

Résumé

GeoGebra est un logiciel interactif contenant une multitude d'outils mathématiques dont l'utilisation en chimie est limitée (Hohenwarter et al., 2007). Or, nous avons remarqué qu'une grande difficulté au collégial est de visualiser et d'expliquer l'effet de la modification des paramètres des équations chimiques. Ainsi, notre objectif était de déterminer si les ressources que nous avons créées sur GeoGebra aidaient les étudiant(e)s à mieux comprendre certains concepts. À cet effet, nous avons utilisé GeoGebra pour tracer le graphique d'équations mathématiques utilisées en chimie et permettre aux étudiant(e)s de modifier leurs paramètres, ainsi que pour représenter d'autres concepts, comme les modèles atomiques. Ensuite, nous avons soumis des étudiant(e)s du collégial à un questionnaire de chimie sans l'aide de GeoGebra, puis à un autre questionnaire similaire avec l'aide de GeoGebra. Des résultats préliminaires provenant de 6 participants indiquent que GeoGebra améliore la performance des étudiant(e)s, qui ont eu une note moyenne de (77±14)% par rapport à (53±21)% sans l'aide du logiciel. Un test de Student a montré que la différence était statistiquement significative. Cependant, même si certaines équations gagnaient à être visualisées sur GeoGebra, d'autres étaient trop simples ou reposaient sur la mémoire des étudiant(e)s, diminuant l'impact de l'outil. Nous avons donc établi une liste d'équations pour lesquelles GeoGebra peut être utile à la compréhension.

Introduction

- Un manuel de chimie typique contient des images, mais il est plus rare d'y trouver des graphiques interactifs. Par exemple, pensons à l'équation d'Arrhenius (Atkins et al., 2017) :

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

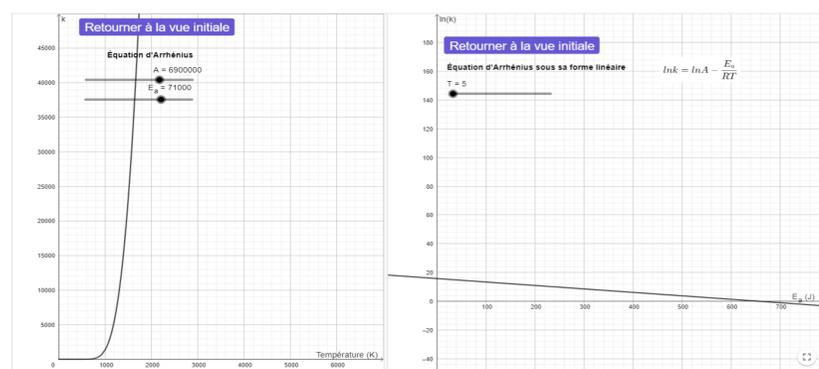


Figure 1. Projet GeoGebra de l'équation d'Arrhénius

Elle comprend un signe négatif et une fraction en exposant, rendant difficile l'évaluation de l'effet de la température. Une étude a d'ailleurs montré que les étudiants ont plus tendance à penser de manière algébrique que conceptuelle (3).

Méthode

- GeoGebra a été utilisé parce que c'est un logiciel web gratuit, facile à comprendre, avec lequel il est simple de créer des ressources, le rendant très accessible pour les étudiant(e)s.
- GeoGebra contient un outil de calculatrice graphique qui a été utilisé pour créer plus de 14 projets. Voici une liste de plusieurs projets créés :
 - **Constante d'acidité, principe d'incertitude d'Heisenberg, loi des gaz parfaits, vitesse en fonction de la concentration, équations de Gibbs, modèle de Bohr, distribution de Maxwell-Boltzmann, équation de Henderson-Hasselbalch, Équation d'Arrhénius...**
- Certains projets ont permis d'explorer d'autres moyens d'utiliser la plateforme. Par exemple, un outil de calcul a été réalisé, permettant aux étudiant(e)s d'entrer des valeurs de concentration d'un réactif selon le temps, et l'outil calcule le coefficient de détermination automatiquement selon l'ordre de la réaction sélectionné (voir figure 2).
- Afin de déterminer si les projets permettent aux étudiant(e)s de mieux comprendre les équations, ils ont dû répondre à deux questionnaires de 12 questions. Ces deux questionnaires étaient pratiquement identiques, à l'exception des valeurs qui changeaient d'un questionnaire à l'autre, et les étudiant(e)s devaient répondre à un questionnaire sans l'aide de GeoGebra et l'autre avec l'aide de GeoGebra. Ils n'avaient pas droit à d'autres ressources extérieures excepté une feuille de formule et possédaient tous les connaissances nécessaires en chimie.

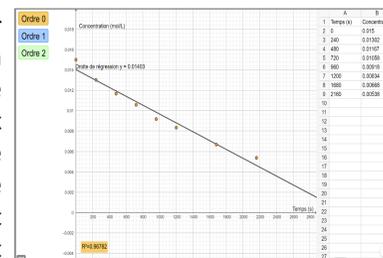


Figure 2. Projet GeoGebra de la détermination de l'ordre de réaction (1 réactif).

Résultats

La figure 3 montre que la note moyenne sans accès à Geogebra était de (53±21)% alors qu'avec Geogebra, la note moyenne était plus élevée, soit de (77±14)%. En conduisant un test de Student bilatéral apparié, on trouve $p = 0,0035$ ($n = 6$). Ainsi, il y a une différence statistiquement significative lorsqu'un(e) étudiant(e) a accès à Geogebra dans sa performance à des exercices de chimie. Cependant, en observant la figure 4, on remarque que cette différence varie énormément d'un type de question à un autre.

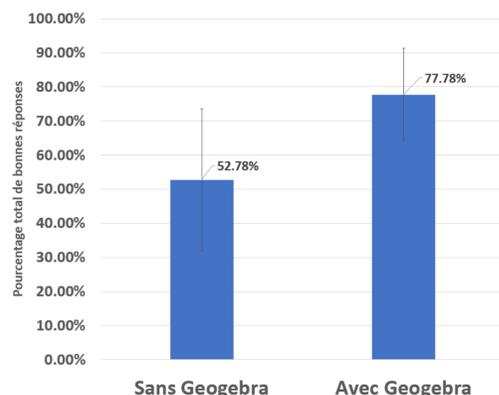


Figure 3. Pourcentage total de questions réussies sur l'ensemble du questionnaire sans et avec GeoGebra. Les barres d'erreurs correspondent aux écarts-types.

Discussion

Nous analyserons les avantages et inconvénients de GeoGebra pour différents types de questions afin de mieux cibler son utilisation :

- **Élimine les erreurs d'inattention** : Pour la question 1, certains étudiants sans GeoGebra identifiaient parfois correctement à quelle température $\Delta G=0$, mais avaient du mal à dire si la réaction devient spontanée au-dessus ou en dessous de cette température. La question 9 sur les transitions électroniques permet d'effectuer la même observation.
- **Améliore la visualisation en 3D** : La question 7 a connu la plus grande amélioration avec l'utilisation de GeoGebra, car les élèves ont des difficultés à visualiser le nombre de lobes d'une orbitale dans leur tête, mais avec GeoGebra, la question devient presque triviale. Une étude a montré que les étudiant(e)s éprouvent souvent de la difficulté à comprendre les notions de nuage électronique (Cheng et al., 2009).
- **Améliore la compréhension des équations plus complexes** : La question 8 voit également une énorme amélioration avec GeoGebra, ce qui indique que l'équation d'Arrhenius est effectivement difficile sans support visuel.
- **N'élimine pas les erreurs de lecture** : La question 3 a été mieux réussie sans GeoGebra qu'avec GeoGebra, car la difficulté reposait dans l'interprétation correcte de la question.
- **Complexification d'une tâche simple** : Pour la question 10, les étudiants ont fait remarquer que le fichier Geogebra pour déterminer l'ordre d'une réaction était plus difficile à utiliser que de faire la tâche à la main.

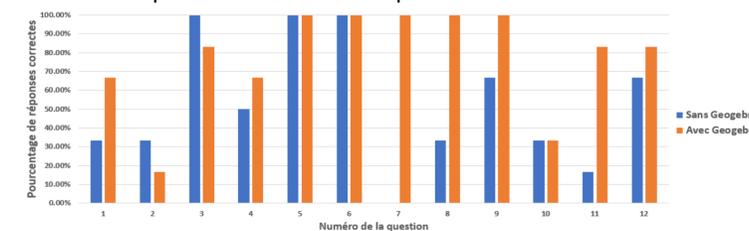


Figure 4. Pourcentage de bonnes réponses sans et avec GeoGebra pour des questions similaires.

Conclusions

- En lumière des résultats obtenus, on peut conclure que **l'utilisation de GeoGebra permet une augmentation de compréhension significative des équations chimiques.**
- Les 5 sujets pour lesquels on remarque une amélioration plus prononcée sont :
 - Nombre de noeuds/lobes pour chaque orbitale
 - Équation d'Arrhénius
 - Transitions électroniques dans le modèle de Bohr
 - Outils de calculs pour les loi des vitesses
 - Équation de l'énergie de Gibbs
- Il serait intéressant d'utiliser GeoGebra pour illustrer des formules chimiques de niveau universitaire, comme les vitesses intégrées à plus d'un réactif, afin d'évaluer à quel point GeoGebra est efficace pour introduire de nouvelles formules en classe.

Remerciement

Les auteur(e)s remercient le collège Jean-de-Brébeuf pour nous avoir permis d'utiliser leurs installations, l'AGEB pour leur contribution financière aidant à la publication et le comité organisateur du colloque de l'ARC pour l'opportunité de présenter les résultats préliminaires de ce projet.

*Contact

eric.martineau@brebeuf.qc.ca

Références

- Hohenwarter, M.; Preiner, J. Dynamic Mathematics with GeoGebra. The Journal of Online Mathematics and Its Applications. 2007, 7 (1448).
- Atkins P. W.; Jones, L.; Leroy, L.; Principes de chimie (4e éd.). 2017. 1088 p.
- Nakleh, M. B. Are Our Students Conceptual Thinkers or Algorithmic Problem Solvers? Identifying Conceptual Students in General Chemistry. Journal of Chemical Education. 1993, 70(1), 52.
- Cheng, M.; Gilbert, J. K. Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. Multiple Representations in Chemical Education. 2009, 55–73.