

La production d'hypothèses et le développement du raisonnement scientifique au cycle 3 : effets du Mobile Learning et du vocabulaire spécifique

MURIEL ELAOUARI, CORINNE JÉGOU, MARIA-ANTONIETTA IMPEDOVO

INSPE, Laboratoire ADEF
Aix-Marseille Université
France
muriel.elaouari@univ-amu.fr

ABSTRACT

This study focuses on the hypothesis issuance stage, as part of the investigation process in cycle 3 of primary school by questioning the link between students' ability to make hypotheses and the use of augmented reality. It also assesses students' specific vocabulary level and investigates a possible relationship between this level and their ability to hypothesize. The research question we propose to answer is the following: How do specific vocabulary skills and the use of augmented reality promote the scientific reasoning of astronomy students?

KEYWORDS

Raisonnement scientifique, hypothèse, école primaire, Mobile Learning

RÉSUMÉ

Cette étude se focalise sur l'étape d'émission d'hypothèses, dans le cadre de la démarche d'investigation au cycle 3 de l'école primaire en interrogeant le lien entre la capacité des élèves à émettre des hypothèses et l'utilisation de la réalité augmentée. Elle évalue également le niveau de vocabulaire spécifique des élèves et étudie une relation possible entre ce niveau et leur capacité à émettre des hypothèses. La question de recherche à laquelle nous nous proposons de répondre est la suivante : En quoi les acquis en vocabulaire spécifique et l'utilisation de la réalité augmentée favorisent le raisonnement scientifique des élèves en astronomie ?

MOTS-CLÉS

Raisonnement scientifique, hypothèse, école primaire, Mobile Learning

INTRODUCTION

La formation de futurs citoyens apparaît, aujourd'hui en France, comme un enjeu essentiel de l'enseignement à l'école primaire. Le dernier rapport de l'Académie des Sciences (Corvol & Viginier, 2020) rappelle la nécessité de développer, chez les élèves, leur curiosité et leur sens critique. Un enseignement des sciences privilégiant la démarche d'investigation (MENJS, 2020) favorise chez les élèves la rigueur, tout en suscitant le doute et, par conséquent, la formulation d'hypothèses. Cette démarche permet, ainsi, le développement du raisonnement scientifique. En effet, les élèves, confrontés à une approche des sciences « par l'enquête » sont amenés à développer des compétences de génération d'hypothèses, de conception

d'expériences et d'évaluation des preuves obtenues à l'issue d'une expérimentation (Zimmerman, 2007). Cependant, si la démarche d'investigation permet d'impliquer les élèves dans les différentes phases du raisonnement scientifique, les élèves de l'école primaire semblent avoir des difficultés à générer des hypothèses (Van de Sande et al., 2019).

Parmi les moyens mis à disposition des enseignants pour développer le raisonnement scientifique des élèves, l'utilisation de la réalité augmentée dans le cadre du mobile learning semble motiver les élèves dans le cadre de l'apprentissage des sciences (Furió et al., 2015).

Cet article questionne les apports du numérique dans le développement du raisonnement scientifique d'élèves de 9-11 ans au travers de l'utilisation d'une application de réalité augmentée. La question de recherche à laquelle nous nous proposons de répondre est la suivante : En quoi les acquis en vocabulaire spécifique et l'utilisation de la réalité augmentée favorisent le raisonnement scientifique des élèves ? Après avoir défini le contexte scientifique et institutionnel de l'étude, nous présenterons les résultats obtenus après la mise en œuvre d'un scénario d'enseignement par investigation appliqué à l'astronomie avec des élèves de 9-11 ans.

LE DÉVELOPPEMENT DU RAISONNEMENT SCIENTIFIQUE À L'ÉCOLE

La conception et la conduite d'investigations mettent en jeu différentes étapes telles que l'émission d'hypothèses, la conduite d'expériences ou l'interprétation des résultats (Lazonder & Janssen, 2021). Ces étapes nécessitent la mobilisation de compétences cognitives différentes mais coordonnées (Opitz et al., 2017). Tout au long de leur scolarité, les élèves progressent dans leur raisonnement scientifique (Koerber et al., 2005). Cependant, les compétences requises ne se construisent pas toutes au même rythme. Les compétences en rapport avec la mise en œuvre d'expériences, l'interprétation des résultats et la schématisation de conclusions se développent dès la maternelle tandis que la capacité à émettre des hypothèses se développe vers 9-11 ans. Piekny et Maehler (2013) parlent d'une émergence asynchrone de ces compétences dans le cursus de l'école primaire.

Van de Sande et al. (2019) se sont intéressés à la dimension linguistique du raisonnement scientifique. Ils soutiennent un modèle multidimensionnel du raisonnement scientifique chez les élèves de l'école primaire, qui intègre des composantes linguistiques telles que les inférences linguistiques et le vocabulaire scolaire spécifique. L'étude montre que les compétences linguistiques s'insèrent dans un processus qui permet aux enfants de mettre en relation les hypothèses émises et les résultats obtenus. Ces travaux pointent l'importance du vocabulaire spécifique.

Le raisonnement scientifique peut être évalué en prenant en compte trois composantes : l'élaboration de l'expérimentation, l'interprétation des données et la compréhension de la nature de la science (Koerber et al., 2015). Afin de mesurer le développement du raisonnement scientifique chez des élèves d'école primaire, Osterhaus et al. (2020) ont élaboré un test, the Science-P Reasoning Inventory (SPR-I) qui s'appuie sur ces trois composantes. Ils caractérisent trois niveaux :

- *Niveau « naïf »* : l'enfant ne se représente pas l'hypothèse et les preuves comme deux entités différentes. L'expérimentation n'amène pas de contrôle des variables et ces actions expérimentales visent uniquement à produire un effet, quel qu'il soit, sans lien avec l'hypothèse de départ ;
- *Niveau « intermédiaire »* : l'enfant amorce une compréhension du lien entre les preuves et l'hypothèse, même si ces termes ne sont pas bien déterminés conceptuellement. Les preuves sont obtenues par opposition de deux variables mais l'ensemble des variables n'est pas pris en compte. L'expérimentation n'est pas contrôlée ;

- *Niveau « avancé »* : l'enfant comprend la relation preuve-hypothèse et l'expérimentation est contrôlée, c'est-à-dire que seule une variable est modifiée, les autres étant stabilisées et le choix de la variable à modifier se porte sur celle permettant de valider ou invalider l'hypothèse de départ.

Ainsi, dans cette approche, la dimension d'évaluation des preuves est présentée comme en lien direct avec l'hypothèse émise et sa validation par l'expérimentation. La question d'une évaluation du raisonnement scientifique selon ses différentes composantes est donc posée par la littérature, l'approche multidimensionnelle de ce raisonnement étant privilégiée.

Cet article se focalise sur l'étape de validation d'hypothèses en explorant des liens possibles entre l'élaboration d'hypothèses dans le cadre d'une démarche d'investigation menée par des élèves et le vocabulaire spécifique disponible.

FOCUS SUR LA PRODUCTION D'HYPOTHÈSES

Une des approches d'étude du raisonnement scientifique met l'accent sur les stratégies d'élaboration d'hypothèses, d'expérimentation et d'évaluation des preuves obtenues à l'issue de l'expérimentation (Zimmerman, 2007). Le raisonnement scientifique, chez les élèves, recouvre ainsi la capacité à générer des hypothèses, à élaborer des expérimentations et à en déduire des conclusions afin de valider ou invalider ces hypothèses.

Les hypothèses élaborées sont validées par un protocole expérimental qui confirme ou non l'hypothèse testée, au travers de l'action sur des variables ou le contrôle de variables. Ainsi, Osterhaus et al. (2020) proposent d'évaluer le développement du raisonnement scientifique d'élèves de l'école primaire en prenant en compte les stratégies de contrôle de variables. Leur test, le Science-P Reasoning Inventory (SPR-I), s'appuie sur un modèle de développement conceptuel du raisonnement scientifique. Ils évaluent, entre autres, la compréhension du lien qui existe entre l'hypothèse et les preuves apportées par l'expérimentation. Lazonder & Janssen (2021) montrent que la connaissance préalable d'un sujet influence le nombre d'hypothèses émises ainsi que la qualité des conclusions réalisées. Pour Van de Sande et al. (2019), l'étape initiale du raisonnement scientifique est la validation d'hypothèses qui recouvre, à la fois, l'élaboration d'un questionnement et l'évaluation des preuves obtenues. Cette étape implique que l'enfant se familiarise avec de nouvelles informations, les mette en lien avec ses connaissances antérieures et extrapole un nouveau modèle lui permettant de formuler des prévisions.

L'étape d'élaboration d'hypothèses, bien que difficile pour des élèves de fin d'école primaire, apparaît comme essentielle à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation dans le cadre de l'enseignement des sciences à l'école. Elle constitue un des éléments du raisonnement scientifique.

Dans cet article, l'étude du raisonnement scientifique chez des élèves de fin d'école primaire se focalise sur cette étape d'élaboration d'hypothèses.

IMPORTANCE DU VOCABULAIRE SPÉCIFIQUE DANS L'ÉLABORATION D'HYPOTHÈSES

Dans leur estimation du vocabulaire encyclopédique mémorisé à l'école primaire en France, Déro et Fenouillet (2014) montrent une corrélation entre le vocabulaire scolaire et l'étape de validation d'hypothèses. En effet, lors de cette étape, les enfants ont besoin de concepts disponibles pour donner du sens à leur investigation. Cependant, très souvent, les élèves

connaissent le vocabulaire spécifique à une discipline sans maîtriser les idées auxquelles il se réfère (Astolfi et al., 2008). Ils ne seraient pas en mesure de différencier un concept, assimilé à une abstraction, de l'exemple qui sert à le construire.

Dans cet article, le vocabulaire scolaire pris en compte est à rattacher aux concepts d'alternance des saisons et du jour et de la nuit. Il est étendu au vocabulaire spécifique à l'astronomie au cycle 3, tel qu'il apparaît dans les programmes (MENJS, 2020).

LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION AU SERVICE DU RAISONNEMENT SCIENTIFIQUE : LA POSITION INSTITUTIONNELLE.

La démarche d'investigation telle qu'elle est recommandée en France a des caractéristiques propres (Coquidé et al., 2009). Elle est définie par deux principes : le principe d'unité, qui garantit une continuité entre toutes les étapes de la démarche et le principe de diversité, qui préconise l'utilisation de différents moyens d'investigation. L'investigation peut, ainsi, être réalisée par une expérimentation mais aussi par l'observation (directe ou instrumentée), l'enquête, la recherche documentaire, la visite ou la réalisation d'un objet technique.

Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (MENRT, 2015) prescrit la pratique, au cours de la scolarité obligatoire, d'une démarche d'investigation, en traitant des informations, en émettant des hypothèses, en les testant par le biais de dispositifs variés qu'il contribue à élaborer. L'élève doit également développer des capacités d'argumentation, dans le cadre de la communication de ses résultats. Le langage scientifique, adapté au niveau de l'élève, ainsi que le vocabulaire spécifique qui lui est rattaché, tiennent alors toute leur place. En fin d'école primaire, la diversité des approches par la démarche d'investigation (observation, manipulation, expérimentation, simulation, documentation) est encouragée afin de développer « la curiosité, la créativité, la rigueur, l'esprit critique, l'habileté manuelle et expérimentale, la mémorisation, la collaboration pour mieux vivre ensemble et le goût d'apprendre » (MENRT, 2013, p. 77). L'enseignement des sciences donne alors aux élèves la possibilité d'émettre des hypothèses, de les tester, « qualitativement et quantitativement ». À cette étape de la scolarité, il est attendu des élèves qu'ils communiquent, à l'écrit comme à l'oral, en utilisant le langage scientifique à leur portée, tout en restant précis et concis. Ils doivent ainsi « exprimer une hypothèse, formuler une problématique, répondre à une question ou à un besoin, et exploiter des informations ou des résultats » (MENRT, 2013, p. 77).

LE NUMÉRIQUE, UNE AIDE AU DÉVELOPPEMENT DU RAISONNEMENT SCIENTIFIQUE

La place du numérique à l'école primaire est valorisée par le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (MENRT, 2015). Par ailleurs, les programmes de Sciences et Technologies attendent d'un élève qu'il mobilise les outils numériques pour simuler des phénomènes et représenter des objets techniques. Parmi la diversité des approches, le Mobile Learning offre des possibilités d'apprentissage qui s'affranchissent des contraintes spatiales et temporelles rencontrées dans les situations d'enseignement classiques (Crompton & Burke, 2020). Cette approche de l'enseignement n'est pas uniquement centrée sur le dispositif technologique servant de support aux apprentissages mais sur ce qui peut être appris au travers de l'utilisation de ces supports ou dispositifs mobiles (Traxler et al., 2011).

Crompton et Burke (2020) définissent, alors, le Mobile Learning comme « apprendre au travers de contextes multiples, par des interactions sociales satisfaisantes et en utilisant des dispositifs électroniques personnels, avec l'idée que quatre concepts déterminent ce type

d'apprentissage : la pédagogie, les supports technologiques, le contexte d'apprentissage et les interactions sociales ».

Les supports mobiles ont permis d'enrichir les apprentissages, et particulièrement en enseignement des sciences, en proposant des possibilités de recueil et de visualisation des données expérimentales (Becker et al., 2020). Cet usage s'inscrit dans le cadre d'une démarche d'investigation, dans laquelle l'élève est actif et au centre des activités d'apprentissage. Becker et al. (2020) rappellent que l'enseignement des sciences, dans le cadre d'une démarche d'investigation intégrant des supports mobiles, a un effet positif sur les apprentissages. Ces pratiques, comparées aux méthodes d'enseignement traditionnelles, dans le cadre de l'enseignement des sciences, semblent augmenter l'efficacité des apprentissages et la motivation des élèves (Furió et al., 2015).

Parmi les technologies de mobile learning, la réalité augmentée peut être définie comme l'enrichissement d'un environnement réel par des éléments virtuels, au travers de moyens informatiques (Anastassova et al., 2007). Ainsi, le double support réel et virtuel permettrait d'apprendre par l'action, en construisant des connaissances actives et autonomes, de faciliter la représentation de relations spatiales dynamiques, de se représenter leur évolution dans l'espace et dans le temps. La réalité augmentée permet, également, la visualisation et la manipulation de mondes physiques inaccessibles et difficilement représentables, particulièrement les systèmes planétaires. En considérant cela, dans cette étude, les effets du Mobile Learning sur le raisonnement scientifique des élèves sont testés par l'utilisation d'une application de réalité augmentée dans le cadre de l'enseignement de l'astronomie.

QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES

Dans le cadre de cet article, nous nous demandons en quoi les acquis en vocabulaire spécifique en astronomie et l'utilisation de la réalité augmentée favorisent le raisonnement scientifique d'élèves de 9-11 ans dans le cadre d'un enseignement de l'alternance des saisons et du jour et de la nuit. À l'issue de la revue de littérature, deux hypothèses peuvent être retenues :

H1 : En nous référant aux travaux qui montrent que l'utilisation des supports de Mobile Learning dans l'enseignement des sciences à l'école primaire favorise les apprentissages, nous supposons que l'utilisation d'une application de réalité augmentée favorise l'élaboration d'hypothèses par les élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation en astronomie, et par conséquent le raisonnement scientifique.

H2 : La formulation d'hypothèses par les élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation est facilitée par leurs acquis en vocabulaire scolaire spécifique à l'astronomie. En effet, la richesse des acquis en vocabulaire spécifique est un bon indicateur de la réussite scolaire et peut impacter la construction du raisonnement scientifique des élèves.

ÉTUDE

Contexte de l'étude

La discipline choisie pour l'étude est l'astronomie. L'étude cherche à évaluer l'effet de l'utilisation d'une réalité augmentée et du vocabulaire spécifique sur le raisonnement scientifique d'élèves de fin d'école primaire (9-11 ans).

L'étude est effectuée dans une école urbaine, dans un environnement socio-économique qualifié de mixte par l'Éducation Nationale. L'échantillon étudié est constitué de 34 élèves (N=34) de 9 à 11 ans, 17 filles et 17 garçons.

La méthode de recherche utilisée est une méthode expérimentale. Cette méthode est appliquée sur deux classes, une classe “témoin” et une classe “expérimentale”. L’étude s’appuie sur une ingénierie pédagogique qui a permis de mettre en place des dispositifs d’enseignement adaptés aux élèves de 9 - 11 ans et ayant pour objectif pédagogique de caractériser l’alternance du jour et de la nuit, en pratiquant une démarche d’investigation. L’étude se compose également de deux questionnaires testant le niveau d’acquisition du vocabulaire spécifique à l’astronomie et la capacité à émettre des hypothèses.

Le choix de l’astronomie est motivé par la nécessité de modéliser les phénomènes étudiés. La modélisation par réalité augmentée sera comparée à une modélisation réalisée par les élèves.

L’outil de réalité augmentée (ra)

Afin de tester les effets du Mobile Learning sur l’émission d’hypothèses, une application de réalité augmentée, élaborée à l’aide du logiciel ARTE-Fac, a été utilisée. L’application est disponible gratuitement sur Google Play et Apple Store. Elle est développée par la société Stratégia, en collaboration avec l’INSPE de Marseille en 2020 pour la recherche et la formation. Ce dispositif permet de visualiser le système Terre-Lune-Soleil et de manipuler des paramètres de positions relatives, de vitesses de rotation et de révolution. Il s’agit, alors, de visualiser et manipuler des mondes physiques inaccessibles, ce qui correspond à un des objectifs de formation par la réalité augmentée, selon Anastassova et al. (2007). Les supports numériques utilisés par les élèves sont des tablettes présentes à l’école sur lesquelles l’application a été installée. Vingt tablettes étant disponibles, les séances utilisant la réalité augmentée se sont effectuées en binôme (une tablette pour deux élèves).

La structure des séances pédagogiques

L’ingénierie pédagogique consiste à mettre en œuvre une séquence d’apprentissage dans deux classes de CM1/CM2 (9-11 ans), selon deux scénarios pédagogiques différents. Une classe est qualifiée de classe « témoin » (N=16) et n’utilise pas la réalité augmentée. La classe « expérimentale » (N=18) utilise la réalité augmentée.

Les scénarios pédagogiques consistent en deux séquences qui se déroulent sur 6 séances de 55 minutes. Chaque séquence est mise en œuvre dans les classes « témoin » et « expérimentale ». La classe expérimentale dispose de l’application de réalité augmentée, disponible sur des tablettes numériques. La classe témoin dispose du matériel nécessaire à la réalisation des expérimentations proposées par l’enseignante. La même enseignante a conduit les deux séquences dans les deux classes, afin de diminuer les variabilités liées au paramètre enseignant.

L’ingénierie pédagogique est décrite ci-dessous :

TABLEAU 1
Déroulement de la séquence pédagogique

| Séances | Déroulement | Objectifs pédagogiques | Production d’hypothèses |
|----------------|--|--|--------------------------------|
| De 0 à 2 | Identique pour les deux classes | Découverte et modélisation des mouvements apparents du Soleil | Pas de production |
| 3 | Modélisation avec RA (classe expérimentale) Expérimentation (classe témoin) | Produire des hypothèses et les tester par la réalité augmentée | Production |
| 4 et 5 | Identique pour les deux classes | Institutionnaliser les connaissances | Pas de production |

MÉTHODOLOGIE

Recueil des données

Les données concernant le raisonnement scientifique sont recueillies par un questionnaire, qui a été proposé avant et après la séance 3 (pré-test et post-test). Le questionnaire évaluant le vocabulaire scolaire spécifique à l'astronomie a été soumis aux élèves en amont de la séquence pédagogique.

Questionnaire évaluant le vocabulaire spécifique à l'astronomie

Choix des termes à recenser : Afin de définir le vocabulaire scolaire spécifique à l'astronomie, un recensement a été fait, avant l'expérimentation, à partir des termes scientifiques à faire acquérir aux élèves et qui apparaissent dans les programmes du cycle 3 (MENJS, 2020). L'occurrence de ces termes est également estimée. Les termes spécifiques utilisés par les élèves dans l'application de réalité augmentée et ceux employés dans les séquences ont été relevés et correspondent à ceux employés dans les programmes du cycle 3.

TABLEAU 2

Vocabulaire scolaire spécifique à l'astronomie apparaissant dans les programmes du Cycle 3

| | | |
|--|---|---|
| Vocabulaire spécifique aux savoirs en astronomie apparaissant | dans les compétences et connaissances associées | Planète, Soleil, Terre, système solaire, astres, Univers, mouvements circulaires, trajectoires, rotation, alternance jour – nuit, cycle des saisons |
| | dans les activités proposées par les programmes | Mouvement des planètes, satellites artificiels, constellations, éclipses, Vénus, Jupiter, exploration spatiale |

Évaluation des acquis en vocabulaire spécifique à l'astronomie

Le vocabulaire spécifique aux connaissances en astronomie est répertorié dans les programmes de l'école primaire et dans les activités pédagogiques proposées aux élèves (tableau 2). Le repérage du vocabulaire est fait par une recherche d'occurrence dans le document au format PDF des parties des programmes de Sciences et Technologies du Cycle 3.

Le mot "Terre" est cité 25 fois, "système solaire" et "planète" sont cités 6 fois, "Soleil" 4 fois, "circulaire" 2 fois et les autres mots une fois.

Le choix a été fait, dans cette étude, d'évaluer l'ensemble des 12 mots et 5 syntagmes relevés dans les programmes, quelle que soit leur occurrence.

Questionnaire à choix multiple évaluant le vocabulaire spécifique

Pour tester le niveau d'acquisition du vocabulaire scolaire spécifique par les élèves, un questionnaire à choix multiple est proposé, selon le modèle de Déro et Fenouillet (2014). Les quatre réponses proposées comportent la bonne réponse, un distracteur sémantique (appartenant au champ sémantique du mot à définir), un distracteur lexical (sens identique ou proche, éléments phonologiques communs) et un choix « je ne sais pas ».

Exemple de question à choix multiples posée :

Terre : = mot proposé

- a- sol = distracteur lexical
- b- planète = bonne réponse
- c- satellite = distracteur sémantique
- d- je ne sais pas

Les réponses correspondant aux distracteurs et l’absence de réponse (« je ne sais pas ») sont considérées comme de mauvaises réponses. Les bonnes réponses permettent de calculer un pourcentage de réussite par élève, par le calcul du nombre de bonnes réponses sur le nombre total de réponses.

Le vocabulaire spécifique à l’astronomie a ainsi été testé, à partir de 17 questions. Le score maximal possible est de 17.

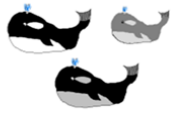


Questionnaire évaluant la capacité à émettre des hypothèses

Le questionnaire proposé se compose de quatre exercices au format papier- crayon, adaptés du Science-P Reasoning Inventory (SPR-I), développé par Osterhaus et al. (2020). Ce test propose des exercices mesurant le raisonnement scientifique d’élèves de l’école primaire selon trois composantes du raisonnement scientifique : l’expérimentation, l’interprétation de données et la compréhension de la nature de la science (NOS). Quatre items ont été sélectionnés (voir figure1) dont un item a été adapté pour cette étude, selon leur lien avec l’étape d’élaboration d’hypothèses :

- Les items 2 et 3 testent la capacité des élèves à contrôler les variables selon l’hypothèse émise ;
- L’item 4, en lien avec la NOS, permet à l’élève de définir quel est un bon exemple de ce qu’est une hypothèse ;
- Enfin, l’item 1 a été adapté et permet à l’élève de valider une hypothèse simple.

Ce test a été utilisé dans cette étude car il est adapté à la population scolaire étudiée. Les quatre items ont été considérés comme un seul indicateur du raisonnement scientifique de l’échantillon testé. Pour minimiser les difficultés de lecture et de compréhension écrite, les items sont lus intégralement par l’enseignant et les consignes sont explicitées.

FIGURE 1

| | | | |
|---|---|--------------------------|---------------------------|
| Une hypothèse est une supposition scientifique qui peut être testée. | | | |
| Michael pense à ce que peut être <u>un bon exemple</u> d'hypothèse. | | | |
| Qu'est-ce qu'un bon exemple d'hypothèse ? | | | |
| | | Un bon exemple | Pas un bon exemple |
|  | 1- Il y a beaucoup de sortes différentes de baleines. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 2- Pour faire de la pâte à pizza, tu as besoin de levure, de farine, de sel et d'eau. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|  | 3- Les tournesols qui reçoivent de l'engrais deviennent plus grands. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Item n°4 du test SPR-I permettant de définir un bon exemple d’hypothèse

RÉSULTATS

Les données constituant cette étude ont été recueillies entre début mars et début avril et ont fait l'objet d'une analyse quantitative. Cette analyse correspond à une analyse descriptive des données puis à des tests statistiques. L'analyse descriptive et les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel XLStat.

Acquisition des élèves en vocabulaire spécifique à l'astronomie

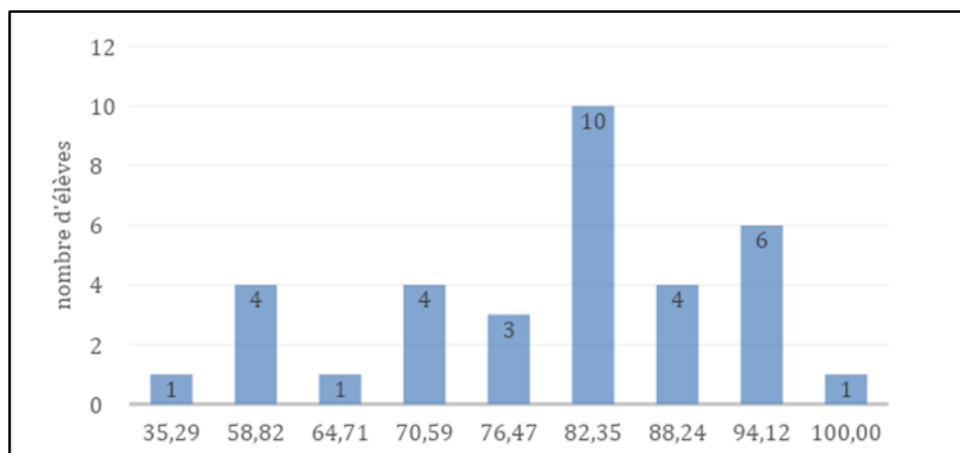
L'analyse statistique montre une moyenne élevée des acquis en vocabulaire spécifique à l'astronomie ($M=79,14\%$). La répartition de ces acquis est hétérogène (Test Shapiro-Wilk ; $W=0,906$, $p\text{-value}=0,007$) mais le nombre d'élèves étant supérieur à 20, ($N=34$), la répartition peut être estimée comme normale pour les analyses ultérieures.

TABLEAU 3

Analyse statistique du test de vocabulaire spécifique

| | |
|---------------------|--|
| Moyenne | $M = 79,14\%$, $\text{Min}=35,29$; $\text{Max}= 100$ |
| Ecart type | $\sigma=13,83$ |
| Test Shapiro – Wilk | $N= 34$ |
| | $W = 0,906$ $p\text{-value}= 0,007$ |

FIGURE 2



Pourcentage de réussite au test de vocabulaire spécifique à l'astronomie

L'estimation de la répartition comme étant normale permet de dégager trois intervalles, calculés à partir de la valeur approchée de la moyenne, soit $M = 79\%$ et de l'écart type $\sigma = 14$, de la façon suivante :

- Intervalle 1 : du minimum à $M - \sigma$ (soit de 35 à 65 %)
- Intervalle 2 : de $M - \sigma$ à $M + \sigma$ (soit de 65% à 93 %)
- Intervalle 3 : $>$ à $M + \sigma$ (soit de 93% à 100 %)

La répartition montre une majorité d'élèves dont les résultats sont autour de la moyenne, le score minimum étant de 35,29 %. Cette répartition est effectuée pour catégoriser les élèves en trois niveaux. Les catégories ainsi obtenues seront comparées avec les trois niveaux de conception, évalués par le test de raisonnement scientifique (Osterhaus et al., 2020).

TABLEAU 4*Répartition du nombre d'élèves selon leur pourcentage de réussite*

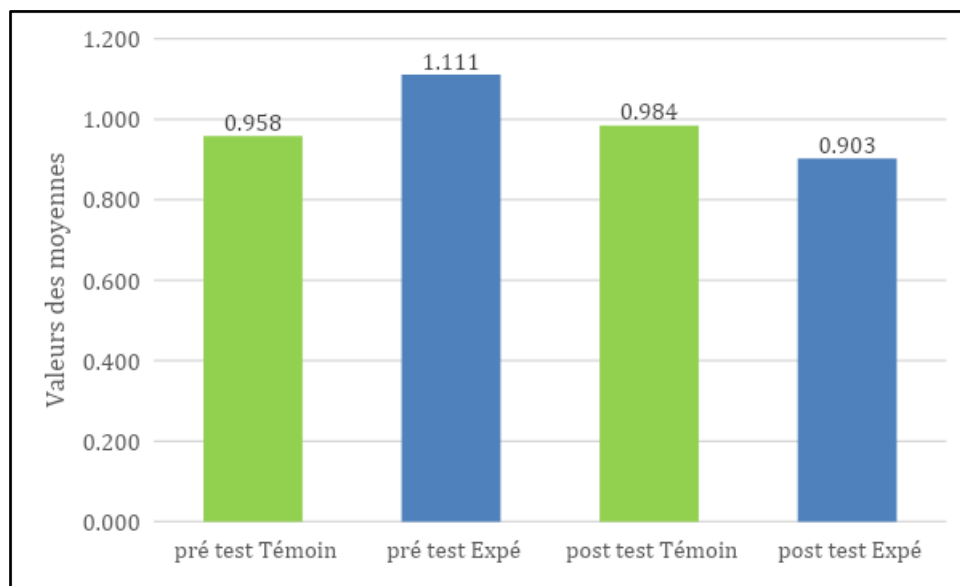
| | de 35 à 65% | de 65 à 93% | > 93% |
|----------|-------------|-------------|-------|
| N.élèves | 6 | 21 | 7 |

Évaluation du raisonnement scientifique : capacité à émettre des hypothèse et utilisation du numérique

Pour l'évaluation du raisonnement scientifique avant et après l'utilisation du support numérique de réalité augmentée (pré et post tests), les échantillons sont constitués de deux classes différentes de CM1–CM2.

L'analyse statistique est réalisée sur la moyenne de chaque élève, obtenue par la moyenne des résultats aux quatre exercices du test de raisonnement scientifique.

L'analyse statistique a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les moyennes obtenues en pré-test et post-test, qu'il s'agisse de la classe témoin (test de Student apparié, échantillon normal, différence entre les moyennes=-0,026 ; t (valeur observée) - 0,147 < t I (valeur critique) 2, 042 ; p-value=0,884) ou de la classe expérimentale (Test des signes Wilcoxon pour données appariées, échantillon non normal, p-value=0,388).

FIGURE 3

Moyennes des élèves des groupes « Témoin » et « Expérimental » en pré et post tests à l'évaluation du raisonnement scientifique

L'absence de différence significative en pré-test et post-test entre les groupes « Témoin » et « Expérimental » permet de conclure à une absence d'effet de l'utilisation de la réalité augmentée sur la capacité des élèves à émettre des hypothèses.

Évaluation du raisonnement scientifique et acquis en vocabulaire spécifique

Une relation possible entre les acquis de vocabulaire spécifique et le niveau de raisonnement scientifique a été étudiée, selon l'hypothèse que des élèves ayant un bon niveau d'acquis en vocabulaire spécifique peuvent plus facilement élaborer des hypothèses. Ainsi, une recherche de corrélation (Test de Pearson) a été effectuée entre les résultats au test de vocabulaire spécifique et la moyenne obtenue en pré-test. Les élèves des deux classes ont été mélangés pour

ne constituer qu'un échantillon (N=34). Le test de Pearson a été utilisé sur cet échantillon car l'échantillon suit la loi normale.

TABLEAU 5

| Matrices de corrélation : | | |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| Variables | % voc spé | RS pré |
| % voc spé | 1 | 0,454 |
| RS pré | 0,454 | 1 |
| | | |
| p-values (Pearson) : | | |
| | | |
| Variables | % voc spé | RS pré |
| % voc spé | 0 | 0,007 |
| RS pré | 0,007 | 0 |

Les résultats obtenus montrent une corrélation moyennement positive entre les acquis en vocabulaire spécifique en astronomie et les résultats au test d'évaluation de validation d'hypothèses.

Afin d'affiner l'étude de cette corrélation, les élèves ont été répartis en trois groupes de niveau de raisonnement scientifique.

TABLEAU 6

Répartition par groupes des élèves selon leur moyenne au test de raisonnement scientifique

| | Naïf | Intermédiaire | Avancé |
|---------------------|-------------|----------------------|---------------|
| Moyenne élève | de 0 à 0,6 | de 0,61 à 1 | > 1 |
| Nombre d'élèves (N) | 5 | 15 | 14 |
| Moyenne du groupe | 0,317 | 0,883 | 1,464 |

Le codage des résultats utilisé pour la répartition des élèves selon leur résultat à l'évaluation du raisonnement scientifique est adapté de celui proposé par les auteurs du test SPR-I (Osterhaus et al., 2020). Ce codage permet de catégoriser les élèves selon les trois niveaux définis précédemment :

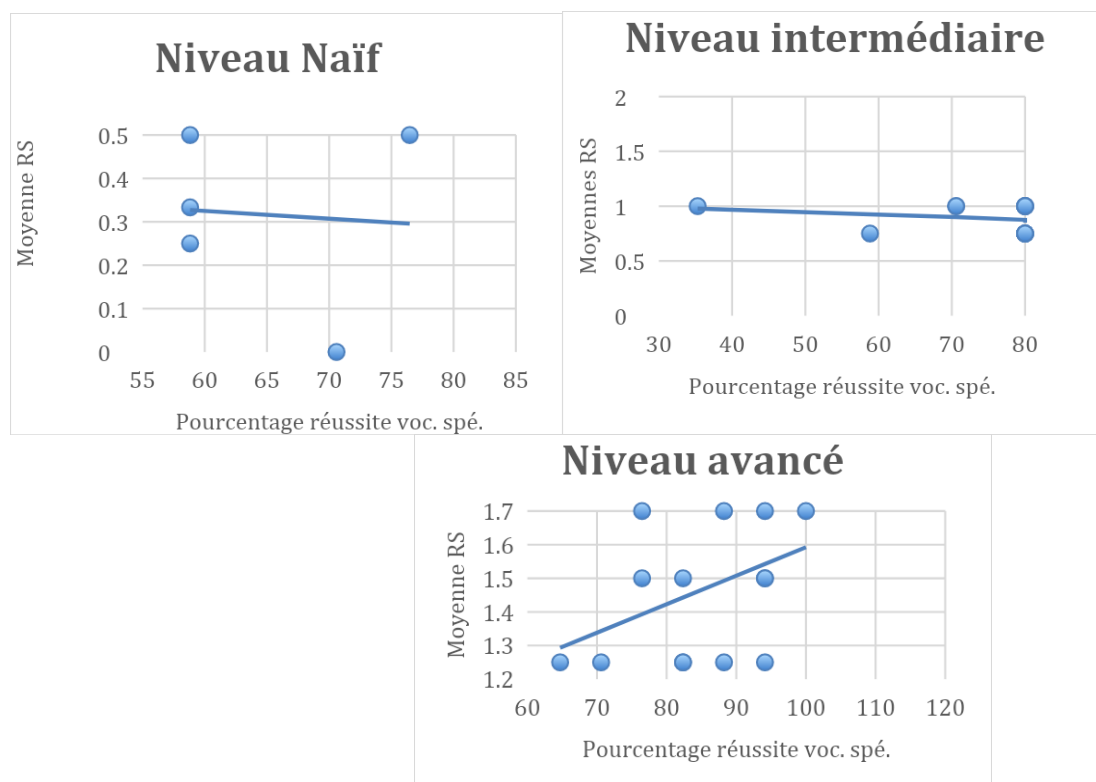
- Moyenne entre $[0 ; 0,6[$ = niveau « naïf »
- Moyenne entre $[0,61 ; 1[$ = niveau « intermédiaire »
- Moyenne ≥ 1 = niveau « avancé »

Une corrélation entre le niveau obtenu en raisonnement scientifique d'un élève et son pourcentage de réussite au test de vocabulaire spécifique est recherchée, en utilisant un test de Spearman. Ce test de corrélation a été appliqué pour les échantillons des groupes « intermédiaire » et « avancé » car leurs distributions n'étaient pas normales (Test de Shapiro-Wilk, respectivement $W=0,64$; $p\text{-value}=6,5^E-05$; $W=0,785$, $p\text{-value}=0,003$, $\alpha=0,05$). Le même test a été utilisé pour l'échantillon du groupe « naïf » car le nombre de valeurs était faible (N=5). Les résultats aux tests de Spearman sont représentés par les nuages de points de la figure 4.

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre les moyennes au test de raisonnement scientifique et le vocabulaire spécifique pour les élèves du groupe « naïf » ($Rho=0,05$; $p\text{-value}=0,016$). Pour les élèves des groupes « intermédiaire » et « avancé », le test de Spearman montre une faible corrélation négative pour le groupe « intermédiaire » ($Rho= -$

0,31 ; p -value=0,259) et une corrélation moyenne positive pour le groupe « avancé » ($Rho=0,381$, p – value=0,179). Pour ces deux derniers groupes, la valeur de référence de la p -value du test étant placée à $\alpha=0,05$, les p -values obtenues sont élevées, rendant les données difficiles à interpréter, et pourraient amener à ne pas prendre en compte une corrélation entre les variables. Néanmoins, la taille des échantillons ($N<20$) et l'existence d'une corrélation entre les deux variables lorsque les trois groupes sont mélangés autorisent à supposer que les variables sont corrélées pour les groupes « intermédiaire » et « avancé ».

FIGURE 4



Corrélations entre les groupes de niveau de raisonnement scientifique (RS) et le pourcentage de réussite en vocabulaire spécifique

DISCUSSION

Cette étude évalue une composante du raisonnement scientifique, l'émission d'hypothèses. Les résultats obtenus sur la classe « témoin » ne montrent pas de différence significative entre le pré-test et le post-test. Ces résultats permettent de supposer que les activités proposées aux élèves lors de la séquence pédagogique n'ont pas eu d'effet sur leur capacité à émettre des hypothèses. Plusieurs interprétations sont possibles :

- Le scénario ne propose pas des activités susceptibles de développer cette capacité ou de façon insuffisante ;
- Le scénario n'avait pas pour objectif de développer cette capacité et doit être revu dans ce sens ;
- Le processus d'élaboration d'hypothèses par les élèves doit être mieux cerné afin de cibler les actions pédagogiques développant cette étape du raisonnement scientifique.

D'autre part, la nature des hypothèses émises par les élèves, et recueillies par écrit, n'a pas été analysée. Il serait, en effet, pertinent d'effectuer une analyse quantitative des écrits produits par les élèves. Ceux-ci sont de natures différentes (écrits seuls, schémas seuls, écrits + schémas) et une analyse permettrait de mettre en relation la formulation de ces hypothèses et le vocabulaire employé. La question se pose, également, de la qualité scientifique des hypothèses émises, à savoir leur lien avec leur plausibilité et la possibilité de les tester.

L'étude présentée dans cet article se proposait d'évaluer l'effet de la réalité augmentée sur le raisonnement scientifique d'élèves de cycle 3, en choisissant de se focaliser sur l'étape d'élaboration d'hypothèses. Dans le cadre de cette étude, l'utilisation de la réalité augmentée ne semble pas avoir d'effet significatif sur les capacités des élèves à émettre des hypothèses. Le scénario pédagogique, proposé par l'application ArteFac, ne favorise pas la validation d'hypothèses par le contrôle de variables expérimentales (CVS) car les paramètres de réglage des tablettes étaient fournis par l'enseignante. Ce même scénario permettait néanmoins une émission d'hypothèses au préalable, à l'écrit, de façon individuelle puis collective.

Une évaluation des stratégies de contrôle des variables (CVS) pourrait être menée dans ce contexte expérimental. Il s'agirait, alors, de préciser la composante « élaboration d'hypothèses », de cerner l'effet sur les élèves d'un travail écrit sur l'émission d'hypothèses, en lien avec la composante individuelle et collective de ce travail.

L'évaluation du raisonnement scientifique des élèves amène à questionner le choix de l'outil d'évaluation utilisé, ici une version adaptée du SPR-I (Osterhaus et al., 2020). En effet, dans une étude comparative des différents tests du raisonnement scientifique, Optiz et al. (2017) relèvent que la plupart des tests de raisonnement scientifique évaluent les compétences à générer des hypothèses, générer des preuves et élaborer des conclusions. Le test SPR-I utilisé dans cette étude, ciblant une des dimensions de la composante visée (la stratégie de contrôle des variables dans l'élaboration d'hypothèses) et proposant une évaluation quantitative précise des items, nous a paru plus direct à utiliser et à adapter. Il serait pertinent d'évaluer l'étape d'élaboration d'hypothèses par un test plus précis.

Cet article a permis de montrer une corrélation positive entre les résultats des élèves au test de raisonnement scientifique et leurs acquis en vocabulaire spécifique à l'astronomie. Ce résultat souligne l'intérêt de favoriser l'apprentissage du vocabulaire spécifique en sciences, bien que ce résultat ne concerne que l'enseignement de l'astronomie. Cette approche linguistique du raisonnement scientifique pourrait être élargie. Le vocabulaire testé dans cet article couvre les termes spécifiques à l'astronomie mais n'aborde pas les termes en lien avec l'émission d'hypothèses et la démarche d'investigation. Il serait, en effet, pertinent de tester le vocabulaire commun à différentes disciplines ainsi que le vocabulaire préconisé dans les programmes de l'École primaire pour la mise en œuvre de la démarche d'investigation.

CONCLUSION

L'émission d'hypothèses constitue une des dimensions du raisonnement scientifique et est une des étapes de la démarche d'investigation. L'étude menée dans cet article montre un effet positif entre les acquis en vocabulaire spécifique à l'astronomie et la capacité des élèves à émettre des hypothèses, dans le cadre d'une démarche d'investigation. Caractériser plus finement l'émission d'hypothèses et ses liens avec la dimension linguistique du raisonnement scientifique par, notamment, des analyses quantitatives sur des échantillons élargis, permettrait de mieux comprendre les processus mis en jeu par les élèves et d'élaborer des propositions didactiques adaptées.

Dans le cadre de cette étude, l'utilisation de la réalité augmentée dans le cadre du Mobile learning ne semble pas agir sur la capacité des élèves à émettre des hypothèses. Ce résultat

questionne l'usage du numérique éducatif dans l'enseignement scientifique. L'analyse statistique des résultats a montré les limites d'une analyse sur de petits échantillons. En effet, l'échantillon total de 34 individus, montre des anomalies statistiques lorsqu'il est divisé en sous-ensembles de deux classes de 17 et 18 élèves. Une étude sur un échantillon élargi pourrait pallier la performance des tests statistiques et augmenter leur fiabilité.

Cette étude montre la nécessité de définir précisément l'étape d'émission d'hypothèses par les élèves de l'école primaire afin d'étudier les possibilités d'actions didactiques, dans le but d'accompagner le développement du raisonnement scientifique pendant cette période de la scolarité.

REMERCIEMENTS

L'ingénierie pédagogique est issue du travail de l'équipe ARTEfact et nous remercions Elena Martin pour ses apports logistiques et sa contribution au bon déroulement des expérimentations.

RÉFÉRENCES

- Anastassova, M., Burkhardt, J., Mégard, C., & Ehanno, P. (2007). L'ergonomie de la réalité augmentée pour l'apprentissage : Une revue. *Le Travail Humain*, 70, 97-125.
- Astolfi, J. P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, E., & Toussaint, J. (2008). Concepts, conceptualisation. In *Mots-clés de la didactique des sciences : Repères, définitions, bibliographies* (pp. 23-33). Bruxelles, Belgique: De Boeck.
- Becker, S., Klein, P., Gössling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69, 101350. doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101350.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : Fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 51-78.
- Corvol, P., & Viginier, P. (2020). *Sciences et technologies à l'école primaire : Un enjeu décisif pour l'avenir des futurs citoyens*. Académie des Sciences, Académie des Technologies. France.
- Crompton, H., & Burke, D. (2020). Mobile learning and pedagogical opportunities: A configurative systematic review of PreK-12 research using the SAMR framework. *Computers & Education*, 156, 103945. doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103945.
- Déro, M., & Fenouillet, F. (2014). Estimation du vocabulaire encyclopédique scolaire mémorisé à l'école élémentaire. *Bulletin de Psychologie*, 530(2), 127-141.
- Furió, D., Juan, M.-C., Seguí, I., & Vivó, R. (2015). Mobile learning vs. traditional classroom lessons: A comparative study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 189-201. https://doi.org/10.1111/jcal.12071.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C., & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64(3), 141-152.
- Lazonder, A. W., & Janssen, N. (2021). Development and initial validation of a performance-based scientific reasoning test for children. *Studies in Educational Evaluation*, 68, 100951.
- Ministère de l'Éducation Nationale – MEN. (2000). Note De Service N°2000-078, Bulletin Officiel n°23 du 15 juin 2000. https://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm.

Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie – MENRT. (2013). Loi d'orientation en de programmation pour la refondation de l'École de la République. Journal officiel du 9 Juillet 2013.

Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie – MENRT. (2015). Programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège. Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015.

Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports - MENJS. (2020). Programmes de l'enseignements primaire et secondaire, Bulletin Officiel n°31 du 30 juillet 2020.

Opitz, A., Heene, M., & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23(3-4), 78-101.

Osterhaus, C., Koerber, S., & Sodian, B. (2020). The Science-P Reasoning Inventory (SPR-I): Measuring emerging scientific-reasoning skills in primary school. *International Journal of Science Education*, 42(7), 1087-1107.

Piekny, J., & Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31(2), 153-179.

Traxler, J. E., & Wishart, J. E. (2011). *Making mobile learning work: Case studies of practice*. ESCalate, The Higher Education Academy.

Van de Sande, E., Kleemans, T., Verhoeven, L., & Segers, E. (2019). The linguistic nature of Children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 62, 20-26.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223.