

Comment acquérir des compétences procédurales complexes basées sur l'esprit critique et la résolution de problèmes ?

Analyse comparative de diverses écologies d'apprentissage intégrant les technologies numériques dans un cours de chimie du premier bachelier en Médecine Vétérinaire

Armélinda Agnello et Jean-François Focant

Contexte général

Décret de Bologne

Importance des
compétences transférables
à la vie professionnelle

Cours de Chimie Organique



Public

Etudiants de Bac 1 en
Médecine Vétérinaire
Public non acquis à la
matière !





Compétences transversales

« **Savoir-agir complexe**, prenant appui sur la mobilisation et la combinaison efficaces des **ressources internes** (savoir, capacité cognitive, capacité métacognitive, savoir-faire relationnel, savoir-faire procédural, ressources émotionnelles...) **et externes** (logiciels, banques de données, ressources documentaires, moyens de l'environnement professionnel...) **transposable** dans plusieurs familles de situations». S. Kennel



Compétences transversales

- ✓ Résolution de problèmes
- ✓ Argumentation sur la base de preuves
- ✓ Pensée critique

Engagement des étudiants dans l'argumentation sur la base de preuves

L'**argumentation** est une forme de discours que les étudiants doivent **s'approprier** et qui doit être enseignée explicitement par le biais d'un **enseignement approprié**, d'une **structuration des tâches** et d'une **modélisation**.

L'argumentation joue un **rôle central** dans la **construction d'explications, de modèles et de théories**, car les scientifiques utilisent des arguments pour **relier les preuves** qu'ils sélectionnent **aux affirmations** auxquelles ils parviennent.

Jiménez-Aleixandre and Erduran



L'argumentation sur la base de preuves

- ✓ Composante essentielle de la **pensée critique**
- ✓ **Dimension dialogique**

MAIS l'argumentation a aussi :

- ✓ une **dimension individuelle** :

« Lorsque l'on articule un point de vue, on développe des arguments. »



Billig (1987)

Stratégie de résolution de problèmes ...

Connaissances procédurales ... « know how »

« ... suite d'instructions pour la manipulation de symboles »
Hiebert et Lefevre (1986)

Reconceptualisation en deux catégories en fonction d'un critère de qualité.
Star (2005)

- ✓ Connaissance procédurale simple et mécanique (application d'un algorithme)
- ✓ Connaissance procédurale plus approfondie (interconnecte les algorithmes et s'adapte au contexte)



Connaissances procédurales ... « know how »

A souligner ...

- ✓ Nature cognitive de ces processus algorithmiques.
- ✓ Flexibilité de leur utilisation en fonction du contexte

Yeung et Fugita (2021)



Entraîner les compétences procédurales complexes

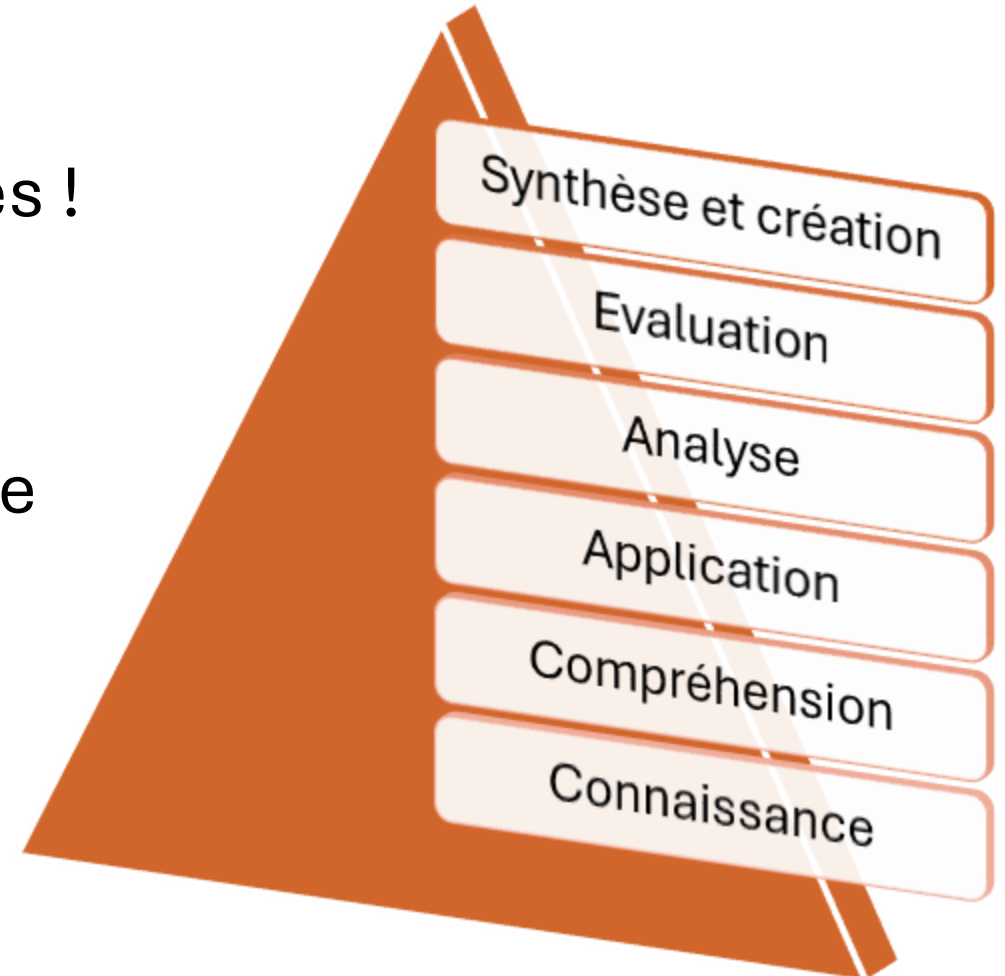
- Pratique indispensable !



Exercices d'entraînement stéréotypés !

- Sortir du moule “drill” mécanique
- Développer une pratique plus productive
- Cibler des niveaux plus élevés de la taxonomie de Bloom : analyse et évaluation

Wittmann (2019)





Importance des
compétences
procédurales
complexes ?

Elaboration d'un diagnostic !

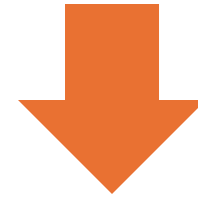
A photograph showing a blue stethoscope with a silver chest piece resting on a white laptop keyboard. To the left of the stethoscope is a medical form on a clipboard, with a silver pen lying on it. The form contains various fields and checkboxes, some of which are partially filled out. The background is a plain white surface.

Elaboration d'un diagnostic

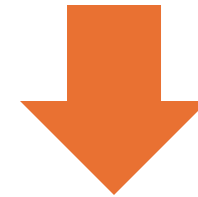
- Collecte d'informations
- Interprétation des signes (symptômes) et des preuves (analyses sanguines, électrocardiogrammes)
- Construction d'hypothèses causales dans un contexte clinique précis.
- Synthèse pour préconiser un traitement




Elaboration d'un
diagnostic



Attitude critique et flexible



**Connaissances
procédurales approfondies**

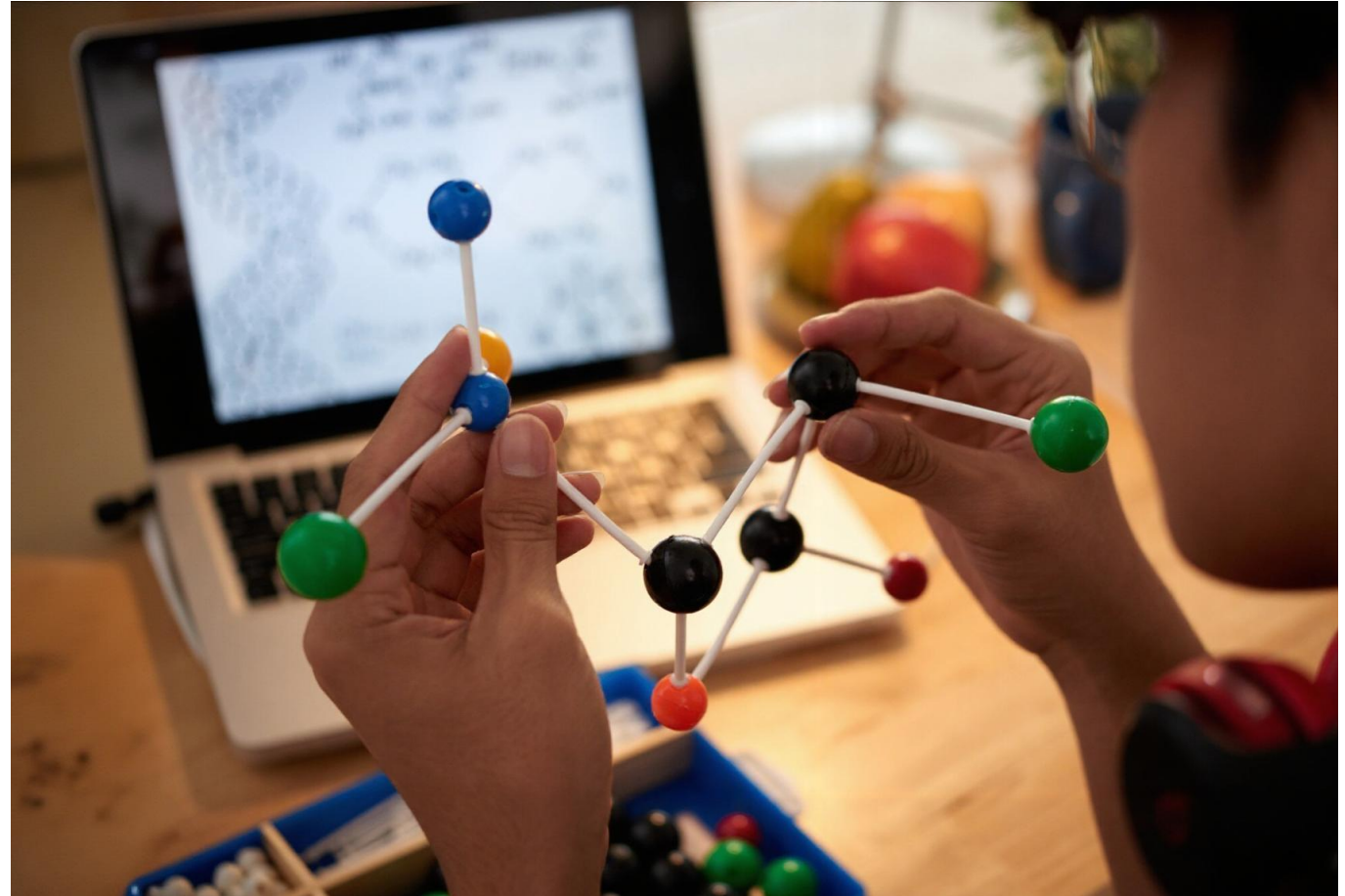
A top-down view of a dark grey desk. Four hands are visible, interacting with several interlocking plastic gears in teal, red, blue, yellow, green, and purple. The hands are positioned around the gears, some touching them. In the background, there are papers with bar charts and a white keyboard on the left. The overall scene suggests a collaborative, problem-solving activity.

Comment entraîner ces compétences
dans un cours de chimie, dès la
première année à l'université?

Résolution de problèmes d'analyse structurale
moléculaire combinée à l'utilisation des technologies
numériques

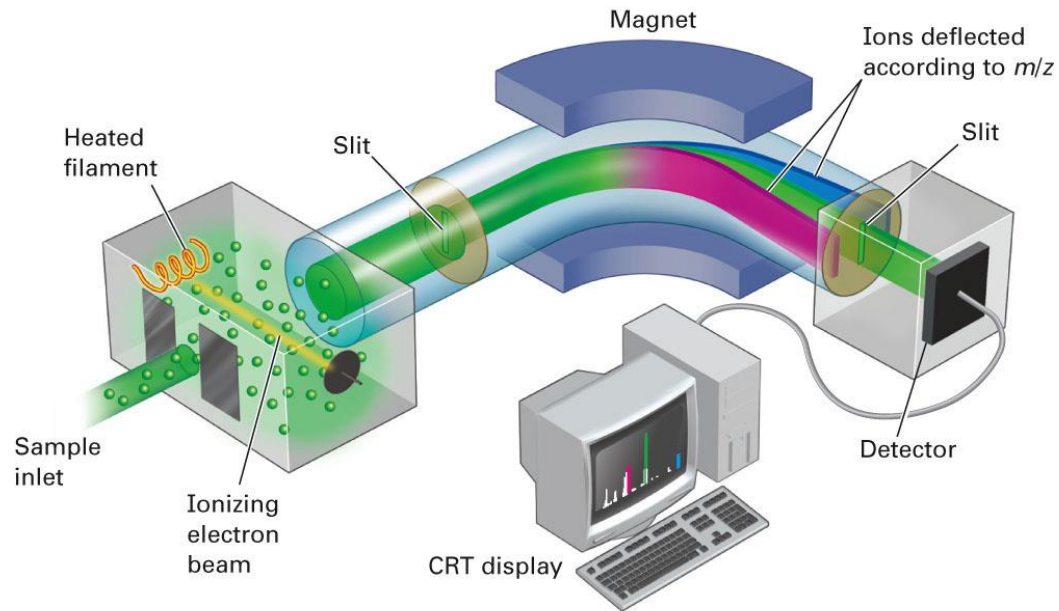
Analyse Structurale Moléculaire

Identifier un composé inconnu sur la base d'indices présents dans des données spectroscopiques



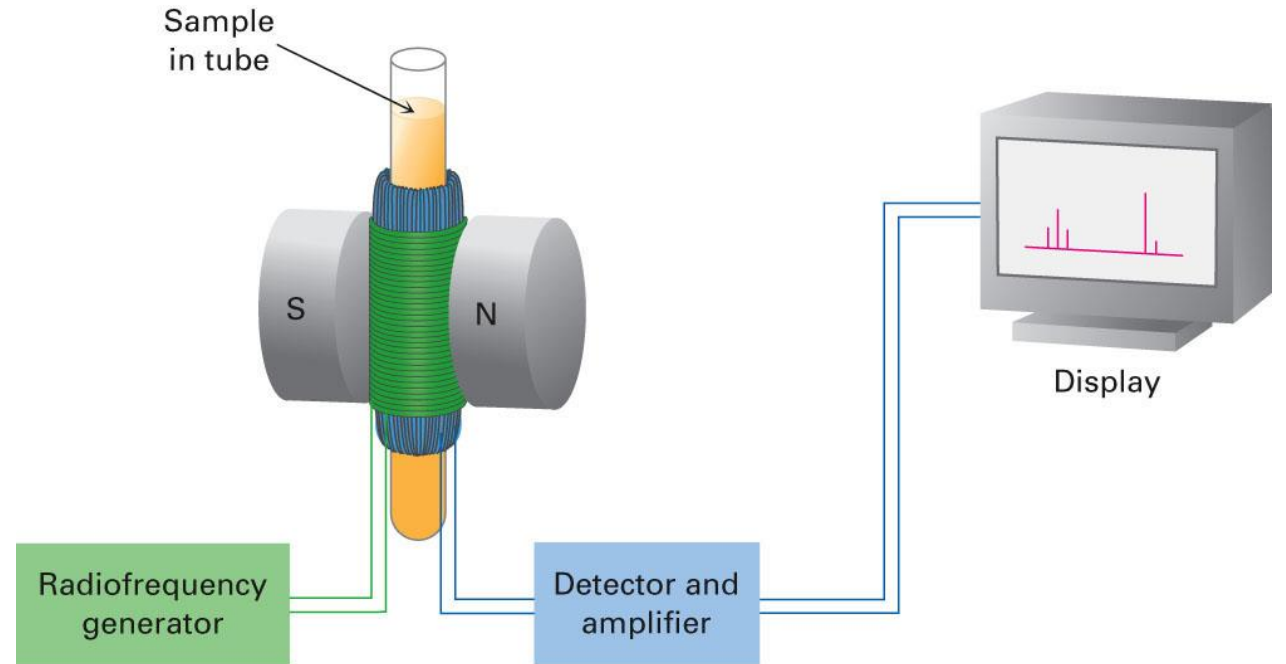
Interaction d'un échantillon inconnu avec

- un faisceau d'électrons
(spectrométrie de masse)



© 2007 Thomson Higher Education

- un rayonnement électromagnétique
(RMN)



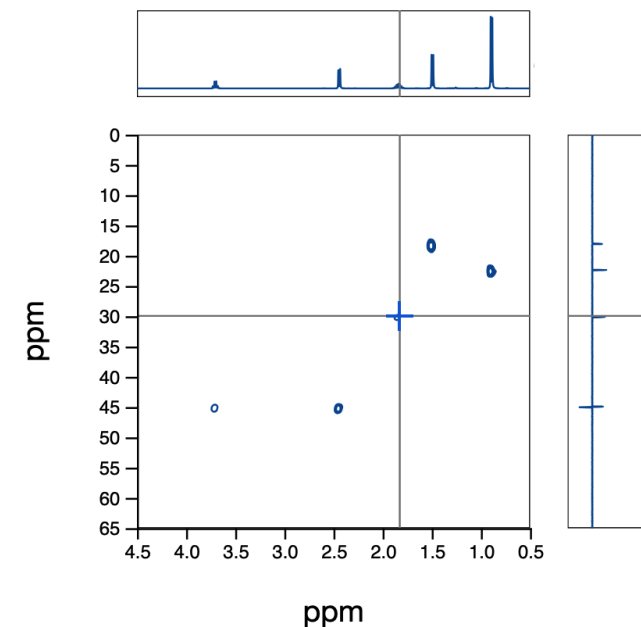
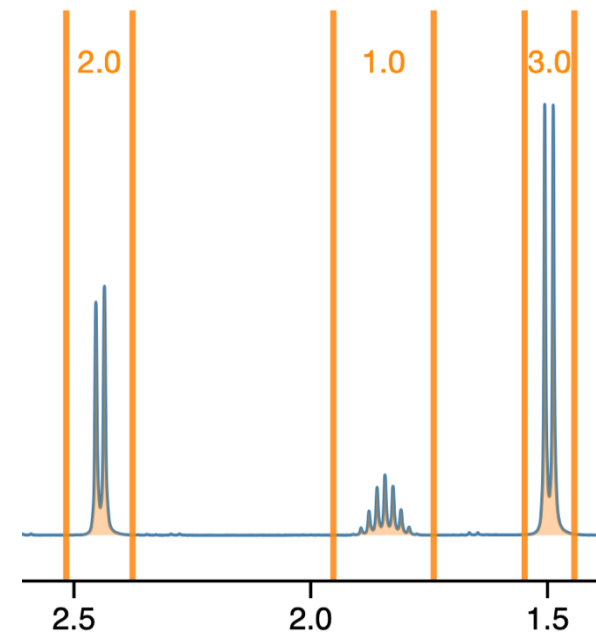
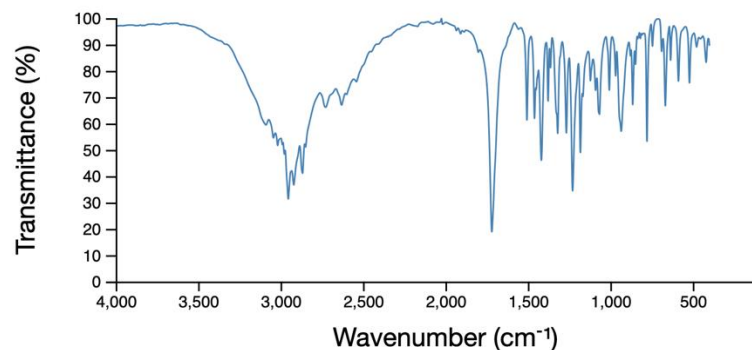
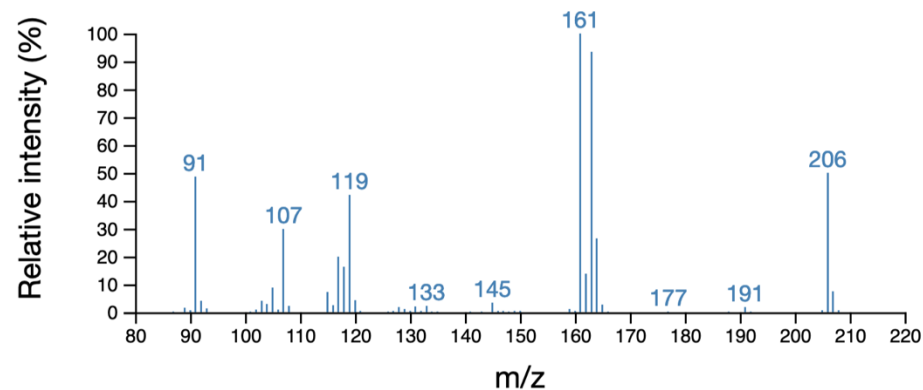
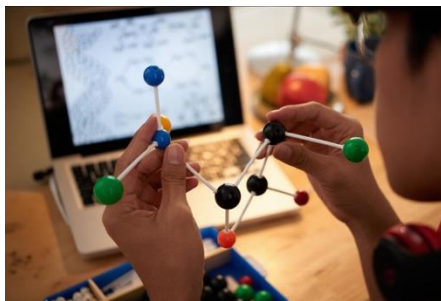
© 2007 Thomson Higher Education

Résultats ...

Des spectres à interpréter ...

- ✓ déduire les informations pertinentes
- ✓ les confronter
- ✓ les organiser

Structure du composé inconnu





Défi et caractère semi-ludique !

Avantageux en termes

- ✓ d'engagement des étudiants
- ✓ métacognitifs
- ✓ motivationnels

da Rochas Seixas et al. (2016)

Verpoorten et al. (2012)

Chen et al. (2021)



Nouvelles technologies ?

Pour entraîner les compétences procédurales complexes ?

Livres de référence



Données sous
formes d'images
fixes



Problèmes de
lisibilité



Agrandir certaines
zones des spectres



Mise sous la loupe
d'informations-clés



Tronque les
premières étapes du
processus réflexif



Application WEB multiplateforme

ULg Spectra

Login

Home

Getting started

Molecules

Exercises

Mass calculator

Spectroscopic tables

Home

Welcome to the ULgSpectra Web Application

ULgSpectra is a spectra visualization tool of the Chemistry department of the University of Liège, Belgium. Its features include the display and the manipulation (integration, zoom, superposition etc.) of the following types of spectra:

- Proton and carbon NMR (1-D NMR)
- HSQC, HMBC and COSY NMR (2-D NMR)
- Infrared
- EI-MS

If you have an account, please [login](#) otherwise you will get a limited access to the resources.

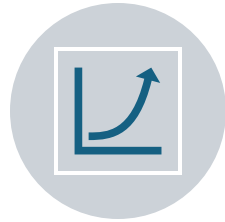
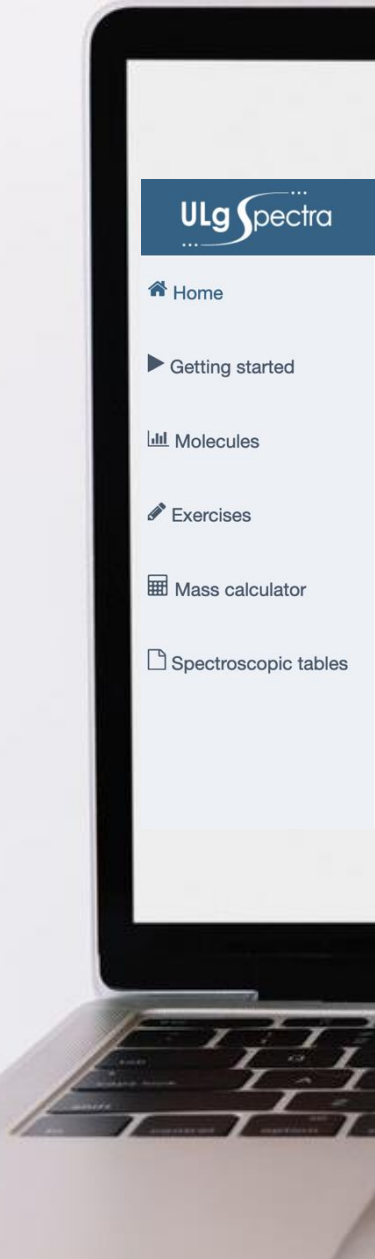
ULg Spectra



About

© University of Liège

Nouvelles technologies



Nombre



Variété



Flexibilité

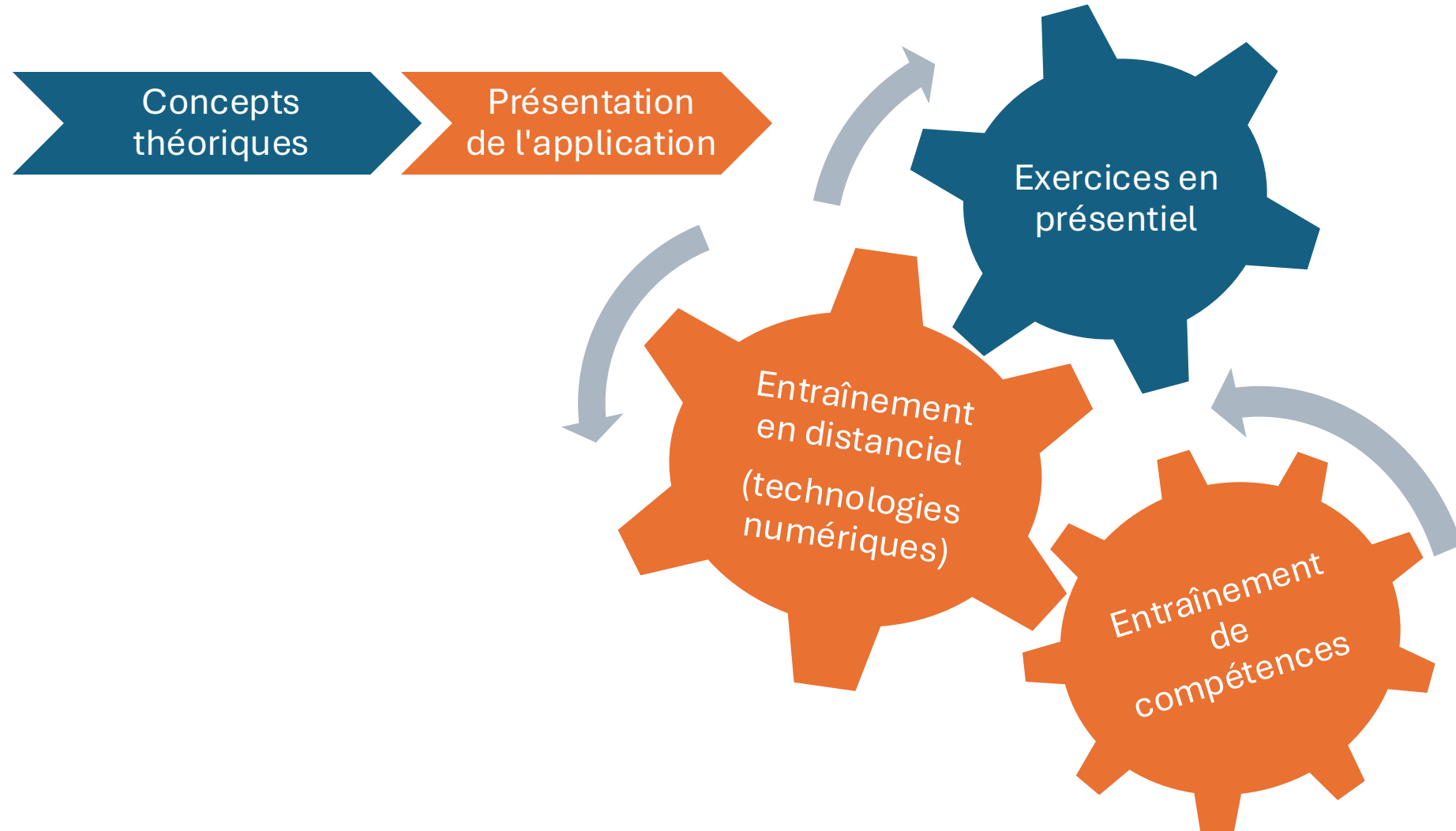
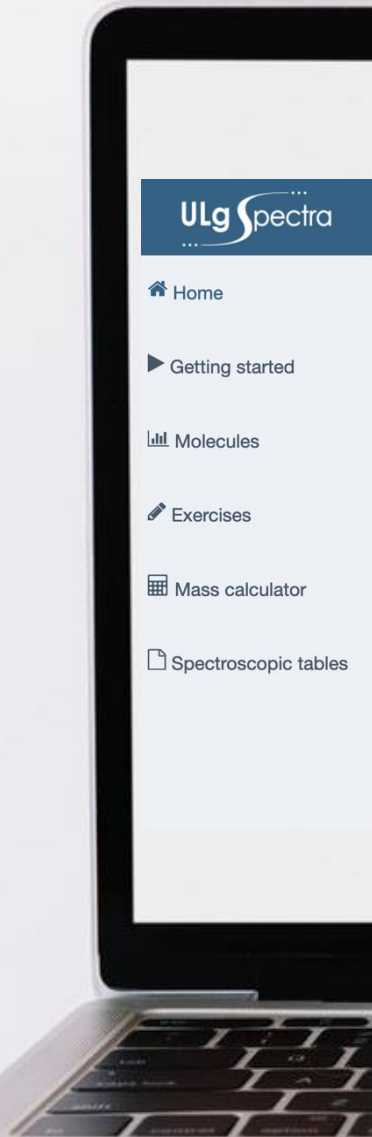


Interactivité



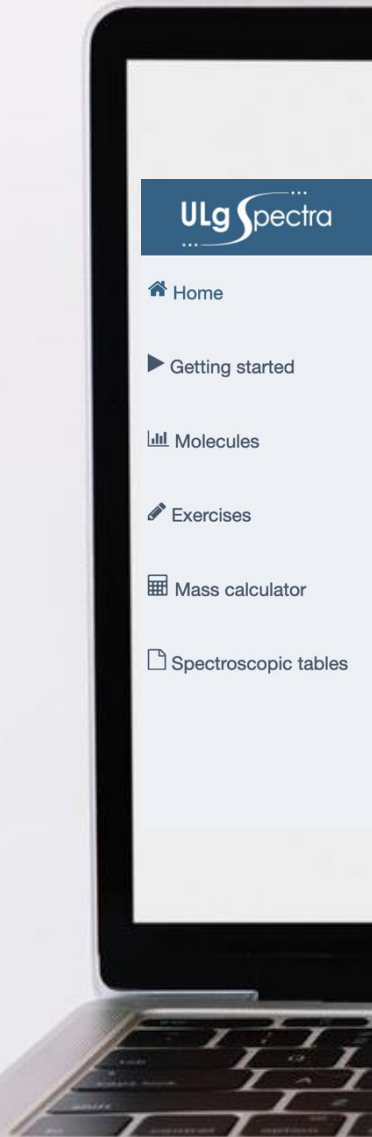
Totalité du
processus réflexif

Articulation du nouveau dispositif d'apprentissage

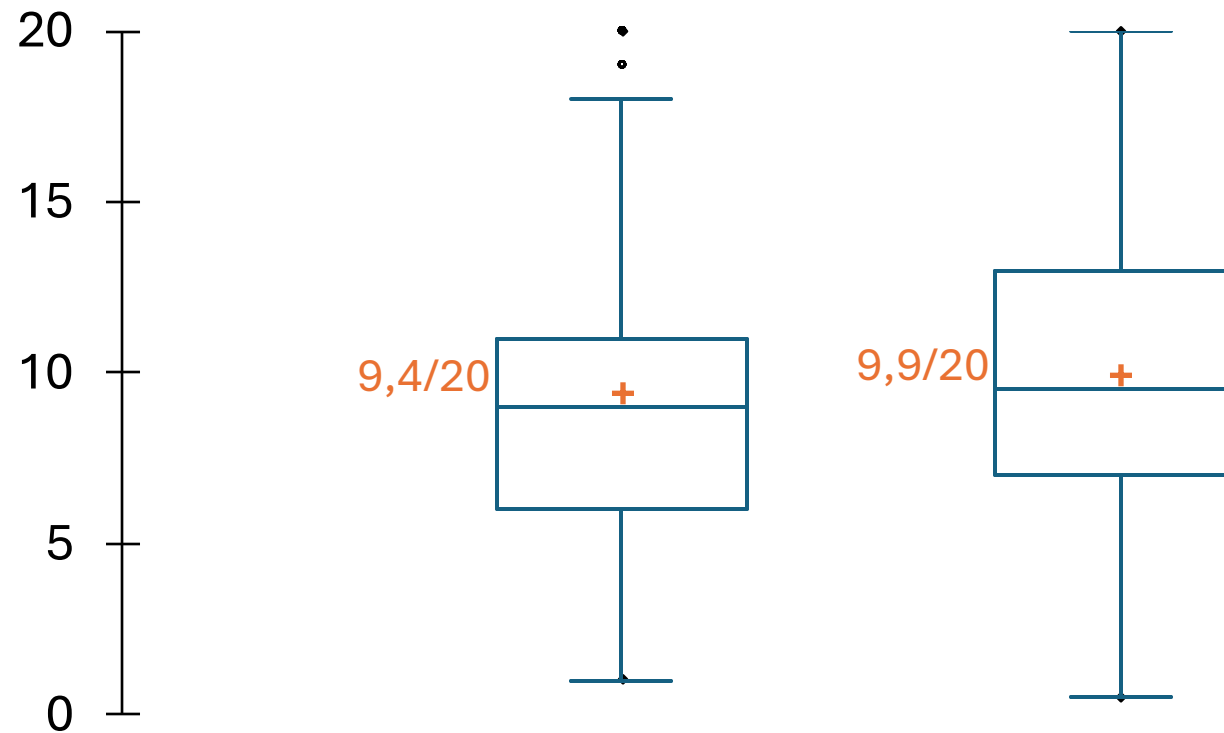


Quelques chiffres...

Comparaison des dispositifs d'apprentissages



Ancien versus Nouveau



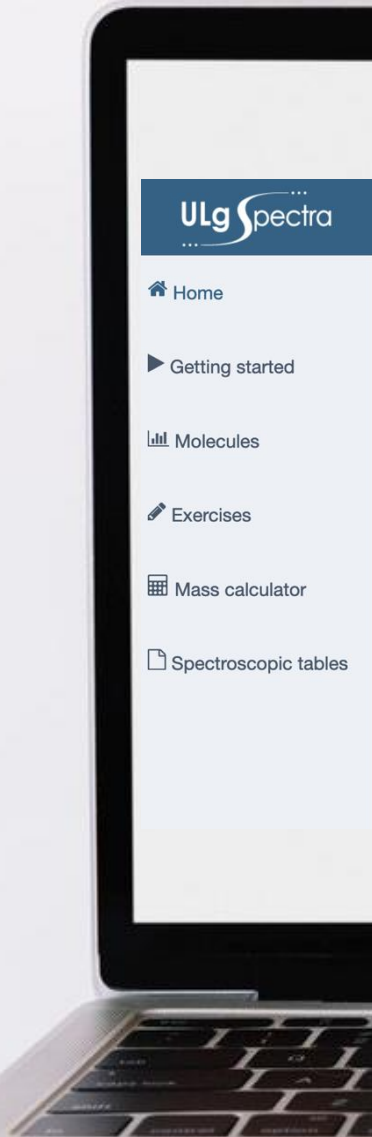
Différence de moyennes
statistiquement
significative
(Mann-Whitney
U test, $p = 0,040$)

Juin 2017&2018
(n = 340)

Juin 2019 et 2022à2024
(n = 903)

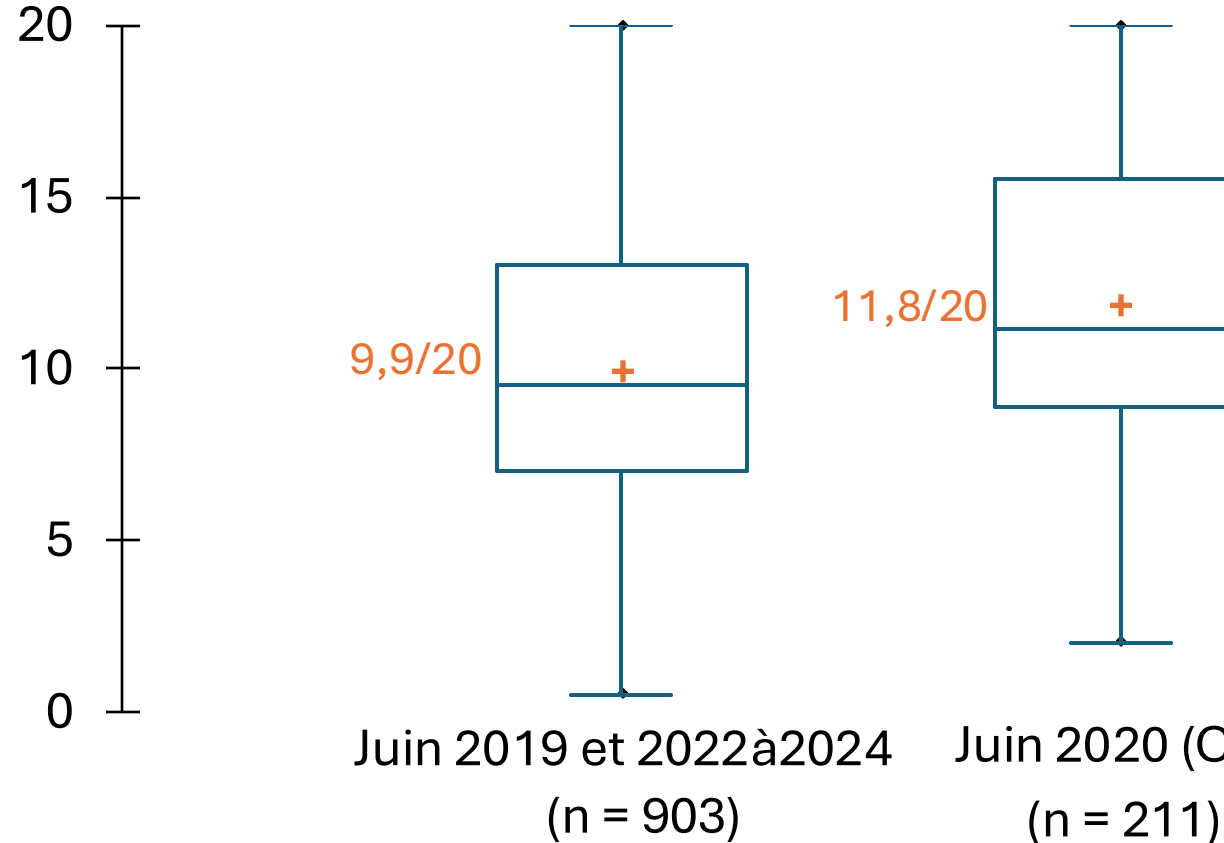
Quelques chiffres...

Comparaison des dispositifs d'apprentissages



Et pendant la pandémie ?

Cours et examens en ligne

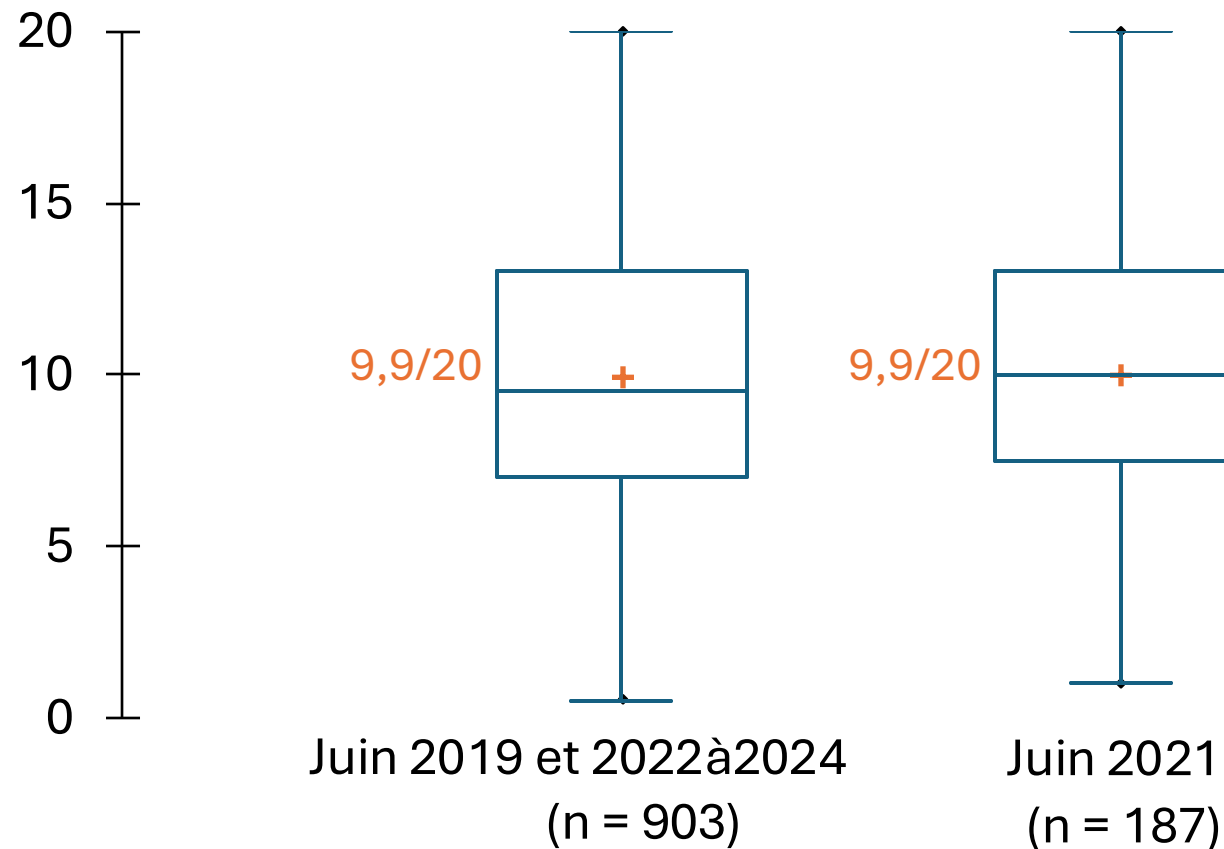


Différence de moyennes statistiquement significative (Mann-Whitney U test, $p < 0,0001$)

Quelques chiffres...

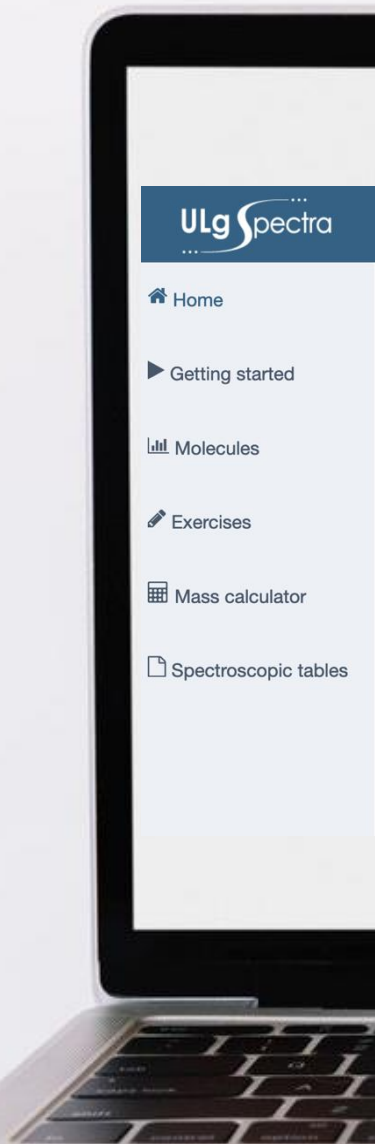
Comparaison des dispositifs d'apprentissages

Cours **synchrone** en ligne **avec interactions** enseignant/étudiants
Examen en présentiel

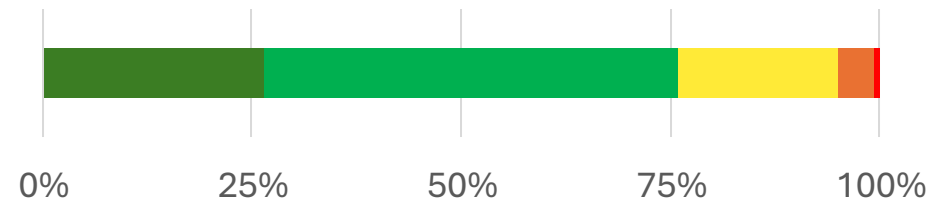


Différence de moyennes **NON** statistiquement significative (Mann-Whitney U test, $p = 0,446$)

Perception des étudiants

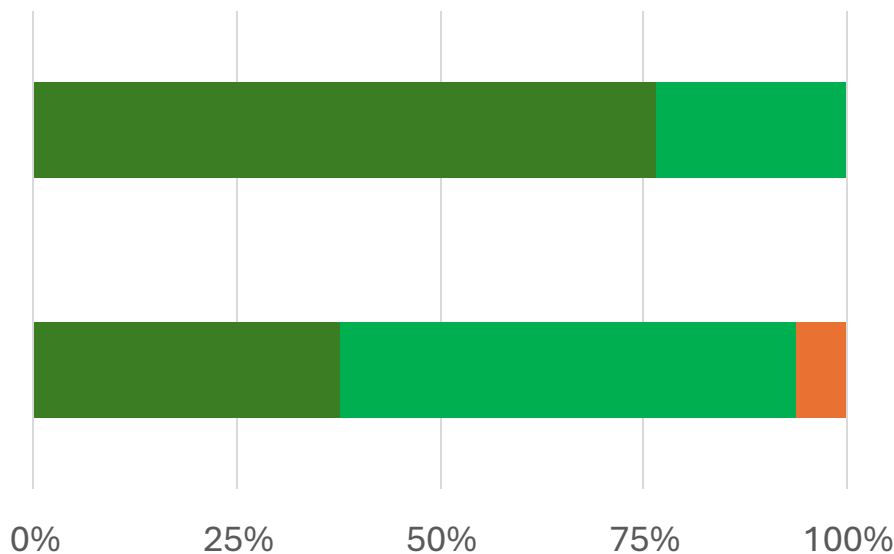


L'utilisation d'ULg Spectra vous semble-t-elle facile ?

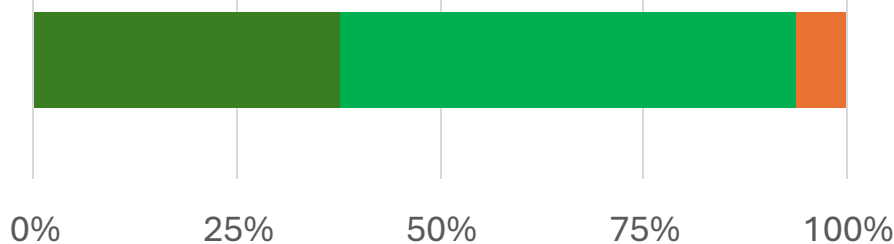


■ Très facile ■ Facile ■ Assez facile ■ Pas facile ■ Pas du tout facile

Pour vous exercer en analyse structurale, trouvez-vous utile de disposer d'un ensemble d'exercices en ligne ?



ULg Spectra m'a aidé à apprendre à lire et manipuler les spectres ?



■ Tout à fait d'accord ■ D'accord ■ Pas d'accord ■ Pas du tout d'accord

Conclusions



Intégration d'Outils Numériques



un Plus pour l'Acquisition de
Compétences Procédurales Approfondies



Conversion en distanciel aisée ... dans un
cadre bien défini (synchrone, interactivité)

Bibliographie

- Agnello, A., Vanberg, S., Tonus, C., Boigelot, B., Leduc, L., Damblon, C. et Focant, J.-F. (2020). Introducing Molecular Structural Analysis Using a Guided Inquiry Systematic Approach Combined with an Interactive Multiplatform Web Application. *J. Chem. Educ.*, 97, 4330-4338. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00329>
- Chen, S.-Y., Tsai, J.-C., Liu, S.-Y. et Chang, C.-Y. (2021). The effect of a scientific board game on improving creative problem solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100921>
- da Rocha Seixas, L., Gomes, A. S. et de Melo Filho, I. J. (2016). Effectiveness of gamification in the engagement of students. *Computers in Human Behavior*, 58, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.021>
- Hiebert, J. et Lefevre, P. (1986). Conceptual and Procedural Knowledge in Mathematics: An Introductory Analysis. In *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Hiebert, J., Ed.; Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 1–27.
- Kennel, S. (2019). La place des compétences transversales dans la formation universitaire. *Education permanente*, 218, 63-72.
- Star, J. R. (2005). Reconceptualizing Procedural Knowledge. *J. Res. Math. Educ.*, 36 (5), 404–411.
- Wittmann, E. Ch. (2019). Understanding and organizing mathematics education as a design science – origins and new developments. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 13–32.
- Yeung, S.M. et Fujita, T. (2021). How to make practice more perfect? How to make practice more productive? *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 41(2).
- Verpoorten, D., Castaigne, J.-L., Westera, W. et Specht, M. (2012). A quest for meta-learning gains in a physics serious game. *Education and Information Technologies*, 19(2), 361–374. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9219-7>

Merci pour votre attention !

a.agnello@uliege.be