

## Mémoire, Partim B

**Auteur :** Lixon, Mathilde

**Promoteur(s) :** Collette, Caroline

**Faculté :** Faculté des Sciences

**Diplôme :** Master en sciences chimiques, à finalité didactique

**Année académique :** 2024-2025

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/22668>

---

### Avertissement à l'attention des usagers :

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

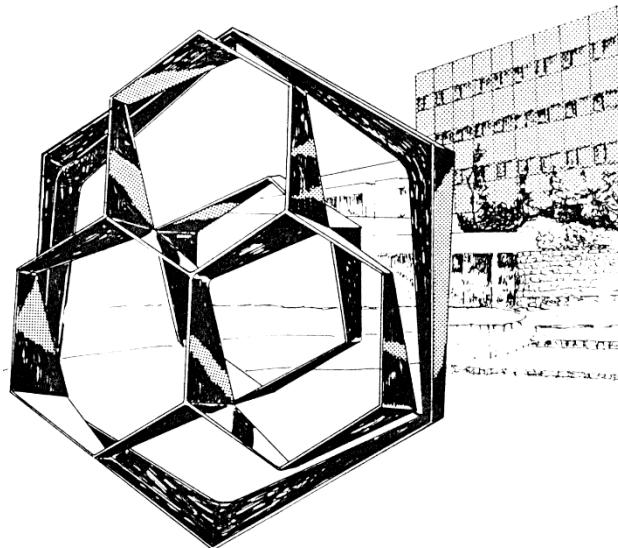
---



**FACULTE DES SCIENCES  
Département de Chimie**

**Laboratoire de Didactique de la Chimie, DIDACTIfen  
Promotrice : Professeur Collette, C.**

**L'utilisation des TICE dans les activités  
d'enseignement de la chimie en secondaire**



Année académique 2024-2025

Dissertation présentée par  
Mathilde Lixon  
en vue de l'obtention du diplôme de  
Master en Sciences Chimiques

## **Remerciements**

Je tiens tout d'abord à remercier vivement ma promotrice de mémoire, Madame Caroline Collette, pour ses conseils avisés, sa disponibilité et son encadrement efficace pendant toute la durée du mémoire. Cela m'a permis de le réaliser dans des conditions optimums.

Je remercie également Monsieur Bernard Leyh pour ces divers conseils ainsi que Mesdames Brigitte Nihant et Marie-Noëlle Hindryckx pour l'aide apportée quant à l'envoi de mon enquête auprès des professeurs de sciences.

Je remercie Madame Isabelle Hamelryckx pour m'avoir permis d'expérimenter mon mémoire auprès de ses élèves de la manière la plus sereine possible grâce à ses judicieux conseils.

Je tiens également à remercier ma famille pour leurs encouragements et leur soutien constant tout au long de ce travail. Je remercie surtout ma maman pour ses remarques constructives.

Finalement, je remercie les membres du jury, Messieurs Bernard Leyh, Cédric Malherbe et Vincent Natalis ainsi que Madame Caroline Collette pour le temps consacré à la lecture de ce mémoire.

Je vous souhaite une bonne lecture.

## Résumé

Ce mémoire prend place dans un contexte où l'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) en Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) devient de plus en plus cruciale au vu de la digitalisation croissante de notre société. La crise sanitaire du Covid-19 a d'ailleurs accentué cet état de fait. Qui plus est, dans le cadre des cours de chimie, la littérature a avancé que ces outils (des animations, des simulations, etc.) peuvent favoriser les apprentissages de concepts abstraits et complexes. Par contre, leurs impacts varient : la motivation et l'investissement des élèves semblent augmenter grâce à ces technologies mais ces dernières représentent un certain nombre de difficultés à surmonter pour les professeurs telles que le manque de formations adéquates, le stress lié aux infrastructures défectueuses et à la surcharge de travail, etc. En réponse à ce contexte, l'objectif de ce mémoire est de constituer une réflexion générale quant à l'utilisation des TICE dans les cours de chimie en secondaire en FWB et leurs impacts sur les élèves et les enseignants. La méthodologie utilisée repose tout d'abord sur une enquête menée auprès de professeurs de sciences du degré supérieur du secondaire en FWB (le profil des enseignants, leur utilisation des TICE, leurs propositions pour faciliter l'emploi de ces outils numériques par un grand nombre de professeurs), ensuite sur l'expérimentation d'une séquence de cours sur la polymérisation intégrant des vidéos, des simulations et des exercices interactifs (via « Genially ») et enfin sur la mise au point d'une base de données en lien avec le programme. Les deux premières parties ont pour but de confirmer ou non les informations trouvées dans la littérature. Les résultats corroborent l'effet positif des TICE sur la meilleure compréhension des élèves due à la visualisation de phénomènes complexes. Cependant, l'impact sur leur motivation et leur investissement dans les apprentissages n'est pas aussi évident et semble dépendre des élèves eux-mêmes. Au sujet de l'impact sur les enseignants, le facteur temps et les contraintes logistiques (connexion instable, manque de soutien technique, etc.) sont les principales difficultés rencontrées qui freinent leur utilisation. Concernant la base de données en lien avec le programme, elle est encore fort succincte et nécessite un développement ultérieur à ce travail. Finalement, ce mémoire souligne que malgré les inconvénients liés aux TICE, ces technologies garantissent un fort potentiel pour améliorer les méthodes d'enseignement de la chimie.

## **Abstract**

This thesis takes place in a context where the integration of Information and Communication Technologies for Education (ICTE) in the Wallonia-Brussels Federation (FWB) is becoming increasingly crucial in view of the growing digitalization of our society. The Covid-19 health crisis has accentuated this state of affairs. What's more, in the case of chemistry courses, the literature suggests that these tools (animations, simulations, etc.) can enhance learning of abstract and complex concepts. On the other hand, its impact varies: students' motivation and investment seem to increase thanks to these technologies, but they also represent a number of difficulties for teachers to overcome, such as lack of adequate training, stress linked to faulty infrastructures and overwork, etc. In response to this context, the aim of this dissertation is to provide a general reflection on the use of ICTE in secondary school chemistry courses in FWB and their impact on students and teachers. The methodology used is based firstly on a survey of science teachers at upper secondary level in FWB (teachers' profiles, their use of ICTE, their proposals for facilitating the use of these digital tools by a large number of teachers), secondly on the experimentation of a course sequence on polymerization integrating videos, simulations and interactive exercises (via "Genially") and thirdly on the development of a database linked to the program. The first two parts aim to confirm or refute the information found in the literature. The results corroborate the positive effect of ICTE on students' understanding of complex phenomena. However, the impact on their motivation and investment in learning is not as clear-cut, and seems to depend on the students themselves. As far as the impact on teachers is concerned, the time factor and logistical constraints (unstable connection, lack of technical support, etc.) are the main difficulties encountered that hamper their use. As for the database linked to the program, it is still very succinct and requires further development. Finally, this thesis highlights the fact that, despite the drawbacks associated with ICTE, these technologies still have great potential for improving chemistry teaching methods.

## **Table des matières**

<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>Etat de l'art .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.</b>	<b>Historique .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.</b>	<b>Impact des TICE sur les élèves.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.</b>	<b>Impact des TICE sur les enseignants .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Modèles d'intégration .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.</b>	<b>Utilisation des TICE pour la chimie .....</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>Objectif du mémoire .....</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>Méthode .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.</b>	<b>Enquête auprès de professeurs de sciences du secondaire sur les TICE .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.1.</b>	<b>Contenu du questionnaire.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Traitement des réponses .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.</b>	<b>Utilisation des TICE durant une séquence de cours de chimie dans le secondaire supérieur .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2.1.</b>	<b>Préparation de la séquence de cours .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2.2.</b>	<b>Enquête auprès des élèves .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.</b>	<b>Réalisation d'une base de données en lien avec le programme .....</b>	<b>19</b>
<b>5.</b>	<b>Résultats et discussion .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.</b>	<b>Résultats de l'enquête auprès de professeurs de sciences du degré supérieur du secondaire .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.1.</b>	<b>Profil de l'enseignant.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.2.</b>	<b>Utilisation des TICE .....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.3.</b>	<b>Propositions pour faciliter l'utilisation des TICE .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.</b>	<b>Résultats et discussions concernant l'utilisation des TICE durant une séquence de cours de chimie dans le secondaire .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Impact sur l'enseignant .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2.2.</b>	<b>Impact sur les élèves .....</b>	<b>31</b>
<b>5.3.</b>	<b>Base de données en lien avec le programme .....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>39</b>
<b>7.</b>	<b>Perspectives.....</b>	<b>41</b>
<b>8.</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>47</b>

## 1. Introduction

Depuis plusieurs décennies, le numérique ne cesse de se développer et prend une place de plus en plus importante dans notre vie professionnelle et privée. Mais qu'en est-il dans les établissements scolaires ?

Afin de rester en adéquation avec la digitalisation croissante, il semble opportun que les écoles intègrent divers outils numériques dans les apprentissages des élèves [1]. Ces outils sont regroupés sous le terme de Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE).

La nécessité d'utiliser les TICE dans des démarches pédagogiques s'est accrue avec la crise sanitaire du Covid-19. En effet, le basculement de l'enseignement traditionnel en un enseignement à distance a nécessité des compétences numériques et l'utilisation de divers outils de la part des enseignants et des élèves [1].

En ce qui concerne l'intégration des TICE dans les processus d'apprentissage, la situation est loin d'être aisée pour les enseignants. En effet, le manque de formations adaptées disponibles ainsi que l'absence de matériel représentent un énorme frein. De plus, l'utilisation de ces outils numériques peuvent engendrer du stress chez les professeurs. Tous ces états de fait ne sont malheureusement pas des arguments de motivation [2, 3].

La communication entre les professeurs et les élèves évolue également avec toutes ces nouvelles technologies. En effet, les élèves peuvent désormais contacter leurs professeurs à n'importe quel instant via l'envoi d'un mail par exemple [3].

Actuellement, quelques études ont déjà été entreprises pour déterminer leur apport dans des matières tel que la chimie que ce soit pour les notions théoriques ou les laboratoires [4, 5].

Il est donc intéressant de se pencher davantage sur l'utilisation des TICE en secondaire dans l'enseignement de la chimie.

## 2. Etat de l'art

### 2.1. Historique

Dans les années 1970, l'informatique est introduite pour la première fois dans le cursus scolaire français [6]. En ce qui concerne la Belgique, durant cette période, un des premiers masters en sciences informatiques est créé à Namur. En 1980, bien que l'informatique soit de plus en plus développée dans les classes de la Communauté française (Fédération Wallonie-Bruxelles actuelle (FWB)) notamment via l'utilisation du langage Logo, elle est seulement considérée comme un outil et non comme une science ou un support d'apprentissage. Il faudra attendre les années 1990 pour que la donne change. En effet, les élèves du secondaire doivent désormais être capable de communiquer oralement via un support numérique, d'analyser, de réaliser, d'exécuter et de valider un programme informatique en réponse à un problème posé. En 1999, l'intention d'utiliser l'informatique à des fins pédagogiques augmente dans les écoles de la FWB. Ainsi, deux projets sont mis en place pour équiper les écoles en outils numériques : Cyberécoles et Plan multimédia. Cependant, ces projets ne rencontrent malheureusement pas un grand succès [7]. En 2002, la FWB met en place le « Plan stratégique en matière d'intégration des TIC dans les établissements scolaires » dont le but est d'intégrer les TIC dans la communication, l'apprentissage et l'innovation à l'école. Entre 2006 et 2012, le plan Cyberclasse fait suite au plan Cyberécole. Il s'agit d'une offre faite par la Région wallonne pour rééquiper ou renouveler le matériel informatique dans les écoles. A partir de 2012, le plan TIC horizon 2020 voit le jour. Grâce à celui-ci, les établissements scolaires peuvent obtenir du matériel informatique suite à l'introduction d'un projet pédagogique. Ce projet est ensuite examiné par un comité [8]. En 2017, les institutions européennes adoptent progressivement un référentiel intitulé « DigComp 2.1 » et l'adaptent en fonction de leur réalité contextualisée [7].

Etant donné que l'enseignement belge dépend des Communautés, il est judicieux de se demander s'il existe des différences au niveau des mesures prises concernant le numérique et par association les TICE entre la Communauté flamande et la FWB. D'après l'enquête PISA 2018, la FWB est sous-équipée par rapport à la Communauté flamande en outils informatiques. D'ailleurs, d'après les enquêtes PISA menée en 2012 et en 2015, l'équipement et l'utilisation de ces dispositifs dans les écoles de la FWB étaient déjà bien inférieurs aux systèmes éducatifs d'autres pays ou de la Communauté flamande. La situation ne semble donc pas avoir drastiquement changé en 2018. L'enquête PISA 2018 explique également que la FWB organise le développement du numérique à l'école pour les enseignants. En effet, des tableaux blancs interactifs (TBI) et des projecteurs sont mis en place. Les élèves n'utilisent donc pas eux-mêmes directement les outils numériques. Cependant, dans les écoles d'enseignement qualifiant, cet état de fait s'avère différent puisque les étudiants ont plus facilement accès à un ordinateur ou à une tablette. Ces écoles sont d'ailleurs mieux équipées. Outre la différence d'équipements, d'autres points peuvent être comparés entre la FWB et la Communauté flamande. Prenons par exemple, la mise en place de réunions entre enseignants afin de partager, évaluer ou développer des méthodes et du matériel intégrant les TICE. En 2018, ces réunions avaient lieu dans une plus grande proportion d'écoles en Communauté flamande qu'en FWB [1]. En effet, la majorité des écoles flamandes ont un plan d'action pour utiliser les TICE dans leurs cours bien qu'il ne soit pas très clair [9]. Un autre point concerne l'utilisation

de plateformes d'apprentissage comme « Moodle ». Celles-ci se sont avérées très utiles pour faciliter le basculement vers un enseignement à distance lors de la crise sanitaire. Encore une fois, force est de constater que la Communauté flamande était mieux préparée que la FWB puisque 70% des élèves avaient accès à ce type de plateforme contre 16% en FWB [1].

Cependant, il faut tout de même souligner que la Fédération Wallonie-Bruxelles ainsi que la Communauté flamande essaient de mettre en place divers projets pour faciliter l'intégration des TICE dans les processus d'apprentissage. Par exemple, depuis 2007, des enquêtes intitulées « MICTIVO » (« Monitor ICT integration in Flemish education ») sont exécutées en Communauté flamande. Elles ont pour but de voir comment les TIC sont intégrées dans l'enseignement flamand selon plusieurs critères [9]. La FWB, quant à elle, a élaboré la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles » dont la dernière version date d'avril 2019. Cette stratégie est basée sur cinq axes :

- Axe 1 : « Définir les contenus et ressources numériques au service des apprentissages ». Cet axe a pour objectif d'offrir une réponse à la nécessité de développer à la fois « l'éducation par le numérique » et « l'éducation au numérique » souligné par la transition numérique.
- Axe 2 : « Accompagner et former les enseignants et les chefs d'établissement ». Dans cet axe, deux points sont développés. Le premier concerne la formation des enseignants aux outils numériques dès leurs études et pendant toute leur carrière pour encourager l'usage des TICE dans leurs cours. Dans le second point, un « accompagnement local et plus immédiat » est mis en place pour aider à l'emploi des technologies informatiques en classe.
- Axe 3 : « Définir les modalités d'équipements des écoles ». L'objectif de cet axe est de revoir les plans de financement pour les « infrastructures et équipements numériques », de s'assurer que toutes les écoles et leurs enseignants aient accès au minimum indispensable d'un point de vue numérique, de permettre aux écoles d'obtenir du matériel supplémentaire nécessaire pour un projet pédagogique particulier et d'assurer « le conseil, le support et la maintenance » du numérique dans les établissements scolaires.
- Axe 4 : « Partager, communiquer et diffuser ». Cet axe a pour premier objectif de « créer une plateforme de ressources éducatives pour l'ensemble de la communauté éducative ». Cette plateforme permettrait ainsi de partager des informations sur de nouveaux équipements utiles pour une activité d'apprentissage par exemple. Le deuxième objectif de cet axe est de « généraliser les écosystèmes numériques de chaque établissement ». Ces écosystèmes permettent notamment aux enseignants de communiquer entre eux ou encore avec les parents et les élèves.
- Axe 5 : « Développer la gouvernance numérique ». L'objectif principal de cet axe est de numériser les informations concernant les différents acteurs éducatifs (les élèves, les enseignants, la direction, le PO, les FPO) pour aider à la réalisation de diverses tâches (administration, suivi des élèves, recrutement des enseignants, etc.).

Chaque description d'un axe se termine par une ligne du temps indiquant la période de mise en œuvre de chaque action prioritaire de l'axe. Celles-ci sont en lien avec le Pacte pour un Enseignement d'excellence [10].

Ces deux projets, à savoir les enquêtes « MICTIVO » et la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles », ne sont que deux exemples parmi d'autres.

## 2.2. Impact des TICE sur les élèves

De manière générale, l'impact des TICE sur les élèves que ce soit en termes de motivation, d'intérêt ou encore d'apprentissage dépend de l'objectif pour lequel elles sont employées. Ainsi, un même outil peut s'avérer très efficace dans certains cas et complètement inutile dans d'autres [11].

En ce qui concerne les élèves, l'introduction des TICE dans les cours semble avoir un impact positif sur leur motivation à apprendre et leur investissement. En effet, les élèves peuvent utiliser ou voir leurs enseignants employer des outils informatiques de leur quotidien comme la tablette ou encore l'ordinateur [12, 4]. Cela est d'autant plus important que les élèves actuels sont ce qu'on appelle des « digital natives », c'est-à-dire, qu'ils ont grandi avec les technologies et qu'ils utilisent le langage du numérique, des jeux vidéo et d'internet abondamment [13]. Dans le cas de la chimie, l'utilisation des TICE peut permettre de corrélérer cette discipline à la vie quotidienne des élèves, ce qui accroît leur intérêt et leur motivation [14]. L'effet de nouveauté peut être une deuxième raison. Par exemple, l'utilisation du smartphone comme outil de récolte de données ou d'analyse pour réaliser des travaux pratiques (TP) en chimie semble piquer leur intérêt car ce n'est pas très courant en laboratoire. Cependant, sur le long terme, cet effet novateur ne s'applique plus puisque les élèves ayant déjà eu plusieurs cours avec cet outil informatique, n'y trouvent plus d'intérêt [4, 15].

Un autre impact de l'intégration des TICE concerne l'apprentissage des élèves. En chimie, l'emploi de divers outils numériques tels que des animations, des simulations ou encore des vidéos peut faciliter la compréhension des concepts théoriques. Ces derniers peuvent en effet être assez abstraits surtout lors du passage du niveau macroscopique au niveau microscopique. Les TICE peuvent donc régler ce problème en permettant, par exemple, de visualiser ou encore de modéliser les différents phénomènes. Néanmoins, il faut faire attention à ce que la modélisation ne soit pas trop simplifiée au risque de perdre de l'information [12]. Selon Leroux et al. (2017), l'impact du numérique sur l'apprentissage serait différent entre les garçons et les filles. En effet, il semblerait qu'il soit plus important chez les garçons que chez les filles. Une des raisons serait la confiance accrue des garçons en leurs capacités informatiques notamment grâce aux jeux vidéo. Il y aurait un côté stéréotypé qui aurait également une influence car il est généralement dit que les garçons sont plus doués que les filles en informatique. Celles-ci se considéreraient moins compétentes et seraient donc moins pro-actives [15].

Finalement, l'utilisation des TICE ouvre de nouvelles voies d'apprentissage et de communication entre les élèves et les enseignants. Ainsi, certaines approches permettent aux élèves de travailler de manière plus autonome ou encore d'avancer à leur propre rythme. Il est

également désormais possible de communiquer avec les enseignants via l'envoi d'un mail pour rendre un travail par exemple ou encore afin de recevoir un feedback sur celui-ci [13].

### 2.3. Impact des TICE sur les enseignants

En ce qui concerne les enseignants, l'utilisation des TICE n'apparaît pas de manière évidente. En 2010, en FWB, moins de 10 % d'entre eux employaient des outils numériques durant leurs leçons [2].

La principale raison de ce constat est le manque de formation des enseignants [16]. D'ailleurs, en 2013, il a été rapporté que la majorité d'entre eux devaient se former aux TICE par leurs propres moyens. Ce manque de formation pose problème car les enseignants ont peur d'être moins qualifiés que leurs étudiants et de se ridiculiser devant eux. Ils sont donc soumis à un certain stress qui peut les bloquer dans leur envie d'intégrer les TICE dans leurs cours [2, 3].

De plus, en FWB, même si des formations sont désormais disponibles, elles ne sont pas nécessairement bien adaptées aux différents publics. En effet, pour les novices, ces formations ne commencent pas par enseigner les bases, ce qui les rend fort complexes. Par contre, pour ceux déjà initiés, elles se concentrent sur les nouvelles technologies mais ne leur permettent pas de devenir autonomes pour utiliser leur savoir dans leur enseignement. Dans ce cas, elles sont perçues comme inintéressantes. Qui plus est, les enseignants n'étant pas souvent remplacés, il est difficile pour eux d'y participer. Il y a aussi des formations comme HETICE qui sont proposées aux enseignants des Hautes écoles ou encore le certificat form@TICEF pour les professeurs de Hautes écoles et les personnes réalisant les formations [2]. Nous ne nous étendrons pas sur ce sujet étant donné que ce travail concerne l'enseignement en secondaire.

La situation de stress soulevée précédemment peut avoir plusieurs causes. Tout d'abord, les élèves peuvent désormais contacter constamment leurs professeurs via les outils informatiques tel que les mails. Il est donc plus difficile pour l'enseignant de séparer sa vie professionnelle de sa vie privée. Ensuite, comme expliqué précédemment, ils ont peur de se tromper devant les élèves. Il ne faut pas oublier non plus qu'intégrer les TICE change aussi leur façon d'enseigner et leur manière de s'assurer que les élèves ont bien compris la matière. Tout cela engendre du travail et du stress supplémentaire.

Cependant, il a été prouvé qu'une utilisation régulière de ces outils numériques permet aux professeurs de se familiariser avec eux. Cela peut diminuer le stress. Ils deviennent plus confiants et emploient davantage les TICE. La crise sanitaire du Covid 19 a aussi joué un rôle. En effet, les enseignants ont dû rapidement acquérir des compétences informatiques. Une fois celles-ci obtenues, il y a eu une diminution du stress associé à l'intégration des TICE dans les apprentissages [3].

D'ailleurs, selon l'enquête TALIS de 2018, un enseignant qui a suivi durant son cursus des cours sur l'intégration des TICE, les utilisera plus facilement. Il sera également plus motivé à assister à diverses activités sur ce sujet [17]. Malheureusement, en FWB, les TICE ne font pas nécessairement partie du cursus de formation des enseignants [2]. L'établissement dans lequel il enseigne peut également jouer un grand rôle. En effet, un enseignant aura davantage tendance à essayer de nouvelles pratiques si son école l'y encourage [17].

Une étude de Elen et al. (2013) propose trois approches différentes pour former les enseignants :

- La « Formation des enseignants concernés » où les professeurs sont amenés à découvrir ce que les TICE peuvent apporter à l'enseignement. Ils apprennent également la manière de les employer dans leurs cours.
- La « Formation exemplaire des enseignants » qui consiste à apprendre aux jeunes enseignants durant leur cursus que les TICE sont au centre de l'apprentissage et pas simplement un outil. Dans cette optique, ils ne se posent plus la question de savoir si les TICE sont opportunes mais plutôt comment les utiliser de manière adéquate et efficace.
- La « Formation pro-active des enseignants » qui repose sur le fait que la société à venir sera constamment entourée de technologies. Il faut donc que les futurs professeurs soient prêts pour cette situation. Dans cet objectif, ils peuvent se concentrer sur les aspects techniques de l'intégration des TIC dans l'enseignement, aussi bien en utilisant les outils numériques qu'en créant des logiciels éducatifs. Ils peuvent aussi devenir des experts dans une matière particulière pour s'assurer que les processus d'apprentissage sont adéquats. Une autre manière d'atteindre ce but est de se spécialiser dans l'évaluation des méthodes d'enseignement [9].

Le manque de matériel adéquat peut aussi provoquer une absence de motivation de la part des enseignants à intégrer les TICE [2].

### 2.3.1. Modèles d'intégration

Plusieurs études tentent de proposer des modèles aux enseignants pour faciliter l'intégration des TICE dans leurs cours. Citons par exemple les modèles TPACK et SAMR.

D'autres modèles existent, nous nous concentrerons sur ceux-ci car ce sont les plus mentionnés dans la littérature.

Le modèle TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) a pour objectif « de rassembler des éléments de contenu, de pédagogie et de technologie de manière à aider les enseignants à dispenser un enseignement efficace fondé sur la technologie ». Punya Mishra et Matthew Koehler ont créé ce modèle en 2006. Ils se sont inspirés de la théorie de Schulman (1986) selon laquelle « un enseignement efficace existe dans l'espace entre la connaissance de la pédagogie et la connaissance du contenu » (PCK).

Ce modèle est constitué de trois domaines, à savoir les connaissances technologiques (TK), les connaissances de contenu (CK) et celles pédagogiques (PK) de l'enseignant. Les acronymes PCK, TPK et TCK correspondent chaque fois à des croisements. Par exemple, pour TPK, il s'agit de l'intersection entre les connaissances technologiques et pédagogiques. Ainsi, PCK permet de déterminer les manières les plus efficaces pour instruire les élèves sur la matière attitrée du professeur. TPK concerne l'intégration des technologies dans un processus d'apprentissage. Quant à TCK, il sert à comprendre comment les nouveaux outils numériques peuvent être

employés dans une matière définie et comment ils peuvent l'affecter. Quand les trois types de connaissances se rejoignent, cela donne comme acronyme TPACK. Selon ce modèle, pour mettre en place un processus d'apprentissage efficace, l'enseignant doit se servir des trois domaines. Ce modèle n'est jamais constant puisque le numérique et les technologies évoluent constamment.

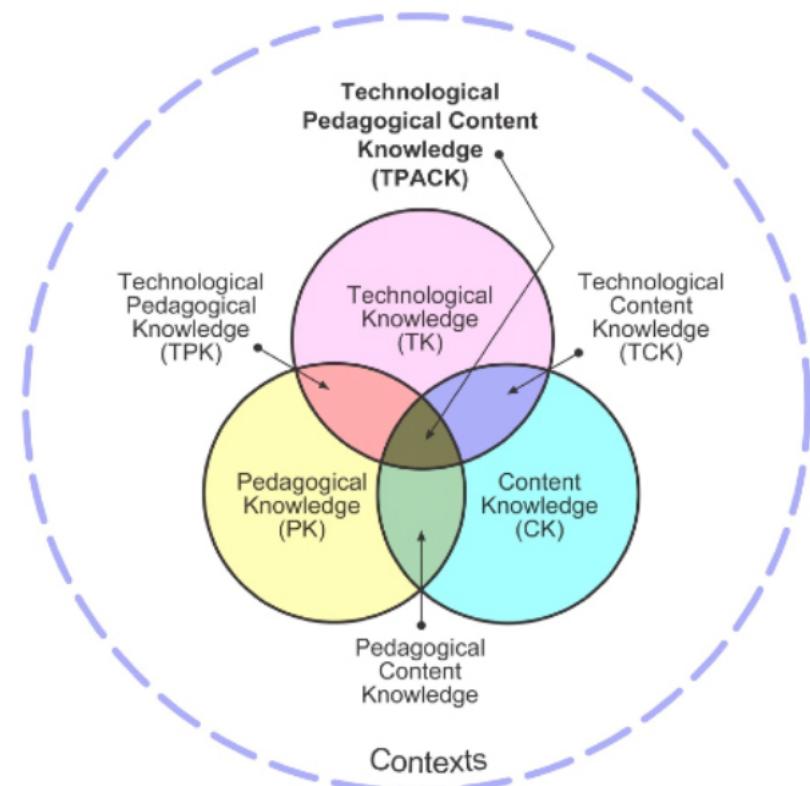


Figure 1 : modèle TPACK [18]

Le modèle SAMR (Substitution, Augmentation, Modification et Redéfinition) a quant à lui pour but de « faciliter l'acquisition de compétences en matière de technologies et de logiciels grand public modernes, tant pour les enseignants que pour les étudiants, dans l'espoir de promouvoir les compétences du 21e siècle ». Ce modèle a été mis en place en 2012 par le docteur Ruben Puentedera.

Il est composé de deux domaines intitulés « Amélioration » et « Transformation ». Dans le domaine « Amélioration », on retrouve les parties « Substitution » et « Augmentation ». Celles-ci consistent à utiliser les technologies dans le but de supplanter et/ou d'améliorer celles déjà employées dans les cours. Ces deux catégories se servent des outils numériques pour des tâches d'apprentissage qui n'en nécessitent pas nécessairement. Dans le domaine « Transformation », la partie « Modification » permet de changer une tâche en ayant absolument besoin des technologies et la partie « Redéfinition » a pour objectif de créer de nouvelles activités d'apprentissage qui ne fonctionneraient pas sans le numérique [18].

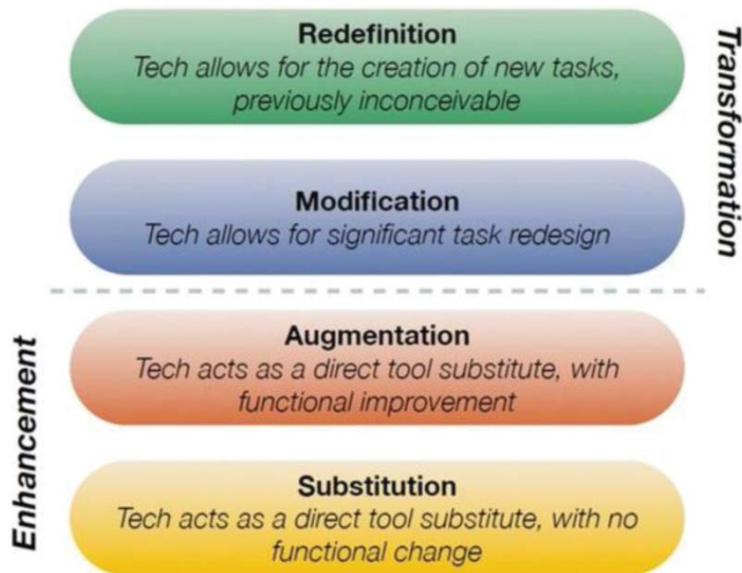


Figure 2 : modèle SAMR [18]

Finalement, cette tendance à intégrer les TICE dans les processus d'apprentissage n'est pas prête de s'arrêter surtout depuis le Covid 19. En effet, les enseignants ont dû s'adapter aux cours incluant des compétences numériques et ont donc dû utiliser les TICE. Par conséquent, il est essentiel de trouver des moyens de rassurer les professeurs en leur donnant accès à des formations adéquates et en leur proposant des modèles qu'ils peuvent suivre.

#### 2.4. Utilisation des TICE pour la chimie

La chimie est rarement vue comme une discipline facile. En effet, beaucoup d'étudiants trouvent ses différents concepts complexes, ce qui diminue leur envie d'apprentissage. Son enseignement traditionnel via des livres de théorie n'arrive pas à intéresser les élèves. Une autre raison du manque de motivation vis-à-vis de la chimie est liée à la faible quantité de matériel disponible pour réaliser les séances de TP. Une des solutions à tous ces problèmes est l'utilisation des TICE [14]. De plus, leur emploi en chimie pourrait donner la possibilité aux élèves de reproduire virtuellement chez eux certaines expériences réalisées en classe [5].

Prenons l'exemple des TP. Un problème de cette partie de la chimie réside dans le manque d'accès fréquent à du matériel moderne ou adapté. Cela a certainement un impact sur l'attitude de l'élève vis-à-vis des séances de laboratoire. Une solution à ce problème pourrait être l'utilisation du smartphone. En effet, il existe actuellement plusieurs applications permettant de remplacer le matériel manquant. Cet outil que nous utilisons quotidiennement, surtout les étudiants du secondaire, permet donc d'augmenter le nombre d'expériences différentes réalisables ainsi que leur originalité.

Un exemple de cette utilisation du smartphone a été testé en Suisse. Ainsi, grâce à ses capteurs photographiques, cet appareil peut être employé comme colorimètre. Avec une simple application d'analyse d'image (RGB Color Detector pour Android et ColorPicker pour iOS), la concentration en sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ) d'une solution peut être obtenue. Il suffit donc de prendre une photo des diverses solutions de calibration et d'échantillon. L'application va

analyser l'image pour déterminer la quantité de pixels rouges, verts ou bleus. A partir de ces valeurs, une droite d'étalonnage peut être réalisée, ce qui permet de déterminer la concentration en CuSO<sub>4</sub>.

Le smartphone peut également être utilisé pour réaliser de la spectrométrie. Dans ce cas, un spectromètre en carton avec un morceau de DVD vierge servant de prisme est attaché au smartphone. Il suffit ensuite d'illuminer les échantillons colorés dont on veut identifier les molécules responsables de la couleur et de prendre une photo avec le smartphone. Un spectre de transmission est ainsi obtenu. En analysant celui-ci, les étudiants peuvent réaliser la tâche d'identification.

Les professeurs qui ont testé l'utilisation de cet outil rapportent qu'il aurait aidé les élèves à mieux assimiler les bases théoriques de la colorimétrie et de la spectrométrie [4].

Un autre exemple de l'utilisation du smartphone dans les séances de TP est l'emploi de l'application « Elements 4D ». Celle-ci a pour but d'étudier les éléments chimiques tout en faisant des liens avec la vie quotidienne. Il suffit simplement d'ouvrir l'application et de pointer son smartphone sur un cube avec l'élément inscrit. Les élèves reçoivent alors une série d'informations telle que son état physique, sa couleur, etc. L'application permet également aux étudiants de voir quelles sont les éventuelles réactions chimiques entre deux éléments en scannant simplement les deux cubes correspondants. Elle donne la possibilité aux élèves de s'accoutumer avec les notions de familles et de nombres d'électrons externes ainsi que de visualiser certaines substances toxiques comme l'état liquide du mercure (Hg) par exemple. D'autres applications telles que « Periodic table » ou « Chemist » permettent de réaliser les mêmes tâches.

Suivant le même principe, l'application « Mirage » peut fournir différentes informations à partir d'une fiche et non d'un cube. Elle permet de représenter en trois dimensions la géométrie des molécules, de recevoir des informations sur les paires non-liantes, sur les angles et types de liaisons. Elle peut donc aider à visualiser certaines notions comme la théorie VSEPR par exemple.

Ces deux derniers exemples pourraient aussi être réalisés à l'aide d'une tablette ou d'un tableau blanc interactif (TBI). Ce dernier permettrait de montrer aux élèves comment utiliser correctement l'application [5].

En ce qui concerne les cours théoriques de chimie, il a été démontré que l'utilisation de simulations, d'animations et de laboratoires virtuels ont un impact positif sur l'apprentissage des élèves [19].

Outre les smartphones, les tablettes ou tablettes-PC (reliées à un projecteur) sont des outils numériques qui offrent pas mal de possibilités au niveau des cours théoriques notamment. En effet, en plus de pouvoir utiliser diverses applications ou sites de simulations, elles permettent d'écrire des réactions chimiques, des résolutions d'exercices ou de dessiner des structures comme avec un tableau noir ou un tableau blanc tout en évitant de se salir avec de la craie ou du marqueur. Grâce à ces outils, des expressions mathématiques ou des graphiques/figures peuvent être insérés à des endroits opportuns. En fonction du logiciel de rédaction utilisé,

l'enseignant peut également ajouter des annotations sur une présentation PowerPoint durant son cours. Cela est possible avec « Microsoft OneNote » par exemple. Un autre grand avantage de l'utilisation des tablettes-PC est la sauvegarde des différentes notes, ce qui n'est pas possible avec un tableau noir ou blanc. Ainsi, à la fin d'un cours, le professeur peut envoyer les notes aux élèves. Qui plus est un enregistrement audio peut aussi être associé aux notes. Il suffit d'utiliser un logiciel permettant de réaliser un « screencast » comme « Camtasia Studio » par exemple. Un « screencast » est un enregistrement de l'écran de la tablette ou de l'ordinateur qui peut être combiné à un enregistrement audio. Les étudiants peuvent ainsi réécouter le cours. Cela est intéressant non seulement pour permettre aux élèves de revoir leurs cours et de s'assurer qu'ils ont bien compris mais aussi pour se remettre en ordre s'ils sont malades. Tout cela est également possible avec un TBI [20, 21].

En ce qui concerne le TBI, comme expliqué précédemment, il peut être utilisé pour visualiser de nombreux concepts chimiques que ce soit grâce à une application ou à un site de simulation. Mais il peut aussi remplir les mêmes fonctions qu'une tablette-PC. Par exemple, l'enseignant peut réaliser directement des annotations sur un PowerPoint et celles-ci peuvent être enregistrées. Le TBI permet également la mise en place de « screencast » ou de « brainstorming » en classant et déplaçant facilement des idées. C'est une manière d'interagir avec les étudiants. Le professeur peut aisément passer d'un logiciel à un autre afin d'avoir un cours qui soit le plus pédagogique possible. Lors de séances de laboratoire, l'enseignant peut l'utiliser afin de travailler sur les données récoltées durant l'expérience par les élèves. Il peut donc discuter directement des résultats avec eux en affichant également les idées émises par les étudiants avant l'expérience. Par conséquent, le TBI offre un certain nombre de possibilités d'interactions entre le professeur et sa classe [5, 22, 23].

### **3. Objectif du mémoire**

L'objectif de ce mémoire est d'avoir une réflexion quant aux impacts de l'utilisation des TICE déjà existantes dans les cours de chimie en secondaire en FWB sur les élèves et les enseignants.

### **4. Méthode**

Pour atteindre l'objectif de ce mémoire, plusieurs étapes sont réalisées. Ces différentes étapes ont été définies à partir des différents constats relevés dans l'état de l'art.

#### **4.1. Enquête auprès de professeurs de sciences du secondaire sur les TICE**

Durant cette étape, nous avons récolté, via un questionnaire en ligne (Google Form), auprès de certains professeurs de sciences du degré supérieur du secondaire en FWB, leur ressenti sur les TICE, les raisons de leur manque d'utilisation ainsi que les moyens qui pourraient motiver les enseignants à les employer. Cette étape nous permet de voir à quel point les objectifs des axes 1, 2, 3 et 4 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles » sont déjà atteints (voir la partie « Historique » de l'état de l'art).

##### **4.1.1. Contenu du questionnaire**

Le questionnaire (annexe 1) est divisé en plusieurs parties :

- le consentement éclairé dans le respect du règlement général de protection des données (RGPD) ;
- l'introduction dans laquelle se trouve une brève explication des TICE ainsi que quelques consignes concernant le questionnaire ;
- le profil de l'enseignant (le sexe, l'âge, le réseau d'enseignement et l'ancienneté);
- l'utilisation des TICE (l'influence du Covid-19 sur la motivation des enseignants, la fréquence d'utilisation, les freins de l'emploi des TICE, l'opinion des professeurs sur les formations de la FWB et leur utilisation d'une liste de sites et d'applications);
- les propositions pour faciliter l'utilisation des TICE (les propositions données par les professeurs, leur opinion sur la mise au point d'une base de données en lien avec le programme et l'ajout de cours sur les TICE dans le cursus de formation des enseignants).

##### **4.1.2. Traitement des réponses**

Les données obtenues sont traitées en utilisant l'outil informatique « Excel ». Nous avons pu ainsi dégager des tendances dans les réponses fournies par les 97 professeurs ayant répondu à l'enquête.

## 4.2. Utilisation des TICE durant une séquence de cours de chimie dans le secondaire supérieur

Cette étape consiste à tester l'emploi d'un ou de plusieurs outil(s) numérique(s) durant une séquence de cours sur la polymérisation (UAA 9 : la macromolécule en chimie organique). Par la suite, l'impact de ces logiciels sur l'enseignant ayant donné le cours et sur les élèves est discuté et comparé avec les résultats obtenus dans l'enquête menée auprès des professeurs du degré supérieur du secondaire.

Cette séquence de cours dans laquelle des TICE ont été intégrées est testée dans deux classes de 6<sup>ème</sup> secondaire de sciences générales (deux périodes de chimie par semaine) à l'Institut de l'Instruction Chrétienne - Abbaye de Flône. La première classe est composée de 20 élèves et la seconde de 23 élèves. La salle de classe ne contenait qu'un ordinateur et un projecteur comme matériel informatique.

### 4.2.1. Préparation de la séquence de cours

#### 4.2.1.1. Utilisation des TICE par l'enseignant

Selon le programme des sciences générales du 3<sup>ème</sup> degré de la FESEC, les élèves doivent apprendre diverses notions telles que les alcènes, les monomères, les polymères, les amines, les amides, les liaisons peptidiques, les protéines ainsi que les pictogrammes d'identification des polymères (figure 3). Ils doivent également développer un certain nombre de compétences telles que « décrire le principe d'une réaction de polymérisation d'un alcène sans spécifier le mécanisme », « décrire la synthèse chimique des protéines et la liaison peptidique », etc. [24]. Les élèves voient donc durant ce cours les réactions de polyaddition, de polycondensation ainsi que la synthèse d'une protéine via la formation de liaisons peptidiques. Plusieurs applications, vidéos et simulations sont utilisées pour enseigner ces différentes notions. Tout d'abord, l'application « Avogadro 2 » [25] a permis de représenter les différentes molécules ou fragment de polymère du cours en 3D étant donné que l'école ne possède pas de modèle moléculaire de grande taille.

### Trame notionnelle

D'où vient-on ?	Notions à voir	Où va-t-on ?
<b>UAA5</b> : les liaisons covalentes. <b>UAA8 (Partie I)</b> : la molécule en chimie organique. <b>UAA3 (biologie)</b> : les macromolécules organiques.	Alcène. Monomère, polymère. Amine, amide. Acide aminé. Liaison peptidique. Protéine. Pictogramme d'identification des polymères.	<b>UAA8 (biologie)</b> : la synthèse des protéines. <b>UAA9 (biologie)</b> : l'empreinte écologique.

Figure 3 : notions à voir dans l'UUA 9 selon le programme des sciences générales du 3<sup>ème</sup> degré de la FESEC [24]

Ensuite, afin d'aider les élèves à visualiser et à comprendre ce qui se produit durant la polyaddition, c'est-à-dire la cassure de la double liaison des monomères et la formation de liaisons simples pour les associer entre eux et ainsi former une macromolécule, une vidéo simulant la formation du polyéthylène leur est montrée. Cette vidéo s'intitule « Chemistry Visualisation – How the polymerisation process is done | 3D Animation | AkzoNobel | C4Real ». Cependant, seule la partie commençant à 1 minute et 9 secondes et se finissant à 1 minute et 22 secondes nous intéresse et est visionnée. En effet, le reste de la vidéo donne des informations d'un niveau plus élevé que celui de ce cours.

Lien de la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=uPNwgVXtWGk> [26]

Les TICE sont également utilisées pour que les élèves puissent visualiser la formation d'une liaison peptidique et celle d'un polypeptide. Pour la liaison peptidique, la septième diapositive d'un powerpoint contenant des animations est employée. En ce qui concerne la formation d'un polypeptide, elle est visionnée via une vidéo la simulant. Ces TICE devraient permettre aux élèves de bien comprendre que la condensation des monomères entre eux s'accompagne de l'élimination de molécules (dans le cas des protéines, des molécules d'eau). Etant donné qu'un polypeptide se forme par polycondensation, la vidéo peut aussi servir à améliorer la compréhension des élèves pour ce type de réaction de polymérisation.

Lien vers le powerpoint : <https://www.wisc-online.com/learn/natural-science/chemistry/bic007/peptide-bond-formation> [27]

Lien vers la vidéo : <https://www.sciencephoto.com/media/727989/view/peptide-bond-formation-animation> [28]

Pour intégrer les TICE à cette séquence de cours, les modèles SAMR et TPACK expliqués dans le point 2.3.1. de l'état de l'art sont utilisés. Une comparaison entre les deux modèles est également réalisée afin de déterminer lequel des deux favorise davantage les enseignants à intégrer les TICE dans leurs leçons.

#### 4.2.1.2. Utilisation des TICE par les élèves

Afin que les élèves puissent eux-mêmes expérimenter l'utilisation des TICE, des exercices supplémentaires sous forme de QCM en ligne sont réalisés grâce à la plateforme « Genially » [29].

Durant le dernier cours, les élèves ont accès aux tablettes de l'école et peuvent ainsi répondre au QCM pour s'entraîner en vue d'une évaluation. Lorsqu'ils ne choisissent pas la bonne réponse, une explication apparaît en même temps que la réponse exacte. Le QCM est construit de cette manière afin que les élèves puissent également y répondre chez eux. En effet, n'étant pas certaine qu'il restera toujours suffisamment de temps pour qu'ils puissent le réaliser en classe, cette disposition leur permet de pouvoir l'utiliser. De plus, ils ont plusieurs tentatives.

Une version papier des exercices sans les réponses finales leur est quand même distribuée afin de prévoir tout dysfonctionnement informatique possible.

#### 4.2.2. Enquête auprès des élèves

Un questionnaire papier (annexe 2) est distribué aux élèves après l'évaluation afin qu'ils puissent donner leur avis concernant les diverses vidéos, simulations ainsi que le Genially utilisé pour cette séquence de cours. Il est récupéré au prochain cours.

Lien vers le Genially : <https://view.genially.com/673736a4a29db39041a01fb8> [29]

#### 4.3. Réalisation d'une base de données en lien avec le programme

Finalement, dans un objectif semblable à celui de l'axe 1 et de l'axe 4 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles », une base de données regroupant des sites et des applications en lien avec le programme est établie. Certains d'entre eux ont déjà été mentionnés précédemment dans la section « Utilisation des TICE pour la chimie ». Le but de cette base de données serait d'aider et d'encourager les professeurs à intégrer des simulations et d'autres outils numériques dans leurs cours.

### 5. Résultats et discussion

#### 5.1. Résultats de l'enquête auprès de professeurs de sciences du degré supérieur du secondaire

Le lien vers le questionnaire a été envoyé le 1 octobre 2024 aux professeurs et la date limite de réponse était le 15 novembre 2024.

Au total, 97 enseignants ont répondu dont 69 femmes et 28 hommes.

##### 5.1.1. Profil de l'enseignant

La figure 4 montre que la majorité (69 %) des professeurs ayant répondu au questionnaire enseignent dans le réseau d'enseignement libre. Il y a donc une sur-représentation de ce réseau par rapport à l'officiel.

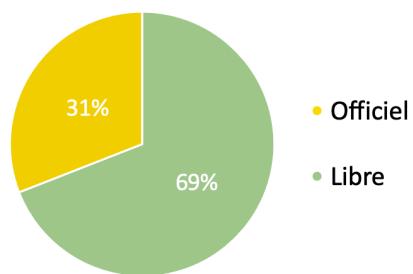


Figure 4 : pourcentage des professeurs enseignant dans le libre et l'officiel.

En ce qui concerne l'âge des professeurs, la figure 5 indique que les tranches d'âge les plus représentées sont celles de 30 à 40 ans, de 40 à 50 ans et de 50 à 60 ans.

La figure 6, quant à elle, nous apprend que la plupart des enseignants ont entre 5 à 10 ans, 10 à 15 ans, 15 à 20 ans ou 20 à 25 ans d'ancienneté. Cependant, l'ancienneté la plus représentée est celle de 15-20 ans.

Cependant, il est tout de même intéressant de remarquer que chaque tranche d'âge et d'ancienneté sont représentées même si elles ne le sont pas en proportions égales.

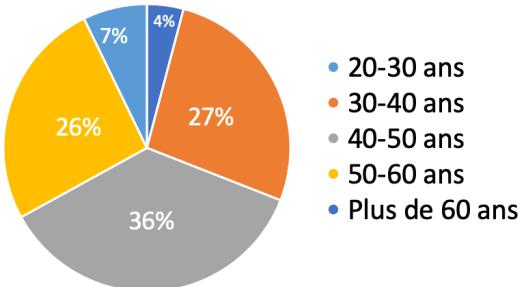


Figure 5 : tranches d'âge des professeurs interrogés

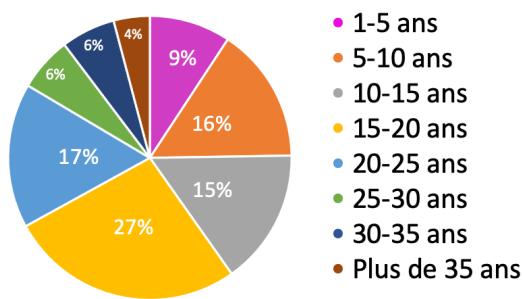


Figure 6 : ancienneté des professeurs

### 5.1.2. Utilisation des TICE

Dans cette partie du questionnaire, plusieurs questions ont été posées aux professeurs (voir annexe 1).

A la première question, « La crise sanitaire du Covid-19 vous a-t-elle poussé·e et/ou motivé·e à utiliser les TICE ? », 14 % des enseignants (6 hommes et 8 femmes) ont répondu « non » comme le montre la figure 7. Parmi ces 14 professeurs, 2 ont plus de 60 ans, 3 ont entre 50 et 60 ans, 6 ont entre 40 et 50 ans et 3 ont entre 30 et 40 ans. Deux des enseignants qui ont entre 30 et 40 ans expliquent qu'ils n'enseignaient pas au moment du Covid-19 d'où leur réponse. Parmi ceux ayant entre 50 et 60 ans, deux ont précisé qu'ils utilisaient déjà les TICE avant le Covid.

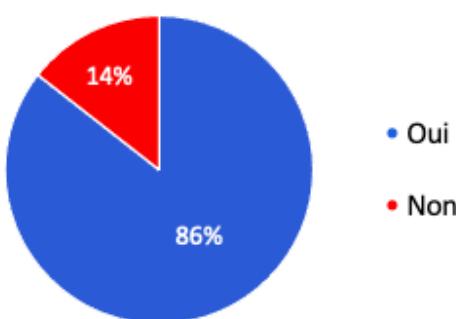


Figure 7 : réponses à la question « La crise sanitaire du Covid-19 vous a-t-elle poussé·e et/ou motivé·e à utiliser les TICE ? ».

La figure 8 montre les résultats obtenus pour la question « Depuis le Covid-19, continuez-vous à utiliser les TICE ? ».

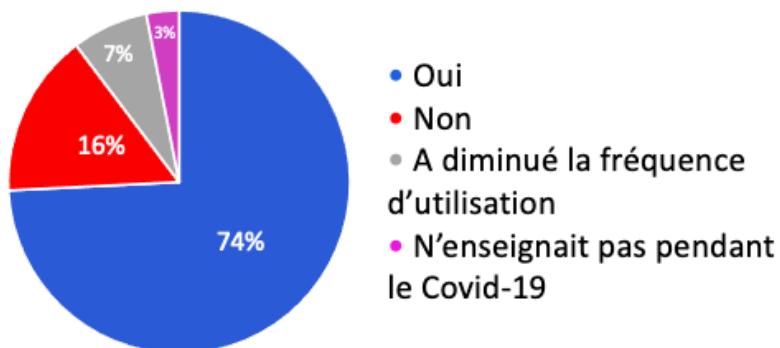


Figure 8 : réponse à la question « Depuis le Covid-19, continuez-vous à utiliser les TICE ?»

Différentes raisons expliquent les 16 % de réponses négatives à cette question. Pour les enseignants âgés de 30 à 40 ans, l'emploi des TICE n'est pas nécessaire, le contact en classe est suffisant. De plus, le temps de préparation pour créer un cours intégrant les TICE est trop long. Les professeurs qui ont entre 40 et 50 ans ont cessé d'utiliser les TICE car ils s'aperçoivent que les élèves passent trop de temps sur les écrans et se déresponsabilisent (ils ne prennent plus de notes en cours, ils ne sont plus aussi rigoureux, etc.). Ils trouvent également qu'il est difficile de mettre en œuvre ce type d'enseignement en termes de temps de préparation et de matériels disponibles. Finalement, les enseignants de plus de 60 ans ont quant à eux une vision traditionnelle de l'enseignement (utilisation d'un tableau et d'une craie) qui ne dépend pas du matériel informatique pouvant tomber en panne. Ils expliquent également leur réponse par le fait que ce type d'enseignement peut provoquer des problèmes ophtalmiques chez les élèves. Il est intéressant de constater que les enseignants d'une même tranche d'âge ont donné les mêmes raisons quant à leur arrêt de l'emploi des TICE.

Ainsi, de manière générale, la crise sanitaire du Covid-19 semble avoir joué un rôle de déclencheur pour permettre aux enseignants de « mettre le pied à l'étrier » dans l'utilisation des TICE pendant leurs séquences de cours. Il faut aussi remarquer que les professeurs qui ont cessé d'employer les TICE considèrent que les aspects négatifs (problèmes informatiques, temps nécessaire, problèmes ophtalmiques chez les élèves, etc.) qui leur sont liés dominent la plus-value apportée par ces outils numériques.

En ce qui concerne la **fréquence d'utilisation**, la figure 9 montre que la majorité des professeurs utilisent les TICE de temps en temps (dans moins de 20 % de leurs cours sur une année) et régulièrement (dans plus de 20 % de leurs cours sur un an). Généralement, les professeurs qui ont répondu « jamais » sont ceux qui n'ont pas été poussés et/ou motivés par le Covid-19 et qui n'ont pas continué à employer les TICE après cette crise sanitaire.

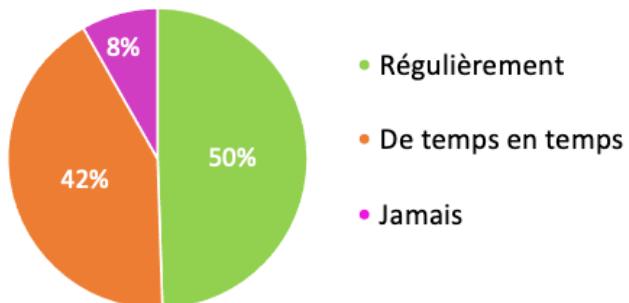


Figure 9 : fréquence d'utilisation des TICE

A propos des **raisons qui freineraient la motivation des professeurs à se servir des TICE**, il y a en sept qui ont été énoncées à plusieurs reprises.

- 1) Certains enseignants expliquent leur réticence à les utiliser car elles peuvent provoquer un surmenage oculaire à la fois chez le professeur et chez les élèves. Cela n'est pas sans rappeler la raison « les élèves passent trop de temps devant les écrans » avancée par les enseignants qui ont arrêté d'employer les TICE après le Covid-19.
- 2) Les méthodes traditionnelles ayant été démontrées et convaincantes, certains professeurs considèrent qu'il n'est pas utile d'intégrer ces outils numériques dans les cours. Au contraire, ils trouvent que les TICE ne sont que des jeux et de la distraction.
- 3) L'une des raisons les plus partagées entre tous les professeurs est le temps. Il s'agit non seulement du temps nécessaire à l'élaboration d'une séquence de cours intégrant les TICE mais aussi celui dont les professeurs ont besoin pour comprendre le fonctionnement des différents outils numériques et se les approprier surtout quand ceux-ci ne sont pas très intuitifs. Il peut également s'agir du temps perdu pendant une leçon lorsque le professeur doit essayer de résoudre un problème informatique tout en gérant la classe. D'un point de vue logistique, il y a aussi le temps nécessaire à la mise à jour des logiciels ou encore au transport du matériel comme par exemple, des tablettes ou des « chromebooks » jusqu'à la salle de classe. Ainsi, une bonne organisation est requise et ce facteur temps lié à la charge de travail supplémentaire est jugé énorme par rapport à l'apport des TICE.
- 4) Une autre raison très récurrente de démotivation est l'infrastructure informatique défective. Comme mentionné au paragraphe précédent, des problèmes informatiques comme des connexions internet défaillantes ou bancales peuvent survenir, ce qui oblige les professeurs à prévoir un plan de secours ou à perdre du temps pour résoudre ces problèmes. Certains enseignants ont également souligné qu'il n'y avait pas toujours suffisamment de matériel (par exemple, des tablettes) pour

tous les élèves de la classe. Qui plus est ce matériel peut être obsolète ce qui pose évidemment problème. Un autre point qui n'encourage pas les professeurs est que certains logiciels disparaissent entre le moment de l'élaboration de la séquence de cours et son exécution. De plus, une très petite minorité des enseignants (3) ont répondu qu'ils n'avaient tout simplement pas de TBI ou même de projecteur dans leur classe rendant difficile l'utilisation des TICE. D'ailleurs, la figure 10 indique que 46 % des professeurs considèrent le manque éventuel de matériel comme un frein.

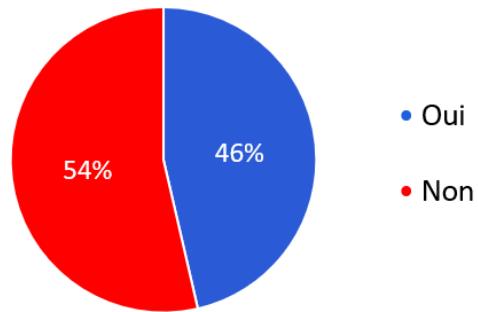


Figure 10 : réponses à la question « Le manque éventuel de matériel disponible est-il un frein à votre emploi des TICE ? »

- 5) Certains professeurs éprouvent des difficultés à évaluer la compréhension ainsi que la motivation des élèves avec ce genre de technologies. D'autant plus que les élèves ne maîtrisent pas toujours complètement l'outil, ce qui rend l'évaluation de leur compréhension encore plus difficile.
- 6) Certains enseignants trouvent que réaliser de « vraies » expériences devant les élèves quand cela est possible est mieux que de passer par un logiciel. Cependant, ils admettent que les TICE peuvent être utiles comme moyen de varier les méthodes, les activités pédagogiques mais qu'elles doivent rester secondaires sinon l'intérêt des élèves disparaît. Cette opinion rappelle « l'effet de nouveauté » mentionné dans le point 2.2. de l'état de l'art.
- 7) Le manque de formations adaptées aux différents niveaux des enseignants semble décourager ces derniers.

De manière générale, les différentes raisons données par les professeurs corroborent les informations trouvées dans la littérature [2, 3, 13, 16].

Concernant le fait que **les TICE puissent être une source de stress pour les enseignants**, la majorité d'entre eux a répondu négativement comme l'indique la figure 11.

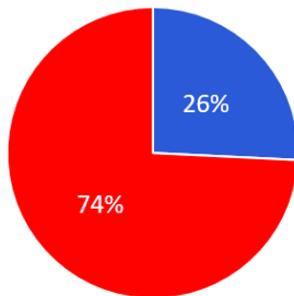


Figure 11 : réponses à la question  
« L'utilisation des TICE est-elle une source  
de stress pour vous ? »

Les enseignants ayant répondu positivement ont à nouveau entre 30 ans et plus de 60 ans.

Ils ont donné plusieurs raisons pour expliciter leur réponse positive. Ces professeurs expliquent leur stress notamment par le temps nécessaire pour préparer leurs cours, résoudre les problèmes informatiques ou de matériel, prévoir des plans B ou encore, comprendre et s'approprier les outils tout seul. Les diverses complications informatiques et de matériel sont stressantes car les enseignants ne savent jamais les prévoir et dans ce cas, ils ne peuvent pas avancer dans la matière, il faut donc qu'ils trouvent des solutions rapidement tout en gérant la classe. Qui plus est, certains professeurs ont mentionné que le manque d'explications sur le fonctionnement de ces outils, ce qui pourrait être résolu par des formations adéquates, est une source de stress. Ainsi, contrairement aux informations trouvées dans la littérature [3], ce n'est donc pas tellement le fait de se ridiculiser devant les élèves qui met les enseignants en situation de stress mais plutôt le temps et les problèmes liés à l'infrastructure informatique. Cependant, comme mentionné dans la littérature, la charge de travail supplémentaire semble bien être une source de stress pour les professeurs.

Les professeurs de plus de 60 ans ont également précisé qu'ils préfèrent enseigner avec un livre qu'avec les TICE. Une hypothèse d'explication serait qu'ils n'ont pas été baignés dans le numérique dès leur plus jeune âge. Ainsi, ils éprouveraient davantage de difficultés à utiliser les nouvelles technologies.

Le sujet des **formations proposées par la FWB** a déjà été abordé plusieurs fois notamment dans les diverses raisons données par les enseignants aux réponses des questions précédentes. Elles sont généralement critiquées et vues davantage comme un frein que comme une aide. La figure 12 confirme cette constatation.

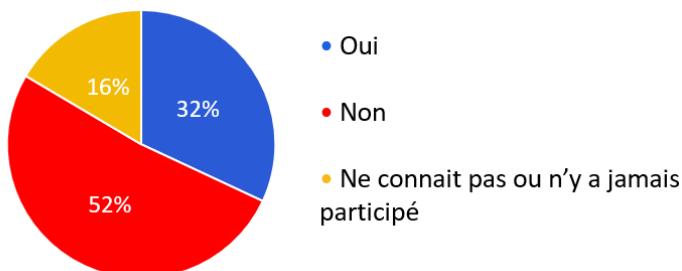


Figure 12 : réponses à la question « Considérez-vous que les formations proposées par la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) sont une aide à votre utilisation des TICE ? »

La figure 13 quant à elle résume les sites et applications utilisés par les professeurs ayant répondu au questionnaire. Les logiciels « Algadoo » [30], « Iolaos » [31] et « PTable » [32] ne sont employés par personne. Les plus utilisés sont « ActivInspire » [33], « PhET Interactive Simulations » [34] et « Genially » [29]. En ce qui concerne la forte utilisation d' « ActivInspire », cela peut s'expliquer par le fait qu'ils s'agit généralement du logiciel installé sur les TBI. Pour « PhET Interactive Simulations », ce site offre diverses simulations pour les cours de physique, chimie et biologie. Etant donné que les répondants sont des professeurs de sciences, il n'est pas étonnant qu'un peu moins de la moitié d'entre eux se servent de ces simulations. La plateforme « Genially » quant à elle est un outil plus général qui donne la possibilité de créer diverses activités, ce qui est intéressant pour varier les méthodes pédagogiques.

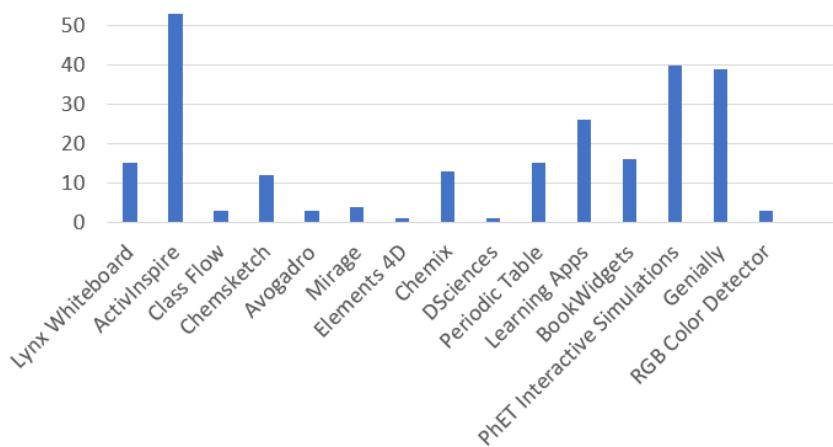


Figure 13 : résumé des sites et applications utilisés par les professeurs

#### 5.1.3. Propositions pour faciliter l'utilisation des TICE

Dans cette dernière section, les professeurs pouvaient rédiger des propositions afin de motiver un grand nombre d'enseignants à utiliser les TICE durant leurs cours.

Tout d'abord, certains enseignants aimeraient avoir des formations plus pratiques, plus concrètes et plus ciblées sur leur discipline (dans ce cas-ci, les sciences). Il est intéressant de remarquer que ces professeurs sont ceux ayant répondu que les formations de la FWB sont une aide dans leur motivation à intégrer les TICE. Ainsi, une hypothèse d'explication de ce constat serait que ces formations ne sont peut-être pas tout à fait bien adaptées comme le mentionne la littérature [2].

Une autre suggestion consiste à présenter les diverses TICE existantes notamment via des démonstrations en école. Cette proposition peut être liée à la précédente et aboutirait à un gain de temps car les enseignants ne devraient plus comprendre et s'approprier l'outil numérique seuls. Qui plus est, une telle présentation permettrait également de montrer les plus-values des TICE sur les apprentissages des élèves (meilleure visualisation de phénomènes et de molécules en 3D, nouvelles voies de communication avec les professeurs, meilleure autonomie de l'élève, etc.).

Les enseignants souhaiteraient également disposer de meilleures infrastructures informatiques (meilleure connexion wifi, accès à du matériel fonctionnel et non obsolète, etc.).

Cette proposition rejoint l'un des objectifs de l'axe 3 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles » expliqué dans le point 2.1. de l'état de l'art.

Une autre idée est de mettre en place des groupes d'échange de bonnes pratiques, ce qui serait un gain de temps car les enseignants ne devraient pas chercher tout seuls les TICE et les manières de les intégrer. Cette idée coïncide avec l'un des objectifs de l'axe 4 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles ».

Finalement, certains enseignants ont suggéré qu'une personne ressource soit présente dans l'établissement pendant les heures de cours pour intervenir en cas de problèmes informatiques et pour les aider à améliorer leurs connaissances des logiciels et des technologies, ce qui devrait non seulement les encourager à se servir des TICE mais aussi réduire leur stress éventuel. Cette proposition rejoint l'un des buts de l'axe 2 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles ».

Par contre, quelques professeurs considèrent qu'il ne faut rien faire pour motiver les enseignants à se servir des TICE car il s'agit d'un choix personnel. D'autres expriment plus une opinion qu'une proposition à proprement parlé. En effet, ils expliquent que ces outils numériques sont surtout intéressants pour les séances de remédiation et pour les élèves absents. Cette opinion corrobore à nouveau la littérature.

Sur les 97 professeurs ayant répondu au questionnaire, un seul considère que c'est de la folie de croire que les TICE peuvent aider les élèves à progresser. Il faudrait donc décourager leur usage.

En ce qui concerne la **mise au point d'une base de données en lien avec le programme**, seulement 9 % des enseignants ont répondu négativement comme le montre la figure 14.

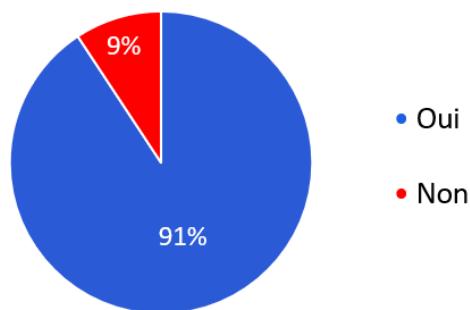


Figure 14 : réponses à la question « Pensez-vous que la mise au point d'une base de données regroupant diverses applications, animations virtuelles et autres en lien avec le programme pourrait motiver l'emploi des TICE ? »

Généralement, il s'agit de professeurs qui soit considèrent que l'utilisation des TICE est un choix personnel de l'enseignant, soit ne sont pas vraiment en faveur de ces outils numériques car ils ne sont pas nécessaires, ils sont sujets aux pannes, provoquent du surmenage oculaire ou déresponsabilisent les élèves.

A propos de **l'ajout d'un cours sur les TICE dans le cursus de formation des jeunes enseignants** qui est l'un des objectifs de l'axe 2 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles », la majorité des enseignants ont répondu positivement (voir figure 15).

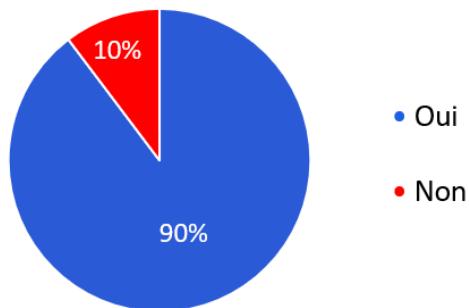


Figure 15 : réponses à la question « Pensez-vous que l'ajout de cours sur l'utilisation des TICE dans le cursus de formation des enseignants pourrait motiver les futurs enseignants à les employer ? »

Diverses raisons expliquent les réponses négatives et positives à cette question.

Pour les réponses négatives, certains enseignants considèrent que l'apprentissage des TICE peut se réaliser au fur et à mesure en fonction des besoins car pour eux chacun est libre de les utiliser ou pas. Qui plus est, ils jugent qu'il est plus efficace de découvrir ces outils par soi-même. D'autres professeurs expliquent que leur réponse dépend finalement du contenu de ce cours. En effet, certains y sont favorables s'ils ciblent un seul type de TICE et d'autres si le contenu est bien adapté au niveau de chacun. Finalement, la dernière justification concerne le fait que ce genre de cours peut être très intéressant pour montrer les différentes possibilités de TICE mais qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une évaluation certificative à la fin.

Concernant les réponses positives, certains trouvent que ce type de cours est intéressant pour montrer les différentes TICE existantes qui ne sont pas toujours très intuitives, et permettre aux futurs enseignants de commencer à s'en servir sans devoir se débrouiller seuls. D'autant plus que s'approprier les divers outils numériques demande un certain investissement ainsi que du temps, ce qui peut les démotiver. Un tel cours pourrait donc régler ce problème. L'intérêt de ce cours serait d'autant plus important si son contenu se concentrerait sur la présentation de logiciels gratuits et en lien direct avec les Unités d'acquis d'apprentissage (UAA). Une autre raison avancée est que les jeunes enseignants pourraient ainsi avoir l'opportunité d'expérimenter, de se familiariser et donc de s'approprier les TICE durant leur cursus de formation (pendant le cours et durant leurs stages). Par conséquent, s'en servir et les intégrer dans leurs leçons leur prendraient moins de temps en début de carrière. De plus, un tel cours serait l'occasion de leur montrer une manière de varier les méthodes et activités d'apprentissage. La dernière raison explique que les professeurs sont de plus en plus amenés à travailler avec les nouvelles technologies. Les TICE représentent donc l'avenir.

## 5.2. Résultats et discussions concernant l'utilisation des TICE durant une séquence de cours de chimie dans le secondaire

Cette section présente les résultats et discussions sur l'expérimentation de l'utilisation des TICE durant une séquence de cours sur la polymérisation.

### 5.2.1. Impact sur l'enseignant

La préparation de la séquence de cours sur la polymérisation s'est avérée assez longue. En effet, il a d'abord fallu identifier les diverses notions qui pouvaient nécessiter l'emploi des TICE. Une recherche bibliographique a donc été réalisée. Cependant, aucun article concernant les difficultés de compréhension ou les conceptions alternatives des élèves du secondaire sur cette matière n'a été trouvé. Ainsi, l'identification des concepts compliqués de cette séquence, à savoir la visualisation d'une réaction de polyaddition via la formation d'un fragment de polyéthylène, de la formation d'une liaison peptidique et d'une réaction de polycondensation via la synthèse d'un polypeptide n'a pu être basée sur la littérature.

Une fois cette étape réalisée, il a fallu chercher les outils numériques qui montraient exactement ces notions tout en restant à un niveau acceptable pour des élèves de 6<sup>ème</sup> secondaire option sciences générales. Cette fois, la littérature a permis de guider cette recherche. En effet, il a été prouvé que l'utilisation d'animations et/ou de simulations en 3D ont un impact positif sur la compréhension des élèves au niveau microscopique. Ces outils facilitent leur apprentissage car ils apportent des informations visuelles et spatiales qu'il n'est pas possible d'obtenir avec une feuille de cours où la représentation est en 2D [35]. Ainsi, les deux vidéos qui simulent en 3D et l'utilisation d'« Avogadro 2 » [25] pour montrer des fragments de polymères et des monomères en 3D sont choisis dans l'optique d'apporter des informations visuelles et spatiales en plus.

Les exercices supplémentaires et les questions théoriques sous forme d'un QCM réalisé via « Genially » [29] ont également pris un certain temps car un feedback a été rédigé pour expliquer comment obtenir la réponse à chaque question. En effet, il a été prouvé que les feedbacks immédiats ont un impact positif sur la compréhension et la connaissance d'une matière spécifique ainsi que sur la confiance en soi des élèves. Ils informent les étudiants sur ce qu'ils doivent revoir pour progresser et comprendre de manière plus approfondie le sujet. Ils permettent également d'augmenter leur motivation à s'impliquer dans la tâche d'apprentissage. Cependant, pour que ces feedbacks soient réellement efficaces, il faut qu'ils donnent un exemple de ce qui est attendu (ici, la réponse exacte), qu'ils expliquent en quoi les réponses données par les élèves correspondent ou non à la performance attendue (l'explication pour obtenir la bonne réponse) et qu'ils fournissent des informations pour permettre à l'élève de progresser [36, 37]. Pour ce dernier point, mes feedbacks auraient pu cibler explicitement les parties de la matière que les élèves devaient revoir pour être capable de répondre correctement aux questions dont les réponses ont été erronées. Concernant le temps consacré à ce QCM, une version papier a dû être rédigée en plus pour anticiper tout problème de connexion internet. Un inconvénient à utiliser la plateforme « Genially » [29] est la nécessité de payer un abonnement pour obtenir un lien privé. De plus, si le professeur veut recevoir les réponses de ses élèves, il doit payer davantage. La version gratuite de « Genially » ne permet pas d'avoir toute l'interactivité qui pourrait être souhaitée.

De plus, l'utilisation de l'application « Avogadro 2 » [25] a également pris un certain temps car cette application n'est pas très intuitive. Pour se l'approprier, il a été nécessaire de regarder plusieurs tutoriels.

Un autre point important de l'élaboration de cette séquence de cours est l'infrastructure informatique défectueuse. La connexion wifi était bancale ce qui a nécessité de télécharger les logiciels quand cela était possible. Cependant, le powerpoint n'a pas pu être téléchargé bien que les animations présentes fonctionnaient sans connexion une fois la page internet chargée. Comme expliqué ci-dessus, une version papier des exercices supplémentaires a été rédigée et distribuée aux élèves pour anticiper ce problème de connexion internet.

Ainsi, une bonne organisation est nécessaire non seulement pour anticiper les problèmes informatiques et prévoir un plan de secours mais aussi pour amener le matériel informatique. En effet, j'ai pu constater que transporter 23 tablettes depuis la salle informatique jusqu'à la classe sans aucune aide était impossible. Il faut donc prévoir soit de demander l'aide d'un collègue ou d'un élève, soit de faire plusieurs trajets.

Toutes ces difficultés ont aussi engendré un certain stress.

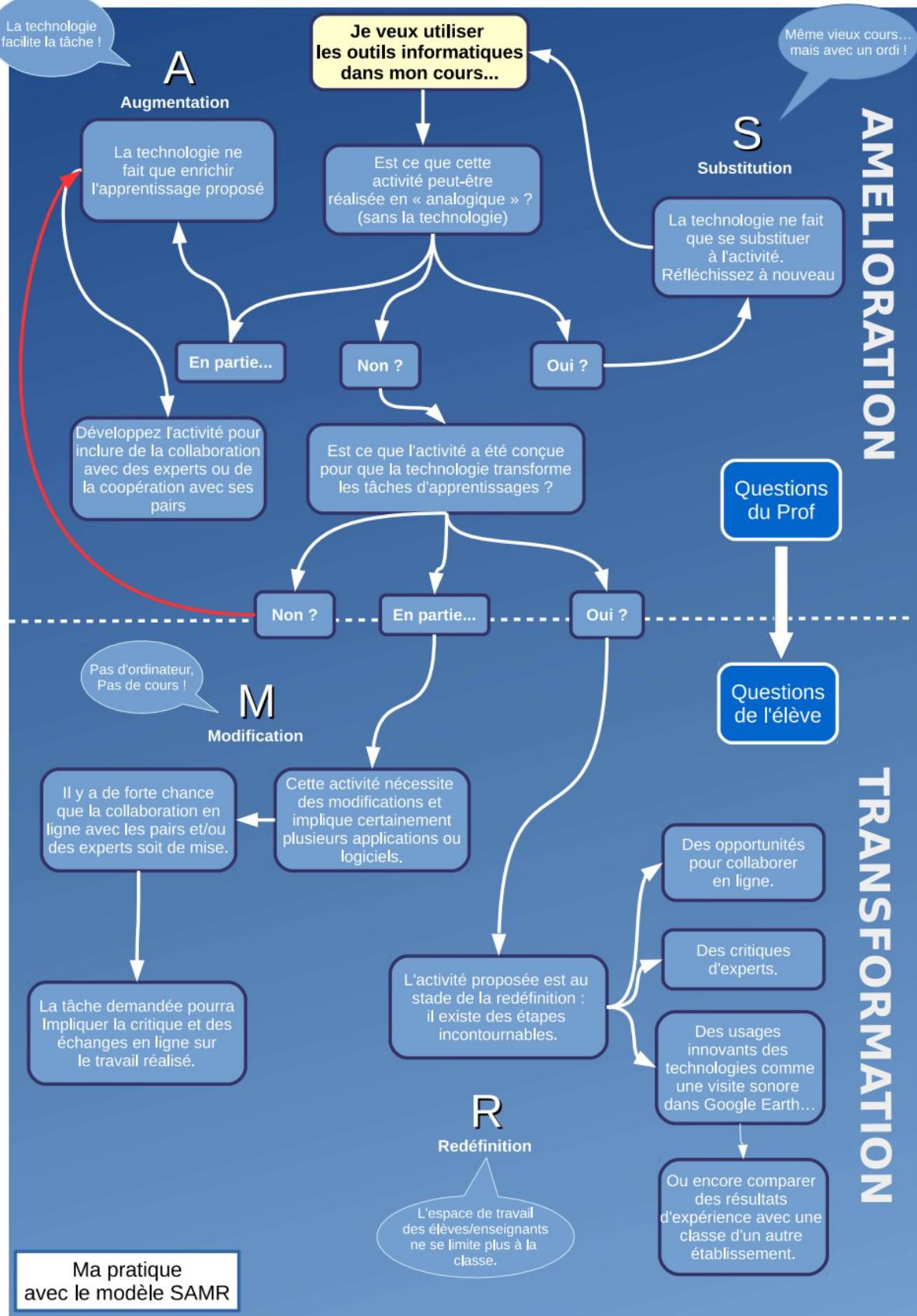
Par contre, un avantage des TICE est qu'elles peuvent être partagées avec les élèves pour qu'ils puissent les revoir (dans ce cas-ci avant l'examen) ou les visionner une première fois s'ils sont absents.

Finalement, les diverses constatations soulevées correspondent à la littérature [3, 20, 21] et à une partie des réponses données par les enseignants dans l'enquête. En effet, le facteur temps lié à la charge de travail supplémentaire et l'infrastructure informatique défectueuse ont été mentionnés par les professeurs comme un frein quant à l'utilisation des TICE et comme des sources de stress.

Au sujet des modèles SAMR (Substitution, Augmentation, Modification et Redéfinition) et TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), comme expliqué dans le point 2.3.1. de l'état de l'art, ils ont été proposés comme moyen d'aider les enseignants à intégrer correctement les TICE dans leurs leçons [18]. Personnellement, je trouve que le modèle SAMR aide davantage à percevoir de quelle manière les TICE peuvent améliorer et changer les méthodes pédagogiques traditionnelles. Pour déterminer exactement dans quelle partie et quel domaine du modèle les TICE utilisées se trouvent, je me suis servie d'une grille d'évaluation (figure 16). Ainsi, les vidéos et le powerpoint permettant de visualiser les réactions de polyadditions, la formation d'une liaison peptidique et d'un polypeptide se trouvent dans la partie « Augmentation » du domaine « Amélioration ». Il s'agit d'outils de substitution (le cours peut en partie se réaliser sans ces technologies) qui enrichissent les apprentissages. Le QCM réalisé via « Genially » se situe quant à lui dans la partie « Modification » du domaine « Transformation ». En effet, étant donné qu'il est construit de manière à ce que les élèves puissent y répondre chez eux et obtenir un feedback immédiat, la technologie est absolument nécessaire et transforme en partie la tâche d'apprentissage. Cette transformation vient du fait que les élèves ne vont pas seulement s'exercer et s'évaluer mais pourront également pointer directement les parties du cours qui nécessitent davantage d'être révisées.

# AMELIORATION

# TRANSFORMATION



Avril 2014 Christophe Rhein : rheinandco@gmail.com

Figure 16 : grille d'évaluation aidant à utiliser le modèle SAMR [38]

Concernant le modèle TPACK, je trouve qu'il est plus utile pour identifier quel outil est le plus efficace pour atteindre les objectifs de contenu et pédagogique. Mon objectif de contenu était que les élèves acquièrent diverses connaissances liées à la polymérisation. Autrement dit, qu'ils sachent ce qu'est une réaction de polyaddition, de polycondensation ; comment une protéine est synthétisée chimiquement via la formation de liaisons peptidiques et donc ce qu'est une liaison peptidique. Mon objectif pédagogique était d'améliorer la compréhension des élèves et leur visualisation de ces différentes notions. Ainsi, les vidéos et le powerpoint utilisés semblaient être les outils les plus adéquats pour rencontrer les objectifs de contenu et pédagogique. Pour le QCM réalisé sur « Genially » [29], la version virtuelle semblait être le meilleur outil pour permettre aux étudiants de tester leur compréhension de la matière.

Etant donné que ces deux modèles n'offrent pas la même aide pour intégrer les TICE dans une séquence de cours, il semble compliqué de les comparer et il serait même peut-être plus intéressant de les utiliser tous les deux.

### 5.2.2. Impact sur les élèves

L'impact des TICE utilisées sur les élèves, durant la séquence de cours sur la polymérisation, est déterminé via leurs réponses au questionnaire (voir annexe 2) distribué après l'évaluation.

Cependant, pour les élèves ne disposant pas d'assez de temps pour compléter le questionnaire en classe, il était prévu qu'ils le remplissent chez eux et le rendent au cours suivant. Au final, sur les 43 élèves, seul 23 (11 garçons et 12 filles) y ont répondu.

En ce qui concerne la vidéo simulant la polyaddition d'un fragment de polyéthylène, la majorité des élèves (voir figure 17) trouvent qu'elle était utile pour comprendre rapidement le phénomène.

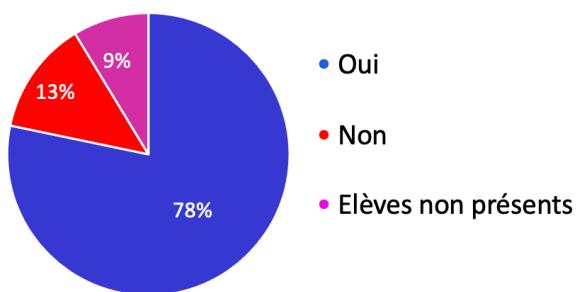


Figure 17 : réponses des élèves concernant le fait que la vidéo simulant la polyaddition du polyéthylène ait été une aide pour leur compréhension, leur visualisation

Ils expliquent que pouvoir visualiser la cassure de la double liaison et la formation de nouvelles liaisons simples les ont aidés à comprendre ce qui se passe au niveau microscopique surtout pour les élèves qui sont plus visuels. Habituellement, ils doivent essayer d'imaginer eux-mêmes le phénomène dans l'espace ou utiliser des métaphores. De plus, quand une réaction est expliquée sur une feuille, les élèves voient juste son état initial et son état final alors qu'avec la vidéo, ils ont pu voir toutes les étapes de la réaction de façon claire et concise en peu de temps. C'est un point qu'ils ont particulièrement apprécié. Ainsi, leurs réflexions confirment l'idée que les simulations et les animations en 3D donnent des informations visuelles et

spatiales qui facilitent la compréhension des étudiants au niveau microscopique [12, 35]. Par contre, un élève souligne que les notes de cours avec les explications restent primordiales. Il rejoint donc l'idée que les TICE doivent rester secondaires.

Pour les élèves trouvant que la vidéo ne les a pas aidés, ils expliquent qu'elle aurait été plus efficace pour eux à la fin du cours. En effet, ce sont des élèves qui comprennent la matière après avoir étudié le cours. Ils ont besoin de prendre un certain recul une fois l'explication donnée par le professeur. Par conséquent, la vidéo était montrée trop rapidement pour qu'elle leur soit bénéfique. Leur visionner une seconde fois la vidéo au début du cours suivant leur serait certainement d'une grande aide à condition qu'ils aient étudié la matière entre temps.

A propos du **powerpoint animé utilisé pour montrer la formation d'une liaison peptidique aux élèves**, seulement 11 % d'entre eux considèrent qu'il ne les a pas aidés à comprendre cette notion (voir figure 18). Ces élèves justifient leur réponse en expliquant qu'ils n'ont pas eu besoin de cette animation pour imaginer comment la liaison se forme, le cours théorique a suffi. Certains trouvent également qu'il y avait trop d'informations données trop rapidement.

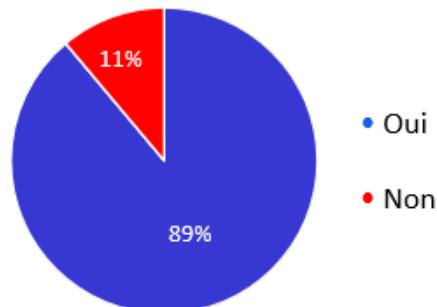


Figure 18 : réponses des élèves quant au fait que le powerpoint animé les a aidés à comprendre et visualiser la formation d'une liaison peptidique

A l'inverse, les élèves favorables à ce powerpoint expliquent qu'il leur a permis de visualiser les différentes étapes de la formation de la liaison peptidique donc ils ont pu voir exactement quelle liaison est brisée dans chaque acide aminé et quelles liaisons se forment (liaison peptidique et molécule d'eau). Le powerpoint a donc rendu les explications plus claires. De plus, pour ceux qui avaient déjà réussi à visualiser le phénomène avec la théorie, ils ont pu s'assurer de leur bonne compréhension grâce à cette TICE. Un autre avantage mentionné est que l'animation a donné l'occasion aux élèves d'observer ce qui se passe au niveau microscopique et de faire des conclusions par eux-mêmes, ce qui les a aidés à mieux assimiler la matière. Certains élèves ont répondu que cette animation les avait aidés mais ils avaient eu l'occasion d'étudier le principe d'une réaction de condensation préalablement. Comme expliqué précédemment, ces étudiants ont besoin d'intégrer la matière avant de pouvoir comprendre la visualisation de celle-ci. Qui plus est, plusieurs élèves ont souligné que ce powerpoint avait attiré leur attention.

Au niveau de la contribution de la vidéo simulant la formation d'un polypeptide sur la compréhension des élèves, la majorité d'entre eux affirment qu'elle les a aidés (voir figure 19).

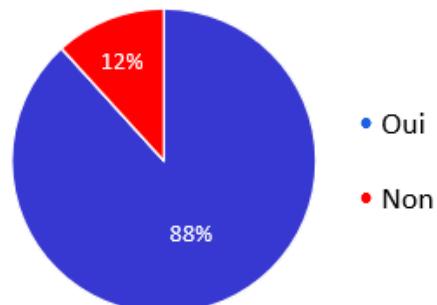


Figure 19 : réponses à la question « La simulation de la formation d'un polypeptide a-t-elle contribué à votre compréhension / visualisation de ce processus ? »

Diverses raisons expliquent cette affirmation. A nouveau, le fait de pouvoir visualiser clairement chaque étape de la réaction de polycondensation les a fortement aidés. Encore une fois, les élèves expliquent qu'avoir un support visuel en plus des explications théoriques favorisent leur apprentissage. A nouveau, cela confirme également la littérature [12, 35]. Pour ceux qui avaient déjà compris cette réaction de polymérisation, cela leur a permis de la vérifier.

Les élèves ayant donné une réponse négative la justifient par le fait que la vidéo ne leur était pas utile car ils avaient déjà compris le principe de la polycondensation. D'autres expliquent qu'une fois de plus, la simulation était trop rapide et ils ont été perdus avec les couleurs des atomes malgré les explications données.

Ainsi, il est intéressant de constater que les mêmes raisons ont généralement été utilisées pour justifier les réponses données vis-à-vis de l'aide apportée par le powerpoint animé et la vidéo simulant la formation d'un polypeptide. En réalité, cette constatation n'est pas très étonnante étant donné que ces deux TICE concernaient des notions liées. En effet, des liaisons peptidiques sont formées pour synthétiser un polypeptide.

Concernant la question « Pensez-vous que les exercices supplémentaires sous forme de QCM en ligne (le Genially) vous ont aidé·e à mieux préparer votre interrogation qu'une version papier de ces exercices ? », la majorité des élèves ont répondu positivement (voir figure 20).

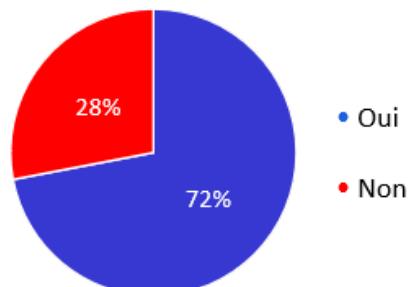


Figure 20 : réponses à la question « Pensez-vous que les exercices supplémentaires sous forme de QCM en ligne (le Genially) vous a aidé·e à mieux préparer votre interrogation qu'une version papier de ces exercices ? »

La plupart des élèves ont énormément apprécié les feedbacks immédiats leur expliquant leurs erreurs, ce qui n'est pas possible avec la version papier des exercices. Ils ont également trouvé que c'était une manière très amusante et ludique d'évaluer leurs connaissances donc leur étude. Ainsi, ils ont pu voir rapidement quels étaient les points qu'il fallait réviser. Les avis des élèves confirment la littérature concernant les feedbacks immédiats [36, 37]. Un autre avantage est qu'ils ont pu s'entraîner à répondre à un QCM. De plus, certains élèves expliquent que cette manière de procéder leur a donné envie de travailler.

Diverses raisons expliquent les réponses négatives. Certains élèves ont préféré la version papier car ils ont pu ainsi garder une trace écrite de leurs réponses et de leurs erreurs, ce qui n'est pas possible avec le QCM en ligne. Qui plus est, certains retiennent mieux quand ils écrivent. Une explication repose sur le fait que la version papier simule mieux une interrogation ou un examen et donne l'opportunité de proposer d'autres types d'exercices. D'ailleurs, une élève a suggéré qu'un quizz en ligne avec la possibilité d'encoder sa réponse aurait aussi été intéressant. Finalement, une élève n'a pas su accéder au QCM, ce qui est un problème qui ne se produit pas avec une version papier.

Au sujet de **l'impact des TICE utilisées pendant cette séquence de cours sur la motivation des élèves à apprendre et à s'investir dans le cours**, la figure 21 montre que la motivation d'environ un tiers des étudiants n'a pas été accrue.

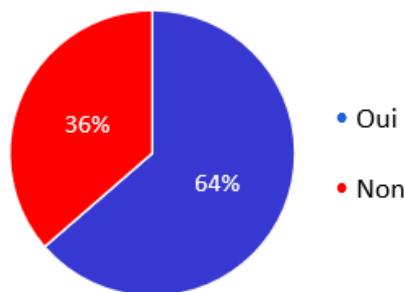


Figure 21 : réponses à la question « L'utilisation de ces simulations, animations et QCM vous a-t-elle motivé-e davantage à apprendre ou à vous investir dans le cours ? »

Ces élèves expliquent que leur investissement dans le cours et leur motivation n'a pas changé par rapport à un cours traditionnel malgré le fait que celui-ci était différent, sympathique et permettait d'avoir une meilleure compréhension de la matière.

A l'inverse, certains élèves ayant répondu positivement expliquent que ce sont ces TICE qui leur ont donné l'envie d'apprendre, ont rendu le sujet plus vivant et passionnant. D'autres justifient leur réponse par le fait qu'ils se sentaient plus impliqués grâce au côté plus visuel du cours. En effet, les réactions discutées théoriquement dans le cours deviennent réelles. Une autre raison est le côté innovant et amusant de cette manière d'apprendre. La leçon n'est plus du simple « bourrage de crâne ».

Ainsi, les avis sont quand même divisés quant à la question de l'impact des TICE sur la motivation et l'investissement des élèves contrairement à ce qui est mentionné dans la littérature [4, 12].

De manière générale, les avis des élèves sur l'impact positif des TICE en ce qui concerne leur compréhension de la matière qui peut être abstraite corroborent les informations trouvées dans la littérature [12]. Cependant, que ce soit « l'effet de nouveauté » ou le côté stéréotypé de l'impact des TICE sur les élèves, aucun des deux n'a pu être observé [4, 15]. Au contraire, les garçons ont le même avis que les filles notamment au sujet du QCM où ils ont utilisé eux-mêmes les TICE.

Finalement, les élèves avaient la possibilité de faire des **propositions sur les types de TICE qui pourraient les aider à comprendre davantage le cours et les encourager à y participer.**

Tout d'abord, ils ont suggéré de trouver des TICE qui permettent d'avoir un maximum d'interaction avec les élèves. Par exemple, en réalisant un questionnaire en ligne comme un Wooclap ou Kahoot où ils répondent tous en même temps et puis, l'enseignant discute des réponses avec eux.

Ensuite, ils ont proposé l'idée de réaliser un jeu en ligne dans lequel les élèves seraient par groupe de deux ou trois et devraient répondre le plus vite possible pour marquer des points. Cela leur permettrait non seulement de pouvoir collaborer ensemble mais aussi d'entrainer leur réflexion rapide.

Des vidéos de synthèse sur toute la matière du cours sont une autre suggestion. Ils ont aussi proposé de trouver des TICE qui donneraient l'occasion à l'élève de faire lui-même la réaction.

Par contre, il n'a pas été possible de comparer les deux classes. En effet, pour des raisons d'éthique, il n'a pas semblé judicieux d'avoir une classe test et une classe contrôle. De plus, il n'a pas non plus été possible de comparer à titre indicatif les résultats obtenus par les élèves de ces deux classes et ceux d'années antérieures. En effet, les années précédentes il n'y avait pas d'interrogation certificative sur cette matière avant les examens de Noël.

### 5.3. Base de données en lien avec le programme

La base de données (voir figure 22) réalisée durant ce mémoire est loin d'être complète et terminée. Il serait intéressant de la continuer dans un prochain travail. Une autre idée pour la compléter et en accord avec l'optique actuelle de la collaboration entre professeurs serait que les enseignants aient la possibilité d'y ajouter les TICE qu'ils ont trouvées et testées dans leur classe pour une UAA particulière. Dans cet objectif, il faudrait changer le format de la base de données pour qu'il soit plus interactif.

UAs	TICE
<b>UAA3 (sciences de base et générales)</b> La réaction chimique : approche quantitative	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elements 4D (gratuit) : les élèves peuvent faire virtuellement une réaction chimique en scannant plusieurs éléments chimiques. Cela est utile pour que les étudiants refassent des réactions réalisées expérimentalement en classe ou des réactions avec un composé non autorisé en classe.</li><li>- PhET Interactive Simulations (gratuit) : simulations « Molarity » et « Concentration » pour voir la concentration molaire.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : il y a de nombreux exercices interactifs avec feedback pour la nomenclature.</li> </ul>
<b>UAA4 (sciences de base) et UAA6 (sciences générales)</b> Caractériser un phénomène chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Learning Apps (gratuit): exercices pour identifier si une réaction est endothermique ou exothermique.</li> </ul>
<b>UAA4 (sciences générales)</b> Identifier une espèce chimique par une réaction chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PhET Interactive Simulations (gratuit) : simulations « Molarity » et « Concentration » pour voir la précipitation et la solubilité.</li> </ul>
<b>UAA5 (sciences de base)</b> Liaisons chimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Application « Mirage » (gratuit) : à partir d'un jeu de marquage, une molécule en 3D peut être visualisée. Des infos sur les angles et types de liaison ainsi que les paires non-liantes sont aussi transmises. Cela peut être utile pour voir le modèle VSEPR.</li> <li>- Chemsketch (gratuit) : à partir de ce logiciel, on peut dessiner une molécule en 3D et en 2D. Cela peut être utilisé pour visualiser la configuration spatiale des espèces chimiques.</li> <li>- Avogadro (gratuit) : dessiner une molécule en 3D.</li> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : il y a une section avec des exercices sur les électrons de valence, les structures de Lewis, les types de liaison, les géométries moléculaires, etc. <b>Attention, certains exercices sont d'un niveau trop élevé pour des élèves du secondaire.</b></li> <li>- PhET Interactive Simulations (gratuit) : simulation « Molecule Polarity » pour voir la polarité.</li> </ul>
<b>UAA5 (sciences générales)</b> Liaisons chimiques et configuration spatiale des espèces chimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Application « Mirage » (gratuit) : à partir d'un jeu de marquage, une molécule en 3D peut être visualisée. Des infos sur les angles et types de liaison ainsi que les paires non-liantes sont aussi transmises. Cela peut être utile pour voir le modèle VSEPR.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemsketch (gratuit) : à partir de ce logiciel, on peut dessiner une molécule en 3D et en 2D. Cela peut être utilisé pour visualiser la configuration spatiale des espèces chimiques.</li> <li>- Avogadro (gratuit) : dessiner une molécule en 3D.</li> <li>- PhET Interactive Simulations (gratuit) : simulation « Molecules Shapes Basics » pour montrer des molécules en 3D et « Molecule Polarity » pour voir la polarité.</li> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : il y a une section avec des exercices sur les électrons de valence, les structures de Lewis, les types de liaison, les géométries moléculaires, etc. <b>Attention, certains exercices sont d'un niveau trop élevé pour des élèves du secondaire.</b></li> </ul>
<b>UAA6 (sciences de base) et UAA7 (sciences générales)</b> Les équilibres chimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="https://chemquiz.net/keq/">https://chemquiz.net/keq/</a> (gratuit) : exercices sur les constantes d'équilibre.</li> </ul>
<b>UAA7 (sciences de base)</b> Notions de base de chimie organique (alcanes, polymères, alcènes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemsketch (gratuit) : dessiner une molécule en 3D pour visualiser les doubles liaisons.</li> <li>- Avogadro (gratuit) : dessiner molécule en 3D.</li> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : il y a de nombreux exercices interactifs avec feedback pour la nomenclature des composés organiques. Il y a aussi des exercices sur les réactions de combustion.</li> </ul>
<b>UAA8 (sciences de base)</b> Grandes classes de réactions chimiques (acide-base, oxydo-réduction, précipitation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kahn academy (gratuit) : il y a des exercices interactifs sur les réactions acide-base.</li> <li>- PhET Interactive Simulations (gratuit) : simulations « Molarity » et « Concentration » pour voir la précipitation et la solubilité. Simulations « pH Scale : Basics » et « Acid-Base Solutions ».</li> <li>- Learning Apps (gratuit) : exercices pour identifier si des produits quotidiens sont acides, neutres ou basiques. Quizz sur les définitions d'un acide et d'une base.</li> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : exercices sur les réactions d'oxydo-réduction.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : il y a de nombreux exercices interactifs avec feedback pour la nomenclature des</li> </ul>

<b>UAA8 (sciences générales)</b> La molécule en chimie organique	composés organiques. Il y a aussi des exercices sur les réactions de combustion.  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemsketch (gratuit) : visualiser une double liaison, les isomères.</li> <li>- Avogadro (gratuit) : dessiner une molécule en 3D donc visualiser une double liaison, etc.</li> </ul>
<b>UAA9 (sciences générales)</b> La macromolécule en chimie organique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemsketch (gratuit) : dessiner une molécule en 2D et 3D.</li> <li>- Avogadro (gratuit) : dessiner une molécule en 3D.</li> <li>- <a href="https://www.youtube.com/watch?v=uPNwgVXtWGk">https://www.youtube.com/watch?v=uPNwgVXtWGk</a> : vidéo simulant la formation du polyéthylène (réaction de polymérisation par polyaddition).</li> <li>- <a href="https://www.wisc-online.com/learn/natural-science/chemistry/bic007/peptide-bond-formation">https://www.wisc-online.com/learn/natural-science/chemistry/bic007/peptide-bond-formation</a> (gratuit) : powerpoint montrant la formation d'une liaison peptidique.</li> <li>- <a href="https://www.sciencephoto.com/media/727989/view/peptide-bond-formation-animation">https://www.sciencephoto.com/media/727989/view/peptide-bond-formation-animation</a> : vidéo simulant la formation d'un polypeptide.</li> </ul>
<b>UAA10 (sciences générales)</b> Les réactions avec transfert : les réactions acide-base et d'oxydoréduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kahn academy (gratuit) : il y a des exercices interactifs sur les réactions acide-base.</li> <li>- Learning Apps (gratuit) : exercices pour identifier si des produits quotidiens sont acides, neutres ou basiques. Quizz sur les définitions d'un acide et d'une base.</li> <li>- <a href="https://chimie.quebec/generale/">https://chimie.quebec/generale/</a> (gratuit) : exercices sur les réactions d'oxydo-réduction.</li> <li>- PhET Interactive Simulations (gratuit) : simulation « pH Scale : Basics » et « Acid-Base Solutions ».</li> </ul>

Figure 22 : base de données en lien avec le programme

Plusieurs autres applications sont utiles pour faire des expériences virtuellement notamment avec des composés interdits en classe ou pour que les élèves puissent refaire une expérience chez eux sans avoir accès au matériel. Parmi ces applications, il y a « Beaker » (payant) [39], « Chemix » (gratuit pour les outils de base) [40] et « Chemist » (payant) [41].

D'autres logiciels permettent de créer des quizz, diverses activités, etc. Il s'agit de logiciels tels que « Genially » (gratuit mais la production de l'enseignant n'est pas privée dans ce cas) [29], « Kahoot » (gratuit) [42] et « BookWidgets » (payant) [43].

## 6. Conclusion

Ce mémoire a pour objectif d'avoir une réflexion quant aux impacts liés à l'utilisation des TICE dans les cours de chimie en secondaire en FWB sur les élèves et les enseignants. Pour atteindre ce but, une enquête a été menée auprès des professeurs de sciences du degré supérieur du secondaire. Ensuite, l'utilisation des TICE lors d'une séquence de cours sur la polymérisation a été expérimentée, notamment pour voir leurs impacts sur les élèves. Ces deux parties ont permis de réaliser diverses conclusions.

Tout d'abord, l'enquête menée auprès des professeurs de sciences du degré supérieur de secondaire ainsi que les réflexions faites dans le point 5.2.1. ont corroboré un certain nombre d'informations trouvées dans la littérature et mentionnées dans l'état de l'art.

La première conclusion est que le manque de formations adéquates et adaptées proposées par la FWB pose problème. Qui plus est, comme la littérature le mentionne, ce problème peut être une source de stress pour les enseignants [2, 3].

Au sujet de ce stress, contrairement à ce qui est mentionné dans la littérature, la peur de se ridiculiser devant les élèves n'est pas la source principale du stress [3]. Il serait plutôt dû au temps nécessaire à l'élaboration et l'organisation de la leçon ou pour résoudre un problème informatique, à la gestion de la classe pendant la résolution d'un disfonctionnement numérique et à l'incertitude liée au bon fonctionnement du matériel. Ces constats se sont également vérifiés pendant la séquence de cours sur la polymérisation.

En ce qui concerne le fait que les nouvelles voies de communication entre élèves et professeurs puissent aussi être une source de stress, il n'y a eu aucune confirmation de la part des enseignants ayant participé à l'enquête. Par contre, l'intégration des TICE dans les cours change bien la façon d'enseigner et d'évaluer la compréhension des élèves, ce qui amène une charge de travail supplémentaire et potentiellement du stress [3].

A propos du rôle du Covid-19 dans la familiarisation des enseignants avec les outils numériques, il semble qu'il y est bien eu lieu. De plus, cette familiarisation semble avoir un impact positif sur l'utilisation des TICE par les professeurs comme l'affirme la littérature [3]. Il s'agit également d'une des raisons pour lesquelles ils pensent que l'ajout d'un cours sur les TICE dans le cursus de formation des enseignants est une bonne idée. Cette raison est également avancée dans la littérature pour justifier un tel cours [17]. Qui plus est, celui-ci rejoindrait un des objectifs de l'axe 2 de la « Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles ».

En ce qui concerne le manque de motivation des enseignants à se servir des TICE, le peu de matériel mis à leur disposition pourrait en effet être un argument [2]. Par contre, un frein qui semble important et qui n'a pas été mentionné dans les articles est que certains professeurs ont cessé de se servir des TICE après le Covid-19 car ils ont remarqué que les élèves passent trop de temps sur les écrans et se déresponsabilisent, ils sont moins pro-actifs (ils ne prennent plus de notes en cours, ils ne sont plus aussi rigoureux, etc.). Cette constatation semble plutôt contredire la littérature car cette dernière affirme que l'utilisation des TICE augmente la pro-activité des étudiants [12, 4].

D'ailleurs, l'enquête menée auprès des élèves ayant eu la séquence de cours sur la polymérisation dans laquelle des TICE ont été intégrées a montré que l'impact sur la motivation d'apprentissage ainsi que l'investissement des élèves dans le cours ne semble pas aussi évident que ce qui est avancé dans les articles [4, 12]. En effet, pour environ un tiers des étudiants, les TICE n'ont absolument pas modifié ces deux aspects de leur apprentissage. Ainsi, il semble que l'efficacité des TICE sur leur motivation et leur investissement soit propre à chacun. Certains élèves vont être très réceptifs à leur utilisation et d'autres vont préférer des méthodes d'apprentissage plus traditionnelles.

Cette enquête a tout de même confirmé plusieurs aspects de l'impact des TICE sur les élèves mentionnés dans la littérature.

Tout d'abord, l'utilisation de ces outils numériques a bien, en général, un impact positif sur la compréhension de la chimie par les élèves [12]. En effet, la majorité d'entre eux a constaté une amélioration de leur compréhension suite à la visualisation des deux types de réactions de polymérisation et de la formation d'une liaison peptidique. Cependant, les TICE doivent rester un élément secondaire. En effet, un élève a souligné que les notes de cours avec les explications théoriques restent indispensables. Qui plus est, certains étudiants ont aimé avoir une version papier des exercices supplémentaires car cela correspond mieux à l'interrogation ou à l'examen.

En ce qui concerne « l'effet de nouveauté » et le fait que les TICE ont soi-disant un impact différent sur la compréhension des filles et des garçons à cause des stéréotypes, cela n'a pas été observé durant ce mémoire [4, 15]. Au contraire, les filles et les garçons ont souvent eu la même opinion et éprouvé les mêmes difficultés.

Au sujet des nouvelles voies de communication qu'offrent les TICE, elles n'ont pas été observées durant ce mémoire. Cependant, les nouvelles voies d'apprentissage qui offrent la possibilité aux élèves de travailler de manière plus autonome ou à leur rythme, constituent quant à elles un impact positif des TICE [13]. En effet, cet aspect a été évalué via le QCM réalisé sur « Genially » et les élèves ont majoritairement apprécié ce type d'exercices car ils ont pu s'évaluer et pointer les parties de la matière qu'ils devaient revoir.

Au sujet des modèles d'intégration TPACK et SAMR, il semble que les deux soient complémentaires car ils n'offrent pas la même aide pour l'intégration des TICE. En effet, le premier conseille davantage sur le type d'outils le plus adéquat pour rencontrer des objectifs de contenu et pédagogique particuliers tandis que le second aide pour identifier la manière dont les TICE peuvent améliorer et changer les méthodes pédagogiques traditionnelles. Ainsi, il serait plus intéressant de se servir des deux pour intégrer ces outils numériques dans des cours, contrairement à ce qui est mentionné dans la littérature [18].

Finalement, ce mémoire montre que l'utilisation des TICE dans les cours de chimie en FWB semble apporter quelques bénéfices sur l'apprentissage des élèves malgré les inconvénients soulevés. Ces bénéfices vont permettre d'améliorer la compréhension du cours de chimie en travaillant avec des outils numériques et en promouvant l'autonomie.

## 7. Perspectives

Pour une future recherche, il serait intéressant de développer davantage la base de données qui est encore assez succincte. Une piste pour l'enrichir a déjà été mentionnée dans le point 5.3. de la partie « Résultats et discussions ».

Il faudrait également pouvoir comparer une classe qui reçoit l'enseignement traditionnel et une classe dont les cours contiennent des TICE afin d'évaluer l'impact de celui-ci.

Un autre point qui mérite d'être investigué plus en profondeur concerne les équipements disponibles dans les écoles de l'enseignement libre et officiel. Les professeurs qui ont expliqué avoir des problèmes avec le matériel informatique ou même ne pas en posséder enseignent essentiellement dans le libre. Cependant, la majorité des enseignants qui ont répondu à l'enquête travaillent dans l'enseignement libre, ce qui pourrait expliquer cette différence.

Il serait également intéressant de se pencher davantage sur la question de l'impact des TICE qui serait différent entre les filles et les garçons à cause de stéréotypes notamment en proposant des tâches où les élèves devraient eux-mêmes créer quelque chose avec les TICE.

Finalement, une autre recherche judicieuse serait à mon sens la personnalisation des apprentissages. Les TICE pourraient aisément proposer différents exercices en fonction du niveau des élèves. Cette différenciation pourrait également aider l'élève à travailler sur ses lacunes d'une manière autonome.

## 8. Annexes

**Annexe 1** : questionnaire destiné aux professeurs de sciences du degré supérieur du secondaire

**Consentement éclairé dans le respect du règlement général de protection des données (RGPD)**

L'objectif de la recherche pour laquelle nous sollicitons votre participation est de réaliser un mémoire sur l'utilisation des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement) en chimie dans le secondaire. La recherche est menée par Mathilde Lixon encadrée par Caroline Collette (promotrice du mémoire).

Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pouvez choisir de ne pas participer et si vous décidez de participer, vous pouvez cesser de répondre aux questions à tout moment et fermer la fenêtre de votre navigateur sans aucun préjudice. Vous pouvez également choisir de ne pas répondre à certaines questions spécifiques.

Les données recueillies dans le cadre de cette recherche (profil de l'enseignant, utilisation des TICE par l'enseignant (aide, freins), propositions pour faciliter l'emploi des TICE) sont enregistrées dans Excel et Word par Mathilde Lixon (mathilde.lixon@student.uliege.be, 0476/70.75.62) de l'Université de Liège afin de corroborer les informations concernant l'impact des TICE sur les professeurs trouvées dans la littérature. Ces données seront conservées le temps de les agréger en des données statistiques anonymes. Ces données seront traitées sur la base du présent consentement.

Ces données ne seront pas transmises à des tiers. Les données récoltées ne permettent pas de vous identifier.

Conformément aux dispositions du Règlement Général sur la Protection des Données (UE 2016/679) et de la loi du 30 juillet 2018 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel, vous pouvez exercer vos droits relatifs à ces données à caractère personnel (droit d'accès, de rectification, d'effacement, à la limitation, d'opposition, à la portabilité et de retrait du consentement) en contactant Mathilde Lixon (mathilde.lixon@student.uliege.be, 0476/70.75.62) ou, à défaut, le Délégué à la Protection des Données de l'Uliège (dpo@uliege.be - Monsieur le Délégué à la Protection des Données, Bât. B9 Cellule "GDPR", Quartier Village 3, Boulevard de Colonster 2, 4000 Liège, Belgique). Vous disposez également du droit d'introduire une réclamation auprès de l'Autorité de protection des données (<https://www.autoriteprotectiondonnees.be>, contact@apd-gba.be).

Pour participer à l'étude, veuillez cliquer sur le bouton "suivant" ci-dessous. Cliquer sur ce bouton implique que :

- Vous avez lu et compris les informations reprises ci-dessus

- Vous consentez à la gestion et au traitement des données acquises telles que décrites ci-dessus
- Vous avez 18 ans ou plus
- Vous donnez votre consentement libre et éclairé pour participer à cette recherche

### Introduction

Les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education (TICE) regroupent l'ensemble des outils numériques employés lors de processus d'apprentissage. Par exemple, les tableaux blancs interactifs font partie des TICE. Citons d'autres exemples comme les applications, les simulations ou encore les tablettes.

Concernant le questionnaire qui doit être complété pour le 15 novembre au plus tard, vous remarquerez, que pour certaines questions, vous aurez la possibilité de choisir la réponse "Autre". Si vous cochez cette case, vous pourrez commenter votre réponse si vous le désirez.

### Profil de l'enseignant

Cette section contient les questions suivantes :

- Etes-vous ... ?
  - un homme
  - une femme
  - Autre
- Avez-vous entre ... ?
  - 20 et 30 ans
  - 30 et 40 ans
  - 40 et 50 ans
  - 50 et 60 ans
  - plus de 60 ans
- Dans quel réseau enseignez-vous ?
  - Libre
  - Officiel
- Depuis combien de temps enseignez-vous ?
  - 1 à 5 ans
  - 5 à 10 ans
  - 10 à 15 ans
  - 15 à 20 ans

- 20 à 25 ans
- 25 à 30 ans
- 30 à 35 ans
- plus de 35 ans

### Utilisation des TICE

- La crise sanitaire du Covid-19 vous a-t-elle poussé·e et/ou motivé·e à utiliser les TICE ?
  - Oui
  - Non
- Depuis le Covid-19, continuez-vous à utiliser les TICE ?
  - Oui
  - Non
  - Autre
- Si vous avez répondu « non » à la question précédente, quelles en sont les raisons ?

La réponse à cette question n'est pas sous forme de QCM. Les professeurs devaient simplement écrire leurs raisons.
- Actuellement, à quelle fréquence utilisez-vous les TICE durant vos cours ?
  - Régulièrement (moyenne annuelle plus de 20 % des cours)
  - De temps en temps (moyenne annuelle moins de 20 % des cours)
  - Jamais
- Quelles sont les raisons qui freineraient votre motivation d'employer les TICE ?
- Le manque éventuel de matériel disponible est-il un frein à votre emploi des TICE ?
  - Oui
  - Non
  - Autre
- L'utilisation des TICE est-elle une source de stress pour vous ?
  - Oui
  - Non
- Si vous avez répondu « oui » dans la question précédente, quelles sont les raisons de votre stress ?

- Considérez-vous que les formations proposées par la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) sont une aide à votre utilisation des TICE ?
  - Oui
  - Non
  - Autre
- Avez-vous déjà utilisé les applications et/ou les sites suivants ?
  - Lynx Whiteboard
  - ActivInspire
  - Algodoo
  - Iolaos
  - Class Flow
  - Chemsketch
  - Avogadro
  - Mirage
  - Elements 4D
  - Chemix
  - DSciences
  - Ptable
  - Periodic Table
  - Learning Apps
  - BookWidgets
  - PhET Interactive Simulations
  - Genially
  - RGB Color Detector

#### Propositions pour faciliter l'utilisation des TICE

- Selon vous, que pourrait-on mettre en place pour motiver un grand nombre d'enseignants à utiliser les TICE durant leurs cours ?
- Pensez-vous que la mise au point d'une base de données regroupant diverses applications, animations virtuelles, etc en lien avec le programme pourrait motiver l'emploi des TICE ?
  - Oui
  - Non
- Pensez-vous que l'ajout de cours sur l'utilisation des TICE dans le cursus de formation des enseignants pourrait motiver les futurs enseignants à les employer ?
  - Oui
  - Non

- Pouvez-vous expliciter votre réponse à la question précédente ?

## Annexe 2 : questionnaire destiné aux élèves de 6<sup>ème</sup> année

### Question 1

Etes-vous ... ?

Un garçon / une fille

### Question 2

L'utilisation de la simulation de la polyaddition du polyéthylène (simulation du premier cours) vous a-t-elle aidé·e à comprendre / visualiser ce qui se passait au niveau microscopique (c'est-à-dire au niveau des liaisons) durant cette réaction de polymérisation ? Développez votre réponse.

### Question 3

Pensez-vous que l'animation sur la formation d'un peptide et donc sur la formation d'une liaison peptidique vous a permis de mieux comprendre la réaction de condensation qui se produit ? Développez votre réponse.

### Question 4

La simulation de la formation d'un polypeptide a-t-elle contribué à votre compréhension / visualisation de ce processus ? Développez votre réponse.

### Question 5

Pensez-vous que les exercices supplémentaires sous forme de QCM en ligne (le Genially) vous ont aidé·e à mieux préparer votre interrogation qu'une version papier de ces exercices ? Développez votre réponse.

### Question 6

L'utilisation de ces simulations, animations et QCM vous a-t-elle motivé·e davantage à apprendre ou à vous investir dans le cours ? Développez votre réponse.

### Question 7

Avez-vous des suggestions sur les types de TICE qui pourraient vous aider à comprendre le cours et vous encourager à y participer ? Développez.

## 9. Bibliographie

- 1) Bricteux, S., Quittre, V., & Dupont, V. (2020). *Le numérique dans la vie scolaire et quotidienne des jeunes : Résultats de PISA 2018 et TALIS 2018 en Fédération Wallonie-Bruxelles*. Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation, Université de Liège.
- 2) Henry, J., Joris, N. Maîtrise et usage des TIC : la situation des enseignants en Belgique francophone. Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif, 2013, Clermont-Ferrand, France. edutice-00875643v2f
- 3) Bailly, S. (2021). *Le stress perçu par les enseignants vis-à-vis des T.I.C.E. : Une approche quantitative menée à l'heure du confinement* [Mémoire de master, Université de Franche-Comté]. HAL Open Science. <https://univ-fcomte.hal.science/hal-03360214>
- 4) Liardet, L. (2021). *L'utilisation du smartphone comme instrument d'analyse en travaux pratiques de chimie : mise en œuvre, apports et contraintes* [Mémoire professionnel, Haute école pédagogique Vaud]. Patrinum. Disponible sur <https://patrinum.ch/record/294433?ln=fr&v=pdf>
- 5) Delval, F., Gradinaru, J., & Donzé, L. (2017). *Utilisation de TICE dans l'enseignement de la chimie au secondaire 2: mise en œuvre, apports, contraintes et évaluation* (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Haute école pédagogique du canton de Vaud, 2017. <https://doi.org/10.22005/bcu.16319>).
- 6) Bernard, F. X., & Ailincai, R. (2012). De l'introduction des TICE à l'École aux pratiques actuelles des jeunes. *Raisons, comparaisons, éducations: la revue française d'éducation comparée*, (8), 215-226. HAL Open Science. <https://shs.hal.science/halshs-00730378>
- 7) Degeer, M. ; Kumps, A. (2022). *Les compétences numériques des élèves et des enseignants : à l'heure du Pacte pour un Enseignement d'excellence*. Van In.
- 8) Laduron, C., Denis, B., & Rappe, J. (2019). Quelles pratiques pour la formation à l'intégration des TICE en formation initiale des enseignants?. *Bilan et perspectives de recherches en Technologie de l'Éducation, Formation et Pédagogie Universitaire*, 13.
- 9) Elen, J., Pynoo, B., Goeman, K., & van Braak, J. (2014). Betrokken, voorbeeldig, proactief: ICT-integratie in de lerarenopleiding. *Tijdschrift voor Lerarenopleiders*, 35(4), 19-24. <http://hdl.handle.net/1854/LU-5795654>
- 10) Fédération Wallonie-Bruxelles. (2019, mars). *Stratégie numérique pour l'éducation*. Enseignement.be. <http://www.enseignement.be/index.php?page=28101>
- 11) Vivek, K. and Bhattacharjee, P. 2021. "Use of Information and Communication Technologies in Education". Washington, D.C.: World Bank. <https://doi.org/10.1596/35423>
- 12) Brajkovic, D. (2014). *Enjeux, Initiatives et Perspectives D'Usages des TIC (E): L'Enseignement de la Chimie*. [https://chemistrynetwork.pixel-online.org/files/SUE\\_papers/BE/BE\\_Success\\_FR.pdf](https://chemistrynetwork.pixel-online.org/files/SUE_papers/BE/BE_Success_FR.pdf)
- 13) Ainley, J., Enger, L., Searle, D. (2008). *Students in a Digital Age: Implications of ICT for Teaching and Learning*. In: Voogt, J., Knezek, G. (eds) International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education. Springer International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education, vol 20. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-73315-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-0-387-73315-9_4)
- 14) Koleva, M., & Nacheva-Skopalik, L. (2012). Making Chemistry an attractive Subject for Lifelong Learning: Interactive approach in presenting educational content.

In *Proceedings of International conference "New perspectives in science education* (pp. 8-9). Pixel Internationnal Conferences. [https://conference.pixel-online.net/conferences/science/common/download/Paper\\_pdf/122-ESM06-FP-Koleva-NPSE2012.pdf](https://conference.pixel-online.net/conferences/science/common/download/Paper_pdf/122-ESM06-FP-Koleva-NPSE2012.pdf)

- 15) Leroux, G.; Monteil, J.-M.; Huguet, P. (2017). Apprentissages Scolaires et Technologies Numériques : Une Revue Critique Des Méta-Analyses. *L'Année Psychologique*. 2017, 117 (4), 433–465. <https://doi.org/10.3917/anpsy.174.0433>.
- 16) Bedin, E., Marques, M. S., & Cleophas, M. das G. (2023). Research on the content, technological, and pedagogical knowledge (TPACK) of chemistry teachers during remote teaching in the pandemic in the light of students' perceptions. *Journal of Information Technology Education: Research*, 22, 1-24. <https://doi.org/10.28945/5063>
- 17) Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2017, 11 janvier). *Formation des enseignants et utilisation des technologies de l'information et de la communication face à la crise de la COVID-19*. [https://www.oecd.org/fr/publications/2020/10/teachers-training-and-use-of-information-and-communications-technology-in-the-face-of-the-covid-19-crisis\\_4c2cc8bf.html](https://www.oecd.org/fr/publications/2020/10/teachers-training-and-use-of-information-and-communications-technology-in-the-face-of-the-covid-19-crisis_4c2cc8bf.html)
- 18) Hilton, J. T. (2016). A case study of the application of SAMR and TPACK for reflection on technology integration into two social studies classrooms. *The social studies*, 107(2), 68-73. <https://doi.org/10.1080/00377996.2015.1124376>
- 19) Wu, S. H., Lai, C. L., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2021). Research trends in technology-enhanced chemistry learning: A review of comparative research from 2010 to 2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 496-510. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09894-w>
- 20) O'Malley, P. J. (2010). Combining a tablet personal computer and screencasting for chemistry teaching. *New Directions in the Teaching of Natural Sciences*, (6), 64-67. <https://doi.org/10.29311/ndts.v0i6.523>
- 21) Tofan, D. C. (2010). Using a tablet PC and OneNote 2007 to teach chemistry. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 47-48. <https://doi.org/10.1021/ed800019h>
- 22) Dineva, S., & Stoikova, V. (2011). Application of Interactive Devices and Virtual lab in Chemistry Learning. In *Proceedings of the 6th International conference on virtual learning* (pp. 261-267). ResearchGate. [https://www.researchgate.net/profile/Snejana-Dineva/publication/309487929\\_Application\\_of\\_Interactive\\_Devices\\_and\\_Virtual\\_lab\\_in\\_Chemistry](https://www.researchgate.net/profile/Snejana-Dineva/publication/309487929_Application_of_Interactive_Devices_and_Virtual_lab_in_Chemistry)
- 23) Bozzo, G., Grimalt-Alvaro, C., & López Simó, V. (2015). The uses of Interactive Whiteboard in a science laboratory. In *GIREP-MPTL International Conference on Teaching/Learning Physics Proceedings* (pp. 549-558). Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). <https://ddd.uab.cat/record/149299>
- 24) Fédération de l'Enseignement Secondaire Catholique (FESeC). (2016). *Programme de sciences générales : Humanités générales et technologiques, 3e degré*.
- 25) Hanwell, M. D., Curtis, D. E., Lonie, D. C., Vandermeersch, T., Zurek, E., & Hutchison, G. R. (2024). Avogadro 2 (Version 1.99.0). [Logiciel d'application mobile]. Open Chemistry. <https://avogadro.cc/>
- 26) C4Real (2016, 18 avril). *Chemistry Visualisation – How the polymerisation process is done / 3D Animation / AkzoNobel / C4Real* [vidéo]. Youtube. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=uPNwgVXtWGk> (consulté le 11/12/24).

- 27) Wilkosz, R. (s.d.). *Peptide Bond Formation*. WISC-ONLINE. <https://www.wisc-online.com/learn/natural-science/chemistry/bic007/peptide-bond-formation> (consulté le 11/12/24)
- 28) Lewis, R., Baugh, J. (s.d.). *Peptide bond formation, animation* [vidéo]. SciencephotoLibrary. Disponible sur : <https://www.sciencephoto.com/media/727989/view/peptide-bond-formation-animation> (consulté le 11/12/24)
- 29) Gallego, J. A., Hernández, C. (2024). *Genially*. [Logiciel]. Genially S. L. <https://genially.com/fr/> (consulté le 11/12/24)
- 30) Algoryx Simulation. (2024). *Algodoo* (Version 2.2.3). [Logiciel d'application mobile]. App Store. <https://apps.apple.com/us/app/algodoo/id616064935>
- 31) Speechi. (2024). *Iolaos*. [Logiciel]. Speechi. <https://speechi.com/fr/logiciel-pour-ecran-interactif-iolaos/> (consulté le 11/12/24)
- 32) Dayah, M. (2024). *PTable*. [Logiciel d'application mobile]. Ptable. <https://ptable.com/>
- 33) Promethean. (2024). *ActivInspire* (Version 3.4). [Logiciel d'application mobile]. Promethean. <https://www.prometheanworld.com/fr/produits/activinspire/>
- 34) Wieman, C. *PhET Interactive Simulations*. [Logiciel]. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/fr/> (consulté le 11/12/24)
- 35) Abdinejad, M., Talaie, B., Qorbani, H. S., & Dalili, S. (2021). Student perceptions using augmented reality and 3d visualization technologies in chemistry education. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 87-96. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09880-2>
- 36) Walker, K. (2011). Immediate Feedback to Students and Student Learning. *Education Partnerships, Inc.* <https://eric.ed.gov/?id=ED537926>
- 37) Hathila, P. B., Baria, D. P., Damor, C. K., & Mahajan, S. (2023). Students' reflection on immediate feedback during formative assessment. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 13(3), 644-647. <https://doi.org/10.5455/njppp.2023.13.01054202306022023>
- 38) Deprez, M. (2024, 30 janvier). *Education au numérique*. Prof.scienceshumaines. <https://prof.scienceshumaines.be/education-au-numerique-en-geographie/> (consulté le 11/12/24)
- 39) THIX LLC. (2021). *Beaker* (Version 2.4). [Logiciel d'application mobile]. App Store. <https://apps.apple.com/us/app/beaker-by-thix/id961227503>
- 40) Codelite Ltd, UK. (2024). *Chemix* (Version 3.64.1). [Logiciel]. <https://chemix.org/> (consulté le 11/12/24)
- 41) THIX LLC. (2021). *Chemist* (Version 5.2). [Logiciel d'application mobile]. App Store. <https://apps.apple.com/fr/app/chemist-by-thix/id440666387>
- 42) Versvik, M., Brand, J., Brooker, J. (2024). *Kahoot! Quiz et Jeux éducatifs*. (Version 6.0.7). [Logiciel d'application mobile]. App Store. <https://apps.apple.com/us/app/kahoot-play-create-quizzes/id1131203560>
- 43) BookWidgets. (s.d.). *BookWidgets interactive learning*. [Logiciel]. BookWidgets. <https://www.bookwidgets.com/> (consulté le 11/12/24)