

MÊME LES EXPERTS SE TROMPENT !

*L'intérêt du changement conceptuel
dans les enseignements STEAM
dans l'enseignement secondaire*

Vincent Natalis
Université de Liège
Unité de recherche DIDACTif
Laboratoire de didactique de la chimie

ADIS
10 septembre 2024



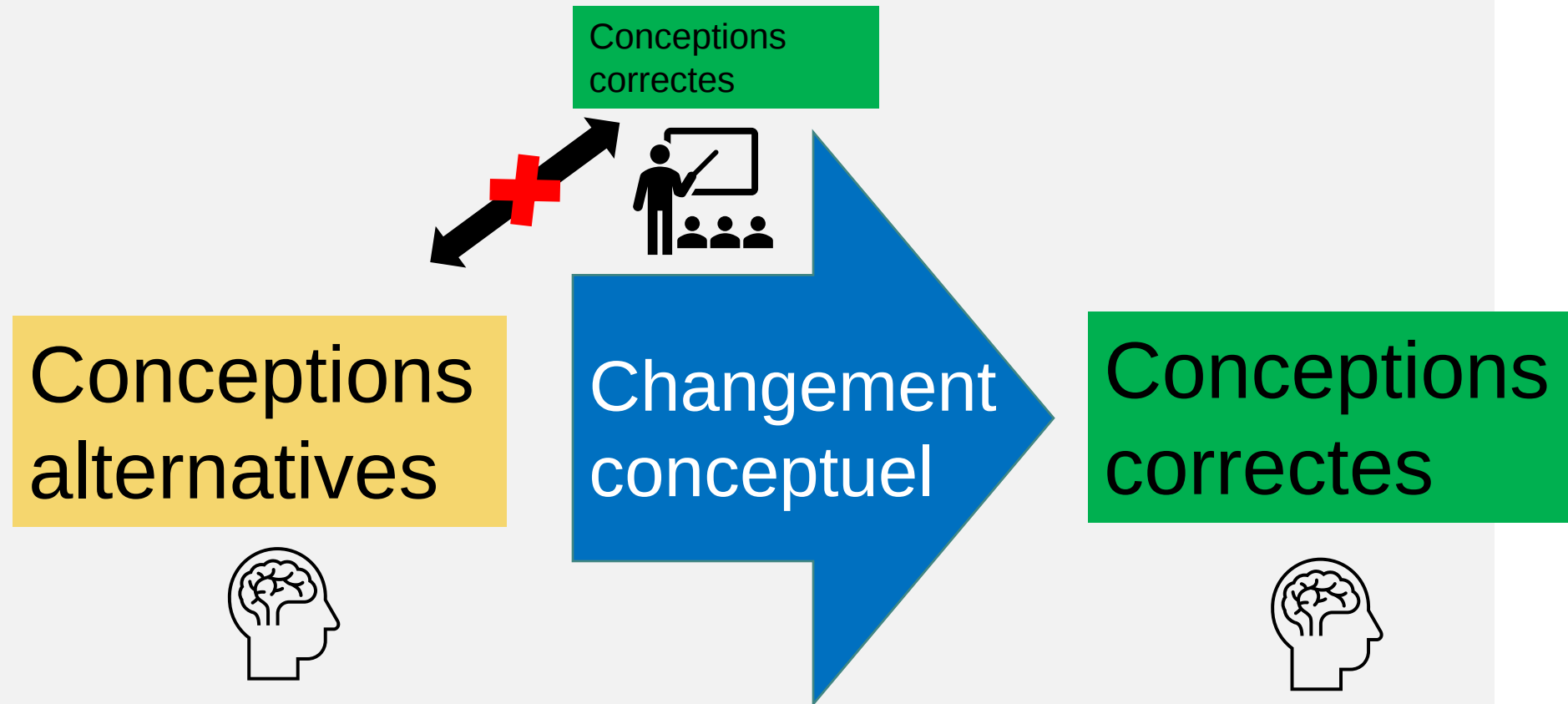
OBJECTIFS DE CETTE PRÉSENTATION

LES OBJECTIFS

- Vous donner un très bref aperçu du domaine du changement conceptuel pour l'enseignement des STEAM
- Montrer les expériences les plus récentes, qui montrent que même les experts se trompent
- Vous donner (un petit peu?) envie de faire du changement conceptuel en classe
- Tisser des liens pour de futures recherches

LE CHANGEMENT CONCEPTUEL

CONFRONTATION AVEC DES SAVOIRS CONTRE-INTUITIFS



LES SAVOIRS PRÉALABLES : HYPOTHÈSE FONDAMENTALE

Conceptions alternatives



“Le facteur le plus important qui influence l'apprentissage est ce que l'apprenant sait déjà. Vérifiez-le et enseignez-lui en conséquence”

D. Ausubel, psychologue

“Les élèves doivent construire de nouvelles idées dans le contexte des anciennes”

A. diSessa, chercheur en education

CONCEPTIONS ALTERNATIVES

Deux exemples en chimie

Un ensemble de connaissances ou de procédures hypothétiques qui ne correspond à la conception scientifiquement admise

Une liaison qui se brise libère de l'énergie

La force d'un acide dépend de son nombre de H

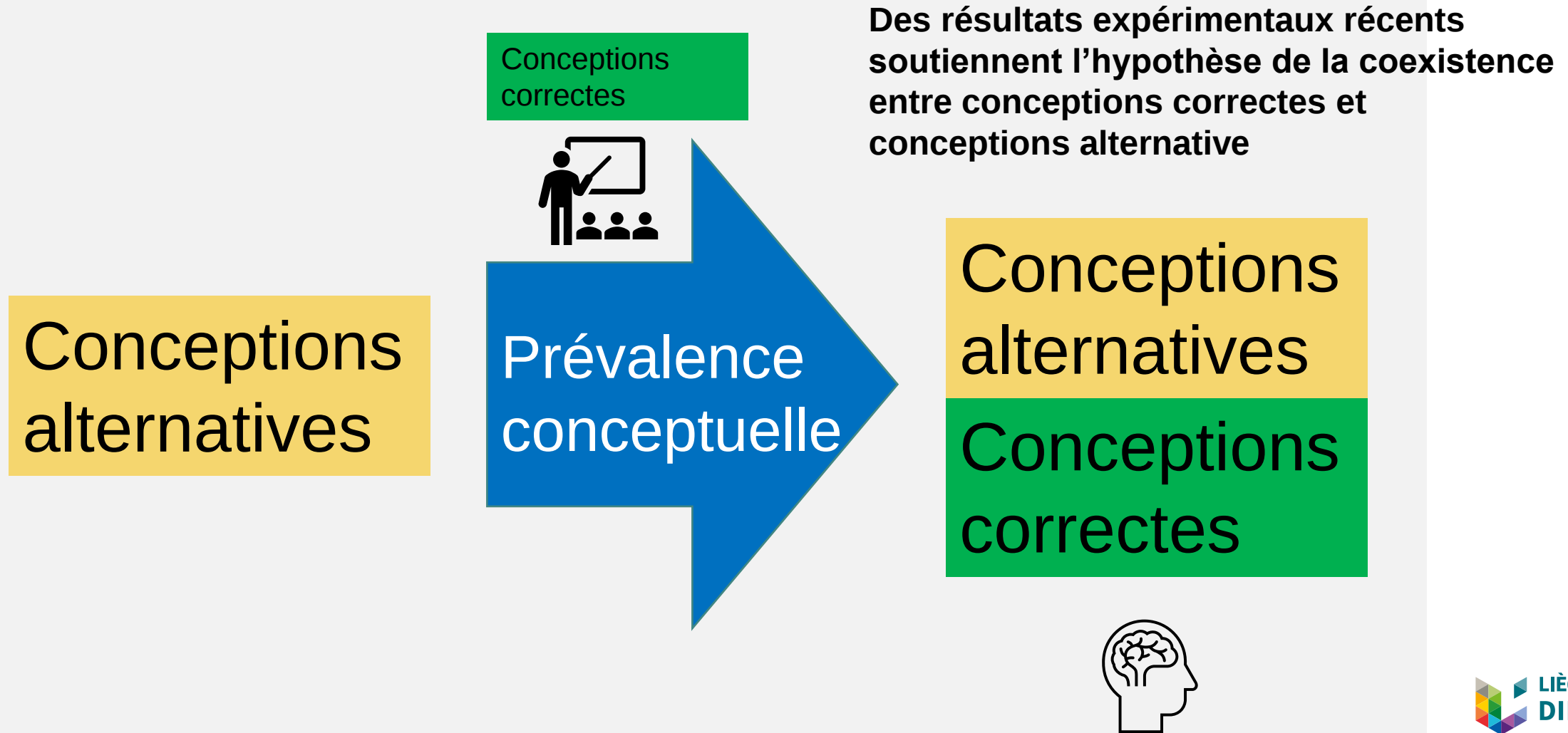
Conceptions
alternatives

$\neq$

Erreurs

CHANGEMENT CONCEPTUEL

Modèle de la prévalence conceptuelle



Potvin (2013)

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Zaitchik & Solomon (2008) - L'inhibition

Tâche

1. Donner les critères pour décrire “un être vivant”
2. Donner des exemples d’ “êtres vivants”

Participants “experts”

Tâche	Personnes âgées atteintes d'Alzheimer	Personnes âgées non atteintes d'Alzheimer
1	Mentionnent plus « se mouvoir » comme critère d'un être vivant (incorrect)	Mentionnent plus « se nourrir, respirer » comme critères d'un être vivant (correct)
2	Donnent plus souvent des animaux comme exemples de choses vivantes	Donnent autant d'animaux que de plantes comme exemple de choses vivantes
	<i>N.B. âge identique, performance à des tâches intellectuelles identique</i>	

Les participants ont une moins bonne expertise lorsque leur inhibition diminue

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Un exemple en pratique : V/F ?

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Tâche : vrai ou faux ?

Les poissons sont vivants

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Tâche : vrai ou faux ?

Les pierres sont vivantes

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Tâche : vrai ou faux ?

Le corail est vivant

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

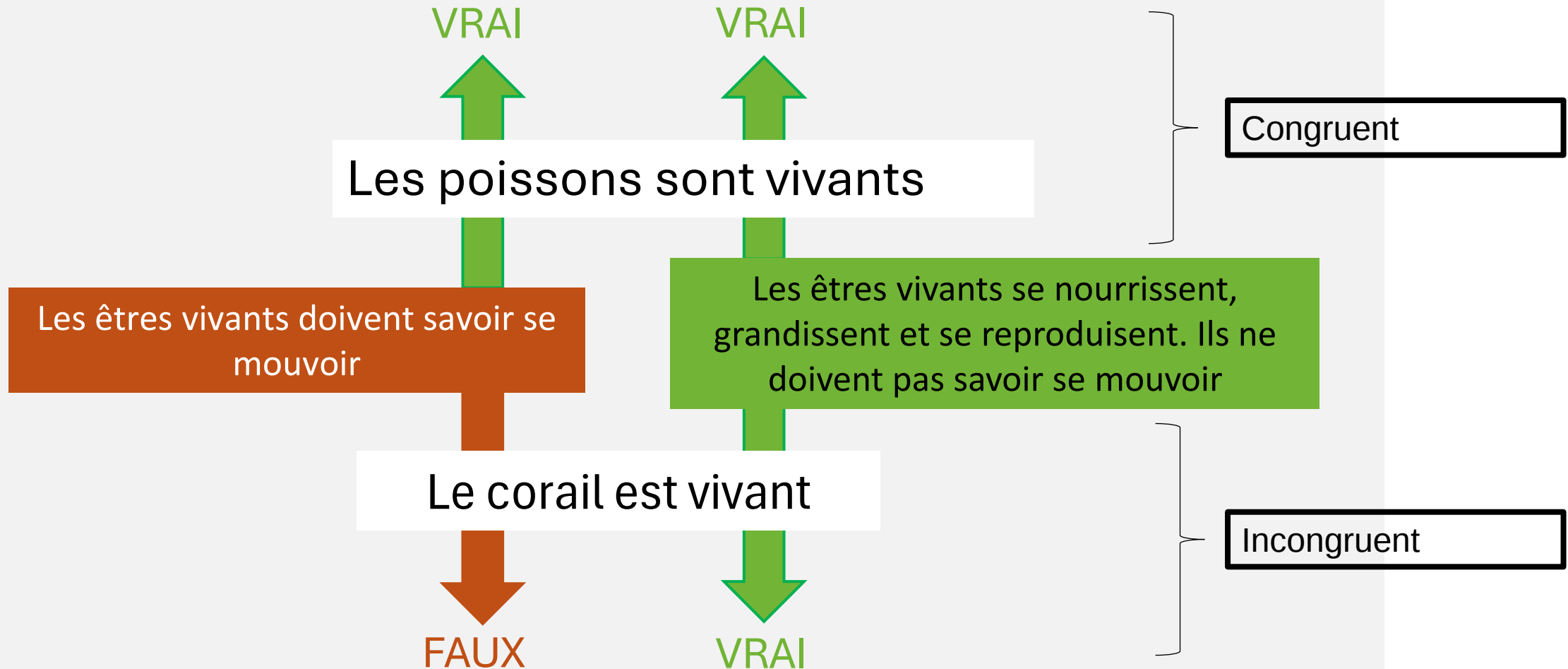
Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Tâche : vrai ou faux ?

Le soleil est vivant

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent



L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Concept	Vérité « intuitive »	Vérité « scientifique »	Phrase
La vie	V	V	Les poissons sont vivants
	F	F	Les pierres sont vivantes
	V	F	Le soleil est vivant
	F	V	Le corail est vivant

Congruent

Incongruent

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Valcarcel (2012) – congruent et incongruent

Sujets : étudiants 1^{ère} unif « experts » = qui avaient étudié les sciences en secondaire

Tâches : 200 phrases V/F dans 10 domaines

Justesse congruente > Justesse incongruente

TR congruent < TR incongruent

CONCEPTIONS ALTERNATIVES

Quelques exemples adaptés de Potvin et al. (2020)

Chimie physique	La température d'ébullition d'une substance est toujours la même (pression) Seuls les objets chauds possèdent de l'énergie thermique L'entropie d'un système doit toujours augmenter L'évaporation n'a lieu qu'à la température d'ébullition La température varie pendant le changement de phase La température et la chaleur sont la même chose Chauffer une réaction exothermique n'augmente pas sa vitesse A l'équilibre, les concentrations des réactifs sont toujours égales à celles des produits Les bulles de gaz dans un liquide en ébullition sont composées d'air Les solides sont plus lourds que les liquides Les solutés fondent lorsqu'ils se dissolvent Un solide doit être rigide	Structure et formule	La formule chimique représente la structure chimique Les composés ioniques forment des molécules Les atomes ont les mêmes propriétés physiques que la substance qu'ils forment (ex. couleur) Une substance pure est un élément Plus un élément possède de protons, plus il occupe un grand volume La mole est une unité de masse Les neutrons neutralisent les protons Les coefficients stœchiométriques et les indices dans les formules chimiques ont la même fonction Toutes les molécules respectent la règle de l'octet Un octet complet est toujours plus stable Le symbole chimique correspond à la première lettre de l'élément Il n'y a pas d'espace (de vide) entre les particules
Liaison	Une liaison qui se brise libère de l'énergie Il y a deux types de liaison : covalente et ionique Les atomes des ions polyatomiques sont liés par des liaisons ioniques La liaison métallique est un type de liaison covalente Une molécule est polaire car elle possède une liaison polarisée Une liaison ionique ne peut avoir lieu qu'entre deux ions (et pas plus)	Acide-base	La force d'un acide dépend de son nombre de H Une neutralisation signifie que les produits de la réaction sont neutres Plus un acide est concentré, plus il est fort
		Relatifs à une substance	Les diamants ne peuvent pas entrer en combustion La rouille cause une perte de masse Tous les éléments radioactifs sont dangereux La fumée est immatérielle

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Potvin et al. 2020 – inhibition en neurosciences

17 experts professeurs de chimie en « haute école » ou université (min. 5 années expérience)

Items issus d'une récolte dans la littérature (voir tableau)

Justesse congruente > justesse incongruente
TR congruent < TR incongruent

+ Activation des zones cérébrales de l'inhibition

L'HYPOTHÈSE DE COEXISTENCE CHEZ LES EXPERTS

Shtulman & Harrington (2016) – influence de l'âge et de l'expertise

- **Pourquoi les conceptions intuitives sont-elles si résistantes ?**
 - Elles ont un format cognitif impénétrable (comme une illusion d'optique)
 - Elles sont renforcées tous les jours par la langue et ont un pouvoir de prédiction suffisant
- **Comment affectent-elles l'expertise ?**
 - Elles sont dépendantes du contexte, où les experts inhibent plus facilement leurs conceptions intuitives
 - On les retrouve donc dans les tâches nouvelles/hors contexte/sous pression
- **Que cela signifie-t-il pour l'apprentissage des STEAM ?**
 - Nécessité de changer d'objectif (moniste → pluraliste)

COMMENT ENSEIGNER AVEC LA COEXISTENCE?

S'INFORMER

Marcel Thouin : tester et enrichir sa culture scientifique et technologique

Questionnaire avant chaque chapitre pour confronter ses propres conceptions

Explications dans le format

Conception alternative courante	Son origine/explica tion	Conception correcte
---------------------------------------	--------------------------------	------------------------

MESURER

Inventaires de concept

Disponible à l'adresse : <https://assess.bsccs.org/science/topics>
(attention sécurité)

Programme du département de l'éducation états-unien

Répertoire de concept-clés avec

- Spécificités de l'idée
- Conceptions alternatives
- **Prévalences (en pourcentages de réponses correctes ou erronées)
des conceptions correctes ou alternatives**
- Exemple

Key Idea: All living things are composed of one or more cells.

MESURER

Inventaires de concept

Key Idea: All living things are composed of one or more cells.

Sub-Ideas

Items & Student Performance

Misconceptions

NGSS

Students are expected to know that:

1. All organisms, including animals, plants, fungi, and microorganisms, are made up of cells.
2. Cells vary in size, shape, and specialized functions.
3. Most cells are so small that their details can be seen only with a microscope.
4. Living things can be made of just one cell to many millions of cells.
5. Some organisms are made of many types of cells and many of each type.
6. In single-celled organisms such as bacteria, the single cell carries out all of the functions needed for the organism to stay alive; in organisms made of many cells, individual cells work together with (depend on) other cells to carry out their essential life functions.
7. In multicellular organisms, the structures that make up those organisms (including brain, muscles, skin, and lungs in animals, and stems and flowers in plants) are made up of cells.

Boundaries:

1. Students are not expected to know the terms "prokaryote" or "eukaryote" or the differences between these types of cells.
2. Items will not test students' knowledge of fungi.

MESURER

Inventaires de concept

Key Idea: All living things are composed of one or more cells.

Sub-Ideas

Items & Student Performance

Misconceptions

NGSS

Degré inférieur

Degré supérieur

Percent of students answering correctly (click on the item ID number to view the item and additional data)

Item ID Number	Knowledge Being Assessed	Grades 6–8	Grades 9–12	Select This Item for My Item Bank
CE101004	Both the brain and muscles of the body are made of cells.	67%	72%	★
CE103003	Both the flowers and stems of plants are made of cells.	63%	72%	★
CE033002	When looking through a microscope at leaf and root samples, one would see that both are made of cells.	63%	70%	★
CE102003	Both the leaves and roots of plants are made of cells.	61%	71%	★
CE053002	Different cells can have different sizes and shapes.	57%	63%	★
CE100004	Both the skin and the lungs of the body are made of cells.	55%	64%	★
CE010001	Different organisms range in the number of cells they have, from only one cell to many millions.	52%	60%	★
CE128001	Different organisms range in the number of cells they have, from only one cell to many millions.	48%	56%	★

MESURER

Inventaires de concept: <https://assess.bsos.org/science/topics>

Key Idea: All living things are composed of one or more cells.

Sub-Ideas

Items & Student Performance

Misconceptions

NGSS

Degré inférieur

Degré supérieur

Frequency of selecting a misconception

Misconception ID Number	Student Misconception	Grades 6–8	Grades 9–12
CEM001	All cells are the same size and shape, i.e., there is a generic cell (AAAS Project 2061, n.d.).	43%	37%
CEM005	There are no single-celled organisms (AAAS Project 2061, n.d.).	39%	30%
CEM003	Some living parts of organisms are not made of cells (AAAS Project 2061, n.d.).	36%	29%
CEM004	Plants are not made of cells (AAAS Project 2061, n.d.).	7%	5%

Frequency of selecting a misconception was calculated by dividing the total number of times a misconception was chosen by the number of times it could have been chosen, averaged over the number of students answering the questions within this particular idea.

MESURER ET ENSEIGNER

Keeley - Sondes conceptuelles

- Chaque type de réponse révèle une conception différente
- Liste de références scientifiques pertinentes
- Conseil d'enseignement pour cette conception
 - Susciter du conflit cognitif: représentations particulières multiples, y compris dynamiques
 - Métaphores : « lunettes grossissantes »
 - Parler des limites des modèles (distances et tailles)

ENSEIGNER

Potvin dans Bélanger et al. (2023) - Prévalence conceptuelle & pluralisme des représentations

- Passer d'un point de vue moniste (= un expert maîtrise une représentation correcte) à un point de vue pluraliste (= un expert maîtrise une pluralité de représentations)
- Rôle de la position du conflit cognitif dans l'enseignement
- Proposition pour un enseignement pluraliste
 1. Présenter la conception correcte
 2. Discuter des conceptions alternatives
 - Expliquer comment choisir un modèle
 - Entraîner l'inhibition avec des questions-pièges et divers contextes
 - Utiliser la métaréflexion
 3. Driller l'inhibition par la répétition

ENSEIGNER ET CHERCHER

Potvin (n.d.) – recherche conceptuelle collaborative

- La transposition de résultats de recherche aux classes est difficile et rare (cette présentation ne fera probablement pas exception)
- Nouveau grand projet de recherche au Québec
 - Formation des professeurs au changement conceptuel lors d'une retraite (payée)
 - Les professeurs forment des communautés de recherche sur un sujet
 - Qui font des recherches en changement conceptuel dans leurs classes pendant l'année
 - Puis viennent présenter leurs résultats lors d'un colloque de professeurs en fin d'année (payé)

CONCLUSION

CHANGEMENT CONCEPTUEL, COEXISTENCE & PRÉVALENCE

- Il faut connaître et prendre en compte les conceptions préalables des étudiants (*changement conceptuel*)
- De nombreuses études montrent que les conceptions alternatives et correctes coexistent (*prévalence conceptuelle*)
- Le but de la formation scientifique devrait être la pluralité représentationnelle (*pluralisme*)
- A cette fin, on peut enseigner en
 - Mesurant les conceptions des étudiants
 - Se documentant sur les conceptions courantes
 - Utilisant des sondes conceptuelles
 - Entraînant le contrôle inhibitoire
 - Formant des communautés d'enseignants-chercheurs

RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES

Articles et livres

AAAS Project 2061 (n.d.) [Pilot and field test data collected between 2006 and 2010]. Unpublished raw data. <https://assess.bsccs.org/science/topics>

Bélanger, M., Potvin, P., Horst, S., Shtulman, A., & Mortimer, E. (2022). *Multidisciplinary Perspectives on Representational Pluralism in Human Cognition : Tracing Points of Convergence in Psychology, Science Education, and Philosophy of Science*. Routledge.

Keeley, P., & Cooper, S. (2019). *Uncovering Student Ideas in Physical Science, Volume 3 : 32 New Matter and Energy Formative Assessment Probes*. NSTA Press.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>

Potvin, P. (2013). Proposition for improving the classical models of conceptual change based on neuroeducational evidence : Conceptual prevalence. *Neuroeducation*, 2(1), 16-43. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20130201.16>

Potvin, P., Malenfant-Robichaud, G., Cormier, C., & Masson, S. (2020). Coexistence of Misconceptions and Scientific Conceptions in Chemistry Professors : A Mental Chronometry and fMRI Study. *Frontiers in Education*, 5, 542458. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.542458>

Shtulman, A., & Harrington, K. (2016). Tensions Between Science and Intuition Across the Lifespan. *Topics in Cognitive Science*, 8(1), 118-137. <https://doi.org/10.1111/tops.12174>

Shtulman, A., & Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. *Cognition*, 124(2), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.04.005>

Thouin, M. (2008). *Tester et enrichir sa culture scientifique et technologique*. Editions MultiMondes.

Zaitchik, D., & Solomon, G. E. A. (2008). Animist thinking in the elderly and in patients with Alzheimer's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 25(1), 27-37. <https://doi.org/10.1080/02643290801904059>

Citations (dia 7)

Ausubel, D. P. (1968) *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart and Winston of Canada Ltd.

diSessa, A. A. (2014). A History of Conceptual Change Research : Threads and Fault Lines. In R. K. Sawyer (Éd.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2e éd., p. 88-108). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007>

Autres

Page expliquant les conceptions et le changement conceptuel sur Didac Sciences : <https://didacsciences.be/index.php/home/concepts-didactiques/conceptions-et-obstacles/>

MÊME LES EXPERTS SE TROMPENT!

*L'intérêt du changement conceptuel
dans les enseignements STEAM
dans l'enseignement secondaire*

Vincent Natalis
Université de Liège
Unité de recherche DIDACTIfen
Laboratoire de didactique de la chimie

ADIS
10 septembre 2024

📞 04 366 3335

✉ Vincent.natalis@uliege.be

📄 Téléchargez cette présentation en
scannant le QR code suivant

