

Perceptions et efficacité de l'intelligence artificielle pour les élèves du cycle secondaire secondaire

Rebecca Abourgess

Université Libanaise, Faculté de l'éducation

Zahlé, Liban, rebecca.abourgess@gmail.com

Résumé

Cette recherche s'est concentrée sur l'utilisation des outils d'IA, particulièrement ChatGPT, par les élèves du cycle secondaire et s'est penchée sur deux questions principales. D'abord, elle cherchait à comprendre les perceptions des élèves concernant les finalités et les impacts de ces outils. Ensuite, elle visait à évaluer l'efficacité de ChatGPT dans l'acquisition de nouveaux savoirs en mathématiques, en se concentrant sur le concept de "suite géométrique". Pour répondre à la première question, un questionnaire numérique a été administré à 349 élèves provenant de deux écoles publiques et de cinq privées. Les résultats ont montré que la majorité des élèves utilisent des outils d'IA, notamment ChatGPT, principalement pour trouver des informations supplémentaires et des exemples illustratifs sur des sujets spécifiques. Ils estiment que ces outils peuvent améliorer leur productivité, bien que certaines utilisations soient motivées par le manque de temps ou le besoin de soutien. Pour répondre à la deuxième question, une expérimentation a été menée avec une classe de Bac scientifique, où les élèves ont utilisé ChatGPT comme référence pour construire le concept de "suite géométrique". En comparaison avec les élèves d'une deuxième classe utilisant le manuel scolaire, les résultats ont montré une différence de moyenne significative en faveur du groupe « manuel scolaire ». L'analyse des erreurs a révélé que certains élèves ont montré une compréhension limitée de la manière de poser des questions efficaces à ChatGPT. Celui-ci était utile pour

comprendre les propriétés des suites géométriques mais moins efficace dans la concrétisation de la formule du terme général

Abstract

This study looked at two key questions about secondary school students' use of AI tools, specifically ChatGPT. Its primary goal was to ascertain how students perceived the uses and effects of these instruments. Second, it aimed to assess ChatGPT's efficacy in learning new mathematical concepts, with a particular emphasis on the idea of "geometric sequence." A computerized questionnaire was distributed to 349 students from seven schools—two public and five private—in order to answer the first question. The majority of students, according to the results, utilize ChatGPT and other AI applications mostly to obtain more knowledge and examples that clarify particular subjects. They think these technologies can increase their productivity, but some people utilize them because they are time-sensitive or because they require more help. In order to answer the second point, an experiment was carried out with a scientific baccalaureate class, in which the students built the notion of "geometric sequence" using ChatGPT as a reference. Results indicated a substantial difference in mean scores favoring the "textbook" group when compared to pupils in a second class utilizing the school textbook. Error analysis showed that some students had a limited comprehension of the ChatGPT interface, which helped them understand the features of geometric sequences but was less successful in helping them concretize the general term formula

Keywords

Artificial intelligence, ChatGPT, Geometric sequence, Mathematics, Secondary school students

مستخلص

تركز البحث على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته من قبل طلاب المرحلة الثانوية، لاسيما برنامج ChatGPT متناولاً سؤالين رئيسيين. الأول يهدف إلى اكتشاف مدى معرفتهم بهذه الأدوات ومزاياها وفاعليتها، وكيفية استخدامها لتأدية بعض العمليات، والثاني يتمحور حول تقييم مدى فعالية ChatGPT في اكتساب معارف

جديدة في الرِّياضيَّات، وبالتَّحديد في إدراك مفهوم "التَّسلسل الهندسيّ". للرزْد على السَّؤال الأوَّل، تمَّ تنفيذ استبيان رقميٍّ لـ ٣٤٩ طالبًا من سبع مدارس، اثنتين رسميَّة وخمس خاصَّة. أظهرت النَّتائج أنَّ معظم الطُّلاب يستخدمون أدوات الذِّكاء الاصطناعيّ، وChatGPT بشكل أساسيٍّ، بهدف العثور في المقام الأوَّل على معلومات إضافيَّة ووافية أو أمثلة توضيحيَّة حول مواضيع محدَّدة، بالنَّسبة إليهم، هذه الأدوات يمكن أن تعزِّز إنتاجيَّتهم وكفاءتهم، كما أنَّها تساهم في توفير الكثير من الوقت الذي كانوا ينفقونه لحلِّ واجباتهم، ناهيك عن أنَّها تؤمِّن لهم دعمًا إضافيًّا لتنمية معارفهم. ولرزْد على السَّؤال الثاني، تمَّ إجراء تجربة في الصَّف الثَّانويِّ الثَّاني العلميِّ بشعبتيه، حيث استخدم طُلاب الشَّعبة الأولى ChatGPT كمرجع لبناء مفهوم "التَّسلسل الهندسيّ". أمَّا طُلاب الشَّعبة الثَّانية فاستعملوا الكتاب المدرسيّ. أظهرت النَّتائج فارقًا في الدَّرجات لصالح مجموعة الكتاب المدرسيّ. وقد كشف تحليل الأخطاء أنَّ معرفة المتعلِّمين بكيفية طرح الأسئلة الناجعة والدقيقة على تطبيق ChatGPT محدودة وأنَّ هذا التطبيق نجح في مساعدتهم على فهم قواعد التسلسل الرقمي لكنه كان أقل فاعلية في تحديد صيغة المصطلح العام.

كلمات مفتاحية

الذكاء الاصطناعي، ChatGPT، متتالية هندسية، الرياضيات، طلاب المرحلة الثانوية

Mots-clés

Intelligence artificielle, ChatGPT, suite géométrique, mathématiques, élèves du cycle secondaire.

1. Introduction

Depuis l'évolution vers l'audiovisuel jusqu'à l'avènement de l'ère numérique, diverses technologies de l'information et de la communication ont marqué le domaine de l'éducation. Cependant, ces technologies ont également connu des périodes de déclin (Vandebrouck, Buffet, & Vivier, 2023). L'avènement de l'intelligence artificielle a entraîné une nouvelle vague de technologies éducatives conçues pour être intégrées dans les salles de classe ainsi que dans les systèmes éducatifs dans leur ensemble. Ces avancées présentent sans conteste un potentiel significatif pour améliorer l'éducation. Malgré ces progrès, une constante demeure : à chaque nouvelle vague, la question de savoir s'il s'agit de nouveaux objets ou d'outils d'enseignement a été posée, et des réflexions ont été menées sur la façon d'intégrer efficacement ces différentes dimensions dans le système éducatif (Baker, 2022).

1.1 L'intelligence artificielle en éducation

Dans son article, Becker (2017) a défini l'Intelligence Artificielle dans l'Éducation (AIEd) comme étant la réunion de l'IA et des sciences de l'apprentissage (éducation, psychologie, neuroscience, linguistique, sociologie et anthropologie) pour promouvoir le développement d'environnements d'apprentissage adaptatifs et d'autres outils AIEd flexibles, inclusifs, personnalisés, captivants et efficaces (Becker, 2017). Selon Kengam (2020), un enseignement personnalisé adaptatif et perspicace peut être réalisé par des machines alimentées par l'IA. En effet, les logiciels de l'IA peuvent instantanément apporter une aide remarquable aux élèves dans leurs devoirs, dans leurs préparatifs aux tests à domicile, dans leurs recherches de nouvelles connaissances....

En outre, Romero et al (2021) ont explicité dans leur recherche les domaines d'utilisation de l'IA en éducation. Pour eux, les usages de l'IA créent des trajets d'apprentissage personnalisés, augmentent la quantité et la qualité des rétroactions faites par les élèves sur les informations fournies, préviennent l'abandon scolaire.... Bref, les opportunités offertes par l'usage des outils de l'IA en éducation, notamment aux élèves paraissent remarquables voire indéniables.

Actuellement, l'Intelligence Artificielle Générative¹ (IAG) marque une nouvelle ère dans le domaine de l'IA. L'IAG a révolutionné de nombreux domaines de recherche, notamment le Traitement du Langage Naturel (Natural Language Processing, NLP). Alors que l'approche traditionnelle du NLP se concentrait sur des tâches spécifiques telles que la traduction automatique ou la classification de texte..., l'avènement de l'IAG nous a plongés dans l'ère des grands Modèles de Langage (LLM) capables de générer de nouveaux textes de manière "autonome" et "humaine". Parmi ces modèles, ChatGPT a captivé l'attention de nombreux chercheurs (ElKarfa, 2023).

1.2 ChatGPT en éducation et son impact sur l'apprentissage des mathématiques

ChatGPT est l'un des développements les plus fascinants en matière d'IA. Il a fait sensation grâce à sa capacité à imiter le langage humain et à répondre à des requêtes complexes et il continuera à s'améliorer dans les années à venir (Aljanabi, 2023).

Selon Deng et al (2023,) ChatGPT est une technologie d'IA prometteuse qui offre à la fois une efficacité accrue et une précision améliorée dans la génération du langage. Il peut automatiser les conversations, permettant ainsi d'économiser du temps et des ressources. De plus, grâce à son modèle de Précision Améliorée (CGA), il peut produire des réponses précises et contextuellement appropriées. Cependant, malgré ses avantages, ChatGPT présente des limitations importantes. Sa génération de texte est basée sur les entrées fournies, sans accès à des informations externes ou à Internet. Par conséquent, il peut ne pas fournir d'informations précises ou à jour sur divers sujets et peut avoir des difficultés à répondre à des questions complexes ou non conventionnelles et parfois il peut présenter des hallucinations (Deng & Lin, 2023). ChatGPT peut être considéré comme un mentor virtuel, un pédagogue capable de fournir des réponses rapides sur une multitude de sujets. Ainsi serait-il judicieux pour les enseignants d'encadrer l'utilisation de ChatGPT de manière constructive. Par exemple, enseigner aux étudiants l'utilisation de l'outil de manière responsable, en soulignant ses avantages tout en les sensibilisant aux limites et aux biais potentiels de l'intelligence artificielle. (Diallo, 2023).

¹ L'IA générative fait référence à l'utilisation de l'IA pour créer de nouveaux contenus, comme du texte des images, de la musique, de l'audio et des vidéos. ([Google Cloud, 2023](#))

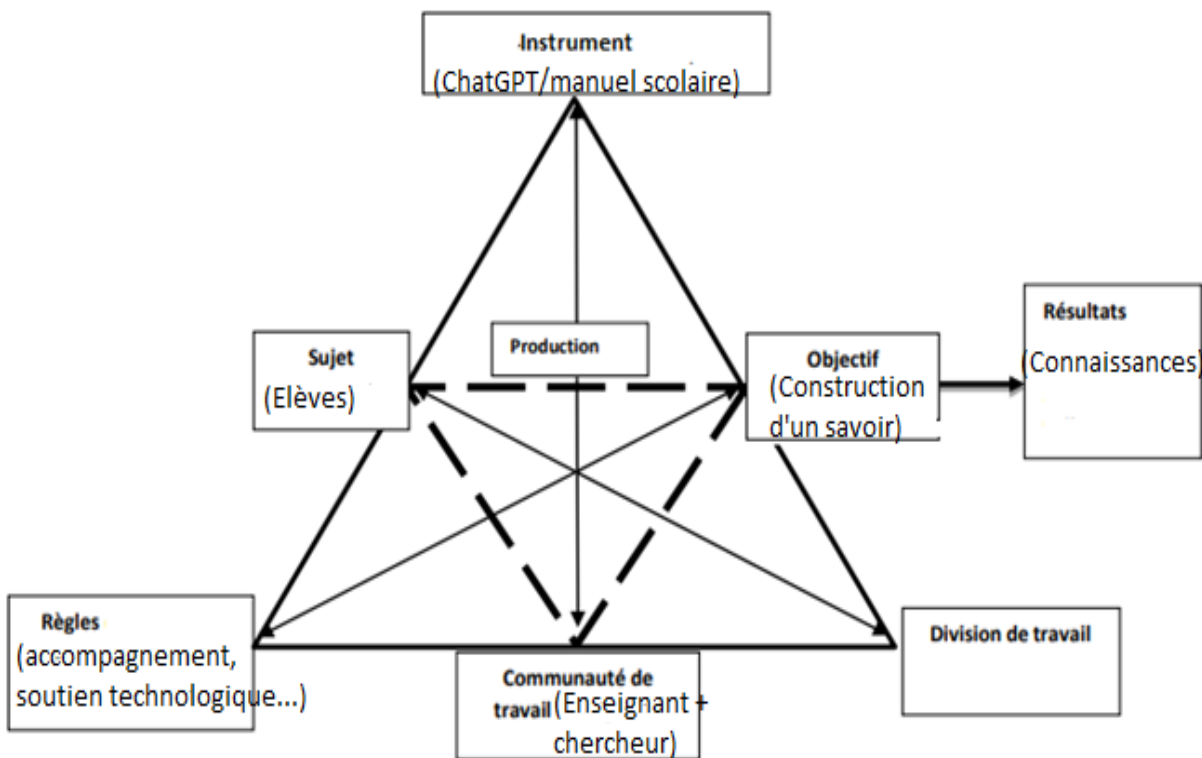
Actuellement, il n'y a pas d'études sur l'impact de ChatGPT sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, mais quelques tentatives sont en cours (Wardat, Tashtoush, AlAli, & Jarrah, 2023). Par exemple, Frieder et al (2023) ont mené une étude pour examiner si ChatGPT pouvait aider les mathématiciens professionnels (à l'université) en simulant différents cas d'utilisation qui se présentent lors de leurs tâches quotidiennes. Selon les résultats, ChatGPT n'est pas encore prêt à fournir des preuves ou des calculs de haute qualité et de manière cohérente. Un autre article évalue les performances de ChatGPT dans la résolution de problèmes mathématiques en mots. L'étude a révélé que les performances de ChatGPT changent significativement en fonction de l'obligation de montrer son travail. La probabilité d'échec de ChatGPT augmente de manière linéaire avec le nombre d'opérations d'addition et de soustraction (Shakarian, 2023).

Cependant, ces études n'ont pas exploré le potentiel de ChatGPT dans des applications pratiques spécifiques telles que l'assistance à la construction d'un savoir en mathématiques de la part des élèves du cycle secondaire par exemple. C'est pourquoi, l'objectif de cette recherche est d'élaborer un aperçu général sur la place qu'occupent les outils de l'IAG chez les élèves du cycle secondaire dans leur apprentissage, notamment en mathématique. Il s'agit également de tester l'efficacité de l'outil ChatGPT dans la construction d'un savoir en maths qui est la « suite géométrique » par les élèves de la deuxième année du cycle secondaire.

1.3 Cadre théorique : l'apport de la théorie de l'activité pour penser l'apprentissage

L'objectif de notre recherche nous porte à nous référer à la théorie de l'activité adaptée d'Engestrom (2001). Le modèle d'Engestrom implique de multiples médiations dans l'activité, à commencer par celles, déjà mises en évidence par Vygotski et Leontiev et reprises par Rabardel, entre sujet et objet par l'intermédiaire des instruments. Mais il souligne aussi l'importance de médiateurs de l'activité moins visibles (règles, communauté et division du travail). Le tout est vu de façon dynamique et en transformation constante. Voici notre modélisation de la construction autonome du savoir « suite géométrique » fondée sur la théorie de l'activité.

Figure 1-La représentation graphique du système d'activité collective.



Le sujet de notre expérimentation est les élèves de la deuxième classe du cycle secondaire qui doivent construire collectivement un nouveau savoir en utilisant l'un des deux outils ChatGPT ou le manuel scolaire. La communauté comprend l'enseignant de la classe et le chercheur partageant le même objet. La division du travail réfère à la division des tâches et les règles réfèrent aux manières implicites et explicites de régulation permettant de contribuer aux résultats.

1.4 Questions de recherche

Dans le cadre de notre recherche, deux questions centrales se posent :

Q₁ : D'une part, quelle place occupent les outils de l'IAG chez les élèves du cycle secondaire ?

Trois sous-questions découlent de cette question principale :

Q₁a : Quel est le positionnement des élèves vis-à-vis des outils d'IA générative, pourquoi et pour quels objectifs les utilisent-ils ?

Q_{1b} : Comment les élèves percevront-ils l'impact de ces outils sur leur apprentissage?

Q_{1c} : En maths, quel est l'outil de l'IAG utilisé et pour quelle finalité ?

Q₂: D'autre part, en maths, quel est le degré d'efficacité de l'outil ChatGPT dans la construction du savoir « suite géométrique » de la part des élèves de la deuxième année scientifique du cycle secondaire ?

2. Méthodologie

Pour répondre à ces questions, un plan d'action de deux phases a été élaboré.

2.1 Echantillon et instrument de collecte de la première phase

D'abord, un questionnaire conçu en format numérique a été administré à un échantillon aléatoire simple de 349 élèves du cycle secondaire provenant de deux écoles publiques et de cinq privées localisées dans le caza de Zahlé. La marge d'erreur minimale requise pour la taille de l'échantillon

que nous avons sélectionnée est donnée par la formule suivante : $E = 1.96 \times \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$

où P est le pourcentage du paramètre d'intérêt , n est la taille de l'échantillon et N représente la taille de la population.

Prenons $P = 0.5$, $n = 349$ et $N = 7648$ (selon le ministère de l'éducation), alors la marge d'erreur souhaitée $E=5.13\%$. Alors, notre échantillon est véritablement représentatif des élèves du caza de Zahlé.

Les responsables des écoles ont été contactés afin d'obtenir leur autorisation pour distribuer le lien du questionnaire aux élèves via les applications des écoles ou via whatsapp. Le questionnaire renferme 20 items, dont 11 sont de type Likert à 5 points, distribués sur 4 catégories : la catégorie A englobe des items qui révèlent le positionnement des élèves vis-à-vis des outils de l'IAG. La catégorie B nous renseigne sur le « quand » et le « pourquoi » de l'utilisation de ces outils au sein de l'apprentissage. La catégorie C nous donne une idée sur l'outil qu'ils utilisent fréquemment en

maths et pour quelle finalité. Enfin la catégorie D apporte des informations sur leurs perceptions de l'impact des outils de l'IAG.

Dans le cadre de la validation du questionnaire, le choix de ces items est fait sur la base de la revue de littérature faite et deux experts du domaine (l'un en informatique et l'autre en mathématique) ont été consultés afin de s'assurer que l'interprétation des énoncés d'items par les répondants ne puisse prêter à équivoque. Ensuite, le pré-test du questionnaire a eu lieu avec 30 membres qui ressemblent au public-cible. Pour mesurer la fiabilité de ce questionnaire, les coefficients de fiabilité (Alpha de Cronbach) sont calculés pour les items de type Likert de chaque catégorie.

Tableau 1. Alphas de Cronbach calculés dans chaque catégorie

Items	C1 → C3	D1 → D8
Alpha de Cronbach α	0.917	0.633

Tel que l'indique le tableau1, $\alpha > 0.6$, ce qui traduit une cohérence interne des groupes d'items.

2.2 Echantillon et instrument de collecte de la deuxième phase

Ultérieurement, pour pouvoir concrétiser l'impact de ChatGPT (selon le questionnaire c'est l'outil le plus utilisé en maths par les élèves du cycle secondaire) dans la construction d'un nouveau savoir en maths « les suites géométriques », nous avons fait une intervention dans une école privée dans deux classes de bac scientifique, pendant 2 heures et demie de suite dans chacune en présence de l'enseignant de la matière. Les 20 élèves de la première classe ont été répartis en 4 groupes dont chacun est équipé d'un portable assuré de la part de la direction du cycle connecté au réseau. Les élèves doivent répondre pendant 2 périodes à des questions d'une activité visant des objectifs précis tout en se référant à ChatGPT seulement. Contrairement aux 23 élèves de la deuxième classe répartis en 5 groupes, ces derniers ont répondu pendant 2 périodes aux mêmes questions mais en se référant seulement au manuel scolaire.

A noter qu'avant de choisir les 2 classes pour faire l'intervention, un test référant à la notion de la suite arithmétique déjà expliquée par le même enseignant aux deux classes choisies a été fait et

corrigé pour s'assurer de l'équivalence des moyennes des élèves de ces 2 classes autrement dit pour être sûr qu'une classe n'est pas plus compétente qu'une autre dans le contexte des suites numériques.

Tableau 2- Comparaison des moyennes des deux classes avant l'intervention

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Examen avant l'expérimentation (suite arithmétique) Notes	Equal variances assumed	0.502	0.483	-0.592	41	0.557	-0.35054	0.59194	-1.54600	0.84491
	Equal variances not assumed			-0.587	38.303	0.561	-0.35054	0.59719	-1.55917	0.85808

A l'aide du T-test, nous avons prouvé qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des deux classes (T-test, Sig = 0.557 > 0.05)

2.2.1 Choix et déroulement de l'activité selon la théorie de l'activité

Les élèves des deux classes de bac S ont déjà assimilé avec leur prof les propriétés d'une suite arithmétique. Ainsi, la situation actuelle des élèves les rend familiers avec le vocabulaire de suites numériques présentes dans l'activité proposée (raison, terme général, premier terme) et avec la notation des termes en utilisant les indices entiers naturels.

Les trois premières questions de l'activité proposée visent trois nouvelles connaissances (définition, propriété et l'expression du terme général d'une suite géométrique). Par suite elles causent un déséquilibre chez les élèves qui sont invités à agir sur l'instrument disponible (ChatGPT ou manuel scolaire), qui, à son tour génère un texte à discuter collectivement afin de choisir une réponse adéquate à chaque question.

Afin d'aider les élèves à structurer les nouvelles connaissances cibles, la quatrième question les invite à compléter un schéma de synthèse formé de 3 cases en relation avec la case centrale « suite géométrique ». Ces cases sont intitulées : définition, procédure à suivre pour montrer qu'une suite

dont le terme général est connu est géométrie et expression du terme général. Dans chaque case, la présence d'exemple est demandée.

Le cadre organisateur de cette séance d'apprentissage est celui de la théorie d'activité. L'enseignant de maths lance l'activité en classe, explicite les règles du déroulement aux élèves (travail autonome en groupe, pendant 2 périodes), identifie l'outil utilisé (ChatGPT ou manuel) et insiste que son rôle durant ce temps soit celui d'un observateur qui pourrait seulement fournir un soutien technologique et qui encouragerait l'autonomie, la collaboration et la réflexion critique tout au long du processus. Une fois, tous les élèves ont fini de compléter le schéma de synthèse de la quatrième question, et ont jugé atteindre ainsi les trois objectifs visés, ils reprennent leur place pour répondre individuellement aux questions d'un exercice qui va nous aider à évaluer le degré de compréhension des nouvelles connaissances ciblées.

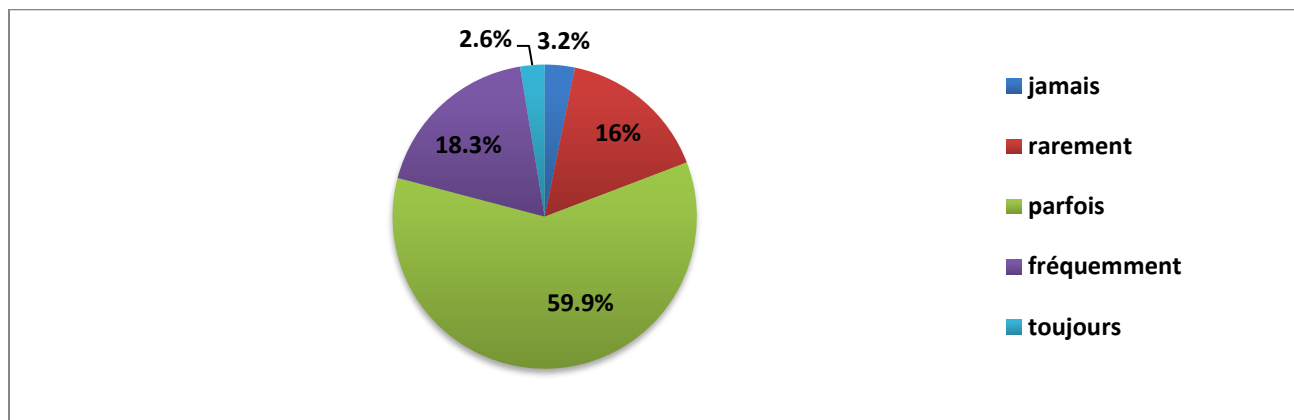
2.2.2 Moyen d'évaluation de l'activité

L'activité proposée aux élèves va leur permettre de construire le concept de la suite géométrique en se référant à ChatGPT ou le manuel scolaire. Pour évaluer le degré d'efficacité des textes fournis par ChatGPT dans la construction autonome de ce nouveau savoir, un exercice a été proposé aux élèves des deux classes. On leur a demandé de répondre à ces questions individuellement pendant une période. Chacun a le droit de se référer à son schéma de synthèse déjà élaboré en groupe. Les cinq questions de l'exercice testent le niveau de compréhension des élèves des trois objectifs visés (niveau II de la taxonomie de Bloom). Le test est corrigé en vue d'analyser les réponses quantitativement en utilisant SPSS et qualitativement en analysant les erreurs et leurs origines probables.

3. Résultats

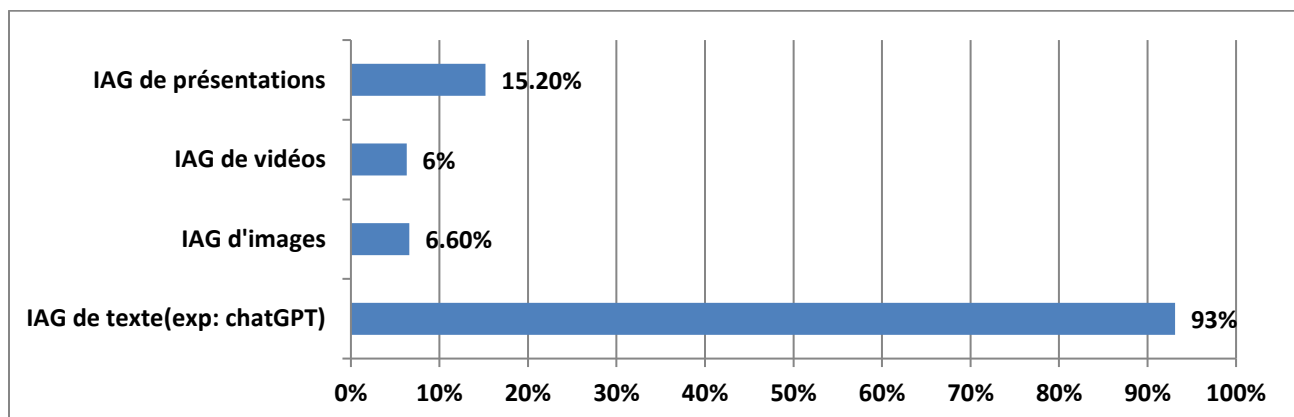
Les données collectées du questionnaire ont révélé qu'un nombre presque négligeable d'élèves du cycle secondaire (3,2 %) n'ont jamais utilisé les outils d'IAG dans leur apprentissage, tandis que plus de la moitié les utilisent occasionnellement (figure 2).

Figure 2- Utilisation des outils de l'IAG utilisés au cours de l'apprentissage



Notons que les outils de l'IAG de texte (exemple ChatGPT) prennent les devants de cette utilisation comme le montre la figure 3.

Figure 3-Les outils de l'IAG utilisés au cours de l'apprentissage

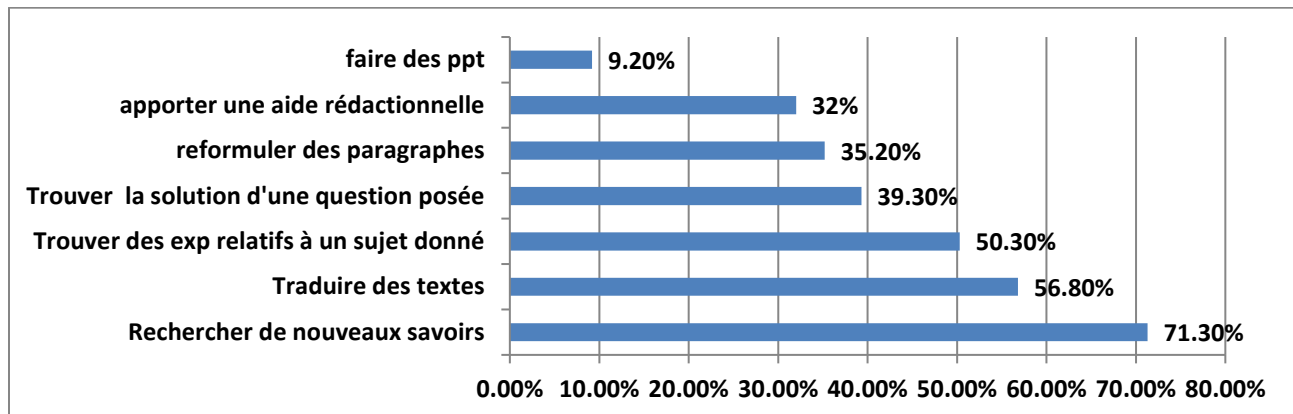


Donc pour répondre à la question concernant le positionnement des élèves vis-à-vis des outils d'IA (Q_1a), nous pouvons dire que la majorité des élèves sont ouverts à l'utilisation de ces outils dans leur apprentissage.

Les finalités de l'usage de ces outils (Q_1a) sont les suivantes, citées par ordre décroissant comme le montre le digramme en bâtons ci-dessous: trouver des informations supplémentaires et des exemples illustratifs relatifs à un sujet donné, traduire des textes, reformuler des paragraphes,

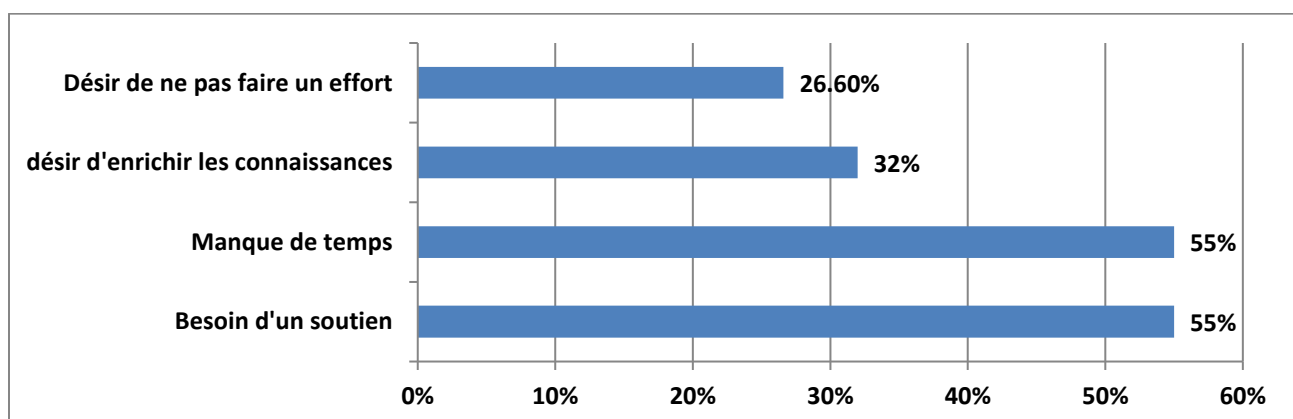
trouver la solution d'une question donnée, apporter une aide rédactionnelle et enfin faire des présentations PowerPoint (figure 4).

Figure 4- Diagramme révélant les finalités d'utilisation des outils de l'IA dans les apprentissages.



Ce qui était remarquable est que plus que la moitié des élèves ont justifié leur utilisation de ces outils par le manque de temps ou le besoin d'un soutien supplémentaire et une tranche non négligeable (26.6%) a avoué que le désir de ne pas faire un effort pour accomplir les tâches demandées réside derrière cette utilisation (Figure 5).

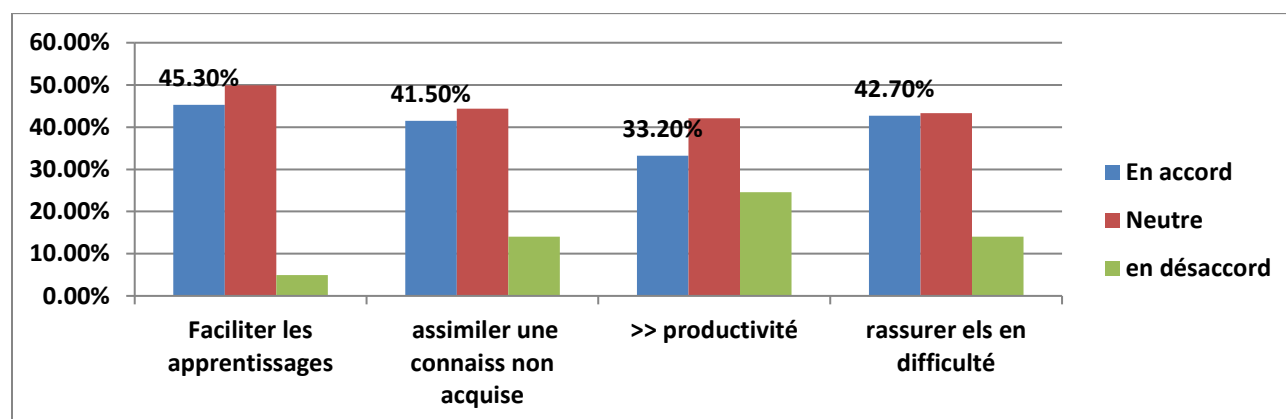
Figure 5- Diagramme montrant les causes derrière l'utilisation des outils de l'IA



Concernant leurs perceptions des impacts des outils de l'IA dans leur apprentissage (Q_1b), nous remarquons que pour chaque catégorie (impact) la majorité n'arrive pas à percevoir un impact positif ou négatif.

Une proportion voisine perçoit que ces outils peuvent faciliter son apprentissage, l'aider à assimiler une connaissance non acquise en classe et par suite la rassurer lorsqu'elle est en difficulté et améliorer sa productivité et son rendement (figure 6). Selon cette proportion, les outils de l'IA doivent être davantage intégrés dans les écoles mais ils ne peuvent jamais remplacer l'enseignant. Un pourcentage de 83.4% d'élèves a besoin de s'informer davantage sur l'IA.

Figure 6- Perceptions des élèves de l'impact de l'IA



A propos de la partie relative aux mathématiques (Q_{1c}) et selon les données recueillies (figures 7 et 8), presque la moitié des élèves du cycle secondaire utilise les outils de l'IA en maths notamment le ChatGPT (110 parmi 159).

Figure 7- Nombre d'élèves utilisant l'IA en maths

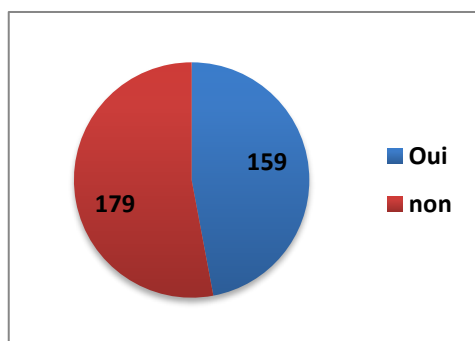
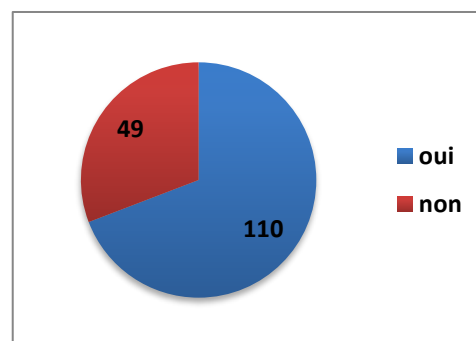


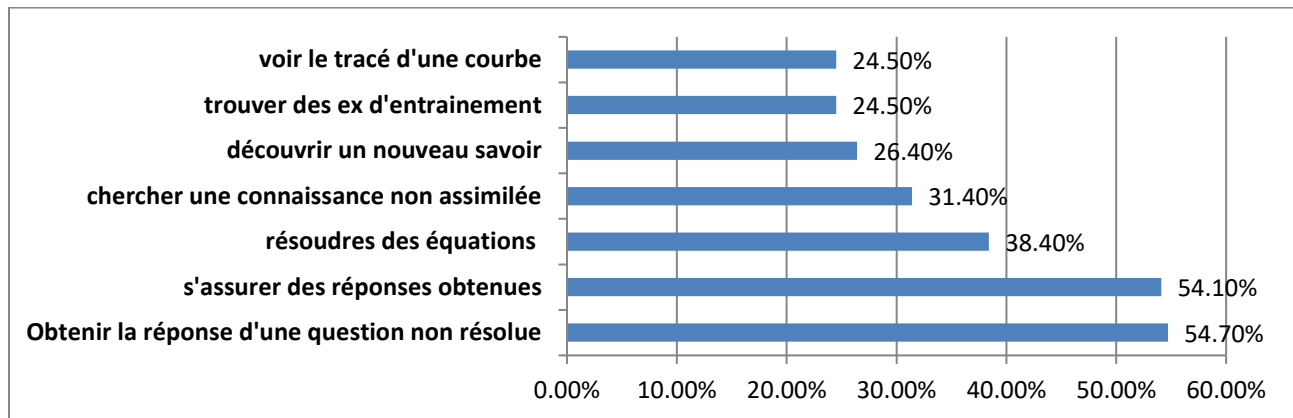
Figure 8- Nombre d'élèves utilisant ChatGPT en maths



L'utilisation de ChatGPT ou d'autres outils de l'IA en maths vise prioritairement avoir un soutien pour trouver les solutions des questions non résolues, s'assurer des réponses trouvées et faire une

recherche sur une connaissance non assimilée ou sur un nouveau savoir (Figure 9). 66% de ces 159 élèves sont satisfaits des résultats donnés.

Figure 9- Finalités de l'usage des outils de l'IA en maths



Donc à partir de ce questionnaire, nous avons constaté que la plupart des élèves du secondaire semblent être convaincus de l'importance des outils de l'IA pour améliorer leur productivité et faciliter leur apprentissage. Pour la moitié d'entre eux, ce rôle est particulièrement significatif en mathématiques.

Ces résultats nous ont amenés à faire une expérimentation qui concrétise l'efficacité de ChatGPT dans la construction des élèves de Bac Scientifique de la notion « suite géométrique ».

Les notes du test fait après l'expérimentation ont révélé une différence de moyenne significative entre les deux groupes (T-test, $\text{Sig}=0.036 < 0.05$) en faveur du groupe qui s'est référé au livre scolaire pour construire la notion « suite géométrique » (tableau 3).

Tableau 3- Comparaison des moyennes du test (suite géométrique) des deux classes.

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Examen après l'expérimentation (suite géométrique) Notes	Equal variances assumed	0.457	0.503	-2.170	41	0.036	-1.5421196	0.7107181	-2.9774438	-0.1067953
	Equal variances not assumed			-2.143	37.251	0.039	-1.5421196	0.7197402	-3.0001200	-0.0841191

L'analyse des erreurs dans la partie suivante éclaircira l'origine de cette différence.

4. Discussion

Les pourcentages obtenus dans le questionnaire ont révélé que les outils de l'IAG occupent de nos jours une place indéniable dans les pratiques des élèves du cycle secondaire lors de leur apprentissage grâce à la liste des avantages qu'ils leur offrent et ceci a été déjà signalé par plusieurs chercheurs à savoir Kengam (2021) et Romero (2023). Malgré cette longue liste, la majorité était convaincue que ces outils ne peuvent pas remplacer les enseignants, or comme le dit Becker (2017) : «Il est crucial de ne pas voir un avenir dans lequel l'AIEd remplace les enseignants. Ce que nous voyons, c'est un avenir où le rôle de l'enseignant continue à évoluer et est éventuellement transformé ; un avenir où leur temps est utilisé de manière plus efficace et efficiente, et où leur expertise est mieux déployée, exploitée et augmentée ».

ChatGPT est l'outil le plus fascinant pour eux ; résultat prévu comme le souligne Aljanabi (2023) dans sa recherche. Aussi, en maths cet outil leur paraît efficace et avantageux. Effectivement, selon Supriyadi et al (2023), tant que l'IA continue de progresser, l'enseignement des mathématiques subira une transformation radicale. Vu le manque de recherche dans ce contexte et pour mieux comprendre le fonctionnement de ChatGPT dans notre intervention, nous avons présenté dans un tableau, le nombre de réponses incorrectes de chaque question du test proposé accompagnée de l'objectif qu'elle teste dans les compositions des élèves qui se sont référés au livre scolaire Vs ceux qui se sont référés à ChatGPT.

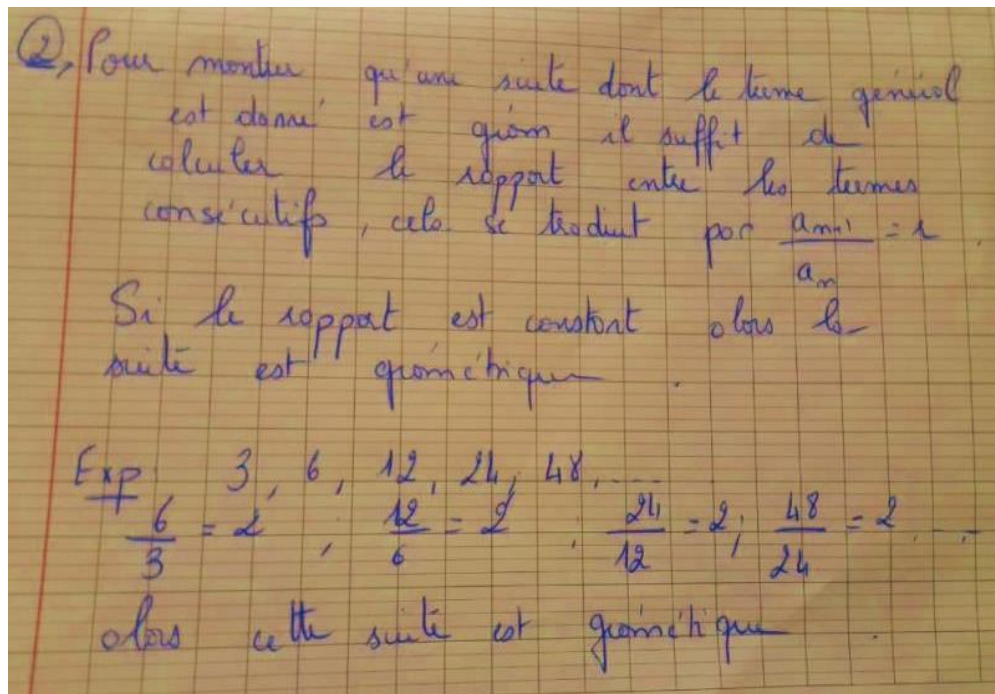
Tableau 4- Résultats du test de la suite géométrique.

Question	Objectif	Nombre de réponses incorrectes	
		Classe ChatGPT	Classe manuel scolaire
Q1-Q2	Reconnaitre si une suite dont les termes sont cités est géométrique ou non	2	2
Q3	Montrer qu'une suite dont le terme général est donné est géométrique.	10	2
Q4	Montrer qu'une suite dont le terme général est donné n'est pas géométrique.	1	1
Q5	a- Déterminer l'expression du terme général d'une suite géométrique de premier terme U_0	20	1
	b- Déterminer l'expression du terme général d'une suite géométrique de premier terme U_1	2	1

Ce tableau révèle que ChatGPT a réussi à amener les élèves à différencier entre suite géométrique et suite non géométrique si les termes de la suite sont cités. Mais concernant la procédure à suivre pour vérifier si une suite dont le terme général donné est géométrique (Q3), ChatGPT paraît inefficace dans ce contexte contrairement au livre scolaire. Pour comprendre l'origine de cette inefficacité, nous nous sommes référés aux détails écrits dans le schéma de synthèse.

Voici une réponse trouvée :

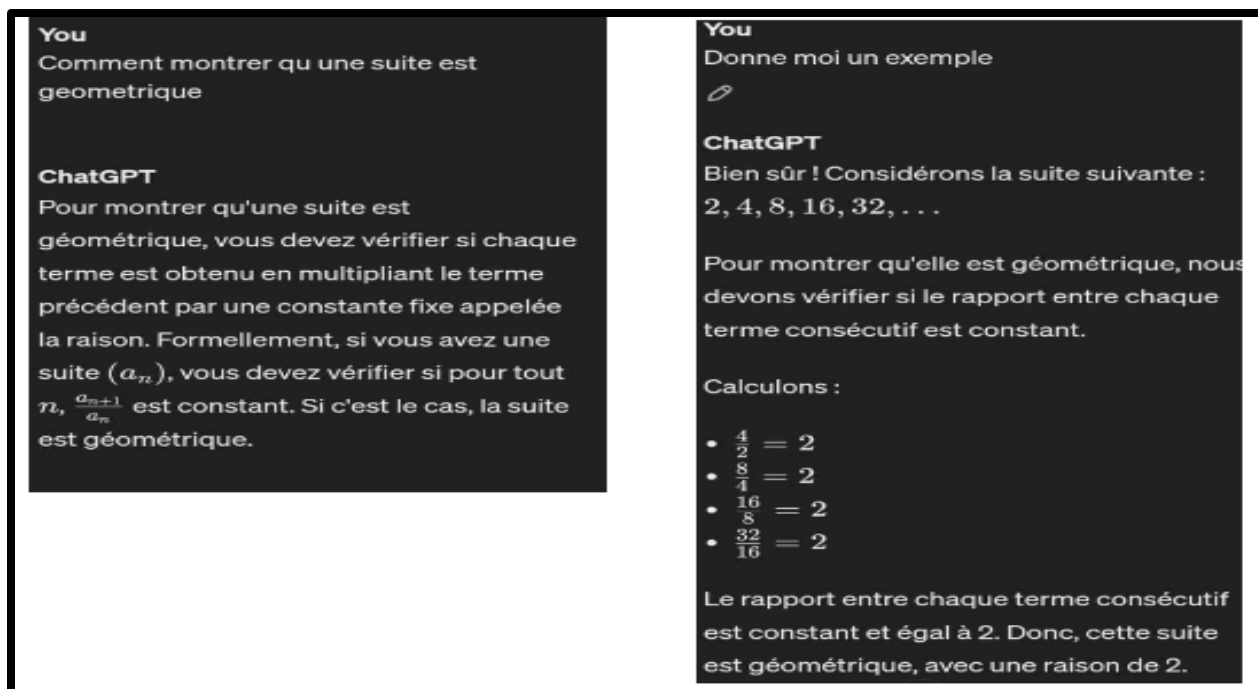
Figure 10- Réponse tirée du schéma de synthèse d'un groupe d'élèves utilisant ChatGPT



ChatGPT a bien énoncé la procédure à suivre mais il paraît qu'il l'a mal appliquée à un exemple. Au lieu de calculer le rapport de deux termes consécutifs dépendants de n , il a trouvé les valeurs des 4 premiers termes et a posé le rapport... Or ce raisonnement n'est pas suffisant en maths pour montrer qu'une propriété est vraie pour tout $n \in \mathbb{N}$. Ce qui a amené les élèves à agir de la même manière et à perdre des notes. Mais une question se pose dans ce contexte : pourquoi la moitié des élèves ont procédé correctement et selon leur synthèse, ChatGPT a bien énoncé la procédure à suivre et l'a bien appliquée à un exemple ? Il paraît alors que l'origine de l'erreur n'est pas dans l'incapacité de ChatGPT à appliquer correctement la procédure à suivre mais plutôt dans la question incomplète posée par les élèves à ChatGPT. Pour pouvoir affirmer ou rejeter cette hypothèse, nous avons demandé à ChatGPT d'explicitier cette procédure avec des exemples et voici ce que nous avons constaté :

Figure 11- Les deux versions élaborées par ChatGPT pour montrer qu'une suite est géométrique.

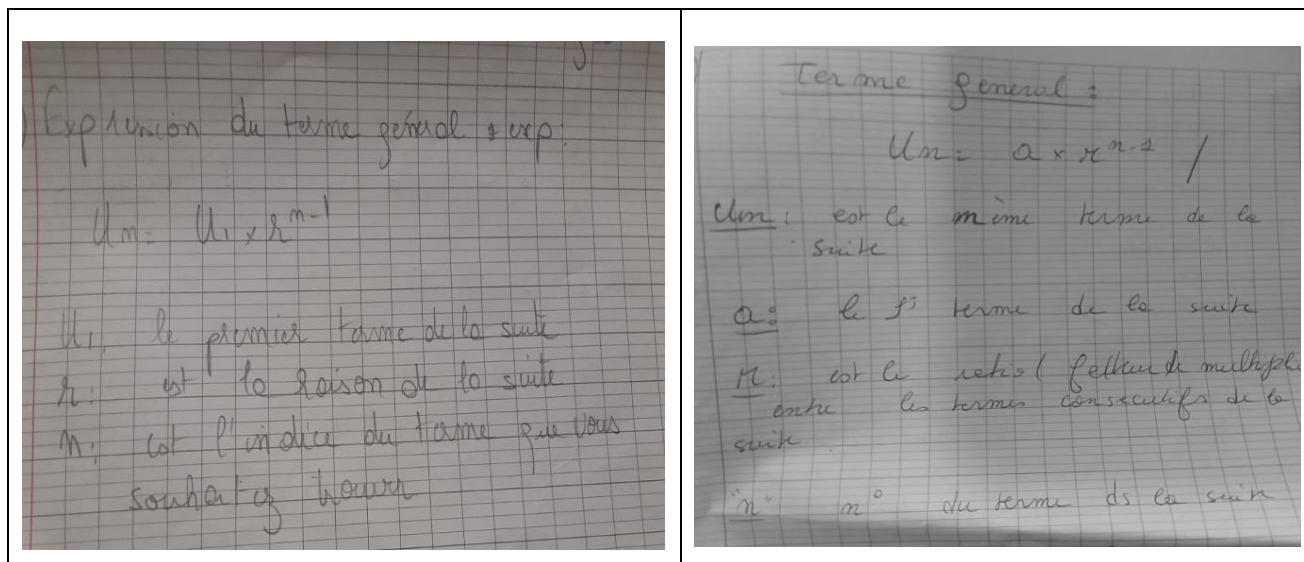
<p>You Comment montrer qu'une suite dont le terme général est donné est géométrique</p> <p>ChatGPT Pour montrer qu'une suite dont le terme général est donné est géométrique, vous devez vérifier si le rapport entre chaque terme consécutif est constant. Vous pouvez le faire en calculant le rapport entre deux termes consécutifs à l'aide du terme général de la suite. Si ce rapport est constant pour tous les termes de la suite, alors la suite est géométrique.</p>	<p>You Donner moi un exemple</p> <p>ChatGPT Bien sûr ! Considérons la suite définie par son terme général : $a_n = 2^n$.</p> <p>Pour montrer que cette suite est géométrique, nous devons vérifier si le rapport entre chaque terme consécutif est constant.</p> <p>Calculons le rapport entre deux termes consécutifs :</p> $\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{2^{(n+1)}}{2^n} = 2$ <p>Le rapport entre chaque terme consécutif est constant et égal à 2. Donc, cette suite est géométrique, avec une raison de 2.</p>
--	--



Il est évident qu'il fallait préciser que la suite est définie par son terme général pour que ChatGPT puisse illustrer la procédure correctement sinon il paraît que selon ChatGPT la suite géométrique en question est déterminée par ces termes cités explicitement par ordre. Donc l'origine de l'erreur des élèves réside dans le manque d'appropriation de l'instrument ChatGPT de la part des élèves. En effet, dans leur recherche, les Mollick (2023) suggèrent d'essayer les instructions à donner aux grands modèles de langage tels ChatGPT plusieurs fois, de les ajuster si nécessaire, et de poser des questions de suivi pour garantir des sorties précises et utiles.

Passons maintenant à la question Q5a. Presque tous les élèves ont mal utilisé la formule qui permet de trouver le terme général d'une suite géométrique connaissant la valeur de son premier terme U_0 et sa raison q . En nous référant aux synthèses des élèves nous avons remarqué deux versions de réponses élaborées par ChatGPT dans ce contexte :

Figure 12- Réponses de la question Q5a de deux groupes d'élèves utilisant ChatGPT



La formule du terme général est donnée par ChatGPT en fonction de U_1 seulement ou bien en fonction de a tel que a est le premier terme. La deuxième version est erronée ! Ainsi la majorité des élèves ont écrit dans leur composition $U_n = U_0 \times q^{n-1}$ puisque la suite du test commence par U_0 et non pas U_1 et ils ont ainsi obtenu une réponse incorrecte contrairement aux élèves qui ont utilisé le manuel dans lequel la formule est donnée ainsi $U_n = U_p \times q^{n-p}$ pour que les élèves puissent s'adapter à toutes les situations données. Cette attention particulière est le fruit du travail des auteurs du manuel, parmi lesquels figurent des spécialistes de la didactique en mathématiques. En d'autres termes, les auteurs ont pris soin de mettre en évidence les variations potentielles dans la notation selon que la suite commence par le terme U_0 ; U_1 ou U_p . Cette distinction reflète la sensibilité des didacticiens en mathématiques à la manière dont les concepts sont présentés et compris par les élèves, et souligne l'importance d'une précision conceptuelle dans l'enseignement des mathématiques contrairement à ce qui est présenté dans le texte généré par ChatGPT. Donc, on peut assumer que l'origine de l'erreur des élèves réside dans le texte de l'instrument ChatGPT qui est soit erroné, soit confus ce qui affirme les résultats obtenus dans la recherche de Deng et Lin (2023).

5. Conclusion

A l'occasion de cette recherche, nous avons constaté que les élèves du cycle secondaire en majorité paraissent convaincus du rôle crucial que peuvent jouer les outils de l'IAG dans l'amélioration de

leur productivité et dans la facilitation de leurs apprentissages. Et pour la moitié, ce rôle est notablement majeur en mathématique. Notre intervention, faite dans deux classes de bac S et visant à tester la capacité de ChatGPT à générer des textes fiables et pertinents permettant aux élèves d'élargir leurs connaissances pour acquérir quelques propriétés d'une suite géométrique, a révélé que cet outil conversationnel a permis aux élèves de comprendre la définition des suites géométriques et la procédure à suivre pour la montrer ainsi, mais s'est avérée inefficace dans la concrétisation de la formule du terme général. Aussi nous avons remarqué que quelques élèves sont inconscients de l'importance de poser des questions détaillées et claires à ChatGPT pour pouvoir obtenir les réponses souhaitées.

Nous considérons que cette étude apporte un ajout utile sur le plan pratique des enseignants et des élèves en ce qui concerne l'utilisation de ChatGPT en mathématiques pour construire un savoir. En effet, elle permettra une prise de conscience, de la part de ces deux acteurs, de l'efficacité de ChatGPT à apporter une aide dans la construction d'un savoir en maths au cycle secondaire et des limites affrontées.

En fin de compte, le déploiement de l'IAG en éducation est déjà entamé et la réflexion pédagogique qui l'accompagne est motivée par une certaine urgence d'agir. Que ce soit les élèves ou les enseignants, ils font face au défi quotidien de trouver des ressources fiables qui leur permettent d'élargir leurs connaissances et leurs compétences. ChatGPT crée de nouvelles opportunités dans ce contexte, mais pose aussi de nouveaux obstacles qu'il est encore impossible de prévoir ou de cerner totalement. D'où il convient d'adopter un usage raisonnable, transparent et intelligent de l'IA générative. Ceci dit, il est nécessaire de les former à un usage critique de cet outil : principes de fonctionnement, limites, élaboration des boucles d'enseignement et d'apprentissage efficaces. N'oublions pas la nécessité d'entreprendre des recherches didactiques au niveau de l'enseignement des mathématiques au collège et au cycle secondaire en utilisant les outils de l'IAG propices, vu que jusqu'à présent, le nombre de ces recherches est relativement limité.

Références

Aljanabi, M., & ChatGPT, C. (2023). ChatGPT: Future Directions and Open possibilities. Researchgate, 16–17. <https://doi.org/10.58496/mjcs/2023/003>

- Baker, R. S. (2022). L'intelligence artificielle dans l'éducation : Rassemblons les pièces du puzzle. In OECD eBooks. <https://doi.org/10.1787/52afe865-fr>
- Becker, B. A. (2017). Artificial Intelligence in Education: What is it, Where is it Now, Where is it Going? ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/376486305_Artificial_Intelligence_in_Education_What_is_it_Where_is_it_Now_Where_is_it_Going
- Deng, J., & Lin, Y. (2023). The Benefits and Challenges of ChatGPT: An Overview. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 2(2), 81–83. <https://doi.org/10.54097/fcis.v2i2.4465>
- Diallo, M. F. (2023). Ce que ChatGPT fait à l'enseignement, à la recherche et aux organisations. *Revue Française De Gestion*, 49(312), 9–14. <https://doi.org/10.3166/rfg.312.09-14>
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133–156. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>
- ElKarfa, I. (2023). L'IA dans l'enseignement entre pratique et éthique. Portail des revues scientifiques Marocaines:LaRSLAM(<https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/larslam-i09.42540>).
- Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R., Salvatori, T., Lukasiewicz, T., Petersen, P., Chevalier, A., & Berner, J. (2023). Mathematical capabilities of ChatGPT. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2301.13867>
- Kengam, J. (2020). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16375.65445>
- Mollick, E., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts. Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>
- Romero, M., Aloui, H., Heiser, L., Galindo, L., & Lepage, A. (2021). Un bref parcours sur les ressources, pratiques et acteurs en IA et éducation. Researchgate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18725.42728>
- Shakarian, P., Koyyalamudi, A., Ngu, N., & Mareedu, L. (2023). An independent evaluation of ChatGPT on Mathematical Word Problems (MWP). arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.13814>

- Supriyadi, E., & Kuncoro, K. S. (2023). Exploring the future of mathematics teaching: Insight with ChatGPT. *Union*, 11(2), 305–316. <https://doi.org/10.30738/union.v11i2.14898>
- Vandebrouck, F., & Gardes, M. (2023). Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques : la preuve, la modélisation et les technologies numériques. Volume des séminaires et posters des actes de EE21. Ffhal-04352594f. <https://hal.science/hal-04050994>
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 19(7), em2286. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13272>