



# 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

# 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

---

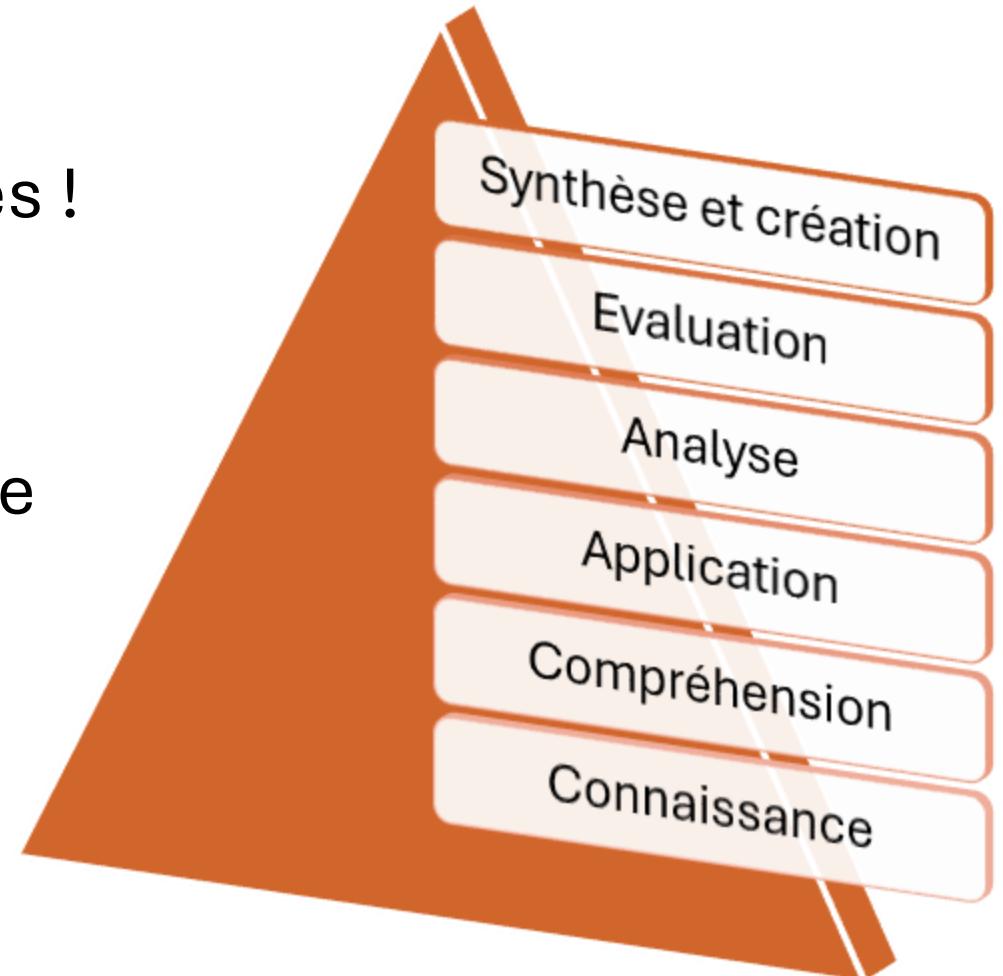
- Pratique indispensable !



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 !

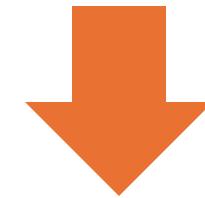
A photograph of a medical setting. In the foreground, a blue and silver stethoscope lies across a white laptop keyboard. The keyboard has black keys with white or yellow text. To the left of the laptop, a portion of a medical history form is visible. The form contains fields for "Present Health" (Excellent, Fair, Poor), "Date medication started", "widowed", "other", "Date quit", "Cups/Day", "BdA", "Cups/Day", "Poor", "lonally", "ad in your visit deaf or hard of hearing?", "Cause of Death", "status", "Deceased", and "Date of E...". A pen is resting on the form. The background is a plain, light-colored wall.

# Elaboration d'un diagnostic

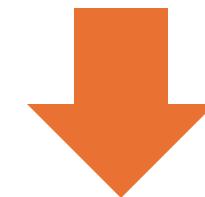
- Collecte d'informations
- Interprétation des signes (symptômes) et des preuves (analyses sanguines, électrocardiogrammes)
- Construction d'hypothèses causales dans un contexte clinique précis.
- Synthèse pour préconiser un traitement

A photograph of a medical setting. In the foreground, a blue and silver stethoscope lies across a white laptop keyboard. The laptop screen is visible above the keyboard. In the lower-left foreground, a portion of a medical history form is visible, showing fields for 'Present Health' (Excellent, Fair, Poor), 'Medication started', 'widowed', 'other', 'Date quit', 'Cups/Day', 'Alcohol', 'Lonely', 'Deceased', and 'Cause of Death'. A pen is resting on the form. The background is a plain, light-colored wall.

# Elaboration d'un diagnostic



Attitude critique et flexible



Connaissances  
procédurales approfondies



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

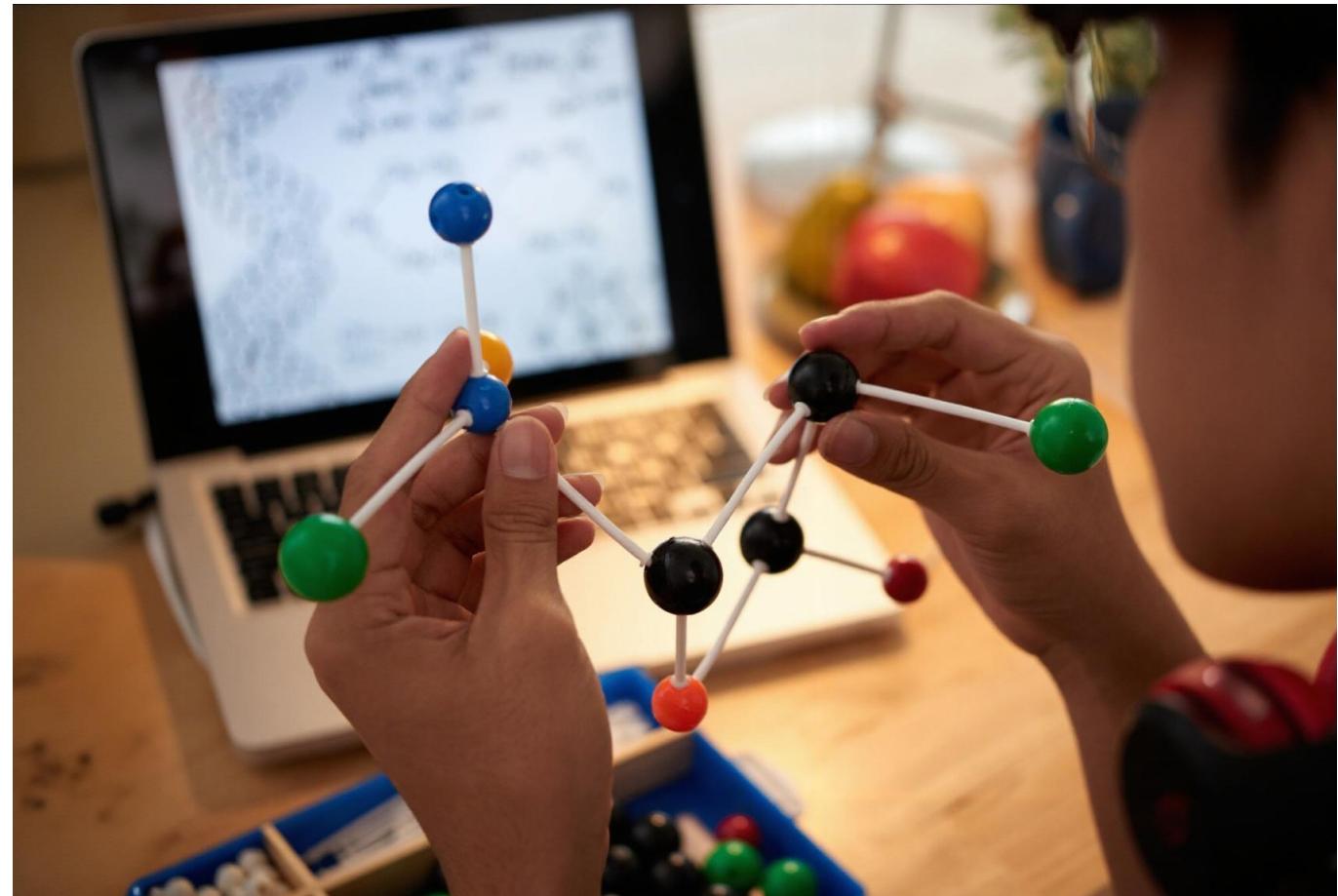
---

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

# Analyse Structurale Moléculaire

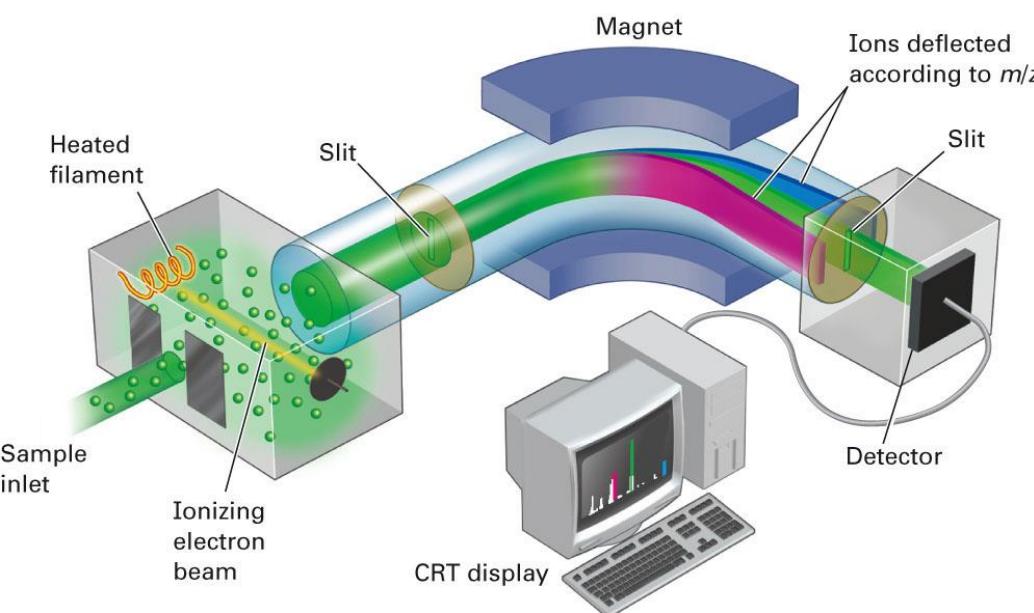
---

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

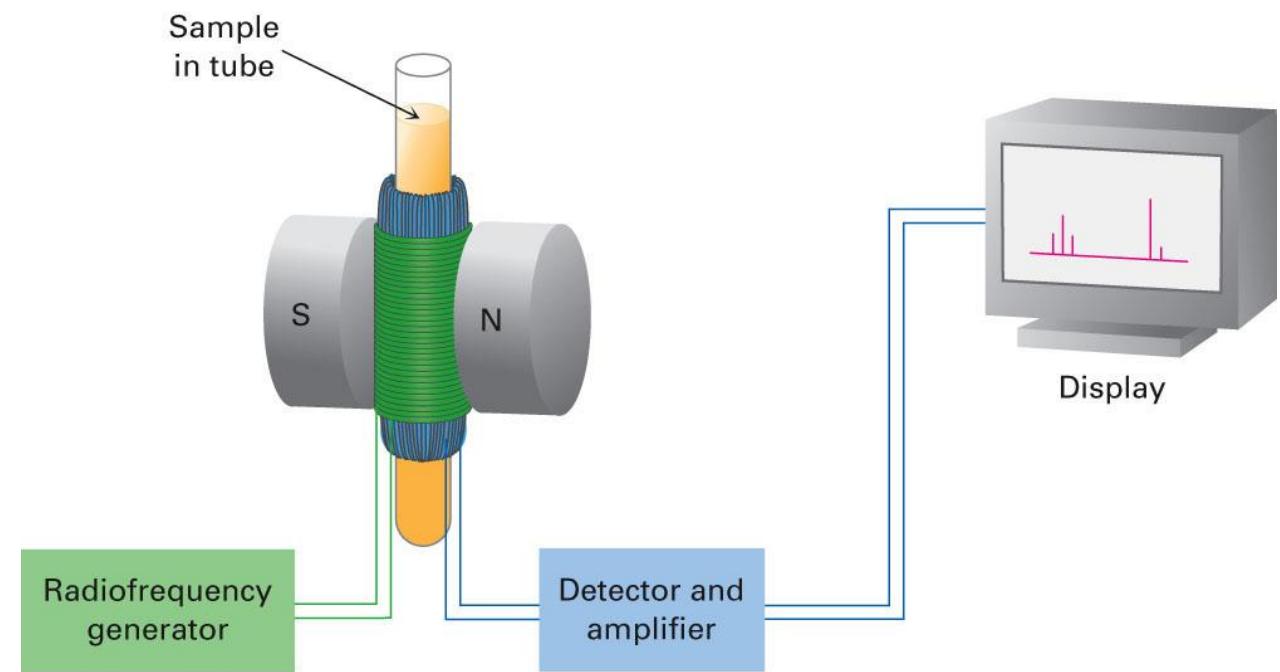


# Interaction d'un échantillon inconnu avec

- un faisceau d'électrons (spectrométrie de masse)



- un rayonnement électromagnétique (RMN)

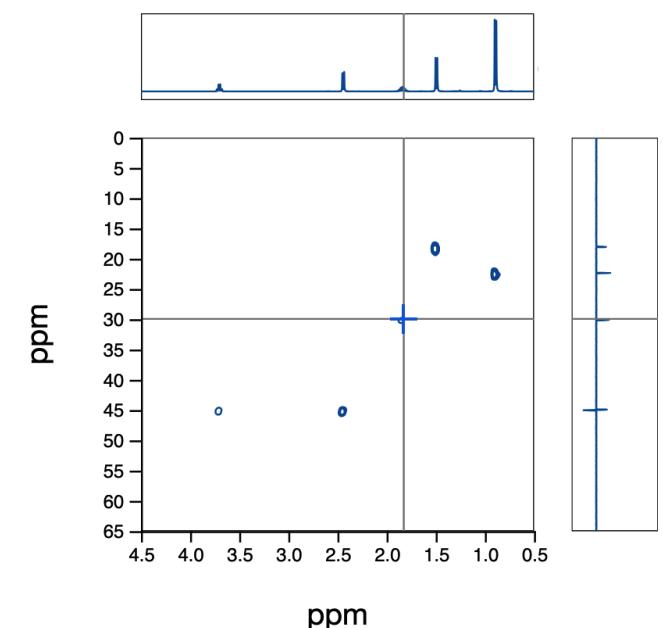
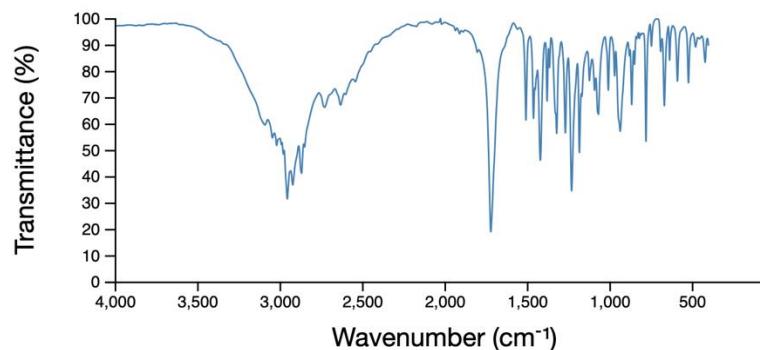
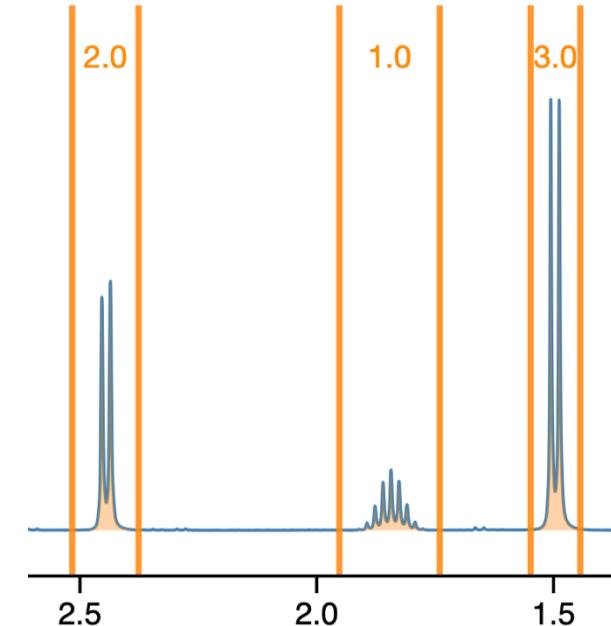
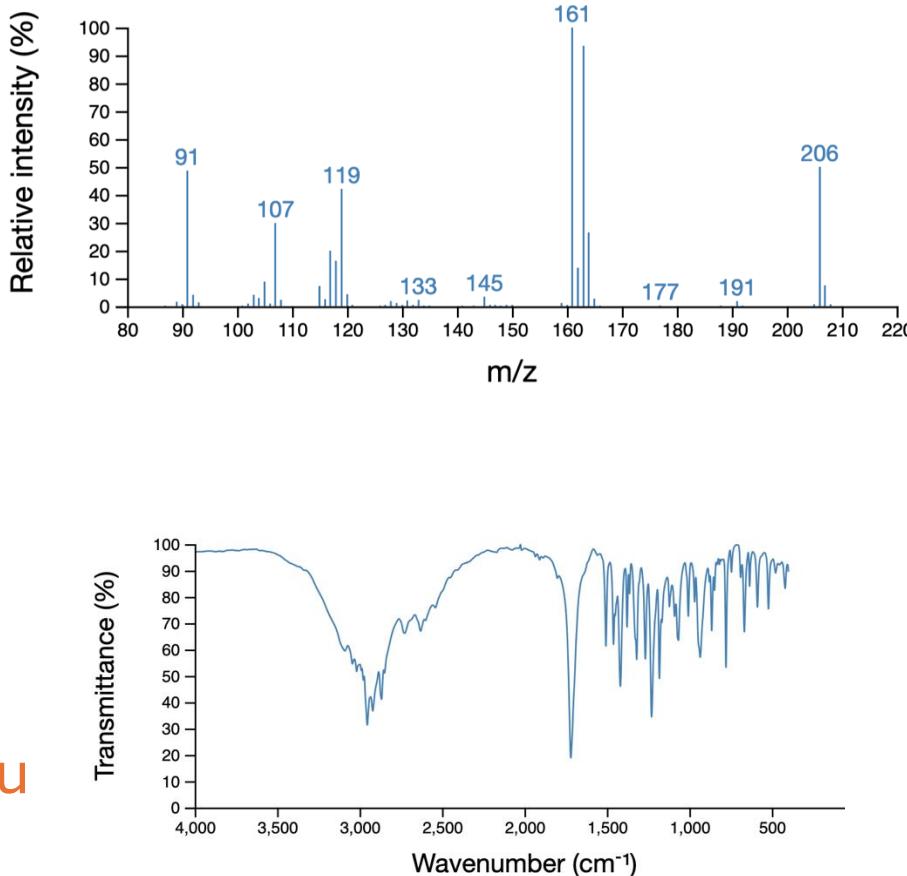


# Résultats ...

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

---



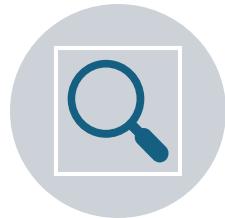
Données sous  
formes d'images  
fixes



Problèmes de  
lisibilité



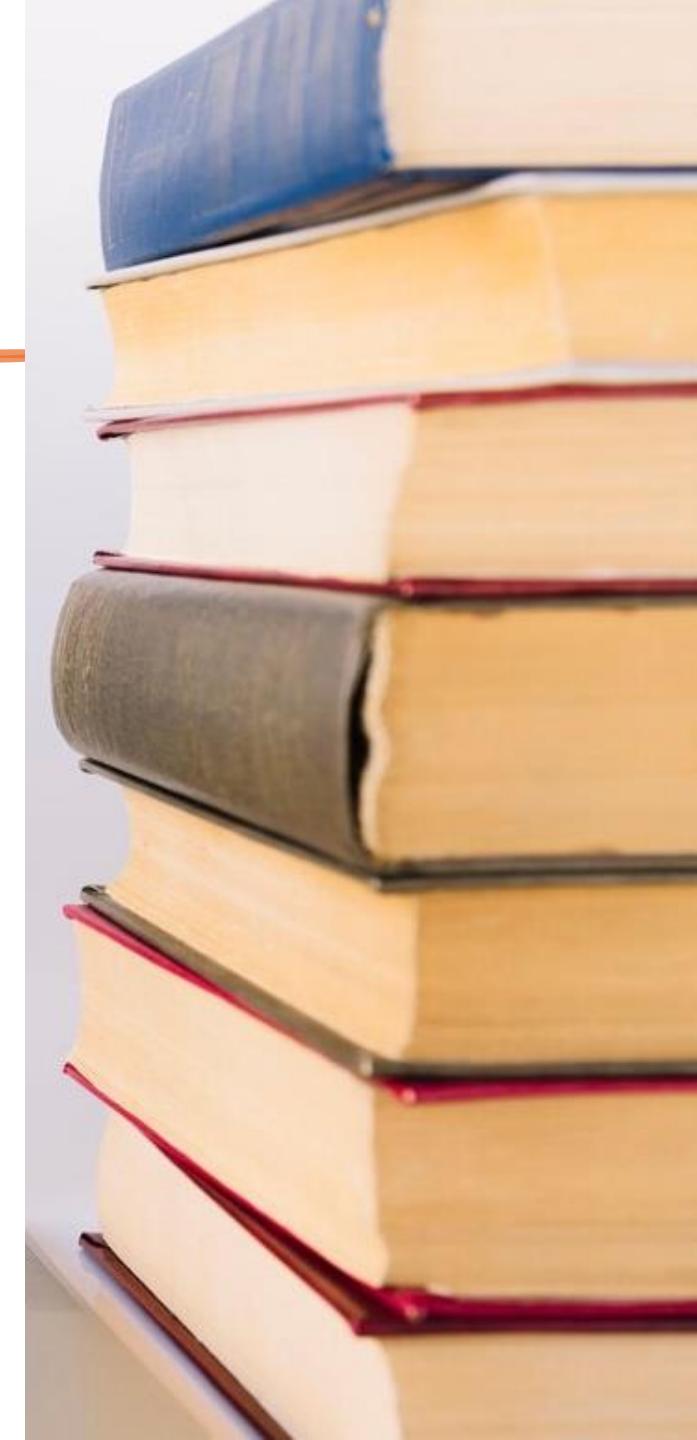
Agrandir certaines  
zones des spectres

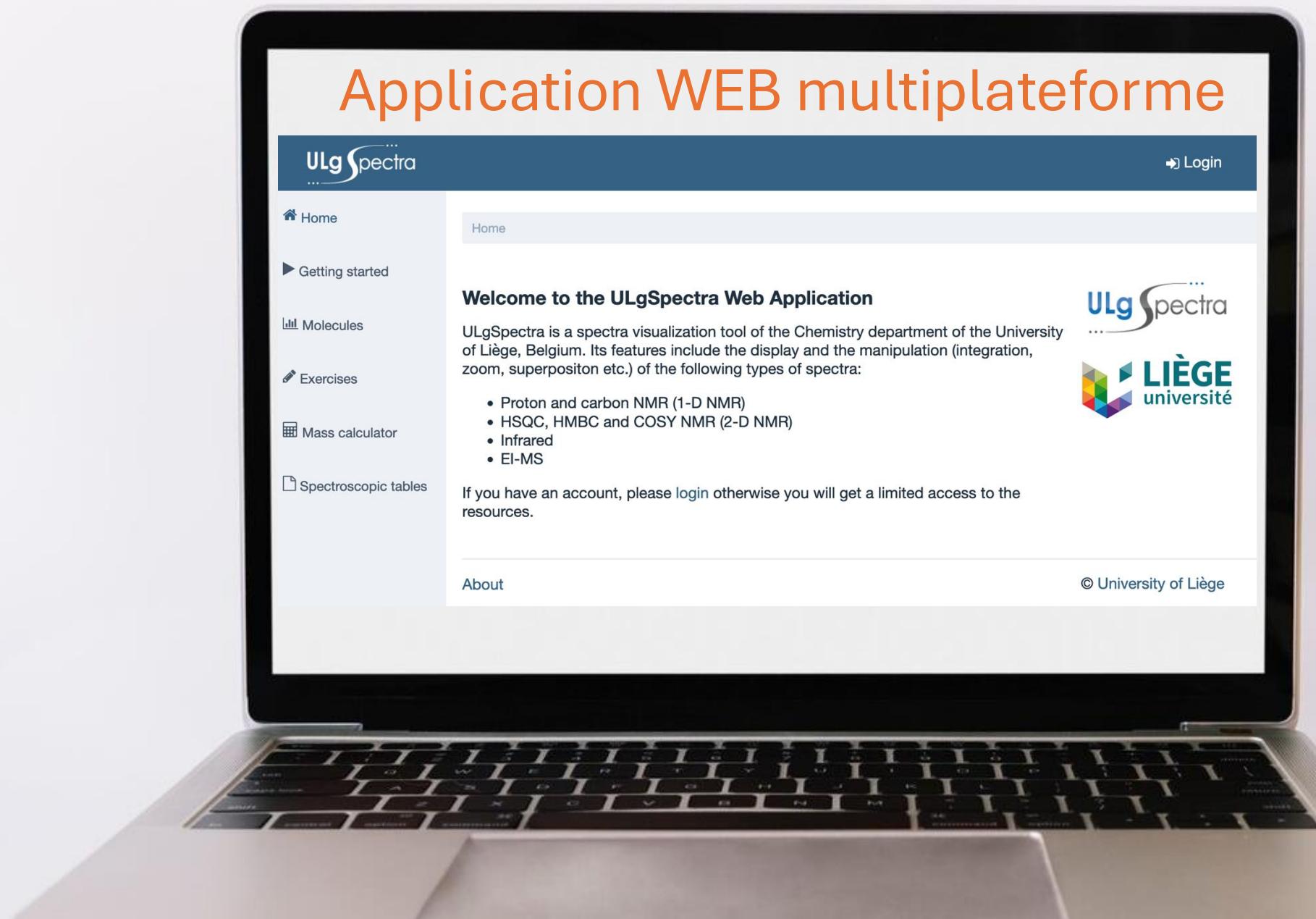


Mise sous la loupe  
d'informations-clés



Tronque les  
premières étapes du  
processus réflexif





# Application WEB multiplateforme



[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, superpositon 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

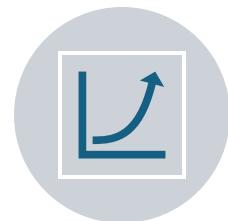
If you have an account, please [login](#) otherwise you will get a limited access to the resources.

[About](#)



© University of Liège

# Nouvelles technologies



Nombre



Variété



Flexibilité

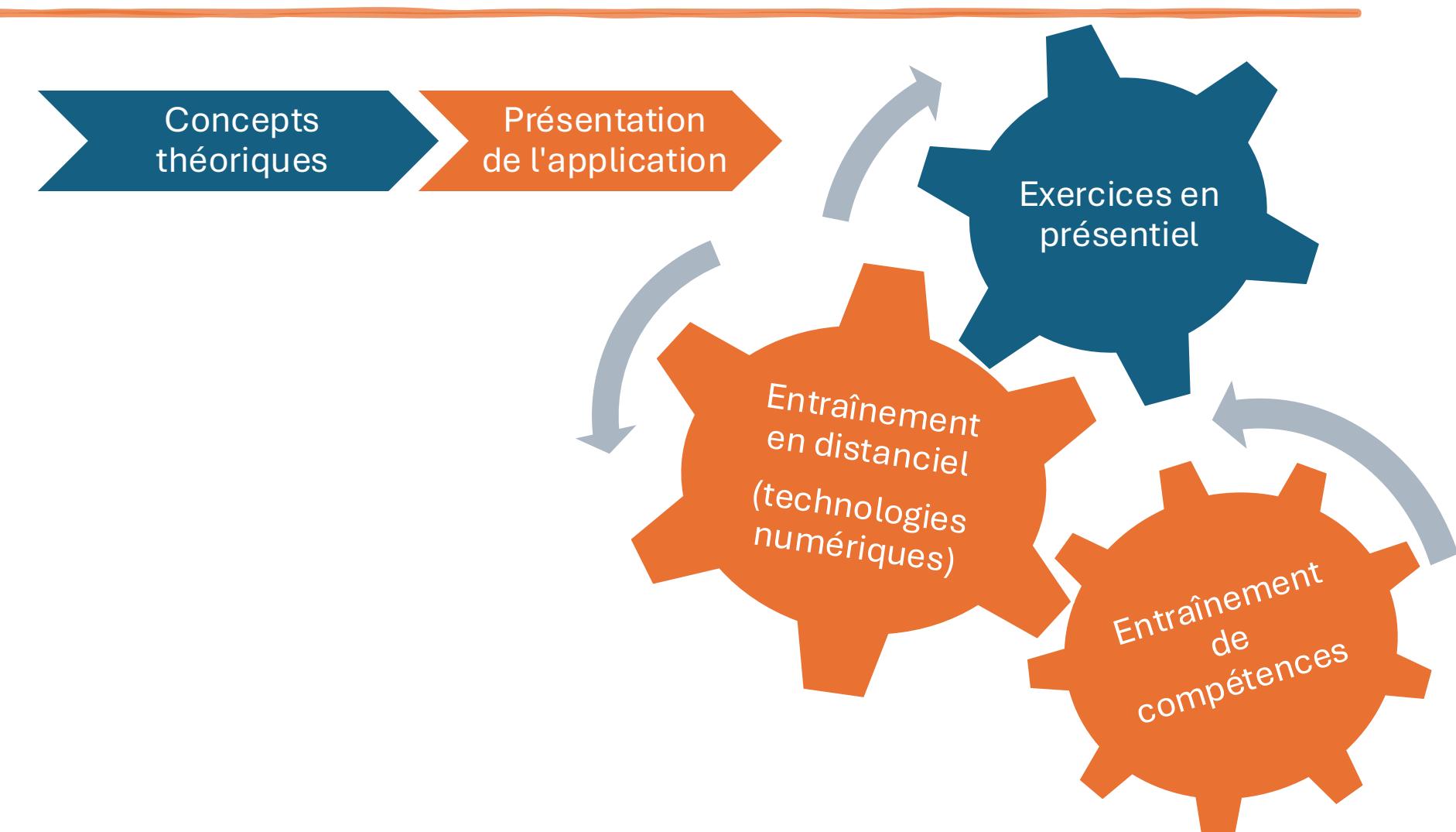


Interactivité



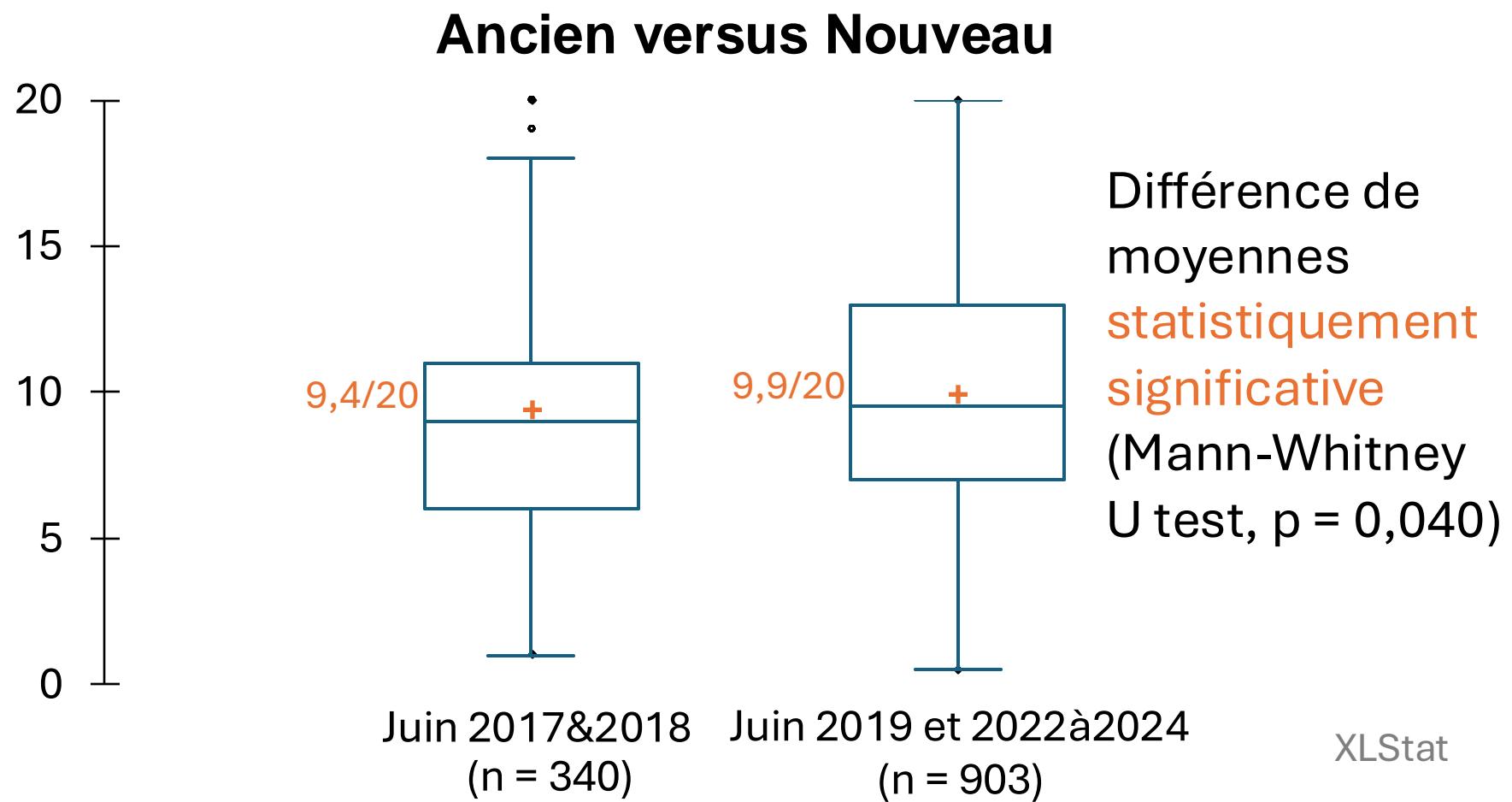
Totalité du  
processus réflexif

# Articulation du nouveau dispositif d'apprentissage



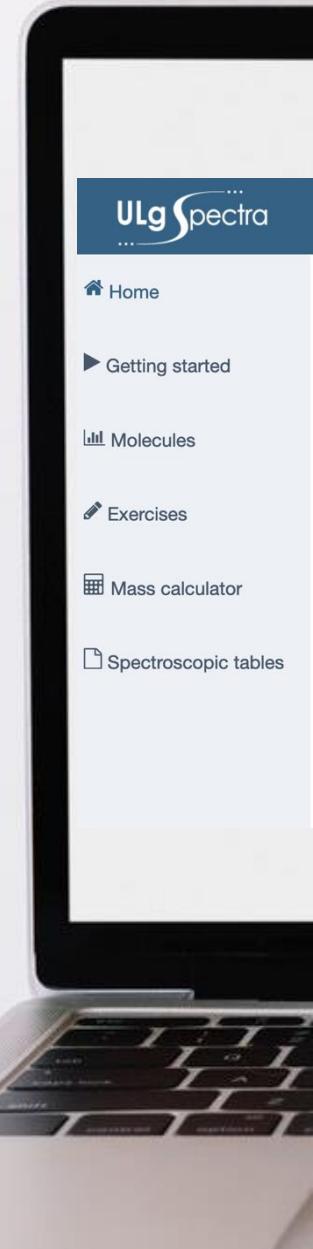
# Quelques chiffres...

## Comparaison des dispositifs d'apprentissages

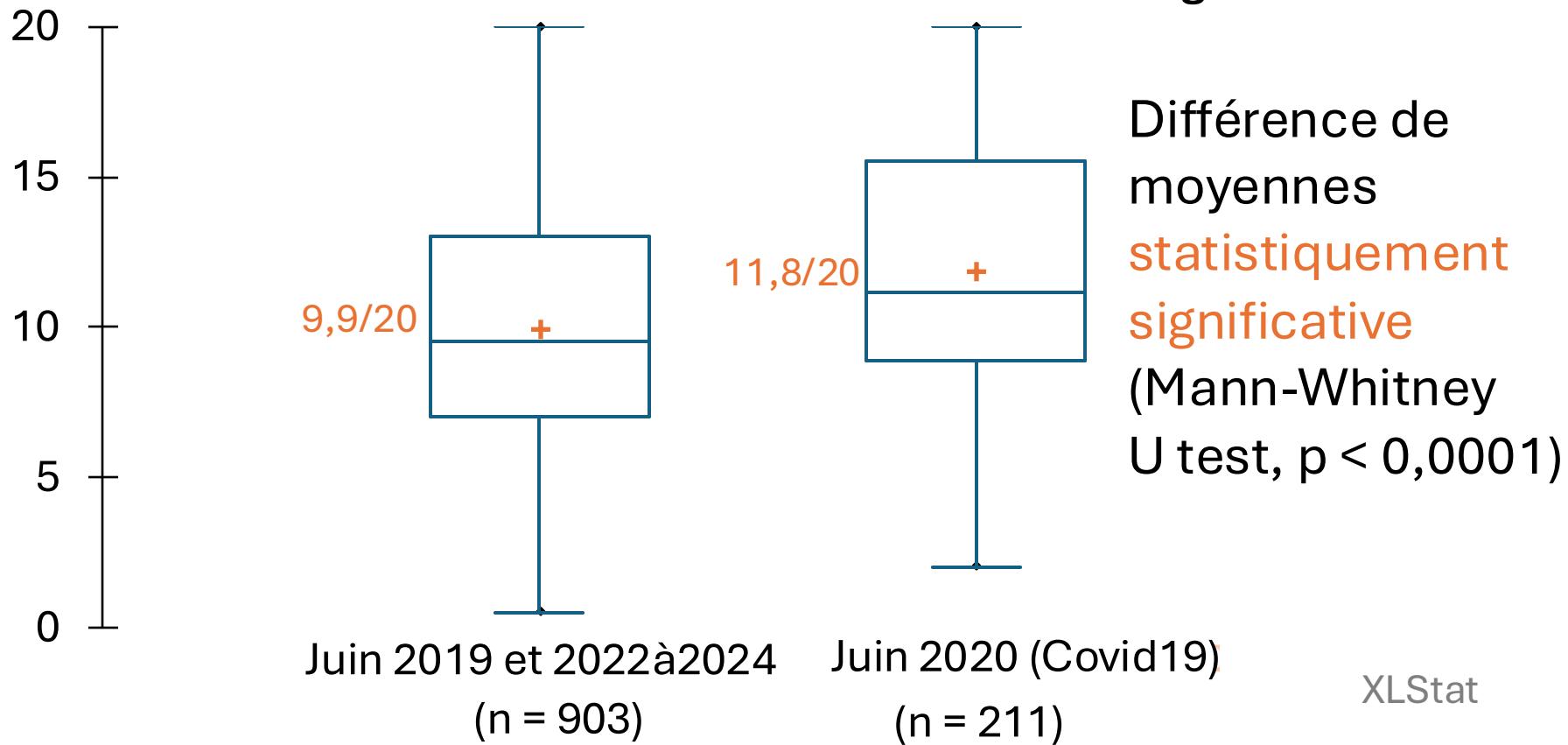


# Quelques chiffres...

## Comparaison des dispositifs d'apprentissages



Et pendant la pandémie ?

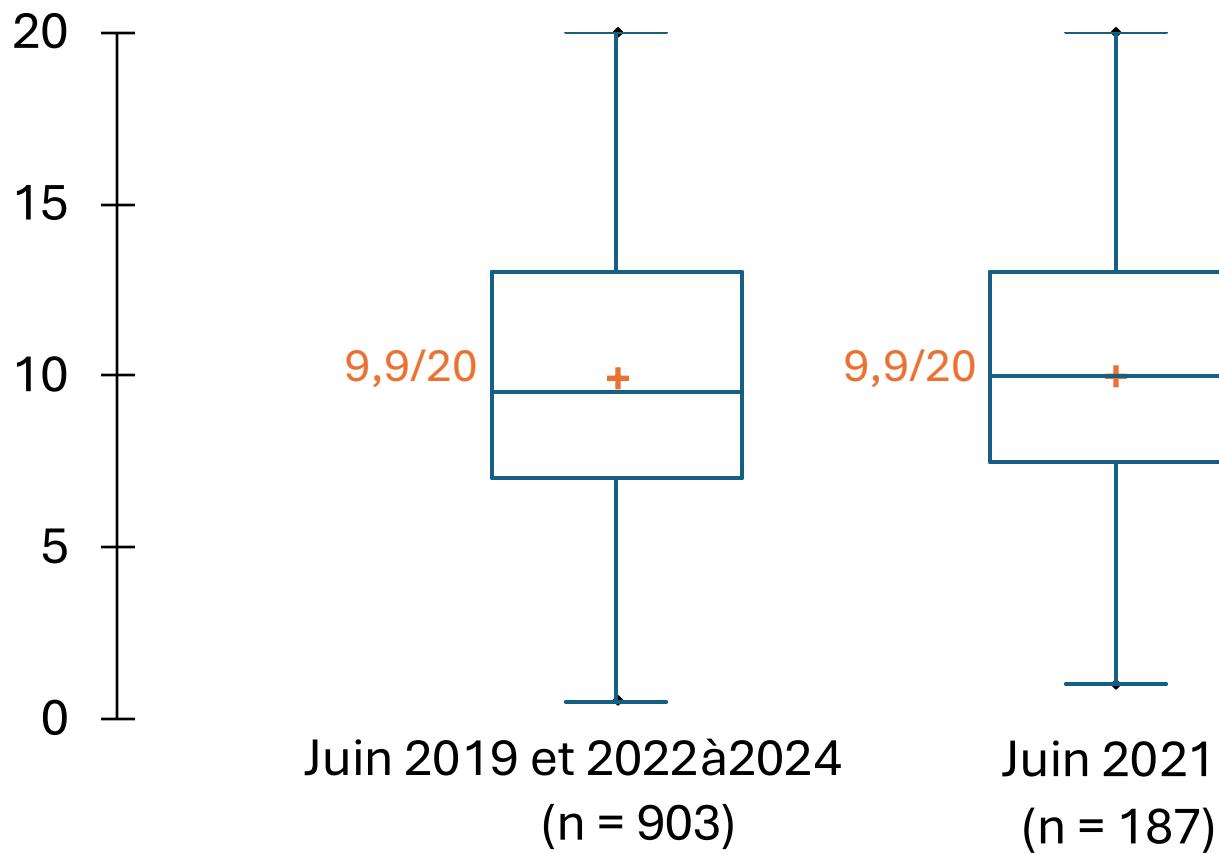


# Quelques chiffres...

## Comparaison des dispositifs d'apprentissages

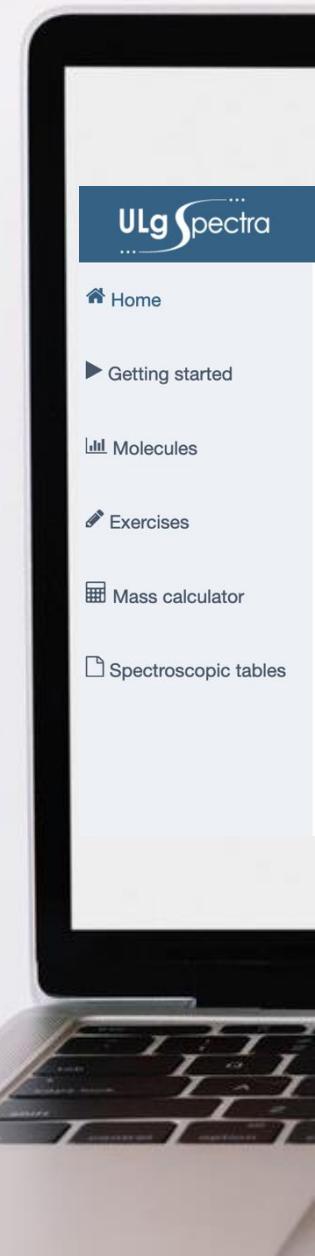


### Cours synchrone en ligne avec interactions enseignant/étudiants Examen en présentiel

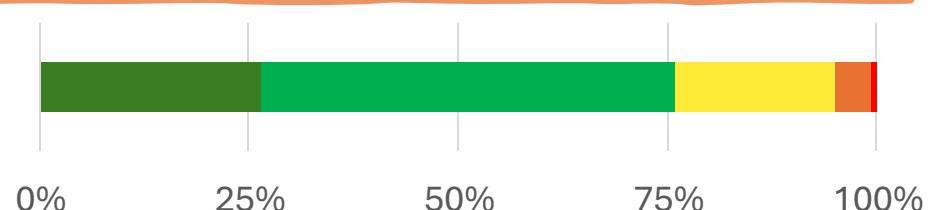


Différence de  
moyennes **NON**  
statistiquement  
significative  
(Mann-Whitney  
U test,  $p = 0,446$ )

# Perception des étudiants

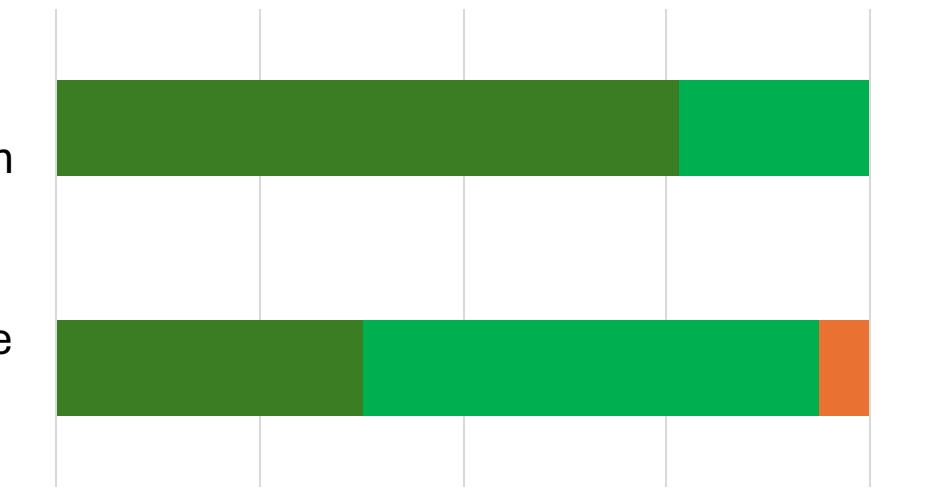


L'utilisation d'ULg Spectra vous semble-t-elle facile ?

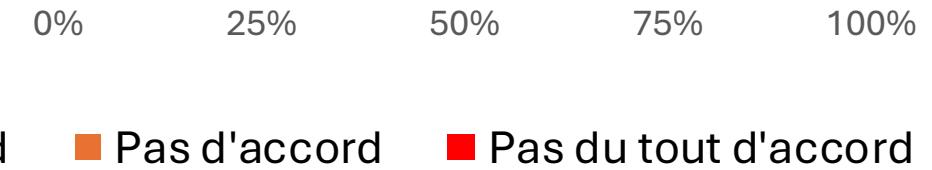


■ Très facile ■ Facile ■ Assez facile ■ Pas facile ■ Pas du tout facile

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

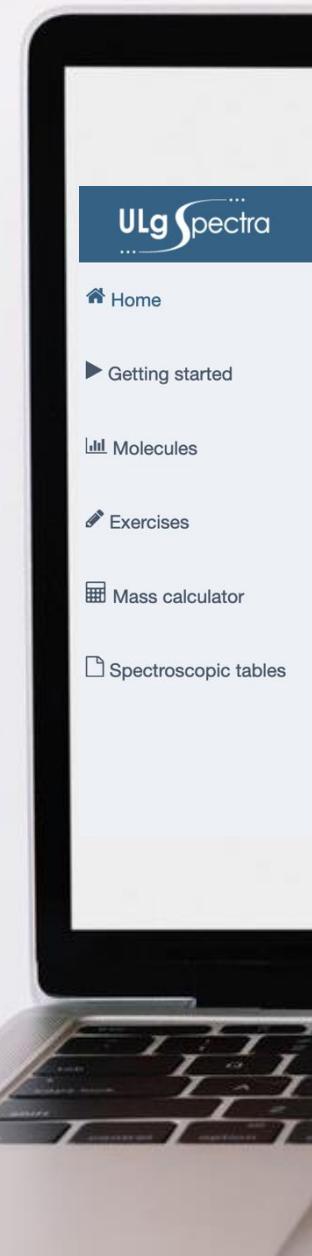


ULg Spectra m'a aidé à apprendre à lire et manipuler les spectres ?



■ 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](mailto:a.agnello@uliege.be)

