

Jeux sérieux en chimie organique : apprendre en s'amusant en licence !

Résumé Les étudiants rencontrent souvent des difficultés avec la chimie organique, ce qui contribue à des taux de décrochage élevés, particulièrement en première année de licence. Pour améliorer la réussite des étudiants, l'intégration de jeux sérieux comme des outils d'enseignement complémentaires est une approche prometteuse. Dans cet article, nous présentons trois jeux sérieux qui peuvent favoriser l'apprentissage de la chimie organique, augmenter la motivation et l'engagement des étudiants, tout en renforçant leur compréhension et la mémorisation des concepts clés tels que la stéréochimie et les réactions. Cette approche vise à enrichir l'expérience éducative des étudiants de licence tout en les aidant à surmonter les défis associés à cette discipline réputée difficile.

Mots-clés Jeux sérieux, ludopédagogie, gamification, apprentissage, chimie organique, licence.

Abstract **Serious games in organic chemistry: learning while having fun in undergraduate studies!**

Students often perceive organic chemistry as a challenging subject, leading to high dropout rates, especially in the first year of undergraduate studies. One viable approach to support student success is to integrate serious games as complementary educational tools. In this paper, we introduce three serious games that can enhance the educational process, increase student motivation and engagement, while reinforcing their understanding and retention of key organic chemistry concepts such as stereochemistry and organic reactions during their undergraduate studies. This approach aims to enrich the learning experience for undergraduate students while helping them overcome the challenges associated with this widely difficult discipline.

Keywords Serious games, edutainment, gamification, learning, organic chemistry, undergraduate degree.

Quel constat et quelle solution possible ?

Les étudiants perçoivent souvent la chimie organique comme une discipline difficile en raison de sa complexité, de ses nombreux concepts abstraits et de la nécessité de comprendre par exemple la stéréochimie et les réactions de chimie organique. Ces facteurs peuvent contribuer à des taux de décrochage élevés, en particulier pendant la première année de licence, lorsque les étudiants sont confrontés pour la première fois à cette branche spécifique de la chimie [1].

Il apparaît donc nécessaire de développer de nouvelles stratégies d'enseignement novatrices et accessibles permettant de faire face à ces problèmes. Pour répondre à ce défi, une approche consiste à incorporer des éléments de jeu dans le processus d'enseignement et d'apprentissage de la chimie. Dans ce contexte, l'intégration de jeux sérieux en chimie offre des perspectives novatrices et prometteuses en tant qu'outils pédagogiques complémentaires [2].

En effet, la ludopédagogie permet des expériences d'apprentissage interactives, captivantes et stimulantes qui contribuent à renforcer la motivation et la participation des étudiants. En plongeant les étudiants dans des scénarios virtuels et des défis, les jeux sérieux peuvent faciliter l'engagement, l'apprentissage actif et la compréhension approfondie des principes de la chimie organique. De plus, ils offrent une plateforme aux étudiants pour appliquer leurs connaissances théoriques dans des contextes pratiques, favorisant le développement des compétences et de la pensée critique [2].

Les avantages des jeux sérieux dans l'apprentissage ?

Les jeux sérieux, lorsqu'ils sont utilisés dans un environnement éducatif dynamique, peuvent apporter plusieurs bénéfices [3] :

- Amélioration de la Motivation : Les jeux sérieux offrent une expérience d'apprentissage ludique et interactive, créant un

environnement où les étudiants sont motivés intrinsèquement à participer. L'aspect ludique des jeux peut transformer l'apprentissage de la chimie organique en une activité plaisante plutôt qu'en un défi ardu.

- Engagement Actif : Les jeux sérieux encouragent l'engagement actif des étudiants. Plutôt que d'absorber passivement des informations, les étudiants deviennent acteurs en devant prendre des décisions, résoudre des problèmes et interagir avec les concepts de chimie organique de manière dynamique, ce qui renforce leur compréhension. L'aspect compétitif, les récompenses virtuelles et les objectifs de jeu peuvent stimuler l'enthousiasme et l'implication des apprenants. De plus, dans le cas de jeux en équipe, l'aspect collaboratif crée une émulation entre les joueurs.

- Réduction de l'Anxiété : Les jeux sérieux offrent souvent un environnement sans risque où les erreurs n'ont pas de conséquences graves. Cela peut contribuer à réduire l'anxiété des étudiants face à la chimie organique, les encourageant à expérimenter et à apprendre de leurs erreurs sans craindre des répercussions négatives.

- Visualisation des Concepts : La chimie organique implique souvent des concepts abstraits tels que les structures moléculaires tridimensionnelles et les mécanismes de réaction. Les jeux sérieux peuvent fournir des représentations visuelles dynamiques de ces concepts, aidant les étudiants à mieux les comprendre.

- Renforcement de Mémorisation : en raison de leur nature interactive et engageante, les jeux sérieux favorisent une meilleure rétention des informations. Les étudiants sont plus susceptibles de se souvenir des concepts clés lorsqu'ils sont présentés de manière ludique et intégrés à des expériences interactives.

- Personnalisation de l'Apprentissage : Certains jeux sérieux peuvent être adaptés au niveau de compétence individuel de chaque étudiant, offrant des défis appropriés en fonction de

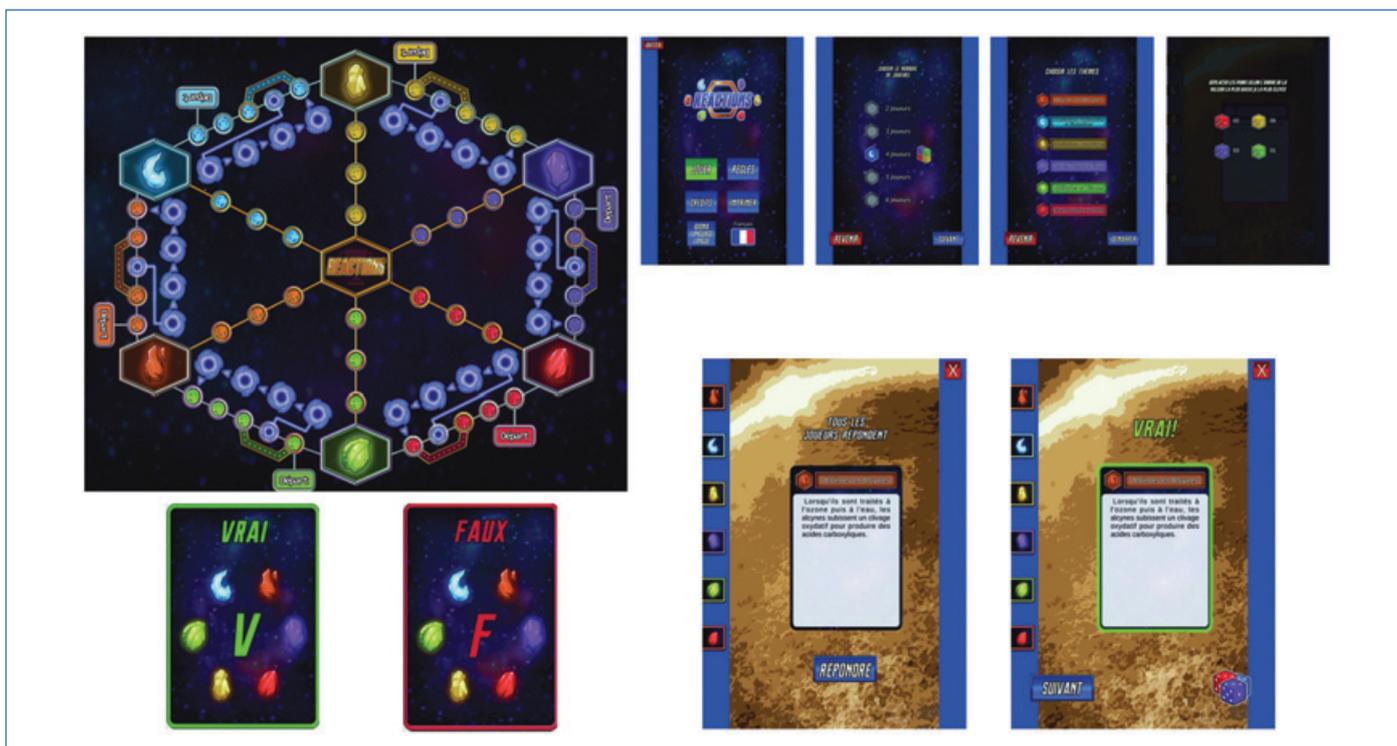


Figure 1 - Plateau, cartes et captures d'écran de l'application du jeu « Reactions ».

leurs besoins spécifiques. Cela permet une personnalisation de l'apprentissage, aidant chaque étudiant à progresser à son propre rythme.

Dans le cadre de l'engagement à développer de nouvelles approches pédagogiques en chimie organique à l'Université de Montpellier et à l'Universidade Federal do Ceará au Brésil, un intérêt particulier a été porté à la conception de jeux hybrides connectés. Ces jeux sont conçus pour servir de ressources complémentaires aux livres [4-6], encourageant ainsi les étudiants à réviser de manière ludique les sujets liés à la stéréochimie et aux réactions chimiques.

« Reactions »

« Reactions » est un jeu hybride constitué d'un plateau de jeu, de cartes et d'une application smartphone [7]. Ce jeu, disponible gratuitement sur la plateforme Google Play Store (voir ⁽¹⁾), est proposé en quatre langues : français, anglais, portugais et espagnol. Son objectif pédagogique est simple : réviser et revoir les réactions de chimie organique. Il peut être utilisé en autonomie ou en classe de travaux dirigés (le temps d'une partie est d'environ 1 h). Le but est de répondre correctement aux questions tirées d'une banque de 600 questions couvrant le programme de chimie organique des niveaux L1 et L2.

L'application smartphone gère tous les aspects mécaniques du jeu, permettant aux joueurs de se concentrer pleinement sur l'expérience de jeu collaboratif. Dès l'ouverture de l'application, les joueurs peuvent : (1) Consulter les règles du jeu. (2) Imprimer les cartes et le plateau de jeu. (3) Choisir la langue.

Le jeu requiert entre 2 et 6 joueurs et ne nécessite qu'un seul smartphone. En démarrant une partie, les joueurs sélectionnent le nombre de participants ainsi que le ou les thèmes à aborder en chimie organique (alcènes – alcynes, substitutions nucléophiles – éliminations, composés aromatiques, alcool

– phénol – éther, aldéhydes – cétones, acides carboxyliques et dérivés). Ensuite, chaque joueur place son pion sur la case correspondant à sa couleur (voir figure 1). La première question est générée aléatoirement. Tous les joueurs répondent simultanément en plaçant une carte « Vrai » (V) ou « Faux » (F) sur la table.

La réponse à la question est ensuite affichée sur l'application. Les joueurs ayant répondu correctement avancent sur le plateau d'un nombre de cases déterminé par le dé de leur couleur (tirage aléatoire réalisé par l'application). Pour rendre le jeu plus ludique, divers avantages et pièges sont présents. Le gagnant est le premier joueur à faire le tour complet du plateau et à rejoindre le centre. Une version en ligne de ce jeu a également été développée permettant de jouer en distanciel [8].

« Stereochemistry »

« Stereochemistry » est un jeu hybride comprenant un plateau de jeu et une application mobile. Il est disponible gratuitement sur la plateforme Google Play Store (voir ⁽²⁾) et proposé en quatre langues : français, anglais, portugais et italien [9]. L'objectif de ce jeu est de revoir et de réviser les concepts de base de la stéréochimie organique, avec pour but de remporter une course sur un parcours similaire au jeu de l'oie en répondant à des questions tirées d'une banque de 400 questions couvrant le programme de stéréochimie des niveaux L1 et L2. Ces questions sont classées en quatre groupes : (1) définir une configuration absolue *R* ou *S*, *Z* ou *E*, (2) déterminer si un composé est chiral ou non, (3) établir une relation d'isomérisation entre deux composés, (4) répondre à une affirmation par vrai ou faux.

L'application smartphone prend en charge tous les aspects mécaniques du jeu. Dès son ouverture, les joueurs ont accès aux fonctionnalités suivantes : (1) Consultation des règles du jeu. (2) Impression des cartes et du plateau de jeu. (3) Sélection de la langue.

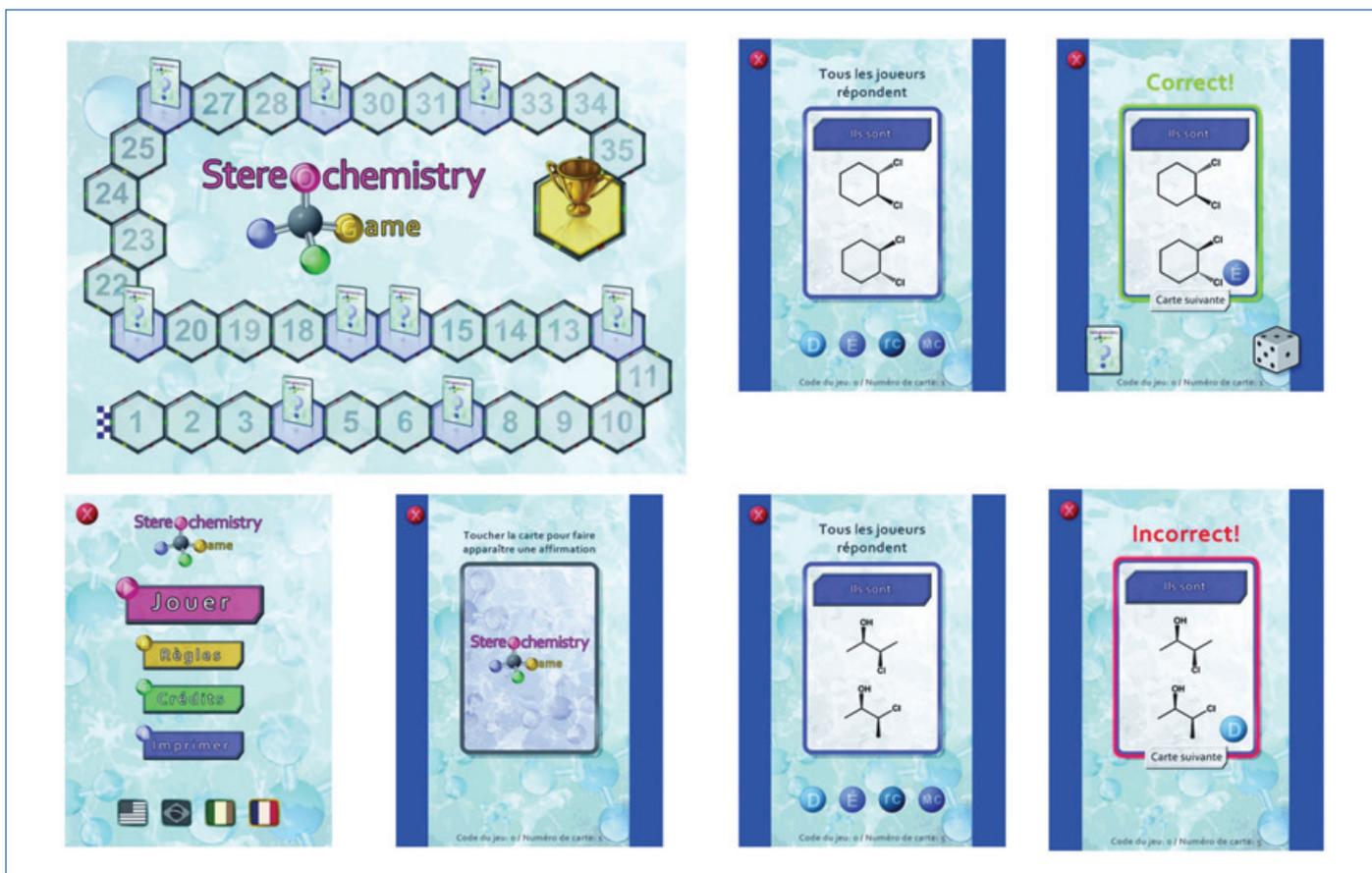


Figure 2 - Plateau et Captures d'écran de l'application du jeu « Stereochemistry ».

Le nombre de joueur peut varier de 2 à 5 et nécessite un smartphone par joueur. Pour démarrer, chaque joueur doit saisir le même code pour synchroniser la partie avec tous les participants. Ensuite, l'application génère une carte. Tous les joueurs répondent simultanément sur leur propre smartphone, puis vérifient si la réponse est correcte ou non. En cas de réponse incorrecte, l'application informe le joueur de son erreur et révèle la réponse correcte, sans progression sur le plateau de jeu. En revanche, en cas de réponse correcte, le joueur clique sur le dé pour avancer sur le plateau selon la valeur obtenue. Si un joueur atteint une case « Chance », il doit cliquer sur la carte « Chance ». L'application génère alors une commande telle que « avancer », « reculer de x cases », « retour au départ », etc... Le gagnant est le premier joueur à atteindre la case d'arrivée, avec une durée de jeu d'environ 40 minutes.

Ce jeu a été étendu à une utilisation en ligne grâce à la plateforme gratuite Playing Cards Virtual Tabletop (<https://playing-cards.io>) [10]. Cette plateforme permet de créer des jeux en ligne en adaptant des classiques à des jeux pédagogiques, offrant ainsi aux étudiants la possibilité de jouer en autonomie, même à distance.

« Chem'Sc@pe »

« Chem'Sc@pe » est un jeu d'évasion (en anglais : *escape game*) portant sur des notions de chimie organique abordées en première année de licence [11]. Il s'inscrit dans une démarche pédagogique originale et innovante, complémentaire à l'enseignement présentiel existant. Ses objectifs sont de rendre la chimie organique plus accessible et ludique auprès des étudiants, faciliter les apprentissages, et favoriser l'intelligence collective.

Ce jeu hybride, disponible en version française et anglaise, comprend une application sur une tablette Android, un plateau représentant les 6 pièces d'un laboratoire de chimie, 30 cartes thématiques avec des énigmes à résoudre, et divers objets à manipuler tels que des modèles moléculaires et des puzzles (figure 3).

L'activité se déroule en quatre phases distinctes : (1) présentation des règles du jeu par l'enseignant, (2) déroulement du jeu en moins de 60 minutes, (3) débriefing et (4) évaluation individuelle du jeu par les élèves.

Les étudiants, répartis en équipes de 3 ou 4, doivent résoudre dans le temps imparti des énigmes liées à des notions abordées en cours et TD, telles que l'identification de groupes fonctionnels, la nomenclature organique, l'hybridation et la stéréochimie. Des questions portent également sur la chimie expérimentale (règles de sécurité au laboratoire, calcul de rendement, techniques expérimentales). Le jeu de cartes est divisé en plusieurs catégories de questions : « Calcul », « Exercices », « Manipulation » et « Questions à choix multiples » (figure 4). Des cartes « histoire » proposant une courte biographie de chimistes célèbres ont également été incluses dans le jeu afin de promouvoir la culture scientifique.

L'application Chem'Sc@pe, développée par 3 étudiants du Master Informatique de la Faculté des Sciences, guide les joueurs tout au long de la partie (figure 4). Un minuteur avec un compte à rebours de 60 minutes est affiché en haut de l'écran, tandis que 4 icônes sont disponibles en bas de l'écran : un bouton pause, une loupe pour accéder aux indices, une bombe pour les pénalités, un haut-parleur pour activer/désactiver le son. Les joueurs saisissent leurs réponses (codes à 4 chiffres) via l'interface tactile. Chaque bonne réponse permet d'accéder à d'autres niveaux de l'application et de progresser dans le jeu.



Figure 3 - Eléments du jeu Chem'Sc@pe et recto-verso du plateau du jeu.



Figure 4 - Exemples de cartes et captures d'écran de la tablette.

Il est important de souligner que l'enseignant joue un rôle essentiel lors d'une session de jeu (impliquant au maximum 4 équipes en parallèle), en conseillant les étudiants et en les stimulant pour terminer le jeu dans le délai imparti.

Comment ont été évalués ces jeux ?

Au niveau des étudiants deux méthodes d'évaluation ont été utilisées :

- **Une perception de l'activité** a été réalisée sous la forme une enquête d'une quinzaine de questions et pour lesquelles les étudiants répondent sur les cinq domaines d'intérêt du jeu (conception, contenu, jouabilité, utilité, aspect hybride) en utilisant réponses basées sur une échelle de Likert (totale-ment en désaccord ; désaccord ; peut-être ; d'accord ; forte-ment d'accord). De façon générale sur les trois jeux, toutes les évaluations ont montré des niveaux élevés d'accord

(« d'accord » et « tout à fait d'accord ») sur les avantages du jeu, allant au-delà des 70 % des personnes interrogées.

- **L'aptitude à l'utilisation du jeu** (ou utilisabilité du jeu) qui consiste à évaluer la facilité d'utilisation du jeu par l'étudiant lui permettant d'atteindre ses objectifs de manière efficace et satisfaisante. L'utilisabilité est évaluée en utilisant l'échelle SUS (System Usability Score, voir ⁽³⁾) consistant à répondre à 10 questions en utilisant réponses basées sur une échelle de Likert. Avec un SUS score > 80 ces trois jeux ont été évalués entre bons et excellents [7-11].

Au niveau des enseignants, une **analyse SWOT** (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) a été réalisée permettant de mettre en évidence les forces en tant qu'outils d'apprentissage engageants, tout en identifiant les faiblesses qui pourraient entraver leur efficacité dans la transmission des connaissances. En outre, des inquiétudes ont été exprimées quant à l'acceptation et à la motivation des élèves, ainsi que

de certains enseignants, à adopter et à intégrer les jeux sérieux dans leur pratique d'apprentissage.

Pour résumer, les jeux sérieux en chimie organique représentent des outils didactiques complémentaires très appréciés par les étudiants. Ils offrent une alternative innovante aux travaux dirigés traditionnels, en proposant une approche ludique et interactive pour la résolution d'exercices. En renforçant la motivation et l'interaction entre les étudiants, ces jeux favorisent un engagement accru dans le processus d'apprentissage, tout en renforçant l'autonomie des étudiants. De plus, leur caractère divertissant rend l'expérience d'enseignement et d'apprentissage plus plaisante et attractive, tout en contribuant efficacement à la consolidation des connaissances en chimie organique.

Nous remercions l'ensemble des collègues et étudiants de l'Université de Montpellier et de l'Universidade Federal do Ceará (Brésil) pour leur participation à l'évaluation de ces trois jeux. Nous remercions également l'Université de Montpellier pour le soutien financier du projet CHEM'SC@PE via le programme I-site MUSE (AAP Montpellier Université d'Excellence, Take-Off #2).

(1) <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.LDSE.reactions&gl=FR>

(2) <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.LDSE.hsg400&gl=FR>

(3) <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>

[1] J.N. da Silva Júnior, G. de Lima Castro, A.J. Melo Leite Junior, A. Jalles Monteiro, F. Serra Oliveira Alexandre, Gamification of an Entire Introductory Organic Chemistry Course: A Strategy to Enhance the Students' Engagement, *J. Chem. Educ.*, **2022**, 99, p. 678-687, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00766>

[2] E. Byusa, E. Kampire, A. Rwekaza Mwesigye, Game-based learning approach on students' motivation and understanding of chemistry concepts: A systematic review of literature, *Heliyon*, **2022**, 8, e09541, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09541>

[3] T.W. Stringfield, E.F. Kramer, Benefits of a Game-Based Review Module in Chemistry Courses for Nonmajors, *J. Chem. Educ.*, **2014**, 91, p. 56-58, <https://doi.org/10.1021/ed300678f>

[4] S. Perrio, B. Roy, J-Y. Winum, *Chimie 2nd Ed.*, Editions Dunod, **2021**.

[5] S. Perrio, B. Roy, J-Y. Winum, *Chimie L1 – Je me trompe donc j'apprends*, Editions Dunod, **2020**.

[6] I. Bonnamour, J.S. Filho, F. Lemoigno, N. Perol, J-Y. Winum, *Mémo visuel de chimie générale – 2nd Ed.*, Editions Dunod, **2022**.

[7] J.N. da Silva Júnior, M. A. Sousa Lima, U. Silva De Sousa, D. Macedo Do Nascimento, A.J. Melo Leite Junior, K. Benedetti Vega, B. Roy, J-Y. Winum, Reactions: An Innovative and Fun Hybrid Game to Engage the Students Reviewing Organic Reactions in the Classroom, *J. Chem. Educ.*, **2020**, 97, p. 749-753, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01020>

[8] J.N. da Silva Júnior, M.A. Sousa Lima, U. Silva De Sousa, D. Macedo Do Nascimento, A.J. Melo Leite Junior, K. Benedetti Vega, B. Roy, J-Y. Winum, Addition to "Reactions: An Innovative and Fun Hybrid Game to Engage the Students Reviewing Organic Reactions in the Classroom": Using the Game Remotely during the COVID-19 Pandemic, *J. Chem. Educ.*, **2021**, 98, p. 2735-2737, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00669>

[9] J.N. da Silva Júnior, A.J. Melo Leite Junior, J-Y. Winum, A. Basso, U. Silva de Sousa, D. Macedo do Nascimento, S. Moura Alves, HSG400 – Design, implementation, and evaluation of a hybrid board game for aiding chemistry and chemical engineering students in the review of stereochemistry during and after the COVID-19 pandemic, *Educ. Chem. Eng.*, **2021**, 36, p. 90-99, <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.04.004>

[10] J.N. da Silva Júnior, D.E. de Andrade Uchoa, M.A. Sousa Lima, A. Jalles Monteiro, A.J. Melo Leite Junior, J-Y. Winum, Stereochemistry Game: Creating and Playing a Fun Board Game To Engage Students in Reviewing Stereochemistry Concepts. The Online Version, *J. Chem. Educ.*, **2021**, 98, p. 3055-3057, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00708>

[11] B. Roy, S. Gasca, J-Y. Winum, Chem'Sc@pe: an Organic Chemistry Learning Digital Escape Game, *J. Chem. Educ.*, **2023**, 100, p. 1382-139, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01105>

Jean-Yves WINUM^{1*}, professeur des Universités, **Béatrice ROY¹**, professeure des Universités, **José Nunes da SILVA JÚNIOR²**, professeur des Universités.



J-Y. Winum

Jean-Yves WINUM à reçu le prix de la Division Enseignement Formation – SCF 2023.

¹Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Montpellier, 34095 Montpellier, France. Pôle Chimie Balard Recherche, IBMM – UMR 5247, 1919, route de Mende, 34293 MONTPELLIER cedex 5, France.

²Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60451-970 Fortaleza-CE, Brasil.

*jean-yves.winum@umontpellier.fr

Site de ressources en Chimie pour les enseignants

Thèmes en lien avec les **PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT**
Contenu validé par des **CHERCHEURS**

Articles, Vidéos, Diaporamas
AGENDA, ACTUALITÉS
événements, conférences, parutions scientifiques...

<http://culturesciences.chimie.ens.fr>