besoins. Les feedbacks personnalisés, en particulier, jouent donc un rôle clé dans ce guidage.

À l'avenir, l'utilisation de learning analytics (Detroz & Hausman, 2021 ; Siemens et al., 2012) plus développées pourrait faciliter le travail de l'équipe enseignante en le rendant moins chronophage et plus systématique. Par ailleurs, elle pourrait permettre de compléter ce suivi personnalisé des étudiants en y intégrant d'autres données comme des facteurs liés au parcours antérieur des étudiants (options dans l'enseignement secondaire, éventuel redoublement...) et assurer le suivi, étudiant par étudiant, de l'évolution de ses performances dans un type de compétence ou dans un chapitre. Il semble de plus en plus clair que l'intelligence artificielle pourrait également jouer un rôle clé en tant que facilitateur de personnalisation des parcours en automatisant davantage par exemple les recommandations d'apprentissage. L'intelligence artificielle pourrait alors constituer le prochain relais d'autonomisation des apprentissages.

Les learning analytics, mais également les feedbacks personnalisés fournis actuellement, permettent de lutter contre un risque inhérent à l'approche écologique de l'apprentissage. En effet, l'abondance de ressources peut désorienter les étudiants, générant une surcharge cognitive ou un déséquilibre entre les cours. Par ailleurs, il est possible que certains étudiants accumulent une quantité importante de ressources, internes et externes, sans pour autant les traiter, ni les utiliser. Cela peut induire chez eux un sentiment erroné de maîtrise des contenus par ce biais. S'il est crucial que l'étudiant dispose d'une écologie d'apprentissage riche, il est tout aussi essentiel qu'il apprenne à l'exploiter efficacement. Les conseils fournis par l'équipe enseignante peuvent alors aider l'étudiant à orienter son travail vers les ressources qui lui seront les plus utiles.

Les résultats que nous avons obtenus, qu'ils soient issus de données de participation, de performance ou de perception tendent à montrer que les étudiants ont globalement adhéré aux extensions de leur écologie d'apprentissage proposées par l'équipe enseignante. Cependant, il demeure difficile d'évaluer pleinement l'écologie propre de chaque étudiant, notamment en raison de l'inaccessibilité des données concernant les ressources extérieures à l'institution qu'il mobilise. De plus, le développement progressif de ces propositions d'extensions sur plusieurs années a impliqué des cohortes étudiantes variées. Nous pouvons cependant penser qu'une écologie riche entraîne un engagement accru de l'étudiant et réciproquement. En effet, un étudiant disposant de ressources adéquates par rapport à son profil peut plus facilement s'engager et travailler efficacement afin de tendre vers la performance. De la même manière, un étudiant motivé et engagé dans son apprentissage mettra tout en œuvre pour rechercher lui-même des ressources complémentaires et composera son parcours d'apprentissage en fonction de ses besoins.

Cette approche, développée dans le cadre de cette thèse à l'échelle d'un cours de physique en première année universitaire, pourrait être transposée à d'autres cours, voire à l'ensemble du processus éducatif.

A l'avenir, il pourrait s'avérer intéressant d'affiner la compréhension de la création et de la gestion des écologies d'apprentissage par les étudiants, notamment en mobilisant les recherches sur les Personal Learning Environments (PLEs), qui soulignent l'importance des choix et des parcours individualisés (Chatti et al., 2012). En particulier, il serait intéressant d'étudier les ressources extérieures que les étudiants mobilisent, mais aussi comment ils utilisent et combinent les ressources proposées par l'équipe enseignante et les ressources extérieures.

Enfin, comme cela a été souligné précédemment, il serait utile d'aiguiller le suivi des étudiants, de manière plus automatisée et plus précise afin d'éclairer de manière plus efficace chaque étudiant sur les ressources utiles par rapport à son profil. Un système d'indicateurs visuels comme des tableaux de bord, ou learning dashboards (Lejeune, 2020 ; Verpoorten et al., 2011), comprenant par exemple des alertes, pourrait être élaboré. Ils permettent de rendre visibles les traces d'apprentissage individuelles (Verpoorten et al., 2009) et d'ainsi aiguiller tant les étudiants que les équipes enseignantes. En effet, ces outils offrent aux étudiants des opportunités de réflexion et d'autorégulation en les aidant à évaluer et ajuster leurs stratégies en temps réel. Ils favorisent donc la personnalisation du parcours d'apprentissage et le développement d'un sentiment accru de contrôle chez les étudiants (Viau, 2009). Simultanément, ils fournissent aux enseignants des données précieuses pour comprendre les besoins spécifiques de leurs étudiants et ajuster leurs pratiques pédagogiques de manière ciblée.

Bibliographie

- Abou Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American journal of physics*, 53(11), 1056-1065.
- Abramovich, S., Schunn, C., & Higashi, R. M. (2013). Are badges useful in education?: It depends upon the type of badge and expertise of learner. *Educational Technology Research and Development*, 61(2), 217-232.
- Absil, G., Vandoorne, C., & Demarteau, M. (2012). Bronfenbrenner, écologie du développement humain. Réflexion et action pour la promotion de la santé.
- Addah, J. (2012). Computer literacy and E-learning: Attitudes among first year students in a Ghanaian medical school. *International Journal of Computer Applications*, 51(22), 21-25.
- Aguirre, J. M. (2006) Student preconceptions about vector kinematics, *The Physics Teacher*, 26, 212.
- Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2019). Persons pursuing multiple objects of interest in multiple contexts. *European Journal of Psychology of Education*, 34(1), 1-24.
- Albero, B. (2014). La pédagogie à l'université entre numérisation et massification. Apports et risques d'une mutation. G. Lameul, C. Loisy (coord.). *La pédagogie universitaire à l'heure du numérique : questionnements et éclairages de la recherche*, Chapitre-1.
- Allal, L. (2007). Introduction. Régulations des apprentissages : orientations conceptuelles pour la recherche et la pratique en éducation. In *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 7-23). De Boeck Supérieur.
- Altbach, P. G. (2007). The logic of mass higher education. In *Tradition and transition* (pp. 1-22). Brill.
- Amadiou, F., & Tricot, A. (2015). Les facteurs psychologiques qui ont un effet sur la réussite des étudiants. Recherche et pratiques pédagogiques en langues. Cahiers de l'Aplut, 34(2), pagination-en.
- Anago, D., Oke, E., & de Hosson, C. (2018). Explication du mouvement parabolique par les élèves de terminale scientifique. *Revue de Mathématiques pour l'école*, 230, 7-14.
- Anderson, A., Huttenlocher, D., Kleinberg, J., & Leskovec, J. (2013). Steering user behavior with badges. In *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web* (pp. 95-106). ACM.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition*. Addison Wesley Longman, Inc.

Antin, J., & Churchill, E. F. (2011, May). Badges in social media: A social psychological perspective. In *CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings* (pp. 1-4). New York, NY: ACM.

ARES (2019). *Études de vétérinaire : 1115 jeunes ont passé le test d'orientation cette année*. Bruxelles: Académie de recherche et d'enseignement supérieur, 2 p. <https://www.ares-ac.be/images/presse/communiques/ARES-CP-TOSS-vetes-2019-2019-09-13.pdf> (consulté le 3 juillet 2023).

ARES. (2017, 5 mai) *Passer le TOSS : une obligation pour accéder aux études de vétérinaire*. <https://www.ares-ac.be/images/presse/communiques/ARES-CP-TOSS-Veterinaires-2017-05-05.pdf> (consulté le 08/10/2024)

ARES. (s. d.a) <https://www.ares-ac.be/fr/a-propos> (consulté le 19/01/2024)

ARES. (s. d.b). *Programme détaillé du concours d'entrée en médecine et dentisterie*. <https://mesetudes.be/concoursmd/programme-du-concours/programme-detaille#c2051> (consulté le 19/01/2024)

Atkinson, R. K., Renkl, A., & Merrill, M. M. (2003). Transitioning from studying examples to solving problems: Effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps. *Journal of educational psychology*, 95(4), 774.

Attwell, G. (2007). Personal Learning Environments-the future of eLearning. *Elearning papers*, 2(1), 1-8.

Ayu, M. (2020). Online learning: Leading e-learning at higher education. *The Journal of English Literacy Education: The Teaching and Learning of English as a Foreign Language*, 7(1), 47-54.

Azevedo, R. (2009). Theoretical, conceptual, methodological, and instructional issues in research on metacognition and self-regulated learning: A discussion. *Metacognition and Learning*, 4, 87-95.

Ba, C. (2007). *Etude épistémologique et didactique de l'utilisation du vecteur en mathématiques et en physique—lien entre mouvement de translation et translation mathématique* (Doctoral dissertation, Université Claude Bernard-Lyon I; Université Cheikh Anta DIOP).

Bacha, Y. (2022). Compte-rendu de l'ouvrage et propos de l'auteur Markus Brauer Enseigner à l'université. Conseils pratiques astuces méthodes pédagogiques Paris Armand Colin 2012 p. 207. *Revue algérienne des lettres*, 6(2), 315-332.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*, Paris. *J. Vrin*.

Bair, J., Haesbroek, G. et Haesbroek, J.-J. (2000). *Formation mathématique par la résolution de problèmes*. Bruxelles: De Boeck Université.

Bandura, A. (1980). *L'apprentissage social*. Mardaga, Bruxelles

Bandura, A. (2003). *Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle*. Bruxelles : De Boeck

Bandura, A. (2009). Social cognitive theory of mass communication. In *Media effects* (pp. 110-140). Routledge.

Barab, S. A., & Roth, W. M. (2006). Curriculum-based ecosystems: Supporting knowing from an ecological perspective. *Educational researcher*, 35(5), 3-13.

Barnett, R. (2011). Configuring learning spaces: Noticing the invisible. In *Re-shaping learning: A critical reader: The future of learning spaces in post-compulsory education* (pp. 167-178). Rotterdam: SensePublishers.

Barrère, A. (2003). *Travailler à l'école que font les élèves et les enseignants du secondaire?* Rennes, France: PUR.

Barron, B. (2004). Learning ecologies for technological fluency: Gender and experience differences. *Journal of Educational Computing Research*, 31(1), 1-36.

Barron, B. (2006). Interest and self-sustained learning as catalysts of development: A learning ecology perspective. *Human development*, 49(4), 193-224.

Beaud, S. (1997). *Un temps élastique. Étudiants des «cités» et examens universitaires* (No. 29, pp. 43-58). Association Terrain.

Beaumont, C., O'Doherty, M., & Shannon, L. (2011). Reconceptualising assessment feedback: a key to improving student learning?. *Studies in higher education*, 36(6), 671-687.

Beaupère, N., Boudesseul, G., & Macaire, S. (2009). Sortir sans diplôme de l'université. *Comprendre les parcours*.

Béduwé, C., & Giret, J. F. (2018). Le travail salarié des étudiants en France. *Essentiels*, (1), 117-124.

Béduwé, C., Berthaud, J., Giret, J. F., & Solaux, G. (2019). *Salariat étudiant, parcours universitaires et conditions de vie* (pp. 98-p). La documentation française.

Bélisle, M., Lison, C., & Bédard, D. (2016). Accompagner le Scholarship of teaching and learning. *Comment développer le conseil pédagogique dans l'enseignement supérieur*, 75-90.

Bengloan, J. Y., & Nichelle, R. (2012). *Réflexions sur les obstacles liés à la transposition didactique en physique* (Doctoral dissertation, éditeur non identifié).

Beullens, K., & Van den Bulck, J. (2007). The Relationship between Docu-Soap Exposure and Adolescents' Career Aspirations. *European Journal of Communication*, 22(3), 355-366.

Biggs, J. B. (1987). *Student Approaches to Learning and Studying. Research Monograph*. Australian Council for Educational Research Ltd., Radford House, Frederick St., Hawthorn 3122, Australia..

Biggs, J. B. (2003). *Teaching for quality learning at university* (2^e éd.). Buckingham : Open University Press/Society for Research into Higher Education.

Bishop, J., & Verleger, M. A. (2013, June). The flipped classroom: A survey of the research. In *2013 ASEE annual conference & exposition* (pp. 23-1200).

Bloom B.S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The cognitive Domain*. New York : David McKay.

Bocquillon, M., Gauthier, C., Bissonnette, S., & Derobertmeasure, A. (2020). Enseignement explicite et développement de compétences: antinomie ou nécessité? 1. *Formation et profession*, 28(2), 3-18.

Booth, J. L., Lange, K. E., Koedinger, K. R., & Newton, K. J. (2013). Using example problems to improve student learning in algebra: Differentiating between correct and incorrect examples. *Learning and Instruction*, 25, 24-34.

Boumghar, S., Kendil, D., Ghedjghoudj, S., & Lounis, A. (2012). Enseignement-apprentissage du concept "force" et persistance des difficultés: Quelle influence mathématique?. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 63-81.

Brauer, M. (2011). *Enseigner à l'université: conseils pratiques, astuces, méthodes pédagogiques*. Paris, Armand Colin.

Brauer, M. (2022). *Enseigner à l'université: conseils pratiques, astuces, méthodes pédagogiques*. Dunod.

Broer, J., & Breiter, A. (2015). Potentials of Gamification in Learning Management Systems: A Qualitative Evaluation, *Design for Teaching and Learning in a Networked World* (pp. 389-394). Springer, Cham.

Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American psychologist*, 32(7), 513.

Bronfenbrenner, U. (1979). Contexts of child rearing: Problems and prospects. *American psychologist*, 34(10), 844.

Bronfenbrenner, U. (1994). Ecological models of human development. *International encyclopedia of education*, 3(2), 37-43.

Bronfenbrenner, U. (2005). *Making human beings human: Bioecological perspectives on human development*. sage.

Bronfenbrenner, U., & Evans, G. W. (2000). Developmental science in the 21st century: Emerging questions, theoretical models, research designs and empirical findings. *Social development*, 9(1), 115-125.

Brown, J. S. (2000). Growing up digital: The Web and a new learning ecology. *Change*, 32(2), 11-20.

Bru, M. (2004). Pratiques enseignantes à l'Université: opportunité et intérêt des recherches. *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur: enseigner, apprendre, évaluer*, 17-36.

Bruffaerts, C., Dehon, C., & Guisset, B. (2011). Can schooling and socio-economic level be a millstone to a student's academic success? In ECARES Working paper 2011-016.

Buckley, P., & Doyle, E. (2016). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1162-1175.

Caldas H. (1994). *Le frottement solide sec : le frottement de glissement et de non glissement. Étude des difficultés des étudiants et analyse de manuels*. Thèse, Université Paris 7.

Caldwell, G., Bilandzic, M., & Foth, M. (2012, November). Towards visualising people's ecology of hybrid personal learning environments. In *Proceedings of the Media Architecture Biennale Conference: Participation* (pp. 13-22).

Caramazza, A., McCloskey, M., & Green, B. (1981). Naive beliefs in "sophisticated" subjects: Misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, 9(2), 117-123.

Carey, K. (2012). A future full of badges. *Chronicle of Higher Education*, 58(32), A60-A60.

Carré, P. (2004). Bandura: une psychologie pour le XXI^e siècle?. *Savoirs*, (5), 9-50.

Casilli, C., & Knight, E. (2012). *7 Things You Should Know About Badges*. EDUCAUSE. <http://www.educause.edu/library/resources/7-things-you-should-know-about-badges> (consulté le 05/02/2018)

Castañeda, L., & Selwyn, N. (2018). More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(1), 1-10.

Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of physics*, 48(12), 1074-1079.

Chatti, M. A., Agustiawan, M. R., Jarke, M., & Specht, M. (2012). Toward a personal learning environment framework. In *Design, implementation, and evaluation of virtual learning environments* (pp. 20-40). IGI Global.

Clanet, J. (2001). Étude des organisateurs des pratiques enseignantes à l'université. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(2), 327-352.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction*. Pfeiffer.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of physics*, 50(1), 66-71.

Closset, J. L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 931-948.

Closset, J. L., & Viennot, L. (1984). Contribution à l'étude du raisonnement naturel en physique. *Communication. Information Médias Théories*, 6(2), 398-420.

Collin, S., & Saffari, H. (2015). Le MOOC et le «hype»: analyse critique des discours médiatiques sur les MOOC. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 12(1-2), 124-137.

Coppens, N. (2007). *Le suivi des conceptions des lycéens en mécanique: développement et usages d'exercices informatisés* (Doctoral dissertation, Université Paris-Diderot-Paris VII).

Coppens, N., Rebmann, G., & Munier, V. (2009). Suivre l'évolution des conceptions des élèves en mécanique: développement et évaluation d'exercices informatisés. *Didaskalia*, 35(1), 37-58.

Coquilhat, J. C. (2015). Renouveaux théoriques dans la formation à distance: tentative de modélisation de l'hybridation. *Syn-Thèses*, (7), 35-57.

Cormier, C. (2012). Les conceptions alternatives des étudiants en sciences. In *028863 Actes du 31e Colloque de l'AQPC*. Association québécoise de pédagogie collégiale,.

Cormier, C. (2012). Les conceptions alternatives des étudiants en sciences. In *028863 Actes du 31e Colloque de l'AQPC*. Association québécoise de pédagogie collégiale.

Cormier, C. (2015). Étude des conceptions alternatives et des processus de raisonnement des étudiants de chimie du niveau collégial sur la molécule, la polarité et les phénomènes macroscopiques. *Thèse de doctorat*.

Cosnefroy, L. (2004). Apprendre, faire mieux que les autres, éviter l'échec: l'influence de l'orientation des buts sur les apprentissages scolaires. *Revue française de pédagogie*, 147(1), 107-128.

Cosnefroy, L. (2012). Autonomie et formation à distance. *Recherche et formation*, (69), 111-118.

Coulon A. (1997). Le métier d'étudiant : l'entrée dans la vie universitaire. Paris : *Presses universitaires de France*.

Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2012). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *The Internet and higher education*, 15(1), 3-8.

Damsa, C., & Jornet, A. (2016). Revisiting Learning in Higher Education--Framing Notions Redefined through an Ecological Perspective. *Frontline Learning Research*, 4(4), 39-47.

Damşa, C., Nerland, M., & Andreadakis, Z. E. (2019). An ecological perspective on learner-constructed learning spaces. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2075-2089.

Darejeh, A., & Salim, S. S. (2016). Gamification solutions to enhance software user engagement—a systematic review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 32(8), 613-642.

Daud, N. S. N., Karim, M. M. A., Hassan, S. W. N. W., & Rahman, N. A. (2015). Misconception and Difficulties in Introductory Physics Among High School and University Students: An Overview in Mechanics (34-47). *EDUCATUM Journal of Science, Mathematics and Technology (EJSMT)*, 2(1), 34-47.

David, M. (2016). Pratiques pédagogiques et autonomie des étudiants de LI. *Inter Pares*, (alpha), pp-115.

Davies, R. S., Dean, D. L., & Ball, N. (2013). Flipping the classroom and instructional technology integration in a college-level information systems spreadsheet course. *Educational Technology Research and Development*, 61, 563-580.

Davis, B., & Francis, K. (2023). "Ecological Systems Theory" in *Discourses on Learning in Education*. <https://learningdiscourses.com>.

De Clercq, M., Wouters, P., & Raucant, B. (2020). Oser la pédagogie active—Quatre clefs pour accompagner les étudiant·es dans leur activation pédagogique. *Les Cahiers du LLL*, 13.

De Hosson, C., Décamp, N., Morand, E., & Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique: Un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (11), 161-196.

De Kerchove, A.-M. & Lambert, J.-P. (1996), Le "libre accès" à l'enseignement supérieur en Communauté française : quelques données de base pour un pilotage du système, *Reflets et Perspectives de la vie économique, Tome XXXV*, 4e trimestre 1996, p. 453- 468.

De Ketele, J. M. (2013). Chapitre 2. Évaluer les apprentissages dans la formation des professionnels de la santé. In *Penser la formation des professionnels de la santé* (pp. 285-304). De Boeck Supérieur.

De Lemos Esteves, F., Tonus, C., Fettweis, V., & Martin, P. (2022, February). Les MOOCs en appui à l'enseignement à ULiège. In *Journée pédagogique: Intégrer les outils numériques dans nos enseignements: le comment du pourquoi pas?*.

De Rosso, S. (2022). *Formation d'habitudes alimentaires saines chez les enfants âgés de 0 à 3 ans: soutenir l'élaboration de matériel de diffusion des recommandations de santé publique et son évaluation auprès des parents et des professionnels de santé* (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté).

de Vecchi, G. (2000). Aider les élèves à apprendre. Ed. Hachette. *Education*.

Dehon, A., & Derobertmeasure, A. (2016). Évaluer les représentations des apprenants en sciences: application d'une méthode d'analyse. *e-JIREF*, 2(2), 27-44.

Dehon, C., & Dujardin 1, C. (2021). Introduction : l'enseignement supérieur en Fédération Wallonie-Bruxelles à l'heure de l'évaluation. *Dynamiques régionales*, (2), 5-10.

Dehon, C., Detroz, P., Massart, X., & Romainville, M. (2021). Filtres à l'entrée et tests de prérequis pour les étudiants dans l'enseignement supérieur : une aide pour la réussite?. *Dynamiques régionales*, (2), 30-48.

Désautels, J., Beaudoin, S., & Turcotte, S. (2021). Cadre d'analyse des facteurs qui caractérisent une perception positive de l'activité physique chez les élèves du primaire. *eJRIEPS. Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, (Hors-série N° 4).

Detroz, P., & Hausman, M. (2021, December). Learning analytics, forces et faiblesses, possibles et impossibles, fantasme et déceptions... In *Les conférences de l'ADMEE-Europe-Section Suisse*.

Di Fabio, A. (2021, March). Notion d'accélération et outil vecteur. In *11e rencontres scientifiques de l'ARDiST* (pp. 573-580).

Dimitrova, V., & Mitrovic, A. (2022). Choice architecture for nudges to support constructive learning in active video watching. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(4), 892-930.

DiSessa, A. A. (2018). A friendly introduction to "knowledge in pieces": Modeling types of knowledge and their roles in learning. In *Invited lectures from the 13th international congress on mathematical education* (pp. 65-84). Springer International Publishing.

Downes, S. (2010). Learning networks and connective knowledge. In *Collective intelligence and E-Learning 2.0: Implications of web-based communities and networking* (pp. 1-26). IGI global.

Droesbeke, J. J., Lecrenier, C., Tabutin, D., & Vermandele, C. (2008). Réussite ou échec à l'université: trajectoires des étudiants en Belgique francophone. *Statistique et Mathématiques appliquées*.

Duguet, A. (2014). *Les pratiques pédagogiques en première année universitaire: description et analyse de leurs implications sur la scolarité des étudiants* (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne).

Duguet, A. et Berthaud, J. (2021). Méthodes d'enseignement en cours magistral : une analyse exploratoire. *Formation et profession*, 29(3), 1-15.

Duguet, A. et Morlaix, S. (2018). Le numérique à l'université : facteur explicatif des méthodes pédagogiques ? *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 34(3)

Dumas-Carré, A. (1987). *La résolution de problèmes en physique au lycée: le procédural: apprentissage et évaluation* (Doctoral dissertation, Paris 7).

Dumas-Carré, A., Caillot, M., Martinez-Torregrossa, J., & Gil-Pérez, D. (1989). Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire: une tentative de synthèse. *Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 8(1), 135-160.

Dupriez, V., & Vandenberghe, V. (2004). L'école en Communauté française de Belgique: De quelle inégalité parlons-nous?. *Les Cahiers du Girsef*, n°27. GIRSEF : Louvain-la-Neuve

Eberle, J., Lund, K., Tchounikine, P., & Fischer, F. (2016). *Grand challenges in technology enhanced learning 2: Perspectives of research, practice, and policy making developed at the Alpine Rendez-vous 2013* (p. 104). Springer.

Elango, R., Gudep, V. K., & Selvam, M. (2008). Quality of e-Learning: An Analysis Based on e-Learners' Perception of e-Learning. *Electronic Journal of E-learning*, 6(1), pp29-41.

Elen, J., & Lowyck, J. (1998). Students' views on the efficiency of instruction: An exploratory survey of the instructional metacognitive knowledge of university freshmen. *Higher Education*, 36(2), 231-252.

Ellis, R., & Goodyear, P. (2013). Students' experiences of e-learning in higher education: the ecology of sustainable innovation. Routledge.

Engeström, Y. (2009). From learning environments and implementation to activity systems and expansive learning. *Actio: an international journal of human activity theory*, 2(1), 17-33.

Entwistle, N. (1988). Motivational factors in students' approaches to learning. Dans R. Schmeck (Éd.), *Learning strategies and learning styles* (pp.21-51). New York: Plenum Press.

Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional science*, 24(1), 1-24.

Fanghanel, J., Pritchard, J., Potter, J., & Wisker, G. (2016). Defining and supporting the Scholarship of Teaching and Learning (SoTL): A sector-wide study. *Literature review*. York: HE Academy.

Fawaz, A., & Viennot, L. (1986). Image optique et vision. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 686, 1125-1146.

Fédération Wallonie-Bruxelles (2015) *ETNIC, Les Indicateurs de l'enseignement 2015*

Felten, P. (2013). Principles of good practice in SoTL. *Teaching and learning inquiry*, 1(1), 121-125.

Finegold, M., & Gorsky, P. (1991). Students' concepts of force as applied to related physical systems: A search for consistency. *International Journal of Science Education*, 13(1), 97-113.

Fischer, F., Hmelo-Silver, C. E., Goldman, S. R., & Reimann, P. (Eds.). (2018). *International handbook of the learning sciences*. New York, NY: Routledge.

Flavier, E. (2021). La vidéoformation. *Savoirs*, 55(1), 17-55.

Frazer, A., Argles, D., & Wills, G. (2007, July). Is less actually more? The usefulness of educational mini-games. In *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)* (pp. 533-537). IEEE.

FUN. (s. d.). *La physique générale pour bien entamer l'enseignement supérieur*. <https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/physique-mecanique-bien-entamer-lenseignement-superieur/> (consulté le 12/11/2024)

Galand, B., & annuelle de l'IFRES, J. (2023). Nos pratiques d'enseignement peuvent-elles avoir un effet sur la motivation et l'engagement de nos étudiants?. In *10ème journée annuelle de l'IFRES*.

Galand, B., & Tobaty, A. (2022). Comment soutenir l'engagement des élèves dans leurs apprentissages?. *Administration et Éducation*, (3), 115-122.

Gauchet, M., Blais, M. C., & Ottavi, D. (2014). *Transmettre, apprendre*. Stock.

Genin, C., Michaud-Bonnet, J., & Pellet, A. (1987). *Représentation des élèves en mathématiques et en physique sur les vecteurs et les grandeurs vectorielles lors de la transition collège-lycée*. <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/PX/IGR87022/IGR87022.pdf> (consulté le 12/11/2024)

Georges, F. (2010). Mieux comprendre le savoir-agir autonome-Développement et analyse d'usages d'un environnement d'apprentissage destiné aux élèves de 10 à 15 ans.

Germain, C. B. and Gitterman A (1994) Ecological Perspective. http://www.uncp.edu/home/marson/348_ecological.html

Gibson, D., Ostashewski, N., Flintoff, K., Grant, S., & Knight, E. (2015). Digital badges in education. *Education and Information Technologies*, 20, 403-410.

Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). Les origines du savoir. *Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel-Paris: Delachaux et Nestlé.

Giret, J. F., Van de Velde, C., & Verley, É. (2016). *Les vies étudiantes: tendances et inégalités*. La documentation française.

Glahn, C., Specht, M., & Koper, R. (2007). Smart indicators on learning interactions, *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 56-70). Springer, Berlin, Heidelberg.

Goffard, M. (1990). *Modes de travail pédagogique et résolution de problèmes de physique*. Thèse d'État, Université Paris VII, France.

Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American journal of physics*, 55(2), 108-119.

- González-Sanmamed, M., Muñoz-Carril, P. C., & Santos-Caamaño, F. J. (2019). Key components of learning ecologies: A Delphi assessment. *British Journal of Educational Technology*, 50(4), 1639-1655.
- Grebow, D. (2002). 'At the water cooler of learning', *Transforming culture: An executive briefing on the power of learning*, Charlottesville, VA: The Darden School Foundation, Batten Institute.
- Grivopoulos, K. (2024). INTERDIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES ET DE LA PHYSIQUE. *Recherches en Didactique des Mathématiques*.
- Große, C. S., & Renkl, A. (2004). Learning from worked examples: What happens if errors are included. *Instructional design for effective and enjoyable computer-supported learning*, 356-364.
- Gueudet, G. (2023). New insights about the secondary–tertiary transition in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 113(1), 165-179.
- Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014, March). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference* (pp. 41-50).
- Hage, F. E., & Reynaud, C. (2014). L'approche écologique dans les théories de l'apprentissage: une perspective de recherche concernant le «sujet-apprenant». *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (36).
- Hamari, J. (2017). Do badges increase user activity? A field experiment on the effects of gamification. *Computers in human behavior*, 71, 469-478.
- Hamari, J., Huotari, K., & Tolvanen, J. (2015). Gamification and economics. *The gameful world: Approaches, issues, applications*, 139.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification. In *System Sciences (HICSS), 2014 47th Hawaii International Conference on* (pp. 3025-3034). IEEE.
- Hardy-Dubernet, A.-C., & Gadéa, C. (éd.). (2005). De « faire médecine » à « faire de la médecine ». DREES, Série Études, 53.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. routledge.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81-112.
- Hausman, M. (2024). *De la cognition aux émotions: étude compréhensive du traitement des feedbacks par les étudiants de l'enseignement supérieur*.

Hausman, M., Verpoorten, D., Defaweux, V., & Detroz, P. (2020, January). Les Learning Analytics constituent-ils un levier pour le développement professionnel des enseignants dans l'enseignement supérieur?. In *32ème Colloque de l'ADMEE-Europe*.

Hébert, M., Julien, M., Bergeron, M. & Daigneault, I. (2018). Les activités préventives en matière de violences sexuelles dans les milieux d'enseignement collégiaux et universitaires: Portrait des interventions actuelles au Québec. Montréal : Université du Québec à Montréal.

Hellio, P., Gueudet, G., & Caussarieu, A. (2024, June). Mathematics in mathematics courses and mathematics in physics courses: toward a comparison method using praxeologies. In *Fifth conference of the International Network for Didactic Research in University Mathematics (INDRUM24)*.

Hitier, M., & González-Martín, A. S. (2022). Derivatives and the Study of Motion at the Intersection of Calculus and Mechanics: a Praxeological Analysis of Practices at the College Level. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 8(2), 293-317.

Holec, H. (1979). *Autonomy and foreign language learning*.

Hornsby, D. J., & Osman, R. (2014). Massification in higher education: Large classes and student learning. *Higher education*, 67, 711-719.

Huotari, K., & Hamari, J. (2012, October). Defining gamification: a service marketing perspective. In *Proceeding of the 16th international academic MindTrek conference* (pp. 17-22).

IFRES. (s. d.) *Institut de Formation et Recherche en Enseignement Supérieur*. <http://www.ifres.ulg.ac.be/portail/> (consulté le 02/04/2024)

Inami. (s. d.) <https://inami.fgov.be> (consulté le 06/11/2024)

Jackson, N. J. (2013) Learning Ecology Narratives in N. J. Jackson and G.B. Cooper (eds) *Lifewide Learning, Education and Personal Development*. Chapter C4 https://www.lifewideeducation.uk/uploads/1/3/5/4/13542890/c4_norman_jackson.pdf (consulté le 08/11/2024)

Jackson, N. J. (2013) The Concept of Learning Ecologies in N. J. Jackson and G.B. Cooper (eds) *Lifewide Learning, Education and Personal Development*. Chapter A5 https://www.normanjackson.co.uk/uploads/1/0/8/4/10842717/chapter_a5.pdf (consulté le 08/11/2024)

Jacquet, M., Georges, F., Gourdange, B., Michiels, L., & Poumay, M. (2013). En quoi un espace en ligne peut-il aider les étudiants de premier bachelier à résoudre des

problèmes de physique?. In *Colloque scientifique international portant sur les TIC en éducation: bilan, enjeux actuels et perspectives futures*.

Jacquinet, G. (1977). *Image et pédagogie*. Paris : Presses universitaires de France.

Jarrosso, B. (1992). Invitation la philosophie des sciences, chapitre David Hume. *Points Sciences*. Seuil.

Jeong, H., Cress, U., Moskaliuk, J., & Kimmerle, J. (2017). Joint interactions in large online knowledge communities: The A3C framework. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 12, 133-151.

Jouquan, J., Parent, F., & Audétat, M. C. (2013). Des analogies entre le raisonnement médical et l'évaluation formative. *Revue française de linguistique appliquée*, 18(1), 93-106.

Kaiser, M. K., McCloskey, M., & Proffitt, D. R. (1986). Development of intuitive theories of motion: Curvilinear motion in the absence of external forces. *Developmental Psychology*, 22(1), 67.

Kaiser, M. K., Proffitt, D. R., & McCloskey, M. (1985). The development of beliefs about falling objects. *Perception & Psychophysics*, 38(6), 533-539.

Kalantzis, M., & Cope, B. (2012). *New learning: Elements of a science of education*. Cambridge University Press.

Kaltura. (2016). *L'État de la vidéo dans l'enseignement, 2016 : un rapport Kaltura* <https://corp.kaltura.com/wp-content/uploads/2018/06/LEtat-de-la-video-dans-lenseignement-2016.pdf> (consulté le 12/11/2024)

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.

Karsenti, T. (2013). MOOC: Révolution ou simple effet de mode?. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 10(2), 6-37.

Karsenti, T., & Collin, S. (2013). TIC et éducation: avantages, défis et perspectives futures. *Éducation et francophonie*, 41(1), 1-6.

Karsenti, T., Collin, S. & Dumouchel, G. (2012). L'usage intensif des technologies en classe favorise-t-elle la réussite scolaire ? Dans B. Wentzel & S. Boechat-Heer (dir.), *Génération connectée* (p. 71-89). Berne : Peter Lang.

Karsenti, T., Villeneuve, S., Raby, C., Weiss Lambrou, R. & Meunier, H. (2007). *Conditions d'efficacité de l'intégration des TIC en pédagogie universitaire pour favoriser la persévérance et la réussite aux études* (Rapport de recherche du Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession

enseignante). Montréal, QC : CRIFPE, Université de Montréal. Repéré à <https://depot.erudit.org/id/001134dd>

Kasworm, C. (2011). The influence of the knowledge society: Trends in adult higher education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 59(2), 104-107.

Kim, I. K., & Spelke, E. S. (1999). Perception and understanding of effects of gravity and inertia on object motion. *Developmental Science*, 2(3), 339-362.

Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J. (2014). The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles. *The Internet and higher education*, 22, 37-50.

Knight, E., & Casilli, C. (2012). Mozilla open badges. *Game Changers: Education and Information Technologies, Educause*, 279-284.

Kop, R., & Fournier, H. (2010). New dimensions to self-directed learning in an open networked learning environment. *International Journal of Self-Directed Learning*, 7(2), 2-20.

Kop, R., & Hill, A. (2008). Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past?. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 9(3), 1-13.

Krist, H. (2000). Development of naive beliefs about moving objects: The straight-down belief in action. *Cognitive Development*, 15(3), 281-308.

Laduron, C. (2020, February). Quel type de vidéo utiliser en fonction de l'activité visée chez l'apprenant?. In *SETT (School Education Transformation Technology)*.

Lambert, J. P. (2020). L'enseignement supérieur peut-il être à la fois excellent et démocratique? Une analyse comparée des systèmes (No. 2020/5). CEREC Working Paper.

Lambert, J. P. (2021). Ampleur et effets de la dégradation du financement de l'enseignement supérieur de la Fédération Wallonie-Bruxelles. *Dynamiques régionales*, (2), 11-29.

Lambert-Le Mener, M. L. (2012). *La performance académique des étudiants en première année universitaire: influence des capacités cognitives et de la motivation* (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne).

Larue, C., & Hrimech, M. (2009). Analyse des stratégies d'apprentissage dans une méthode d'apprentissage par problèmes: le cas d'étudiantes en soins infirmiers. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 25(25 (2)).

Law, P. (2015). Digital badging at The Open University: recognition for informal learning. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 30(3), 221-234.

Lawrence-Brown, D. (2004). Differentiated instruction: Inclusive strategies for standards-based learning that benefit the whole class. *American secondary education*, 34-62.

Leander, K. M., Phillips, N. C., & Taylor, K. H. (2010). The changing social spaces of learning: Mapping new mobilities. *Review of research in education*, 34(1), 329-394.

Lebrun, M., & Lecoq, J. (2015). *Classes inversées. Enseigner et apprendre à l'endroit!*.

Lebrun, N., & de Hosson, C. (2017). Repérer des conceptions d'étudiants : un pas vers l'enrichissement des connaissances professionnelles didactiques d'enseignants-chercheurs de physique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (15), 59-96.

Lebrun, N., Barbet-Massin, R., Magnier, S., & Dumora, D. (2015). Impact des programmes de physique au lycée sur la première année d'enseignement supérieur- Une enquête de la SFP. *Reflets de la physique*, (46), 30-33.

Leclercq, D. (1986). La conception des questions à choix multiple. *Education 2000*.

Leclercq, D. (1998). *Pour une pédagogie universitaire de qualité* (Vol. 224). Editions Mardaga.

Leclercq, D., Laszlo, P., & de Landsheere, G. (1978). Une expérience d'individualisation de l'enseignement de la chimie organique. Projet AMA (Apprentissage Multimédias Assisté par ordinateur). *Bulletin de l'Université de Liège*, (4).

Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3^e éd.). Montréal : Guérin.

Lejeune, S. (2020). Exploiter les traces d'apprentissage en ligne au service de l'apprentissage-une étude du potentiel pédagogique et réflexif d'un "tableau de bord".

Lemke, J. (1997) "Cognition, Context, and Learning: A Social Semiotic Perspective" in D. Kirshner and A. Whitson, Eds., *Situated Cognition: Social, Semiotic, and Psychological Perspectives*. (pp. 37-55). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Lemke, J. L. (2000). Across the scales of time: Artifacts, activities, and meanings in ecosocial systems. *Mind, culture, and activity*, 7(4), 273-290.

Ligue de l'enseignement et de l'éducation permanente (2017). *La pauvreté des étudiant.e.s, un état des lieux*. <https://ligue->

enseignement.be/sites/default/files/2022-07/PAUVRET%C3%89-%C3%89TUDIANTE.pdf (consulté le 08/11/2024)

Lister, M. C. (2015). Gamification: The effect on student motivation and performance at the post-secondary level. *Issues and Trends in Educational Technology*, 3(2).

Livingstone, D. W. (2001). Adults' informal learning: Definitions, findings, gaps and future research.

Lowe, H., & Cook, A. (2003). Mind the gap: are students prepared for higher education?. *Journal of further and higher education*, 27(1), 53-76.

Lowe, H., & Cook, A. (2003). Mind the gap: are students prepared for higher education?. *Journal of further and higher education*, 27(1), 53-76.

Mah, D. K. (2016). Learning analytics and digital badges: Potential impact on student retention in higher education. *Technology, Knowledge and Learning*, 21, 285-305.

Malafosse, D., Lerouge, A., & Dusseau, J. M. (2000). Étude, en inter-didactique des mathématiques et de la physique, de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège: espace de réalité. *Didaskalia*, 16, 81-106.

Malgrange, J. L., Saltiel, E., & Viennot, L. (1973). Vecteurs, scalaires et grandeurs physiques. *Bulletin SFP. Encart pédagogique*, 3-13.

Marique, P. X., Jacquet, M., Georges, F., Hoebeke, M., & Poumay, M. (2017a). Dispositif en ligne d'entraînement à la résolution de problèmes de physique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (15), 237-260.

Marique, P. X., Toussaint, P., & De Lemos Esteves, F. (2022, April). Le MOOC physique de l'ULiège : Un outil concret et motivant pour évaluer ses lacunes en mécanique et y remédier. In *33e Colloque de l'ADMEE-Europe*.

Marique, P. X., Toussaint, P., & Hoebeke, M. (2020, July). La vidéo interactive pour lutter contre les conceptions erronées rencontrées en physique chez les étudiants arrivant à l'université. In *2e Colloque du Didactif*.

Marique, P. X., Van de Poël, J. F., & Hoebeke, M. (2017b). Recyclage de questions à choix multiples d'épreuves certificatives de physique en items de tests formatifs en ligne. In *29e Colloque de l'ADMEE-Europe*.

Marique, P. X., Van de Poël, J. F., Verpoorten, D., & Hoebeke, M. (2018). Ludifier un simulateur d'examen en recourant à des badges—Effets sur la participation, la

perception et la performance. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 15(2), 15-31.

Marique, P. X., Van de Poël, J. F., Verpoorten, D., & Hoebeke, M. (2018). Ludifier un simulateur d'examen en recourant à des badges—Effets sur la participation, la perception et la performance. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 15(2), 15-31.

Marique, P.-X., Hoebeke, M. (2018). *Evolution de l'utilisation d'un outil d'entraînement à la résolution de QCM de physique au fil des ans et en fonction des sections d'études auxquelles il est proposé*, Actes du Colloque 2018, Luxembourg.

Marique, P.-X., Hoebeke, M., Toussaint, P., Carlier, L., Verpoorten, D. (2024), *Conceptions alternatives en mécanique à l'entrée de l'université : la persistance de l'adhérence force-vitesse* (soumis).

Marique, P.-X., Van de Poël, J.-F., Hoebeke, M. (2017). *Recyclage de questions à choix multiples d'épreuves certificatives de physique en items de tests formatifs en ligne*, Actes du Colloque ADMEE 2017, Dijon, France.

Marshall, Francisca Butac. *The Effects of Embedding Questions at Different Temporal Locations within Instructional Videos on Perception and Performance*. Diss. The Florida State University, 2019.

Martin, P., Van de Poël, J. F., & Verpoorten, D. (2015, November). Production multimédia à l'ULg: vers une typologie des usages pédagogiques et des ressources mobilisées. In *11e journée d'étude ABC-éduc (ABCDay)*.

Marton, F., & Säljö, R. (1976). Outcome as a function of the learner's conception of the task. *British Journal Education of Psychology*, 46(2), 115-127.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2021). Evidence-based principles for how to design effective instructional videos. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 10(2), 229-240.

Mazouze, B. (2016). Des difficultés en résolution de problèmes de physique: quelles aides pour les élèves?. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*.

McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. *Mental models*, 299-324.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210(4474), 1139-1141.

McDermott, L. C. (1997). Students' conceptions and problem solving in mechanics. *Connecting research in physics education with teacher education*, 42-47.

McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin.

McLeroy, K.R., Bibeau, D., Steckler, A., & Glanz, K. (1988). An ecological perspective on health promotion programs. *Health education quarterly*, 15(4), 351-377.

Meirieu, P. (2006). *Autonomie*. <http://www.meirieu.com/DICTIONNAIRE/autonomie.htm> (consulté le 11/11/2024)

Meirieu, P. (2014). *Le plaisir d'apprendre*. Paris, France : Autrement.

Meixner, B. (2017). Hypervideos and interactive multimedia presentations. *ACM computing surveys (CSUR)*, 50(1), 1-34.

Mémet, M. (2003). «L'enseignement à contenu intégré augmente la motivation pour l'apprentissage de la langue»: Vrai ou faux? Étude portant sur des cours d'anglais de spécialité en médiation culturelle. *ASp. la revue du GERAS*, (39-40), 131-142.

Ménard, L. (2021). Apprendre à apprendre: stratégies d'apprentissage efficaces et compétences d'autorégulation. *Pédagogie collégiale vol. 34, no 3, printemps 2021*.

Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational technology research and development*, 50, 43-59.

Mettetal, B. (2020). Massification et démocratisation de l'accès à l'école et à l'enseignement supérieur. <https://ses.ens-lyon.fr/stats-a-la-une/massification-et-democratisation-de-laces-a-lecole-et-a-lenseignement-superieur> (consulté le 29/01/2024)

Meunier, H., Ménard, L., & Roberge, J. (2014). 101 moyens de motiver les étudiants.

Michaut, C. (2000). *L'influence du contexte universitaire sur la réussite des étudiants* (Doctoral dissertation, Dijon).

Michaut, C., & Roche, M. (2017). L'influence des usages numériques des étudiants sur la réussite universitaire. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 33(33 (1)).

Michaut, C., & Romainville, M. (2012). *Réussite, échec et abandon dans l'enseignement supérieur*. De Boeck.

Milligan, C., Littlejohn, A., & Margaryan, A. (2013). Patterns of engagement in connectivist MOOCs. *Journal of Online Learning and Teaching*, 9(2), 149-159.

Ministère de la Communauté française (2004). *Clés de lecture sur Regards sur l'éducation n°7 Les indicateurs de l'OCDE*. Bruxelles : Ministère de la Communauté française.

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1997). Meaningful learning in science: The human constructivist perspective. *Handbook of academic learning*, 405-447.

Mistrioti, G. (2003). *Optique géométrique et interprétation de la vision par les étudiants universitaires: un modèle d'interprétation de la vision d'une image virtuelle* (Doctoral dissertation, Paris 7).

Mohamedbhai, G. (2014). Massification in higher education institutions in Africa: Causes, consequences and responses. *International Journal of African Higher Education*, 1(1).

Mok, K. H., & Neubauer, D. (2016). Higher education governance in crisis: A critical reflection on the massification of higher education, graduate employment and social mobility. *Journal of Education and Work*, 29(1), 1-12.

Morlaix, S., & Suchaut, B. (2012). Les déterminants sociaux, scolaires et cognitifs de la réussite en première année universitaire. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (180), 77-94.

Motte, I., & Cellule, T. I. C. E. (2018). Typologie des vidéos pédagogiques en mode «Do it by yourself» dans la formation des enseignants. In *AUPTIC. éducation*.

Mou, Y., Zhu, L., & Chen, Z. (2015). Developmental changes in children's understanding of horizontal projectile motion. *International journal of psychology*, 50(4), 256-264.

Najar, R. (2012). *L'obstacle du formalisme au début du supérieur*. <https://emf.unige.ch/files/6014/5320/9027/EMF2012GT7NAJAR.pdf> (consulté le 12/11/2024)

Nguyen, N. L., & Meltzer, D. E. (2003). Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses. *American journal of physics*, 71(6), 630-638.

Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in higher education, 31*(2), 199-218.

Nicol, D., & Milligan, C. (2006). Rethinking technology-supported assessment practices in relation to the seven principles of good feedback practice. In *Innovative assessment in higher education* (pp. 84-98). Routledge.

Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education, 23*(7), 707-730.

OCDE. (2020). *Regards sur l'éducation*. https://www.oecd.org/fr/education/regards-sur-education/EAG2020_synthese_FR.pdf (consulté le 23/01/2024)

Oly-Louis, I., Bravo, M., & Vivier, M. (2015). Influence des séries médicales sur les représentations des conditions de travail des médecins urgentistes chez les adolescents. *L'Orientation scolaire et professionnelle, 44*(1).

Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*.

Orange, C., & Ravachol, D. O. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences: sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation, 17*.

Ouazzani Touhami, A., Benjelloun, N., Alami, M., & Aouni, H. (2016). Difficultés conceptuelles relatives à la construction d'une image virtuelle et impact d'un atelier java d'optique géométrique (AJOG) sur les productions des élèves. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies, 14*, 187-210.

Ouellet, C. (1949). L'enseignement supérieur et la recherche, in L'enseignement des sciences à l'université, Québec, École de pédagogie et d'orientation de l'Université Laval, *Document no 8 de pédagogie et d'orientation, 32-37*.

Paivandi, S. (2018). Performance universitaire, apprentissage et temporalité des étudiants. *Revue française de pédagogie, 99-116*.

Parisot, S. (2011). Le Médecin en tant qu'icône populaire dans les fictions cinématographiques et télévisuelles. *Thèse de médecine non publiée*. Université de la Méditerranée.

Parmentier, P. (2011). Recherches et actions en faveur de la réussite en première année universitaire. Vingt ans de collaboration dans la Commission «Réussite» du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUF).

Pelaccia, T., Delplancq, H., Tribby, E., Leman, C., Bartier, J. C., & Dupeyron, J. P. (2008). La motivation en formation: une dimension réhabilitée dans un environnement d'apprentissage en mutation. *Pédagogie médicale*, 9(2), 103-121.

Peltier, C. (2016). Podcast use at university: A literature review. *International Journal of Technologies in Higher Education*, 13(23), 17-35.

Peraya, D. (2017). Au centre des Mooc, les capsules vidéo: un renouveau de la télévision éducative?. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, (17).

Perrenoud, P. (1991). *Du soutien pédagogique à une vraie différenciation de l'enseignement: évolution ou rupture?*. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation: Service de la recherche sociologique.

Perret, C., & De Clercq, M. (2022). Quels bilans des mesures des effets des dispositifs institutionnels d'aide à la réussite à l'université?. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 38(38 (1)).

PHYDEO. (s. d.) *La Physique en vidéos*. <http://www.phydeo.ulg.ac.be/> (consulté le 02/04/2024)

Phyphox. (s. d.) *Phyphox- Physical phone experiments*. <https://phyphox.org/> (consulté le 12/11/2024)

Physport, s. d. <https://www.physport.org/assessments/> (consulté le 16/08/2023)

Pintrich, P. R. (1991). A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning*.

Poirier-Proulx, L. (1999). *La résolution de problèmes en enseignement : cadre référentiel et outils de formation*. Bruxelles : De Boeck Université. Boilevin, J. M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 40(1), 13-37.

Poumay, M. (2014). Six leviers pour améliorer l'apprentissage des étudiants du supérieur. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 30(30 (1)).

Prendes Espinosa, M. P., Castañeda, L., Gutierrez, I., & del Mar Román, M. (2016). Still far from personal learning: Key aspects and emergent topics about how future professionals' PLEs are. *Digital Education Review*, 15-30.

Prescott, A. E., & Mitchelmore, M. (2005). Student misconceptions about projectile motion. In *MERGA*. MERGA.

Pritchard, B. (2022). Working with worked examples – Simple techniques to enhance their effectiveness. *Education Endowment Foundation*. Récupéré de <https://educationendowmentfoundation.org.uk/news/supporting-pupils-with-worked-examples> (consulté le 11/11/2024)

Raab, R. (2016). Le paradoxe de l'autonomie en contexte scolaire. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (41).

Ramsden, P. (1988). Context and strategy: Situational influences on learning. Dans R. Schmeck (Éd.), *Learning strategies and learning styles* (pp.159-184). New York : Plenum Press.

Rege Colet, N. (2011). Philippe Parmentier (Dir.), Recherches et actions en faveur de la réussite en première année universitaire. Presses universitaires de Namur, 2011, 79 p. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 27(27 (1)).

Reich, J. (2014). *MOOC completion and retention in the context of student intent*. EDUCAUSE. <https://er.educause.edu/articles/2014/12/mooc-completion-and-retention-in-the-context-of-student-intent> (consulté le 12/11/2024)

Reich, J., & Ruipérez-Valiente, J. A. (2019). The MOOC pivot. *Science*, 363(6423), 130-131.

Reif, F. (1983). Comprendre et enseigner la résolution de problèmes en physique. Recherches en didactique de la physique. *Actes du Premier Atelier international* (pp. 3-13). La Londe les Maures.

Renkl, A. (2023). Using worked examples for ill-structured learning content. *Their Own Words: What Scholars and Teachers Want You To Know About Why and How To Apply the Science of Learning in Your Academic Setting*, 207-224.

Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2016). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. In *Cognitive Load Theory* (pp. 15-22). Routledge.

Resbiantoro, G., & Setiani, R. (2022). A review of misconception in physics: the diagnosis, causes, and remediation. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2).

Richardson, A. (2002). An ecology of learning and the role of elearning in the learning environment. *Global Summit of Online Knowledge Networks*, 47, 51.

Roediger, H. L., & Butler, A. C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in cognitive sciences*, 15(1), 20-27.

Rogoff, B. (2003). *The cultural nature of human development*. Oxford university press.

Romainville, M. (1997). Peut-on prédire la réussite d'une première année universitaire ? *Revue française de pédagogie*, 119(1), 81-90.

Romainville, M. (2001). L'échec dans l'université de masse.

Romainville, M. (2013). Évaluation et enseignement supérieur: un couple maudit, au bord du divorce?. In *Évaluation et enseignement supérieur* (pp. 273-322). De Boeck Supérieur.

Romainville, M. (2019). *L'Art d'enseigner – Précis de didactique*. Peter Lang.

Romainville, M. (2024). Pourquoi le cours magistral se maintient-il contre vents et marées?. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, (47).

Romainville, M., Goasdoué, R., & Vantourout, M. (2013). Évaluation et enseignement supérieur. De Boeck Supérieur.

Romano, G. (1991). Étudier... en surface ou en profondeur ? *Pédagogie collégiale*, 5(2), 6-11.

Rossignol-Brunet, M., Frouillou, L., Couto, M. P., & Bugeja-Bloch, F. (2022). Ce que masquent les «nouveaux publics étudiants»: les enjeux de la troisième massification de l'enseignement supérieur français. *Lien social et Politiques*, (89), 57-82.

Rouet, G., Attarça, M., Chomienne, H., & Côme, T. (2021). Crise de la Covid-19 et résilience des enseignants. *Administration et Education*, (1), 57-62.

Ryan, R. M. (2002). Overview of self-determination theory: An organismic dialectical perspective. *Handbook of self-determination research*.

Ryan, R. M. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.

Sangrá, A., Raffaghelli, J. E., & Guitert-Catasús, M. (2019). Learning ecologies through a lens: Ontological, methodological and applicative issues. A systematic review of the literature. *British journal of educational technology*, 50(4), 1619-1638.

Sauli, F., Cattaneo, A., & Van der Meij, H. (2018). Hypervideo for educational purposes: a literature review on a multifaceted technological tool. *Technology, pedagogy and education*, 27(1), 115-134.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 97–118). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Schetgen, M. (2016). Deux réformes des études de médecine en 2 ans: Un nouveau paradigme pédagogique. *Revue médicale de Bruxelles*, 37(5), 397-400.

Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and instruction*, 14(3), 293-305.

Şendurur, E., Gökrem, C., & Alici, N. S. (2024). The comparison of interactive video learning experiences in branched vs. straight scenarios with the focus of content type. *Interactive Learning Environments*, 1-24.

SFP. (2014). *Résultats de l'enquête sur l'impact des programmes de Lycée en première année d'enseignement supérieur*
<https://sfpnet.fr/uploads/tinymce/ResultatsenqueteSFPprogrammelycee-1.pdf>
 (consulté le 11/11/2024)

Shakarian, D. C. (1995). Beyond lecture: Active learning strategies that work. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 66(5), 21-24.

Shields, R., & Chugh, R. (2017). Digital badges—rewards for learning? *Education and Information Technologies*, 22(4), 1817-1824.

Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of educational research*, 78(1), 153-189.

Siemens, G. (2006). Learning in synch with life: New models, new processes. *Google 2006 Training Summit: Learning in synch with life*.

Siemens, G. (2007). Connectivism: Creating a learning ecology in distributed environments. *Didactics of microlearning. Concepts, discourses and examples*, 53-68.

Siemens, G. (2008). Learning and knowing in networks: Changing roles for educators and designers. *ITFORUM for Discussion*, 27(1), 1-26.

Siemens, G. (2012, April). Learning analytics: envisioning a research discipline and a domain of practice. In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 4-8).

Siemens, G., & Downes, S. (2013). *What is a MOOC*. http://cemca.org.in/ckfinder/userfiles/files/EdTech%20Notes%20_Littlejohn_final_1June2013.pdf

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE review*, 46(5), 30.

Siemens, G., & Matheos, K. (2010). Systemic changes in higher education. *in education*, 16(1).

SMART ULiège (s. d.). *FB4You, un outil d'aide à la réussite*. <http://smart.uliege.be/etudiants/fb4you/> (consulté le 04/06/2024)

Smith, T. I., & Wittmann, M. C. (2008). Applying a resources framework to analysis of the Force and Motion Conceptual Evaluation. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 4(2), 020101.

Sogan, O. (2020). La précarité des étudiants en Fédération Wallonie-Bruxelles.

Solomon, D. (2000) Philosophy and the learning ecology. Learning Development Institute.

Strayer, J. F. (2012). How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task orientation. *Learning environments research*, 15, 171-193.

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory.

Tardif, J. (1992). L'enseignement stratégique. *Montréal: Éditions Logiques*.

Thomas, J. (2017). *Le nombre d'étudiants au CPAS multiplié par 7 en 15 ans*. <https://www.lalibre.be/belgique/2017/06/22/le-nombre-detudiants-au-cpas-multiplie-par-7-en-15-ans-NFCWKJZ2RBHCVLNJN44F62VNMA/> (consulté le 08/11/2024)

Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352.

Thouin, M. (1985). Les représentations de concepts en sciences physiques chez les jeunes. *Revue des sciences de l'éducation*, 11(2), 247-258.

Thouin, M. (1989). Typologie des représentations en sciences physiques chez des élèves du secondaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 15(2), 247-266.

Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du français contemporain*, 10, 153-176.

Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of educational research*, 45(1), 89-125.

Tonus, C., De Lemos Esteves, F., Fettweis, V., & Verpoorten, D. (2020, January). Évaluation massive—Une analyse critique des pratiques évaluatives dans 12 MOOCs.

In *32e colloque de l'ADMEE-Europe: Dispositifs et méthodologies émergents en évaluation*.

Trafton, J. G., & Reiser, B. J. (1993). Studying examples and solving problems: Contributions to skill acquisition. In *Proceedings of the 15th conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1017-1022).

Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328.

Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American journal of Physics*, 48(12), 1020-1028.

Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American journal of Physics*, 49(3), 242-253.

Turney, C. S. M., Robinson, D., Lee, M., & Soutar, A. (2009). Using technology to direct learning in higher education: The way forward?. *Active learning in higher education*, 10(1), 71-83.

UCLouvain. (s. d.). *Je suis en première année de bachelier. Objectif réussite*. <https://uclouvain.be/fr/etudier/uss/je-suis-en-premiere-annee-de-bachelier.html> (consulté le 13/05/2024)

ULB. (s. d.). *Transition en questions*. <https://www.ulb.be/fr/reussir/transition> (consulté le 13/05/2024)

ULg. (2011a). *Bases physiques et mathématiques des sciences biomédicales*. <https://www.programmes.uliege.be/archives/20112012/cocoon/cours/PHYS0111-2.html> (consulté le 23/06/2023)

ULg. (2011b). *Bases physiques de l'imagerie médicale*. <https://www.programmes.uliege.be/archives/20112012/cocoon/cours/PHYS0121-1.html> (consulté le 23/06/2023)

ULg. (2015). <https://www.ulg.ac.be/books/abc/fm/files/assets/common/downloads/publication.pdf7> (consulté le 23/06/2023)

ULiège. (2022). *Bases physiques des sciences médicales, y compris les bases physiques de l'imagerie médicale*. <https://www.programmes.uliege.be/archives/20222023/cocoon/cours/PHYS3018-1.html> (consulté le 12/11/2024)

ULiege. (2023a). *Bases physiques et mathématiques des sciences pharmaceutiques, Partim I*. <https://www.programmes.uliege.be/cocoon/20232024/cours/PHYS0972-1.html> (consulté le 19/01/2024)

ULiege. (2023b). *Bases physiques des sciences biomédicales*. <https://www.programmes.uliege.be/cocoon/20232024/cours/PHYS3038-1.html> (consulté le 19/01/2024)

ULiege. (2023c). *Bases physiques des sciences médicales, y compris les bases physiques de l'imagerie médicale*. <https://www.programmes.uliege.be/cocoon/20232024/cours/PHYS3018-1.html> (consulté le 19/01/2024)

ULiege. (s. d.a). *Service Guidance Étude*. https://www.uliege.be/cms/c_9125785/fr/guidance-etude (consulté le 06/11/2024)

ULiege. (s. d.b). *Evalens : évaluation des enseignements* https://www.student.uliege.be/cms/c_11187079/fr/student-evalens-evaluation-des-enseignements (consulté le 11/11/2024)

ULiege. (s. d.c). *Qu'est-ce qu'un MOOC ?*. www.digital.uliege.be/cms/c_4856708/fr/digital-presentation (consulté le 11/11/2024)

Van de Poël, J. F., Martin, P., & Verpoorten, D. (2016). Production multimédia à l'Ulg: Vers une typologie des usages pédagogiques de production et des ressources mobilisées. In *Colloque CRIFPE 2016*.

Vassileff, J. (1994). Former à l'autonomie. *Actualité de la formation permanente (Paris-la-Défense)*, (133), 46-50.

Verhaeghe, J. C., Wolfs, J. L., Simon, X., & Compère, D. (2004). Conceptions des élèves en matière de sciences et de savoir. *Hors collection*, 87-98.

Verpoorten, D. (1995). Pragmatique et apprentissage. Contributions à l'étude des phénomènes de raisonnement et d'arraisonnement cognitifs en situation à caractère dialogique.

Verpoorten, D. (1996). Pragmatique et apprentissage. Coordination des représentations cognitives dans l'échange verbal. Une étude des principes proposés par H.P. Grice, D.K. Lewis, J. Searle, D. Sperber & D. Wilson, P.Livet. Mémoire de licence non publié, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve (Belgique).

Verpoorten, D., Delfosse, C., Jérôme, F., Leduc, L., Guppy, N., Bartolic, S., ... & Detroz, P. (2022). «Basculement vers le virtuel» Constantes et variations dans la

mise en œuvre par 50 enseignants. *Spirale-Revue de recherches en éducation*, (1), 163-177.

Verpoorten, D., Glahn, C., Kravcik, M., Ternier, S., & Specht, M. (2009). Personalisation of learning in virtual learning environments. In *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines: 4th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2009 Nice, France, September 29–October 2, 2009 Proceedings 4* (pp. 52-66). Springer Berlin Heidelberg.

Verpoorten, D., Glahn, C., Kravcik, M., Ternier, S., & Specht, M. (2009). Personalisation of learning in virtual learning environments. In *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines: 4th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2009 Nice, France, September 29–October 2, 2009 Proceedings 4* (pp. 52-66). Springer Berlin Heidelberg.

Verpoorten, D., Parlascino, E., André, M., Schillings, P., Devyver, J., Borsu, O., & Van de Poël, J. F. (2017). Blended learning-Pedagogical success factors and development methodology.

Verpoorten, D., Poumay, M., & Leclercq, D. (2007). The eight learning events model: A pedagogic conceptual tool supporting diversification of learning methods. *Interactive Learning Environments*, 15(2), 151-160.

Verpoorten, D., Poumay, M., & Leclercq, D. (2007). The eight learning events model: A pedagogic conceptual tool supporting diversification of learning methods. *Interactive Learning Environments*, 15(2), 151-160.

Verpoorten, D., Westera, W., & Specht, M. (2011). A first approach to "Learning Dashboards" in formal learning contexts.

Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Éditions du Renouveau pédagogique.

Viau, R. (2009). *La motivation en contexte scolaire (2e éd.)*. De Boeck.

Viau, R. (2014). Savoir motiver les étudiants. *Se former à la pédagogie de l'enseignement supérieur*, 235-254.

Vieillevoye, S., Wathelet, V., & Romainville, M. (2012). Maîtrise des prérequis et réussite à l'université. In *Réussite, échec et abandon dans l'enseignement supérieur* (pp. 221-250). De Boeck.

Viennot, L. (1978). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue française de pédagogie*, 16-24.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European journal of science education*, 1(2), 205-221.

Viennot, L. (1989). Bilan de forces et loi des actions réciproques-Analyse des difficultés des élèves et enjeux didactiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 951-971.

Viennot, L. (1996). *Raisonnement en Physique, la part du sens commun*. Bruxelles, De Boeck.

Viennot, L. (2002). *Enseigner la physique*. De Boeck Supérieur.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. *International handbook of research on conceptual change*, 1, 3-34.

Vrillon, É. (2019). Une nouvelle évaluation de la réussite dans les MOOC à partir de registres d'usages individuels. *Questions Vives. Recherches en éducation*, (31).

Vygotsky, L. S. (1987). The collected works of L. S. Vygotsky: Vol. 1. Problems of general psychology. New York, NY: Plenum.

W.B.E. (2015). *Programme d'études provisoire. Sciences générales*. <https://www.wallonie-bruxelles-enseignement.be/progr/473p-2015-240.pdf> (consulté le 11/04/2024)

W.B.E. (2018). *Programme d'études provisoire. Sciences générales*. <https://www.wallonie-bruxelles-enseignement.be/progr/482p-2018-240.pdf> (consulté le 11/04/2024)

Watts, D. M. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European journal of science education*, 5(2), 217-230.

Weil-Barais, A., & Lemeignan, G. (1990). Apprentissage de concepts en mécanique et modélisation de situations expérimentales. *European Journal of Psychology of Education*, 5(4), 391-415.

William, D. (2010). Le rôle de l'évaluation formative dans les environnements d'apprentissage efficaces. *Comment apprend-on*, 143-170.

Williamson, B. (2017). Learning machines. <https://codeactsineducation.wordpress.com/2017/11/09/learning-machines/> (consulté le 11/11/2024)

Wilson, B. G. (1996). *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. Educational Technology.

- Wilson, S., Liber, O., Johnson, M., Beauvoir, P., Sharples, P., & Milligan, C. (2007). Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems. *Journal of E-learning and Knowledge Society*, 3(2), 27-38.
- Wolff, F. C. (2017). Activité rémunérée et temps consacré aux études supérieures. *Revue économique*, 68(6), 1005-1032.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Wu, A. M., & Hawkins, J. N. (2018). Massification of higher education in Asia. *Higher Education in Asia: Quality, Excellence and Governance*. Berlin, DE: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0248-0>.
- Wu, M., Whiteley, D., & Sass, M. (2015). From girl scout to grown up: Emerging applications of digital badges in higher education. *The online journal of distance education and e-learning*, 3(2), 48-52.
- Wylie, R., & Chi, M. T. (2014). 17 the self-explanation principle in multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 413-432.
- Yoon, M., Lee, J., & Jo, I. H. (2021). Video learning analytics: Investigating behavioral patterns and learner clusters in video-based online learning. *The Internet and Higher Education*, 50, 100806.
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O., & Nunamaker Jr, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & management*, 43(1), 15-27.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70.
- Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2012). Motivation: An essential dimension of self-regulated learning. In *Motivation and self-regulated learning* (pp. 1-30). Routledge.

Annexe 1 : Test diagnostique - Septembre 2020

A. Dans quelle section êtes-vous inscrit.e ?

- Informatique
- Ingénieur civil
- Ingénieur architecte
- Kinésithérapie
- Sciences de la motricité
- Médecine
- Dentisterie
- Sciences biomédicales
- Sciences pharmaceutiques
- Sciences mathématiques
- Sciences chimiques
- Sciences biologiques
- Sciences géographiques
- Sciences géologiques
- Sciences physiques
- Médecine vétérinaire

B. Avez-vous déjà redoublé dans l'enseignement obligatoire (primaire + secondaire) ?

- Non, jamais.
- Oui, une fois.
- Oui, plusieurs fois.

C. Combien d'heures de mathématiques étaient présentes à votre grille horaire chaque semaine en rhéto/terminale ?

D. Combien d'heures de sciences (biologie + chimie + physique) étaient présentes à votre grille horaire chaque semaine en rhéto/terminale ?

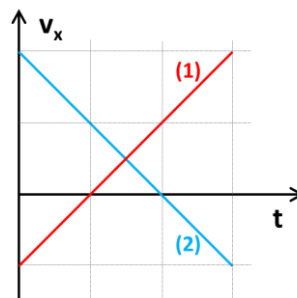
E. Combien d'heures de physique étaient présentes à votre grille horaire chaque semaine en rhéto/terminale ?

F. Quel est votre niveau d'intérêt/de motivation par rapport au cours de physique ?

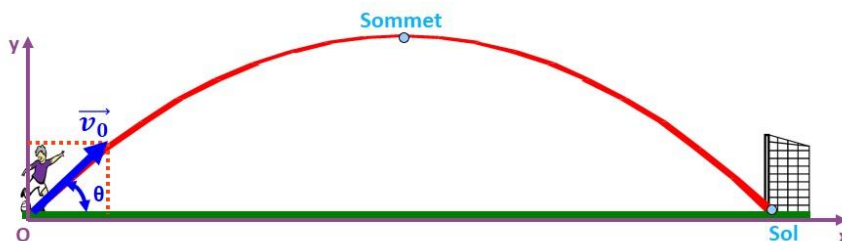
- Très faible
- Faible
- Moyen
- Élevé
- Très élevé

1. Voici le graphique $v(t)$ de 2 véhicules sur une route rectiligne. Un axe x est placé le long de cette route. Quelle proposition est toujours correcte ?

- a. Les 2 véhicules se croisent durant leurs trajets.
- b. A tout instant, la composante v_x du véhicule (1) est plus élevée que celle du véhicule (2).
- c. Durant leurs trajets respectifs, les 2 véhicules font demi-tour.
- d. La norme de l'accélération du véhicule (1) est plus grande que celle du véhicule (2).

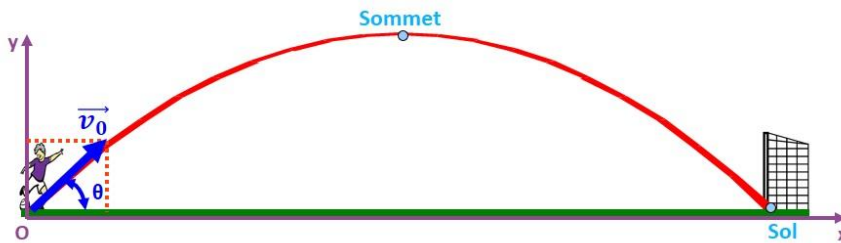


2. Un footballeur shoote dans un ballon. Au sommet de la trajectoire, nous pouvons affirmer que les normes v de la vitesse v et a de l'accélération du ballon, respectent :



- a. $v \neq 0$; $a \neq 0$
- b. $v = 0$; $a \neq 0$
- c. $v \neq 0$; $a = 0$
- d. $v = 0$; $a = 0$

3. Un footballeur shoote dans un ballon. Au sommet de la trajectoire, nous pouvons affirmer que les composantes du vecteur vitesse sont :



- a. $v_x \neq 0 ; v_y \neq 0$
 - b. $v_x = 0 ; v_y \neq 0$
 - c. $v_x \neq 0 ; v_y = 0$
 - d. $v_x = 0 ; v_y = 0$
4. Un camion et une voiture entrent en collision frontale. Au moment d'entrer en collision, ils se déplaçaient à la même vitesse (en norme). Le camion est plus lourd que la voiture.



Quelle proposition décrit le mieux les forces en jeu entre la voiture et le camion, lors de l'impact ?

- a. Le camion exerce une plus grande force sur la voiture que la voiture n'exerce sur le camion.
 - b. La voiture exerce une plus grande force sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.
 - c. Le camion exerce une force sur la voiture identique à celle qu'exerce la voiture sur le camion.
 - d. Le camion exerce une force sur la voiture mais la voiture n'exerce pas de force sur le camion.
5. Justifiez brièvement votre réponse à la question 4 : (question ouverte)

6. Un camion et une voiture entrent en collision frontale. Au moment d'entrer en collision, ils se déplaçaient à la même vitesse (en norme). Le camion est plus lourd que la voiture.



Quelle proposition décrit le mieux les décélérations de la voiture et du camion durant la collision ?

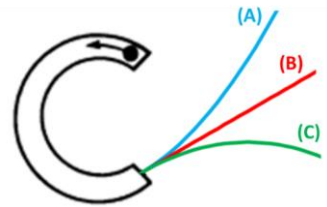
- a. La décélération de la voiture est plus faible que la décélération du camion.
 - b. La décélération de la voiture est plus grande que la décélération du camion.
 - c. Les décélérations de la voiture et du camion sont égales.
 - d. Les décélérations sont nulles pour la voiture et pour le camion.
7. Justifiez brièvement votre réponse à la question 6 : (question ouverte)
8. Soit une pièce de monnaie jetée en l'air à la verticale. Après avoir été lâchée, la pièce monte, atteint son point le plus haut et retombe ensuite. On néglige la résistance de l'air et la rotation de la pièce sur elle-même. Quelle proposition concernant la résultante des forces subie par la pièce est correcte ?
- a. La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente.
 - b. La résultante des forces est d'abord dirigée vers le bas et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée de nouveau vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente.
 - c. La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et est constante en intensité au cours de la descente.
 - d. La résultante des forces est dirigée vers le bas tout au long de la trajectoire et son intensité est constante.

9. Archimède le chat dort sur un petit radeau sur le lac. La force de réaction au poids du chat est

- a. la force verticale et vers le haut que le radeau exerce sur le chat.
- b. la force verticale et vers le bas que le chat exerce sur le radeau.
- c. la poussée d'Archimède.
- d. la force verticale et vers le haut exercée par le chat au centre de la Terre.

10. La figure ci-contre représente un canon constitué d'un tube courbé sans friction est couché sur une table horizontale sans friction. Lorsque ce canon va tirer un boulet à grande vitesse, quelle sera la trajectoire suivie par le boulet ?

- a. (A)
- b. (B)
- c. (C)
- d. Je n'ai pas assez d'éléments pour répondre.



11. Une dame tente de faire glisser une armoire sur le sol horizontal en la poussant. Les coefficients de frottement statique et cinétique entre le sol et l'armoire valent respectivement 0,4 et 0,3.

La masse de l'armoire vaut 100 kg. Pour la mettre en mouvement, la dame pousse l'armoire avec une force constante de 250 N. Que vaut alors la force de frottement ? (Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$)

- a. 0 N
- b. 250 N
- c. 300 N
- d. 400 N

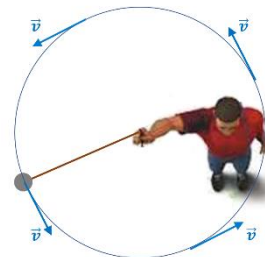


12. Soit un skieur de 70 kg (matériel compris) descendant une piste de ski inclinée à 30° . Le coefficient de frottement entre la neige et les skis vaut 0,1. Que vaut la normale ? (Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$)

- a. 0 N
- b. 350 N
- c. 606 N
- d. 700 N

13. Un homme attache une pierre au bout d'une corde et fait tourner l'ensemble dans un plan horizontal au-dessus de sa tête. Sa main qui tient la corde reste fixe. Le mouvement de la pierre est circulaire et uniforme. Quelle proposition est correcte ?

- Le travail résultant est nul et l'énergie cinétique constante.
- Le travail résultant est nul et l'énergie cinétique non constante.
- Le travail résultant est non nul et l'énergie cinétique constante.
- Le travail résultant est non nul et l'énergie cinétique non constante.

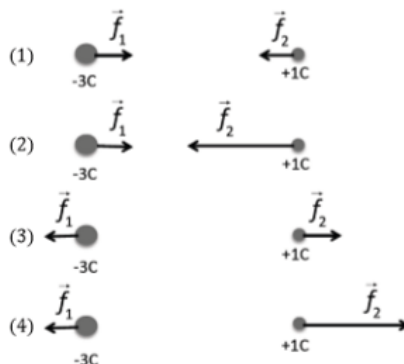


14. Une bouteille en plastique, vide et fermée, est maintenue sous l'eau, complètement immergée. Si, à un instant, on la plonge à une profondeur plus importante, quelle proposition concernant la poussée d'Archimède est correcte ?

- Elle sera plus faible lorsqu'on plongera la bouteille à une profondeur plus importante.
- Elle restera égale tant que la bouteille est complètement immergée.
- Elle sera plus importante lorsqu'on plongera la bouteille à une profondeur plus importante.
- Sa valeur dépendra de l'intensité de la force avec laquelle on plongera la bouteille plus profondément.

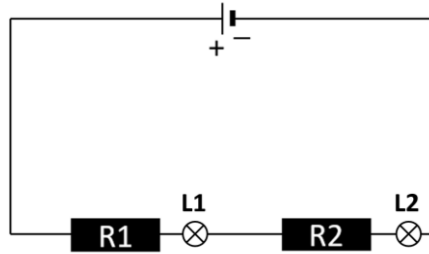
15. Quand deux charges de signe contraire ($q_1 = +1 \text{ C}$ et $q_2 = -3 \text{ C}$) sont mises en présence l'une de l'autre, des forces F_1 et F_2 s'exercent sur chacune d'elles. Quel est le schéma qui correspond à ces forces ?

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)



Soit un circuit constitué d'un générateur de tension continue, de deux résistances, R_1 et R_2 , placées en série et de deux ampoules identiques. Nous savons que $R_1 < R_2$.

Remarque : attention, il y a deux questions par rapport à cette situation.



16. Nous pouvons affirmer que

- l'ampoule L1 brillera plus fortement que l'ampoule L2.
- les deux ampoules brilleront de la même façon.
- l'ampoule L1 brillera moins fortement que l'ampoule L2.
- Je n'ai pas assez d'éléments pour répondre.

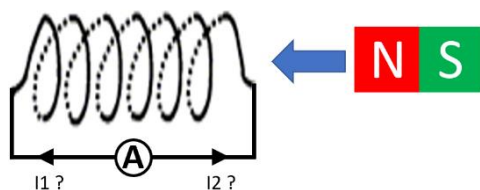
17. car... (justification de la question 16)

- $R_1 < R_2$.
- le courant traverse d'abord R_1 (avant de traverser R_2).
- les deux résistances sont en série.
- Je n'ai pas assez d'éléments pour répondre.

18. Soit un circuit constitué d'un générateur de tension continue et d'une résistance R_1 . L'intensité totale du courant est notée I . On vient ensuite brancher une résistance R_2 en parallèle de la résistance R_1 . L'intensité totale du courant dans le circuit est alors notée I' . Comparez I' et I .

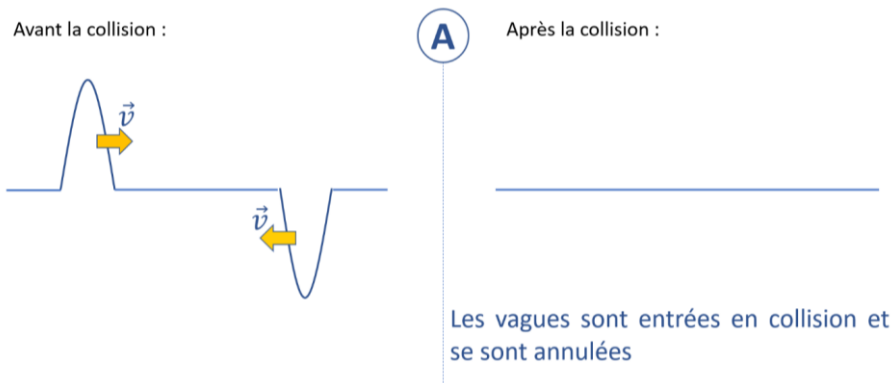
- $I' > I$
- $I' = I$
- $I' < I$
- On ne peut rien dire si on ne connaît pas les valeurs des résistances.

19. Un électron se déplace en mouvement rectiligne uniforme et entre dans une zone de l'espace où règne un champ magnétique uniforme. Les lignes de ce champ magnétique sont parallèles au déplacement de l'électron (même direction et même sens). Quel sera son type de mouvement dans cette zone ?
- Il reste en mouvement rectiligne uniforme.
 - Il accélérera et continuera son mouvement en ligne droite.
 - Il sera freiné et finira par s'arrêter avant de repartir dans l'autre sens.
 - Il décrira une trajectoire circulaire.
20. On insère un aimant droit dans une bobine de fil conducteur simplement reliée à un ampèremètre. L'aimant est introduit avec le pôle Nord en avant et est ensuite maintenu à l'intérieur de la bobine. Une fois l'aimant maintenu, au repos, complètement dans la bobine, que pouvons-nous affirmer ?

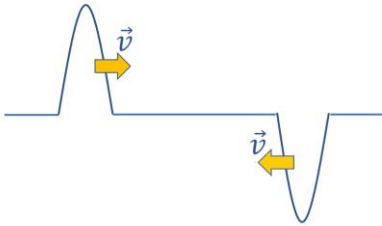


- L'ampèremètre mesure le courant continu I1.
 - L'ampèremètre mesure le courant continu I2.
 - L'ampèremètre mesure un courant alternatif.
 - L'ampèremètre ne mesure aucun courant.
21. L'image donnée par un miroir plan est
- réelle et localisée sur le miroir.
 - réelle et non localisée sur le miroir.
 - virtuelle et localisée sur le miroir.
 - virtuelle et non localisée sur le miroir.

22. Un professeur de physique veut montrer quelques expériences sur les ondes à ses élèves de rhéto/terminale en utilisant une cuve à ondes remplie d'eau. Après avoir montré les fronts d'ondes produits par la vibration d'une règle rectiligne. Il décide de mettre une quantité importante de sel dans l'eau. Que se passe-t-il ?
- La situation reste identique à la première expérience.
 - La longueur d'onde et la fréquence sont modifiées.
 - La longueur d'onde et la vitesse de propagation des ondes sont modifiées.
 - La fréquence et la vitesse de propagation des ondes sont modifiées.
23. Soit une corde élastique. Deux pulses s'y déplacent l'un vers l'autre. Chaque schéma est composé de deux parties : la partie de gauche représente la situation initiale, la partie de droite représente la situation quelques instant plus tard. Quel schéma représente une situation réaliste ?
- (A)
 - (B)
 - (C)
 - (D)

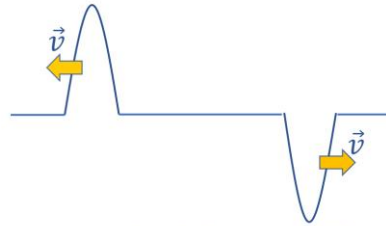


Avant la collision :



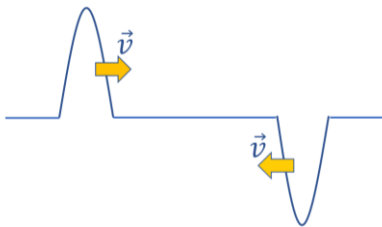
B

Après la collision :



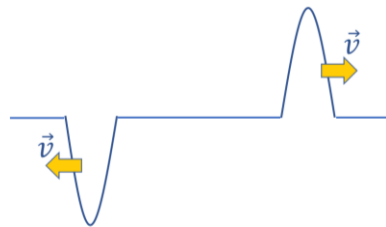
Les vagues sont entrées en collision et ont rebondi l'une sur l'autre

Avant la collision :



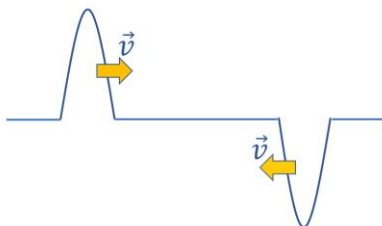
C

Après la collision :



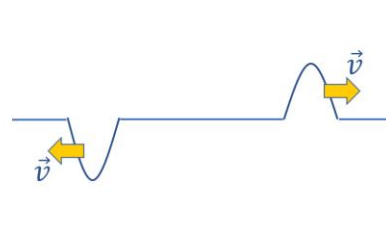
Les vagues sont entrées en collision, sont passées l'une à travers l'autre et ont conservé leurs formes

Avant la collision :



D

Après la collision :



Les vagues sont entrées en collision, sont passées l'une à travers l'autre et sont plus petites car elles ont perdu de l'énergie

G. Estimez votre degré d'implication lors de la passation de ce test.

- J'ai fait le test sérieusement.
- Je n'étais pas totalement concentré.
- Je ne me suis pas du tout appliqué pour ce test.

Annexe 2 : Test diagnostique - Décembre 2023

A. En quelle année avez-vous réussi l'EXMD (examen/concours d'entrée aux études de médecine et dentisterie) ? [si vous jugez cette question trop personnelle, n'y répondez pas]

- 2020
- 2021
- 2022
- 2023

B. Aviez-vous suivi des activités préparatoires avant l'EXMD ? [si vous jugez cette question trop personnelle, n'y répondez pas]

- Oui, uniquement à l'ULiège
- Oui, à l'ULiège et ailleurs
- Oui, uniquement en dehors de l'ULiège
- Non

C. Lors de quelle année académique avez-vous suivi pour la dernière fois un cours de physique (à l'université) ? [Si vous jugez cette question trop personnelle, n'y répondez pas]

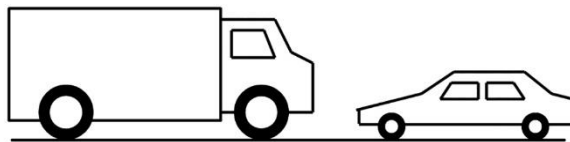
- 2020-2021
- 2021-2022
- 2022-2023
- 2023-2024

1. Un camion et une voiture entrent en collision frontale. Au moment d'entrer en collision, ils se déplaçaient à la même vitesse (en norme). Le camion est plus lourd que la voiture.

Quelle proposition décrit le mieux les forces en jeu entre la voiture et le camion, lors de l'impact ?



- a. Le camion exerce une plus grande force sur la voiture que la voiture n'exerce sur le camion.
 - b. La voiture exerce une plus grande force sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.
 - c. Le camion exerce une force sur la voiture identique à celle qu'exerce la voiture sur le camion.
 - d. Le camion exerce une force sur la voiture mais la voiture n'exerce pas de force sur le camion.
2. Parmi les propositions de justification suivantes, laquelle correspond le plus à celle que vous donneriez à votre réponse à la question précédente (question n°1) ?
- a. Les 2 véhicules roulaient à la même vitesse avant la collision.
 - b. Le camion est plus lourd que la voiture.
 - c. Le camion est plus lourd que la voiture et les 2 véhicules roulaient à la même vitesse avant la collision.
 - d. La troisième loi de Newton.
 - e. Une autre raison.
3. Un camion et une voiture entrent en collision frontale. Au moment d'entrer en collision, ils se déplaçaient à la même vitesse (en norme). Le camion est plus lourd que la voiture.
Quelle proposition décrit le mieux les décélérations de la voiture et du camion durant la collision ?



- a. La décélération de la voiture est plus faible que la décélération du camion.
- b. La décélération de la voiture est plus grande que la décélération du camion.
- c. Les décélérations de la voiture et du camion sont égales.
- d. Les décélérations sont nulles pour la voiture et pour le camion.

4. Parmi les propositions de justification suivante, laquelle correspond le plus à celle que vous donneriez à votre réponse à la question précédente (question n°3) ?
- a. Car la décélération d'un véhicule est proportionnelle à la force qu'il subit.
 - b. Car la décélération d'un véhicule est inversement proportionnelle à sa masse.
 - c. Car la décélération d'un véhicule est proportionnelle à la force qu'il subit et inversement proportionnelle à sa masse.
 - d. Car la décélération d'un véhicule est proportionnelle à sa variation de vitesse.
 - e. Pour une autre raison.
5. Soit une pièce de monnaie jetée en l'air à la verticale. Après avoir été lâchée, la pièce monte, atteint son point le plus haut et retombe ensuite. On néglige la résistance de l'air et la rotation de la pièce sur elle-même. Quelle proposition concernant la résultante des forces subie par la pièce est correcte ?
- a. La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente.
 - b. La résultante des forces est d'abord dirigée vers le bas et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée de nouveau vers le bas et augmente en intensité au cours de la descente.
 - c. La résultante des forces est d'abord dirigée vers le haut et diminue en intensité au cours de la montée, s'annule au sommet, puis est dirigée vers le bas et est constante en intensité au cours de la descente.
 - d. La résultante des forces est dirigée vers le bas tout au long de la trajectoire et son intensité est constante.

Annexe 3 : Mode d'emploi du cours en ligne (2013)



MODE D'EMPLOI de l'Espace Physique eCampus

Bienvenue à l'Université de Liège !

Voici le mode d'emploi permettant l'utilisation de la **plateforme e-campus** mise à disposition des étudiants en première année de bachelier en médecine afin de préparer l'examen du cours « *Bases physiques des sciences physiques, y compris les bases physiques de l'imagerie médicale* » donné par le Prof. Hoebeke.

Pour y accéder, deux possibilités s'offrent à l'étudiant. La première solution est de cliquer dans la page personnelle MyUlg sur l'onglet « Cours » puis « Accès à e-campus ».



Le lien du cours de physique se trouve ensuite dans la fenêtre mes cours en haut à droite de la page vers laquelle l'étudiant est dirigé.

The screenshot shows the My eCampus interface. At the top, there is a navigation bar with 'My eCampus' and 'Cours' buttons. Below this, there is a sidebar with 'Ajouter un module' and 'Personnaliser la page' options. The main content area is divided into several sections: 'Outils' (Announcements, Calendar, Tasks, Notes, etc.), 'Mes annonces' (No announcements), 'Mon calendrier' (Course schedule for 17/09/13, 18/09/13, and 19/09/13), 'Mes cours' (Course details for 'Bases physiques des sciences médicales'), 'Aide à la demande et catalogue d'apprentissage' (Demand Learning Center information), and 'Mes tâches' (No tasks). A red arrow points to the 'Mes cours' section.

L'autre possibilité est d'entrer directement dans la barre d'adresse du navigateur internet l'URL : www.ecampus.ulg.ac.be. Il sera alors demandé à l'étudiant d'entrer son nom d'utilisateur (identifiant Ulg) et le mot de passe associé.

The image shows the Blackboard learn+ login screen. It features the Blackboard learn+ logo at the top. Below the logo, there are two input fields: 'NOM D'UTILISATEUR :' and 'MOT DE PASSE :'. A blue 'Connexion' button is positioned below the password field. The background is a light gray grid pattern. In the bottom left corner, it says 'ULg IFRES LabSET'.

Le lien du cours de physique se trouve ensuite dans la fenêtre mes cours en haut à droite de la page vers laquelle l'étudiant est dirigé (voir figure au bas de la page 1). Cet espace permet à l'étudiant de **travailler tant la théorie que les exercices et problèmes** portant sur les pré-requis et la nouvelle matière du cours de physique de première année de bachelier en médecine. Même si cela se fait par voie électronique, **il est conseillé à l'étudiant de se munir au moins de quelques feuilles de brouillon, de feuilles et d'une calculatrice avant d'utiliser cet espace.**

Afin de profiter de toutes les facettes de cette plateforme, il est également vivement conseillé aux étudiants de **mettre à jour java sur l'ordinateur** qu'ils utilisent. Dans le cas contraire, certaines animations, images, formules... resteront invisibles.

Vous voici dans l'Espace Physique !

Ci-dessous l'écran d'accueil. Trois cadres le composent. Dans la première colonne, nous retrouvons les annonces publiées par le professeur ou son assistant. Il s'agit du mode de transmission privilégié pour la communication entre les enseignants du cours de physique et les étudiants de premier bachelier en médecine. Le second cadre, intitulé « *les nouveautés* », permet l'accès aux résultats des tests passés en ligne par l'étudiant ainsi qu'aux nouveaux contenus de cours mis en ligne récemment. Enfin, dans la colonne de droite, vous pourrez un bref aperçu de l'agenda à venir. Il reprend principalement l'horaire des cours théoriques, des séances de répétitions et des TP.

The screenshot shows the 'Mes notifications' page on the eCampus platform. The page is divided into three main sections:

- Mes annonces:** A message stating 'Aucune annonce (Cours) n'a été publiée au cours des 7 derniers jours.' with a link to 'plus d'informations annonces...->'
- Les nouveautés:** A section with a 'Modifier les paramètres de notification' button and an 'Actions' dropdown. It lists several categories with counts:
 - Contenu (5)
 - Cours/Associations (1)
 - Examens (2)
 - Relevé de notes (4)
 - plate-forme de discussion (40)
 At the bottom, it says 'Dernière mise à jour : 16 septembre 2013 15:32'.
- Mon calendrier:** A list of upcoming courses:
 - 13:30 - 15:30 le 17/09/13 : Cours 1, Cours 1 : Optique, Lieu : Amphi 604 - 204, Public ; Tous
 - 13:30 - 15:30 le 18/09/13 : Cours 2, Cours 2 : Optique, Lieu : Amphi 604 - 204, Public ; Tous
 - 13:30 - 15:30 le 19/09/13 : Cours 3, Cours 3 : , Lieu : Amphi 604 - 204, Public ; Tous
 - 13:30 - 15:30 le 20/09/13 : Cours 4, Cours 4 : , Lieu : Amphi 604 - 204, Public ; Tous
 - 08:30 - 10:15 le 23/09/13 : Repet 1 (A -> I), Répét 1 : Optique 1 (lentilles), Etudiants : A -> D, Local : 142 (B7b)

Dans le menu de gauche se trouvent plusieurs onglets répartis en 3 blocs.

Le premier bloc est lié aux généralités et contient les onglets :

- Onglet « Mes notifications » : Cet onglet correspond à l'écran d'accueil et reprend donc les 3 cadres expliqués ci-dessus.
- Onglet « Infos générales 2013-14 » : Cet onglet rassemble toutes les informations importantes pour le bon déroulement du cours. Vous y trouverez donc par exemple la liste des encadrants du cours, la charte de communication, le mode d'emploi de la plate-forme, le formulaire, les consignes pour l'examen, les corrigés des différents examens... il s'agit donc de l'outil de communication entre l'équipe pédagogique et les étudiants (en plus des annonces).
- Onglet « Calendrier » : Cet onglet reprend les dates des cours, répétitions et travaux pratiques de physique. Ce calendrier peut être affiché au choix par jour, par semaine, par mois ou par année en sélectionnant l'option appropriée en haut à droite du calendrier. Attention : tous les étudiants de premier bachelier en médecine assisteront au cours théorique donné par le Prof. Hoebeker ensemble, cependant, pour les séances de répétitions et de travaux pratiques, les étudiants sont répartis en groupes (de M1 à M12). Il convient donc de **vérifier dans le calendrier à quel moment chaque groupe participe à une séance de répétition ou de travaux pratiques**. Il suffit pour cela de cliquer sur la séance correspondante dans le calendrier.

Les séances de remédiations (permanences et questions-réponses) y seront prochainement introduites.

Le deuxième bloc est lié aux cours à proprement parler :

- Onglet « Pré-requis » : Cet onglet est composé de *différents dossiers* dans lesquels est répartie par sujet la matière de physique considérée comme pré-requis à l'entame des études de bachelier en médecine et sur laquelle l'évaluation du cours ne portera pas. Correspondant à chacun de ces dossiers sont également visibles des points de couleurs indiquant l'état d'avancement de l'étude de la matière concernée, évaluée dans chaque dossier par un test global tel que décrit ci-dessous. Un point vert indique que la matière du dossier correspondant est maîtrisée (au moins 70% des points ont été obtenus lors du test). Un point rouge (moins de 40% des points obtenus) ou orange (entre 40 et 69% des points obtenus) indique un échec au test et la non-maîtrise de la matière.

The screenshot displays the eCampus interface for the course 'Bases physiques des sciences médicales, y compris les bases physiques de l'imagerie médicale'. The main content area is titled 'Prérequis' and lists several prerequisite subjects, each with a progress indicator (a colored circle) and a folder icon representing a dossier.

Prérequis	Statut	Dossier
Cinématique	● (vert)	
Dynamique	● (orange)	
Optique	● (rouge)	
Cinématique		
Dynamique		
Electromagnétisme		
Optique		

Chaque dossier correspond à une partie des prérequis (par exemple : cinématique, dynamique, optique, ...). Chaque dossier est composé de la même manière, à savoir un *test général*, un dossier « *Théorie* » et un dossier « *Problèmes* ».

Cinématique

Test de cinématique



Test général portant sur la partie CINEMATIQUE du dossier MECANIQUE

Cinématique



Comment poursuivre ?

- **Si vous avez réussi ce test général** : Bravo !

Vous avez accès à l'ensemble des notes de théorie, petits tests, animations et problèmes à résoudre. Vous pouvez donc retravailler ces pré-requis comme vous le souhaitez...

- **Si vous avez échoué au test général pour la première fois** : Dans chacun des chapitres, vous n'avez accès pour le moment qu'aux notes de théorie et aux fiches "concepts clés". Après les avoir parcourues et comprises, cliquez sur le lien "Marquer comme analysé". Une fois cela fait, vous devrez alors présenter permettant d'évaluer votre maîtrise du chapitre (et ce pour chacun des chapitres). Le fait de considérer les notes et les fiches comme analysées débloquera également les animations et simulations.

Après avoir vu l'ensemble des chapitres, vous pourrez représenter le test général. Une fois celui-ci réussi, vous aurez accès aux problèmes.
Bon travail !

- **Si vous venez d'échouer pour la seconde fois au test général (donc après avoir parcouru au moins une fois la théorie)** : Nous vous conseillons de participer aux séances de remédiations et de questions-réponses portant sur cette partie des prérequis. Pour plus d'informations, rendez-vous sous l'onglet "Remédiations". Vous pourrez alors vous inscrire à la séance de votre choix.
Bon travail !

Théorie



Problèmes



Lors de la première ouverture d'un dossier, seul le *test* réalisable en ligne est accessible à l'étudiant. Il s'agit d'un test diagnostique permettant d'évaluer son niveau global en cinématique et portant sur l'ensemble des pré-requis liés à ce dossier. Le test comprend vingt questions sous forme de QCM et doit être réalisé en maximum 30 minutes. Selon le résultat du test, deux scénarios peuvent se présenter.

Si l'étudiant obtient un score au moins égal à 70% des points, la totalité des informations du dossier, *théorie* et *problèmes* compris, lui sont rendus accessibles. Si l'étudiant obtient moins de 70% des points au test diagnostique, seules les notes de théorie et des fiches résumant les concepts clés apparaîtront pour chaque chapitre compris dans le dossier.

Par exemple, le dossier « Cinématique » est composé de 5 chapitres : Notions de mouvement, MRU, MRUA, tir oblique et MCU. Après avoir lu les notes de théorie et les fiches concepts-clés, l'étudiant devra signaler qu'il a bien lu ces notes en cochant la case « Marquer comme analysé » située sous le lien envoyant vers la fiche concepts-clés. Une fois cela fait, l'étudiant devra présenter un test composé de QCM afin d'évaluer sa maîtrise du chapitre qu'il vient de travailler. Une note de minimum 70 % est attendue à ce test.

Théorie

Après le chapitre 5...

Si vous avez échoué au premier test général sur la partie "Cinématique" et que vous venez de terminer d'avoir vu l'ensemble de la théorie portant sur cette partie du cours, veuillez représenter le test général (il se trouve sur la même page que les dossiers "Théorie" et "Problèmes" lorsque vous cliquez sur "Cinématique").

Chapitre 1 : Notions de mouvement



Chapitre 2 : MRU



Chapitre 3 : MRUA



Chapitre 4 : Tir oblique



Chapitre 5 : MCU



A l'issue de l'étude de l'ensemble des chapitres, l'étudiant se verra proposer un nouveau test général de même type que le test diagnostique effectué en début d'apprentissage. Si ce test est réussi, le sous-dossier « *problèmes* » apparaîtra dans le dossier général, sous ceux consacrés au *test* diagnostique de départ et à la *théorie*. Dans le cas contraire, il est conseillé à l'étudiant de revoir la théorie. Il lui sera également possible d'assister à une remédiation ou de contacter l'équipe pédagogique.

A l'ouverture du sous-dossier « *problèmes* » apparaissent deux dossiers intitulés « résolution guidée » et « résolution libre ».

Le premier offre à l'étudiant la possibilité d'être assisté dans sa démarche de résolution de problèmes. Celle-ci est décomposée en dix questions permettant d'avancer pas à pas et d'identifier les difficultés pour pouvoir y remédier tout en menant la résolution du problème à son terme.

Le deuxième dossier, « résolution libre », place l'étudiant en situation d'examen : seul un énoncé lui est proposé, qu'il doit résoudre sans assistance. L'étudiant est alors invité à soumettre sa résolution du problème sous un format numérique quelconque (.doc, .pdf, .jpg,...) et recevra en retour un support de type audio-visuel décrivant la résolution du problème et permettant à l'étudiant de juger par lui-même de la qualité de sa production. Des problèmes de plusieurs niveaux (de 1, le plus faible, à 4, le plus élevé) sont proposés pour les deux types de résolution. L'information sur le niveau apparaît derrière le titre du problème. Il est conseillé de commencer par traiter les problèmes de « résolution guidée » par ordre de difficulté croissante afin de vous familiariser avec le type de démarche à entreprendre. Une fois cette démarche maîtrisée, l'étudiant est apte à se lancer dans les problèmes de « résolution libre ». Les notes obtenues aux différents problèmes (en « résolution guidée ») seront visibles dans le relevé de notes précité de l'onglet « Mes notifications ».



- Onglet « Cours (nouvelle matière) » : Cet onglet porte sur la matière du cours de physique 2012 – 2013 enseignée par le Prof. Hoebeke. Il s'agit de la matière sur laquelle les étudiants seront interrogés lors de l'examen. Les différents diaporamas utilisés par le Prof. Hoebeke y sont disponibles ainsi que des problèmes et exercices portant sur certaines parties du cours.
- Onglet « Journal de bord » : Le journal de bord permet à l'étudiant de commenter son travail de la théorie et ses réalisations de problèmes en y mentionnant par exemple les difficultés rencontrées. Le contenu de ce journal n'est visible que par l'étudiant lui-même ainsi que par l'équipe pédagogique (professeur et assistants) encadrant ce projet. C'est sur la base des commentaires s'y trouvant que pourra se dérouler un échange constructif entre l'étudiant et les assistants lors de leurs rencontres.

- **Onglet « Remédiations »** : Cet onglet est entièrement à l'ensemble des remédiations qui vous seront proposées. Elles sont regroupées en deux grandes catégories : les permanences (horaires fixes) où vous aurez l'occasion de refaire des exercices avec des enseignants du secondaire et els séances questions-réponses. Vous pourrez évidemment y poser vos questions tant sur la théorie que sur les exercices ou les TP, mais aussi obtenir des conseils méthodologiques. Pour ces dernières, une inscription est obligatoire avant de s'y rendre.

C'est sous cet onglet que vous pourrez le faire.

Vous devrez d'abord choisir d'abord le thème que vous voulez aborder (par exemple : Optique prérequis). Plusieurs dates vous sont alors proposées. Cliquez sur le bouton « Connexion » situé sous la date de la séance à laquelle vous souhaitez participez.

Attention : ces séances peuvent regrouper maximum 20 étudiants. De plus, nous privilégions l'accès à un maximum d'étudiants. En conséquence, si la demande est trop importante, nous limiterons l'accès à ces séances à une seule par thème par étudiant.

Fiche de connexion

Nom de la fiche de connexion : Séance questions-réponses : Optique (Prerequis)

Instructions de la fiche de connexion : [Horaire des séances](#) :

Séance 1 : Vendredi 19/09 de 10h30 à 12h au local 0.45 (B5a)

Séance 2 : Mardi 24/09 de 10h30 à 12h au local 1.13 (B5a)

Séance 3 : Mercredi 25/09 de 10h30 à 12h au local 1.13 (B5a)

Q°-Rep Optique (Prérequis) 1 : vendredi 20/09 à 10h30

Séance de remédiation sous forme de questions-réponses

Date : Vendredi 20/09 de 10h30 à 12h

Local : 0.45 (B5a)

Dossier : Prérequis

Partie : Optique

Contenu : Propriétés de la lumière, réflexion, réfraction (réfraction, réflexion totale, applications), lentilles sphériques minces.

Nombre maximal de membres autorisé : 20

Connexion

Q°-Rep Optique (Prérequis) 2 : lundi 23/09 à 10h30

Séance de remédiation sous forme de questions-réponses

Date : Lundi 23/09 de 10h30 à 12h

Local : 1.13 (B5a)

Dossier : Prérequis

Partie : Optique

Contenu : Propriétés de la lumière, réflexion, réfraction (réfraction, réflexion totale, applications), lentilles sphériques minces.

Nombre maximal de membres autorisé : 20

Connexion

Vous êtes maintenant inscrit à cette remédiation. Pour pouvoir y participer, nous vous demandons de lister vos questions dans le journal du groupe. Pour cela, cliquez sur le lien « Journal du groupe », puis sur « Créer une entrée ». Ecrivez alors vos questions avant de cliquer sur « envoyer une entrée ».

Attention, l'accès à la remédiation ne vous sera donné que si vous avez énoncé vos questions dans le journal du groupe. N'ayez pas peur ou honte de vos questions, il s'agit d'une démarche constructive qui ne pourra que vous aider dans l'apprentissage de la matière. De plus, vos questions serviront de manière certaine à vos collègues étudiants.

Une plate-forme de discussion collective est également disponible à l'intérieur de chaque groupe. Vous aurez donc l'occasion de vous poser des questions entre vous qui avez assisté à cette remédiation. Pour cela, cliquez sur le lien « Plate-forme de discussion collective ». Vous avez alors la possibilité de soit, cliquer sur le lien du groupe puis de créer un thème, soit, de créer un forum en particulier puis un thème. Dans tous les cas, après avoir écrit votre message, n'oubliez pas de le soumettre (cliquez sur le bouton « soumettre »).

Enfin, vous pouvez également échanger des fichiers entre les étudiants ayant participé à la remédiation. Pour envoyer un fichier à vos collègues cliquez d'abord sur « Echange de fichier » sur la page principale du groupe, puis sur « Ajouter un fichier ».

- Onglet « Forum » : Cet onglet permet à l'étudiant de discuter avec ses pairs afin de favoriser l'émergence du connaissance collective, contrôlée régulièrement par les assistants.
- Onglet « Livres de référence » : Cet onglet fournit les informations bibliographiques concernant les livres de référence pour l'étude des prérequis et du cours de physique.

Le troisième bloc comprend l'onglet suivant.

- Onglet « Aide » : Si un étudiant rencontre des difficultés avec l'utilisation de la plateforme e-campus, il est invité à consulter cet onglet. Lorsque de telles difficultés sont rencontrées, il est utile de **vérifier systématiquement que java est bien à jour sur l'ordinateur** avant de faire appel à cet onglet. Si le problème persiste, il est possible de nous contacter à l'adresse physmed@ulg.ac.be.

Vous avez maintenant toutes les cartes en main pour utiliser efficacement l'Espace Physique. L'équipe pédagogique vous souhaite un bon travail et une année d'étude fructueuse.

Bon travail !

Pierre-Xavier Marique
Assistant pédagogique