Revue Cahiers du laboratoire | **Volume: 21 /N°: 01 (2026), p 526-543**

Contribution de l'intelligence artificielle générative dans le processus de l'apprentissage des sciences physiques

Ammar Ouarzeddine[1]
[1]École Normale Supérieure- Sétif (Algérie),
a.ouarzeddine@ens-setif.dz

Reçu le:29/04/2025 *Accepté le:08/05/2026* *Publié le:31/05/2026*

Résumé

L'apprentissage des sciences physiques est confronté à des difficultés induites par la confusion du symbolisme littéraux utilisé dans l'expression mathématique des relations physiques. Dans le but d'étudier la contribution de l'usage de ChatGPT-4 dans le dépassement de ces entraves, nous avons posé un ensemble de questions à ce robot conversationnel liées à la confusion évoquée.

L'analyse qualitative des réponses obtenues montre de potentielles aptitudes de ChatGPT-4 pour faire ressortir cette confusion de l'implicite qui la caractérise dans les ouvrages de la physique.

En outre, dans le processus d'identification des symboles ambigus, cet outil de l'IA générative a bien souligné la nécessité de prendre en considération le contexte des formules physiques dans lesquelles les symboles littéraux sont utilisés.

Mots clés: Intelligence artificielle, sciences physiques, apprentissage, symboles littéraux.

Abstract

Learning physical sciences faces challenges caused by the confusion surrounding literal symbols commonly used in the mathematical expression of physical relationships. To study the contribution of ChatGPT-4 to overcoming these obstacles, we asked this chatbot a series of questions related to different aspects of this confusion. Qualitative analysis of the responses obtained demonstrates ChatGPT's potential ability to highlight this issue from the implicit nature of its use in scientific and educational physics texts.

Furthermore, in the process of identifying ambiguous symbols, this generative AI tool clearly highlighted the need to consider the context of the physical formulas in which literal symbols areused.

Keywords: Artificial intelligence, physical sciences, learning, literal symbols.

***Auteur correspondant**: Ammar Ouarzeddine, **Email**: houda.aouiche@univ-biskra.dz*

1. Introduction :

L'intelligence artificielle (IA) constitue un évènement majeur ayant marqué le développement scientifique et technologique des débuts du 21ème siècle. Cette technologie numérique suscite un intérêt croissant dans les divers secteurs de nos sociétés dont celui du domaine pédagogique (Collin& Marceau, 2021).

À cet égard, les auteurs de nombreuses études réalisées au cours de ces dernières années ont souligné l'impact positif de l'IA générative sur l'amélioration des pratiques d'enseignement et d'apprentissage des disciplines scolaires (Chinonso et al., 2023; Jiang et al., 2025; UNESCO, 2021). Le déploiement des applications de l'IA en éducation est désormais considéré comme un moteur essentiel d'innovation et de développement des pratiques exercées dans ce domaine (Jiali et al., 2024; Sirnoorkar et al., 2024).

Dans cette dynamique d'innovation des pratiques pédagogiques notamment celles liées aux sciences, l'apprentissage des sciences physiques est confronté à des difficultés entravant la compréhension des relations physiques par les apprenants. Parmi ces difficultés, nous évoquons celles relatives à la confusion du symbolisme littéral employé pour exprimer les relations de la physique sous forme d'équations mathématiques (Bouldoires, 1991; Ouarzeddin e& Benseghir, 2007).

D'une manière plus explicite, l'attribution spontanée et irréfléchie de signification physique aux symboles littéraux utilisés habituellement dans la formulation mathématique des relations physiques constatée auprès de la majorité des lycéens interrogés constitue une véritable entrave à leur compréhension des relations physiques exprimées par des formules symboliques.

Cette confusion trouve ses origines historiques dans les ouvrages originaux de la physique édités au cours du 19ème siècle en particulier (Ouarzeddine, 2015) dans lesquels la pratique courante consistait àla représentation d'une même grandeur par plusieurs symboles et la désignation de plusieurs grandeurs par un symbole littéral identique. Ainsi, le symbolisme des grandeurs physiques est en contradiction avec celui des éléments chimiques qui se distingue par un cadre conventionnel officiel imposant la désignation de chaque élément chimique par symbole spécifique. À ce propos, il est plausible de s'interroger sur la manière permettant aux apprenants d'identifier une grandeur désignée par un symbole, non défini, dans une expression symbolique en physique.

Dans le cadre de leur apprentissage, l'utilisation croissante, par les apprenants, des applications de l'IA générative dans leur acquisition des sciences telle que la physique, nous a suggéré de poser le questionnement suivant:

-Dans quelle mesure l'application ChatGPT-4 contribue-t- elle à aider les apprenants à surmonter leurs difficultés d'apprentissage des relations physiques induites par la confusion du symbolisme des grandeurs employés dans l'expression mathématique de ces relations ?

L'objectif de ce travail concerne, donc, la détermination de la contribution de ChatGPT-4 dans le processus d'amélioration de la compréhension des contenus exprimés par des relations symboliques en physique.

À titre d'hypothèse, nous supposons que l'usage de l'IA générative permettrait aux apprenants d'acquérir une certaine prise de conscience de la confusion du symbolisme littéral soulevée et, par conséquent, de se comporter avec vigilance lors de leur manipulation des équations physiques de forme mathématique.

Avant de tenter d'apporter des éléments de réponse au questionnement posé, nous présenterons une revue de littérature relative à l'utilisation des applications de l'IA en éducation scientifique, suivi d'un bref éclaircissement de la confusion qui caractérise le symbolisme littéral de désignation des grandeurs physiques.

2. Intelligence artificielle et amélioration de l'apprentissage de la physique

2.1 Intelligence artificielle générative et apprentissage automatique:

2.1.1 ***Notion de l'intelligence artificielle générative :*** Malgré son usage courant, La définition précise de l'IA pose des difficultés et souffre de l'absence de consensus (Holmes & Tuomi, 2022).Cependant, l'IA est considérée comme un système informatique capable de générer des contenus de types divers (textes, vidéos, sons, etc.) suite à une demande de l'utilisateur. Elle est dotée de capacités d'analyse, de raisonnement et de résolution de problèmes qui sont relativement comparables à celles caractérisant l'intelligence humaine (Messaoudi, 2024 ; UNESCO, 2021). Celle-ci utilise dans son fonctionnement des «réseaux de neurones informatiques» préalablement entrainés à effectuer des analyses et à catégoriser des données massives avec une grande rapidité (Audran, 2024).

En outre, des avancées importantes et accélérées ont été enregistrées ces dernières années dans les applications de l'IA en éducation. Une telle évolution a permis aux spécialistes de ce domaine de créer des mécanismes d'apprentissage automatique approfondi à travers lesquels les machines acquièrent des facultés

leur permettant d'effectuer des analyses de données massives afin de détecter des modèles et d'apprendre en employant les modèles détectés (Romero et al., 2023).

2.1.2 ***Applications de l'IA dans l'apprentissage de la physique:*** L'utilisation de l'IA en éducation a été rendu clairement visible par la mise en accès libre au public de l'application ChatGPT (*Chat : discussion, GPT : Generative Pre-trained Transformer*) le 30 novembre 2022 par la société Open AI (Anctil, 2023). Par conséquent, un grand nombre de travaux de recherche relatif à la mise en œuvre de l'IA en éducation ont unanimement souligné les principaux usages des applications de l'IA dans l'enseignement et l'apprentissage des disciplines scolaires. Il s'agit particulièrement de la personnalisation des apprentissages en fonction des besoins et des spécificités personnelles des apprenants (Holmes & Tuomi, 2022 ; Jiali et al., 2024 ; Karsenti, 2018).

Concernant le champ spécifique de l'enseignement et de l'apprentissage des STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics), l'intégration des outil de l'IA a connu une évolution remarquable. L'ensemble des études réalisées relatives à ce sujet ont confirmé l'impact positif de ces outils, à l'exemple de ChatGPT, sur l'apprentissage des élèves (Baidoo- Anu et al., 2023 ; Bessas et al., 2023 ; Patero, 2023 ; Prahani et al., 2024).

À propos de l'apprentissage des sciences physiques, les travaux de recherche réalisés ont clairement soulevé la contribution positive de l'IA, en particulier ChatGPT, dans l'acquisition des savoirs abstraits en physique (Mahligawati et al., 2023 ; Purnama et al., 2023 ; Shafik et al., 2025). Dans ce cadre, Chapagain et al. (2024) ont constaté que l'application ChatGPT-4 représente l'outil caractérisée par le plus haut niveau de performance dans la résolution des problèmes en physique en comparaison avec les autres applications utilisées dans leur étude expérimentale. Cette application de l'AI générative a un important potentiel pour contribuer à l'amélioration de l'apprentissage de la physique à travers l'approche d'investigation, la résolution des problèmes et les technologies de simulation expérimentale (Fadillah et al., 2024 ; Jing & Ouyang, 2023; Liang et al., 2023). Ainsi, il apparait que l'intégration des outils de l'IA favorise la création d'un environnement attractif et motivant d'apprentissage des concepts et des théories de la physique (Alarbi et al., 2024 ; Verawati & Nisrina, 2024).

2.2 Confusion du symbolisme d'expression des relations physiques

2.2.1 ***Adoption historique du langage symbolique en physique :*** Le processus

de symbolisation littérale mis en œuvre en physique représente un aspect important de l'évolution historique de cette discipline ainsi que dans les pratiques de recherche et d'enseignement- apprentissage de ce champ de savoir scientifique. Du point de vue épistémologique, la modélisation mathématique des relations physiques, pour les exprimer sous forme de formules symboliques, s'explique par l'incapacité du langage ordinaire à cristalliser la précision quantitative caractérisant les phénomènes physiques (Servien, 1938). Ce rapport intime entre la physique et sa modélisation mathématique justifie l'alternance aisément constatable des paragraphes rédigés en langage littéraire avec des équations symboliques dans les contenus des différents documents académiques et pédagogiques de la physique (Lévy- Leblond, 1998).

Pratiquement, la mise en œuvre de l'outil mathématique dans l'expression des relations physiques implique la désignation des grandeurs intervenant dans ces relations par des symboles littéraux. Sur le plan psycho- cognitif, ce langage symbolique représente un moyen de médiation entre la réalité physique et sa perception par les apprenants lors de leur apprentissage de la physique.

2.2.2Caractéristique confuse du symbolisme des grandeurs physiques:

En principe, l'adoption du symbolisme littéral de la désignation des grandeurs physiques est présumée être soumise à des règles d'usage obligatoire par tous les usagers : physiciens, enseignants et apprenants. Cependant, il est aisé de constater que cette exigence est loin d'être respectée puisque malgré l'existence d'un ensemble de recommandations concernant le choix des graphismes littéraux de désignation des grandeurs physiques, l'obéissance correspondant est loin d'avoir, en pratique, le caractère d'obligation stricte (Ouarzeddine & Benseghir, 2007). Ceci est en contradiction avec les pratiques liées à la symbolisation des unités de mesure. Une telle situation gênante pourrait susciter des difficultés de compréhension des contenus exprimés par les formules symboliques de la physique dont cette préoccupation pédagogique a été soulevée depuis les années quarante du 20ème siècle (Chaffee et al., 1938 ; Hoffer, 1976 ; Mallinckrodt, 1993). Cette confusion trouve ses origines dans les pratiques habituelles exercées par les auteurs des ouvrages originaux de la physique publiés au cours du 18ème et 19ème siècles. Elle se traduit par l'adoption habituelle du même symbole pour désigner des grandeurs physiques différentes et la représentation courante de plus d'une grandeur par le même symbole littéral (Ouarzeddine, 2015), comme le confirme notre analyse de 29 ouvrages originaux de notoriété scientifique en physique

édités pendant la période étalée du milieu du 18ème siècle jusqu'à la fin du 20ème siècle.

Cet « héritage historique » a eu des conséquences négatives sur la compréhension, par les apprenants, des contenus de la physique (Bouldoires, 1991 ; Ouarzeddine & Benseghir, 2007), d'où la nécessité d'aider les élèves à surmonter les difficultés d'apprentissage des relations physiques formulées symboliquement.

Dans cette optique, nous pensons que les outils de l'IA générative pourraient offrir aux apprenants de potentielles possibilités d'apprentissage pour qu'ils puissent dépasser la confusion soulevée et d'améliorer leur compréhension de la physique.

3. Méthodologie utilisée :

3.1 Corpus d'analyse : Nous avons choisi un échantillon de symboles utilisés dans la représentation des grandeurs physiques pour exprimer les relations en physique sous forme d'équations symboliques. Ce symbolisme littéral est de type latino- grec. Leur nombre est de l'ordre de 16 symboles non- définis puisque nous n'avons pas spécifié les grandeurs désignées par ces symboles concernés par les questions posées à l'outil de recherche utilisé.

3.2Protocole de recueil de données : Afin d'apporter des éléments de réponse au questionnement posé, le cadre méthodologique de collection de données adopté s'appuie sur des échanges avec ChatGPT-4 en lui posant une série de questions écrites et préalablement préparées focalisées principalement sur l'identification des grandeurs désignées par des symboles non - définis.

Le choix de l'outil de collection des données dont sa mise en marche est datée le 14 mars 2023, est justifié par la puissance et la célébrité de ce robot conversationnel (ChatBot) utilisé couramment dans l'apprentissage des contenus des disciplines scolaires. En plus, l'usage de cet outil dans la recherche en éducation a pris de l'ampleur car il a été employé dans de nombreuses études liées à l'apprentissage des sciences parmi lesquelles nous citons celles de Baidoo- Anu & Ansah (2023), Fadillah et al. (2024), Liang et al. (2023) et Verawati & Nisrina (2024).

Les réponses obtenues sont de type textuel. Nous avons enregistré ces données sur des supports informatiques sous forme de fichiers Word afin de les exploiter dans l'analyse envisagée.

Nous jugeons important de préciser qu'au début, nous avons effectué des essais de questions en trois langues : le français, l'anglais et l'arabe pour vérifier que les

réponses obtenues sont identiques indépendamment de la langue utilisée dans la formulation des questions posées.

3.3Outilet procédure d'analyse des données recueillies : L'analyse thématique manuelle des données représente l'outil méthodologique adopté dans l'étude des réponses collectées car elle est en adéquation avec notre objectif de la recherche.

La procédure opératoire de cette analyse thématique consiste à effectuer l'identification du sens des réponses textuelles générées par le robot conversationnel ChatGPT-4 en passant par les étapes successives suivantes :

-collection des textes générées par ChatGPT-4 dans un fichier format Word,

- lecture des réponses collectées en éliminant les éléments textuels jugés ayant une valeur sémantique secondaire,

- repérage des «unités de sens» pertinentes sous forme de mot ou de phrase courte dans lesquelles ChatGPT-4 évoque des termes pertinents tels que *confusion*, *difficulté, ambiguïté, convention, norme, problème et contexte.*

- attribution des codes à ces unités de sens,

- regroupement des codes sémantiquement similaires pour former des catégories de thèmes,

- construction des thèmes à partir des catégories constituées et,

- interprétation des résultats en fonction des thèmes construits afin de répondre au questionnement de la recherche.

4. Résultats et discussion

4.1 Identification des grandeurs physiques désignées par des symboles littéraux non-définis :

L'objectif visé par la question 1 concerne la mise en évidence des modalités éventuelles d'identification des grandeurs physiques représentées par des symboles employés couramment dans l'expression mathématique des relations en physique.

Question 1 :

Dans le domaine de la physique, quelle est la grandeur qui pourrait être désignée par chacun des symboles littéraux F, p et ρ ?

Réponse de ChatGPT-4:

« *Le symbole(F) peut désigner plusieurs grandeurs physiques, selon le contexte dans lequel il a été employé. Prioritairement, (F) désigne surtout la force en physique classique.*

Le symbole (p) peut indiquer une quantité de mouvement en mécanique, la pression en mécanique des fluides et le moment linéaire en mécanique relativiste.

Concernant le symbole grec rho (ρ), il peut représenter la masse volumique des fluides et des matériaux, la densité des charges électriques en électrostatique, la résistivité électrique en électricité et la densité de probabilité en mécanique quantique ».

À travers l'analyse thématique de la réponse obtenue, ChatGPT-4confirme la possibilité d'employer le même symbole pour désigner plusieurs grandeurs physiques. Cependant, selon les réponses de ce robot conversationnel, le contexte d'usage du symbolisme des grandeurs physiques représente un paramètre important de détermination de son signifié, c'est- à – dire la grandeur physique désignée.

Nous pouvons déduire de l'analyse de cette réponse que ChatGPT-4 :

- reconnait explicitement la polysémie qui caractérise l'usage des symboles littéraux employés couramment dans la désignation des grandeurs physiques,
- considère que le contexte dans lequel les symboles sont introduits impose une sorte de normalisation de l'usage de ces derniers.

Donc, l'usage fréquent des symboles dans des contextes précis en physique constitue la modalité pratique adoptée par ChatGPT-4 dans l'opération d'identification des grandeurs indiquées par les symboles non- définis F, p et ρ.

4.2 Susceptibilité de changement du symbolisme habituellement utilisé dans la désignation des grandeurs physiques :

Dans le but d'examiner la possibilité de désigner des grandeurs physiques par des symboles non familiers, c'est- à dire différents de ceux utilisés couramment dans les pratiques d'enseignement et d'apprentissage des relations physiques, nous avons posé la question 2 à notre outil de recherche.

Question 2 :

En physique, peut- on désigner :

- la surface d'une sphère par le symbole littéral A ?
- la constante de raideur d'un ressort par le symbole littéral C ?
- la viscosité dynamique d'un fluide par le symbole littéral σ ?

Réponse de ChatGPT-4:

« *Le symbole (A)peut effectivement être utilisé pour désigner la surface d'une sphère, mais (S)est aussi un symbole fréquent pour désigner des surfaces.*

Dans tous les cas, l'essentiel est de comprendre que le contexte d'un problème ou d'une formule doit clarifier ce que représente chaque symbole ».

« *Pour le symbole (C), il est généralement réservé pour désigner d'autres constantes physiques, comme la capacité électrique d'un condensateur. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser le symbole (k) pour représenter la constante de raideur d'un ressort* ».

À propos du symbole (σ) (lettre grecque rho) : « *Non, la viscosité dynamique d'un fluide n'est pas désignée par le symbole littéral (σ). Ce symbole est couramment utilisé pour représenter la tension superficielle dans différents contextes.*

La viscosité dynamique d'un liquide est généralement notée par (η) (lettre grecque êta) ou parfois par (μ) (lettre grecque mu) dans les ouvrages de mécanique des fluides ».

Il est aisé de constater que les réponses de ChaGPT-4confirmentun attachement à l'usage du symbolisme familier employé en physique en fonction du contexte concerné. Malgré l'acceptation de désigner la surface par le symbole (A), la préférence a été toujours accordée à l'utilisation des deux symboles habituels (k) et (η)pour indiquer respectivement la constante de raideur d'un ressort et la viscosité d'un liquide afin de garantir une stabilité du langage symbolique en physique.

La reconnaissance de la multiplicité d'emploi des symboles des grandeurs physiques et la prise en considération du contexte dans lequel le symbole littéral est utilisé constituent les thèmes de base sur lesquels ce robot conversationnel a fondé la réponse à la question 2. Donc, un attachement fort à l'usage habituel de ce symbolisme en fonction du contexte physique est soutenu dans la réponse analysée.

4.3 Effet du changement des symboles habituels dans les formules exprimant des lois physiques :

La prise en compte du contexte dans lequel les symboles littéraux ont été utilisés pour exprimer des lois physiques nous a motivé de tenter d'examiner la possibilité d'accepter le changement d'un symbole familier indiquant une grandeur physique par un autre non - habituel et surtout dévoiler l'effet de ce changement partiel du symbolisme sur la validité de la formule en question.

Question 3 :

Peut- on exprimer :

- la loi de d'Ohm par l'expression $U = R. t$?
- la loi fondamentale de l'hydrostatique par l'expression $\Delta p = q.g.h$?
- la loi de Stokes par l'expression $F = 6\pi.\lambda.r.v$?

Réponse de ChatGPT-4:

Les réponses de ChatGPT-4 sont incohérentes car ce robot conversationnel a refusé ce changement dans les deux premières formules et il l'a accepté dans la dernière expression symbolique proposée.

- Pour la loi d'Ohm, la réponse est négative :« *On ne peut pas exprimer la loi d'Ohm par U = R· t. La vraie loi d'Ohm s'écrit : U=R·I avec :*

(U) est la tension (ou différence de potentiel) en volts (V) ; (R) est la résistance en ohms (Ω) et (I) est l'intensité du courant en ampères (A) ».

Ce refus est justifié par les considérations suivantes :

« *Si on écrit U = R· t, cela implique qu'on multiplie : une résistance (Ohms) par un temps (secondes) ; Ce qui donne une unité bizarre : Ω·s*

Mais cette unité n'a aucun sens physique dans le contexte de l'électricité : elle ne correspond ni à une tension, ni à un courant, ni à une énergie, etc. ».

Dans la réponse donnée, ChatGPT-4 se pose la question suivante :

« Peut-il y avoir une confusion ? »

Il répond : « *Peut-être ! Tu as peut-être voulu mélanger plusieurs notions, comme celles liées à l'énergie dissipée : E=P·t ou la puissance électrique : P=U·I et ensuite E=U·I·t. Dans tous les cas, la loi d'Ohm reste toujours : U=R·I* ».

En ce qui concerne la loi fondamentale d'hydrostatique, la réponse est aussi négative : « *On ne peut pas exprimer la loi fondamentale de l'hydrostatique par Δp = q·g·h sauf si (q) est une mauvaise notation pour une grandeur bien connue ».*

Son explication est la suivante :

« *La vraie loi fondamentale de l'hydrostatique : Δp=ρ·g·h tel que :*

(Δp) : différence de pression (en pascals, Pa) ; ρ (rho) : masse volumique du liquide (en kg/m³), g : accélération de la pesanteur (en m/s²) et (h) : hauteur de colonne de liquide (en m). Alors, c'est quoi (q) dans Δp = q·g·h ?

En physique, (q) est presque toujours utilisé pour représenter une charge électrique, donc ça n'a rien à faire ici.

Mais si tu voulais dire q = ρ, alors c'est peut-être juste une confusion de notation. Dans ce cas : Δp=q·g·h (si q = ρ)

L'expression serait mathématiquement correcte, mais la notation serait trompeuse ».

Enfin, ChatGPT-4 a soulevé les difficultés liées au symbolisme des grandeurs physiques. Pour lui : *« En physique, on essaie toujours d'utiliser les bonnes lettres pour éviter les confusions* ».

L'exception soulignée précédemment relative à la formule symbolique proposée pour exprimer la loi de Stockes est acceptée, avec condition, par ChatGPT-4 :

« *Oui, absolument ! L'expression* $F = 6\pi\lambda r v$ *est une forme correcte de la loi de Stokes, à condition de bien comprendre ce que représente chaque terme.*

Voici la forme classique de la loi de Stokes : $F = 6\pi\eta r v$ *où :*

(F) est la force de frottement exercée par le fluide sur une sphère, (η) (la lettre grecque "êta") est la viscosité dynamique du fluide, (r) est le rayon de la sphère et (v) est la vitesse de la sphère relative au fluide.

Dans ta version : $F = 6\pi\lambda r v$*, le symbole (λ) (lambda) remplace simplement (η).Donc si (*$\lambda = \eta$*), alors c'est mathématiquement équivalent* ».

À travers les réponses présentées, nous soulignons la présence d'une évolution importante qui concerne une reconnaissance explicite de la confusion induite par la polysémie et la multitude d'emploi des symboles littéraux des grandeurs physiques. Pour surmonter la confusion soulevée, ChatGPT-4 a affiché un attachement évident aux symboles couramment utilisés dans l'expression des relations physiques. Son rejet de la 1ère et de la 2ème formules et son acceptation conditionnée de la 3ème expression symbolique se réfèrent à une sorte de « lecture spontanée »fondée sur la notion de norme d'adoption des symboles intégrés dans chacune des équations physiques proposées.

4.4 Usage récurent de l'analyse dimensionnelle dans l'identification des symbolisme littéral des formules proposées :

Dans les réponses à la question 3, nous avons constaté que ChatGPT-4a utilisé l'analyse dimensionnelle pour justifier son rejet de l'expression U = R. t jugée inadéquate à l'expression de la loi d'Ohm.

Dans ce sens, la question 4 est dans le but d'apporter un éclairage supplémentaire à l'utilisation de cette méthode qualitative basée sur la détermination des unités de mesure officielle de la grandeur indiquée par un symbole confus.

Question 4 :

Est- ce que chacune des expressions symboliques suivantes pourrait être utilisée pour exprimer une relation physique ? :

v = F/d F = m. r p = E/m

Réponse de ChatGPT-4:

La stratégie adoptée consiste à suivre les trois étapes suivantes :

« *-Signification des symboles :*
(v): généralement la vitesse (m/s) ; (F) : la force (kg·m/s²) ; (d) : une distance (m)
-Analyse dimensionnelle (unités) :
Donc (F/d) a pour unité kg/s², ce qui n'est pas du tout une unité de vitesse (m/s).
- Conclusion : l'expression v = F / d ne correspond pas à aucune relation physique standard. Les unités ne correspondent pas à celles de la vitesse. Ce n'est pas une formule correcte pour exprimer la vitesse (v) ».
Pour la formule proposée F = m .r, elle a subi un rejet puisque cette expression, selon ChatGPT-4 «*n'est pas une relation physique standardreconnue en physique classique. Elle ne donne pas les bonnes unités pour une force* ».
La mise en œuvre de la même méthodologie a permis à ce robot de déterminer l'unité de mesure du symbole non défini (p) et d'accorder le statut de formule physique à l'expression symbolique : p = E/m :
« *Que signifient les symboles ?*
(p): peut désigner la quantité de mouvement, la pression, ou même une densité énergétique dans certains contextes. (E): énergie (en joules, J), (m) : masse (en kg).
-Analysons les unités :
L'unité de (p) est m²/s², ce qui correspond à une énergie spécifique, c'est-à-dire l'énergie par unité de masse.
-Existe-t-il une grandeur connue avec cette formule ?
Oui ! C'est exactement la formule de l'énergie spécifiqueoù le symbole (e) est l'énergie spécifique (en J/kg).
Donc la formule p = E / m est valide en physique, à condition de savoir ce que représente (p). Dans ce cas : ce serait l'énergie spécifique ».
Il ressort de ces réponses que ChatGPT-4 a effectué une lecture directe des signifiés désignés par les symboles figurant dans la partie droite de chacune des formules symboliques proposées. Concernant l'identification de la signification physique éventuelle du symbole se trouvant à la gauche de ces équations, elle s'appuie principalement sur la mise en œuvre de la méthode de l'analyse dimensionnelle pour déduire l'unité de mesure correspondante à la grandeur indiquée par le symbole non - défini dont l'acceptation ou le rejet de chaque proposition dépend de la signification physique des unités de mesure obtenues.

L'ensemble des réponses précédentes nous permettent de caractériser le processus d'identification des symboles littéraux effectué par ChatGPT-4. Pratiquement, celui- ci s'appuie sur les considérations suivantes :

- détermination directe des grandeurs désignées par les symboles non- définis en se référant à leur usage habituel et fréquent dans l'expression symbolique des relations physiques,
- reconnaissance explicite de la polysémie qui caractérise les symboles des grandeurs physiques traduite par l'usage fréquent du même symbole pour représenter plusieurs grandeurs physiques différentes,
- préférence affichée à l'adoption des symboles littéraux couramment utilisés dans la formulation mathématique des relations physiques pour les exprimer sous forme d'équations symboliques,
- utilisation de l'analyse dimensionnelle comme technique d'identification de la nature de la grandeur physique représentée par un symbole confus.

Les avantages de l'utilisation de ChatGPT-4 dans l'apprentissage des contenus des relations physiques formulées symboliquement apparaissent à travers :

- l'explicitation de la problématique de la confusion qui caractérise l'utilisation du symbolisme des grandeurs physiques. Le caractère implicite de celle-ci dans les ouvrages scientifiques et pédagogiques de la physique est désormais exclu afin d'avertir les apprenants sur cette confusion,
- l'insistance sur le caractère impératif de la prise en compte du contexte particulier dans lequel le symbolisme a été adopté afin d'éviter les conséquences trompeuses d'éventuelles amalgames provoquées par la similitude du symbolisme littéral en question et,
- recours permanent à la mise en œuvre de la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier la nature des grandeurs physiques désignées par des symboles non-définis ou confus. Cette méthode représente une solution scientifique et méthodologique permettant aux apprenants de surmonter efficacement la confusion du symbolisme des grandeurs physiques.

L'ensemble de ces résultats confirment la validité de notre hypothèse de recherche à travers l'effet positif de ChatGPT-4 sur l'apprentissage de la physique Ceci conforte les conclusions des travaux de recherche réalisés soulevant la contribution positive de l'IA, dans l'acquisition des savoirs abstraits en physique (Mahligawati et al., 2023 ; Purnama et al., 2023 ; Shafik et al., 2025). Ce rôle positif de ChatGPT est également constaté par Chapagain et al. (2024) dans la résolution des problèmes en physique. D'autres auteurs de travaux de recherche

empirique ont confirmé un important potentiel des applications de l'AI générative pour contribuer à l'amélioration de l'apprentissage de la physique à travers la mise en œuvre de l'approche d'investigation ou l'insertion des technologies de simulation expérimentale (Fadillah et al., 2024 ; Jing & Ouyang, 2023; Liang et al., 2023).

5. Conclusion

L'apprentissage de la physique nécessite la compréhension des contenus exprimés par les formules physiques constituées des symboles littéraux désignant les grandeurs impliquées dans les relations physiques. Par voie de conséquence, la confusion caractérisant les symbolisme des grandeurs physiques impose la nécessité d'aider les apprenants à surmonter les difficultés correspondantes en utilisant les outils technologiques d'apprentissage fondés sur l'IA générative tel que ChatGPT-4.

L'usage de ce dernier comme outil de recherche pour obtenir des réponses à un ensemble de questions liées à la confusion de ce symbolisme littéral confirme son efficacité relative et son pouvoir à contribuer dans l'amélioration de la compréhension des contenus exprimés par les formules physiques.

Contrairement au caractère implicite dominant des pratiques de choix et d'utilisation des symboles littéraux de désignation des grandeurs dans les ouvrages

Scientifiques et pédagogiques de la physique, nous avons constaté une explicitation, plus ou moins évidente, de la problématique de la confusion de ce symbolisme littéral des grandeurs physiques dans la majorité des réponses de ChatGPT-4en soulignant clairement la polysémie des symboles désignant ces grandeurs. Une telle explicitation de cette confusion constitue la première étape dans la démarche de la prise en charge des conséquences correspondantes qui en découlent afin d'éviter d'éventuelles tromperies dans la compréhension des contenus exprimés par des relations physiques de forme symbolique.

Selon les réponses de ChatGPT-4, une autre mesure qui pourrait aider les apprenants à surmonter la confusion soulevée consiste au recours à l'analyse dimensionnelle dans le but de déterminer l'unité de mesure de la grandeur désignée par le symbole ambigu. L'attribution directe d'une signification physique aux symboles habituellement employés dans les formules physiques situés dans la partie droite de l'équation physique est suivie d'une analyse dimensionnelle de celle-ci afin de déterminer l'unité de mesure de la grandeur

dénotée par le symbole confus. Sa conformité ou non-conformité avec les unités de mesure agréées officiellement en physique par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) déterminera l'acception ou le rejet de l'expression symbolique en question.

En somme, nous pensons que l'ensemble des réponses de ChatGPT-4seront en mesure d'avertir les apprenants sur la confusion soulevée lors de leur perception et manipulation des formules de la physique. Ainsi, la perception des symboles constitutifs des formules physiques serait caractérisée par une certaine vigilance et prudence auprès les apprenants pour qu'ils puissent acquérir une compréhension harmonieuse de la physique en les situant adéquatement dans le contexte des relations physiques en question.

Nous recommandons le renforcement de l'utilisation de ce robot conversationnel dans les activités relatives à l'apprentissage de la physique à travers la motivation des apprenants à réaliser leurs travaux en favorisant l'usage des applications de l'AI.

Enfin, nous considérons que les résultats de cette étude présentent certaines limites liées au caractère exploratoire de ce travail et au nombre restreint des questions posées à l'outil technologique de collection de données utilisé.

Ces données préliminaires sont susceptibles d'ouvrir de nouvelles perspectives de recherche. Dans cette optique, nous tenterons dans le futur d'approfondir ces données en diversifiant les application de l'IA et d'effectuer des enquêtes auprès les étudiants appartenant aux écoles normales supérieures en sciences physiques sur leur points de vue concernant l'usage des applications de l'IA générative et sa contribution dans leur assimilation des concepts jugés abstraits.

Liste des références

Alarbi, K., Halaweh, M., Tairab, H., Alsalhi, N. R., Annamalai, N. & aldarmaki, F. (2024).Making a Revolution in Physics Learning in Higher School With ChatGPT: A Case Study in UAE. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *20*(9), 2-11.
https://doi.org/10.29333/ejmste/14983

Anctil, D. (2023). L'éducation supérieure à l'ère de l' IA générative. *Réflexions Pédagogiques*, *36*(3), 66- 76.
URL : https://eduq.info/xmlui/bitstream/handle/11515/38833/Anctil-36-3-23.pdf?sequence=2

Audran, J. (2024). Cinq enjeux d'évaluation face à l'émergence des IA génératives en éducation. *Mesure et Evaluation en Education*, *47*(1), 6 -26.

https://doi.org/10.7202/1114564ar

Baidoo- Anu, D., Ansah, L. O. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI) : Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI*, *7*(1), 52 - 62.
https://doi.org/10.61969/jai.1337500

Bessas, N., Tzanaki, E., Vavougios, D. & Plagianakos, V. P. (2023). Implementing AI in Physics Lessons in the Higher School. *International Conference on computational Science and Computational Intellegence (CSCI)*, Lieu et période 1776 - 1780.
https://doi.org/10.1109/CSCI62032.2023.00293

Bouldoires, B. (1991). Les notations symboliques relatives à l'énergie dans quelques manuels de sciences physiques. *Actes du 1er Séminaire National de Recherche en Didactique des sciences Physiques*, 21- 22 octobre1991, Grenoble, Université Joseph- Fourier Grenoble 1 Editeur, p. 25- 34.

Chaffee, E. L., Foster, A. W., Gale, G. O., Jones, A. T., Lenzen, V. F., Mitchell Roller,D. & Hugues, H. K. (1938). Letter symbols for physics. *American Journal of Physics*, Vol. 6, 217 -219.

Chapagain, P., Malakar, N. & Rimal, D. (2024). Can AI Solve Physics Problems ? Evaluating Efficacy of AI Models in Solving Higher Secondary Physics Exam Problems : A Comparative Study. *The Special Issue of JNPS, ANPA Conference* 2024, 58 - 64.
https://doi.org/10.3126/jnphyssoc.v10i1.72836

Chinonso, O. M., Mfon- Ette Theresa, A. & Aduke, T. C. (2023). ChatGPT for Teaching, Learning and Research : Prospects ans Challenges. *Global Academic Journal of Humanities and Social Sciences*, *5*(2), 33 - 40.
https://doi.org/10.36348/gajhss.2023.v05i02.001

Collin, S., Marceau, E. (2021).L'intelligence artificielle en éducation : enjeux de justice. *Formation et Profession*, *29*(2), 1-4.
https://doi.org/10.18162/fp.2021.a230

Fadillah, M. A., Usmeldi, U. &Asrizal, A. (2024). The Role of ChatGPT and Higher Order Thinking Skills as Predictors of Physics Inquiry. *Journal of Baltic Science Education*, *23*(6), 1179 - 1192.
https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.1178

Hoffer, A. (1976). On the use of symbols to represent quantities, properties and adjectives encountered in physics. *American Journal of Physics*, *44*(8), 759-761.

Holmes, W. & Tuomi, I. (2022). State of the Art and Practice in AI in Education. *European Journal of Education*, 57, 542 - 570.
https://doi.org/10.1111/ejed.12533
Jiali, S., Dayo, F., Jun, G., Shuangyao, L. & Najam, S. (2024). The impact of Artificial Intelligence on Personnalized Learning in Education : A Systematic Review. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences,22*(2), 7412 - 7428.
https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.00560
Jiang, Y. H., Wei, Y., Shao, X., Jia, R., Zhou, Y. & Chen, Z. W. (2025). Generative AI in Personnalized Learning : Development Trajectory, Educational Applications, and Future Education. *SITE 2025*, Orlando, Florida, United States, March 17-21 2025.
URL : https://www.learntechlib.org/p/225586.
Jing, Y. & Ouyang, F. (2023). The Role of Integrating Artificial Intelligence and Virtual Simulation Technologies in Physics Teaching. *Advances in Education, Humanities, and Social Science Research*, ICCCED 2023, Volume 6, 572 - 577.
https://doi.org/10.56028/aehssr.6.1.572.2023
Karsenti, T. (2018). Intelligence artificielle en éducation : L'urgence de préparer les futurs enseignants aujourd'hui pour l'école de demain. *Formation et Profession, 26*(3), 112 - 119
https://doi.org/10.10.18162/fp.2018.a159
Lévy-Leblond, J.M. (1998). La nature prise à la lettre. *Alliage*, n° 37-38, 71-82.
Liang, Y., Zou, D., Xie, H. &Wang, F. L. (2023). Exploring the Potential of Using ChatGPT in Physics Education. *Smart Learning Environments*, 2023, 10 : 52
https://doi.org/10.1186/540561- 023- 00273- 7
Mahligawati, F., Allanas, E., Butarbutar, M. H. & Nordin, N. A. N. (2023). Artificial Intelligence in Physics Education : A Comprehensive Literature review. *12th International Physics Seminar (2023), Journal of Physics* : Conference Séries 2596 (2023) 102080.
https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012080
Mallinckrodt, A. J. (1993). Separate Symbols for Separate Concepts. *American Journal of Physics*. Vol. 61, 760.
Messaoudi, A. (2024). Les défis de l'IA dans l'éducation : De la protection de données aux biais algorithmiques. *Médiations & Médiatisations*, (18), 148- 160.
https://doi.org/10.52358/mm.vi18/409
Ouarzeddine, A. (2015). Analyse épistémologique et didactique des processus de symbolisation littéral en sciences physiques (rédigée en arabe). Thèse de doctorat

en sciences de l'éducation, Université de Sétif 2, Algérie.

Ouarzeddine, A., Benseghir, A. (2007). Symbolisme des grandeurs physiques: Statut sémantique et perception des élèves. *Didaskalia*, 30, 67 - 88.
URL :https://ife.enslyon.fr/publications/editionelectronique/didaskalia/INRP_RD030_3.pdf

Patero, J. L. (2023). AI in the Classroom : Transforming Physics Instruction for the Digital Age. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJRSCT)*, *3*(1), 802- 807,
https://doi.org/10.48175/IJARSCT-12374

Prahani, B. K., Saphira, H. V., Wibowo, F. C. & Bunyamin, M. A. H. (2024). Mapping Research on Integrating Artificial Intelligence into Physics Learning. *Perspectives of Sciences and Education*, *71*(5), 305 - 317
https://doi.org/10.32744/pse.2024.5.18

Purnama, I., Edi, F., Megahati, R. R. P., Wijanarko, T. (2023). ChatGPT for Teachers and Students in Science Learning : A Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA- Journal of Researchin Science Education*,*9*(10), 760 - 765
https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.5259

Servien, P. (1938). *Le langage des sciences*. Paris : Hermann et Cie éditeurs.

Shafiq, M., Sami, M. A., Bano, N., Bano, R. & Rashid, M. (2025). Artificial Intelligencein Physics Education : Transforming Learning From Primary to University Level. *Indus Journal of Social Sciences*, *3*(1), 717 - 733.
https://doi.org/10.59075/ijss.v3i1.807

Sirnoorkar, A., Zollman, D., Laverty, J. T., Magana, A. J., Sanjay Rebello, N.& Baryan, L. A. (2024). Student and AI Responses to Physics Problems Examined Through the Lenses of Sensemaking and Mechanistic Reasoning. *Computers and Education : Artificial Intellignence*, Volume 7,100318
https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100318

UNESCO. (2021). *L'intelligence artificielle et l'éducation- Guide pour les décideurs politiques.*
URL :www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-fr

Verawati, N. N. S. P, & Nisrina, N. (2024). The Role of Artificial Intelligence (AI) in Transforming Physics Education: A Narrative Review. *Lensa : Journal Kependidiken Fisika*, *12*(2), 212 - 228.
https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i2.13523