

Cécile de Hosson
Laurence Bordenave
Pierre-Laurent Daurès (eds)

Telling Science Drawing Science

Actes de la 4e édition

Angoulême, 27–29 novembre 2024



Comités

Comité scientifique

- Karine Bécu-Robinault, ENS Lyon
- Laurence Bordenave, STIMULI, co-présidente du comité scientifique
- Estelle Bretagne, université Picardie - Jules Verne
- Catherine Bruguière, université Lyon I
- Sophie Canac, université Paris Est-Créteil
- Nicolas Décamp, université Paris Cité
- Cécile de Hosson, université Paris Cité, présidente du comité scientifique
- Pierre-Laurent Daurès, STIMULI
- Christophe Hache, université Paris Cité
- Julie Horoks, université Paris Est-Créteil
- Isabelle Kermen, université Bretagne Occidentale
- Pascale Kummer-Hannoun, Sorbonne université
- Roland Lehoucq, CEA
- Jean-Philippe Martin, Cité internationale de la BD et de l'image
- Maud Pelé, université Paris Est-Créteil
- Nicolas Rouvière, université Grenoble Alpes
- Claire Simon, académie de Poitiers
- Eric Triquet, université d'Avignon

Comité d'organisation

- Laurence Bordenave, STIMULI
- Pierre-Laurent Daurès, STIMULI, président du comité d'organisation
- Nicolas Décamp, LDAR – Université Paris Cité
- Cécile de Hosson, LDAR – Université Paris Cité
- Julie Horoks, LDAR – Université Paris Est-Créteil
- Claire Simon, Académie de Poitiers

Table des matières

Comités	1
Conférences plénières	1
Communiquer sa recherche : entre parole experte et vulgarisation. Ressorts de choix d'exposition de savoirs mathématiques, Gallagher Isabelle [et al.]	1
La controverse autour des effets des éoliennes sur les élevages. Analyse de l'ouvrage illustré Le prix du vent, Triquet Eric [et al.]	5
Communications scientifiques	12
Effets de l'introduction d'albums jeunesse dans un groupe de recherche collaborative sur l'enseignement de la masse, Antoine Camille	12
Processus en jeu à travers la mise en récit des élèves, vers la construction de savoirs scientifiques, Courdent Albine [et al.]	20
Évaluation de l'impact d'une bande dessinée numérique en classe de sciences : le cas de l'énergie, Chirier Agathe [et al.]	32
Créer des compte-rendus d'expérience en bande dessinée en classe de sciences, De Hosson Cécile [et al.]	41
Représenter une grandeur qui ne se voit pas : appréhender la grandeur masse grâce au codage d'album de fiction-réaliste, Decroix Anne-Amandine [et al.]	52
Narration et schéma en SVT : Étude d'une situation autour de la régulation de la glycémie en classe de terminale, Dessart François [et al.]	62
Physics Comics and Stories: Creating comics for high school and university students, Freedman Roger A. [et al.]	72

Figures de l'énergie dans Tintin au pays de l'or noir., Kummer-Hannoun Pascale	78
La bande dessinée pour enseigner les représentations de l'atome en fin de cycle 4, Michelet Paul [et al.]	85
Conception et utilisation d'un dialogue historique reconstruit sur la circulation sanguine, Pelé Maud	96
Problématisation à partir d'une bande dessinée sur l'évolution, Pelé Maud	108
La médiation implicite des savoirs dans la bande dessinée franco belge classique, Robert Pascal	115
Production de " suites diagrammatiques " pour raconter des expériences. L'écriture et le dessin chez les élèves des cycles 2 et 3, Tortochot Eric [et al.]	120
Preservice Elementary Teachers' Views towards integrating comics into teaching, Valente Bianor [et al.]	127
Quand les super-héros rencontrent les sciences. Aporie ou levier didactique ?, Vigneron Florence	135
Choisir une situation de résolution de problème en physique : quels critères privilégier ?, Derolez Séverine [et al.]	149
Retours d'expérience	156
Vers l'engagement d'élèves de CM2 dans une démarche de médiation scientifique à travers un atelier BD, Alvain Severine [et al.]	156
Besoin d'Un tout petit coup de main pour enseigner la masse ? Utilisation d'un album jeunesse aux cycles 1 et 2, Antoine Camille [et al.]	164
Communiquer sa recherche en BD : enjeux de la bande dessinée de recherche " Regarde le ciel et réfléchis – controverse s(c)olaire ", Blanquet Estelle [et al.]	173
Communication scientifique en licence de sciences de la vie, Di Fabio Alice [et al.]	185
Retour d'expérience : Planches de Sciences, Fontaine Thomas [et al.]	193
Retour d'expérience sur la mise en récit d'un texte historique : quelles difficultés, quels leviers ?, Javoy Sandra [et al.]	203
Médiation scientifique et artistique grâce à un musée universitaire itinérant : retour d'expérience, Marchal Valérie [et al.]	209

Fantastique acoustique : Un magazine dessiné décrivant l'importance et l'étendue de la recherche en acoustique au Québec., Robin Olivier 217

Mathematics communication through comics: " Alicia's mysterious conjecture ", Rojas-Molina Constanza 233

Liste des auteurs **244**

Conférences plénières

Communiquer sa recherche : entre parole experte et vulgarisation. Ressorts de choix d'exposition de savoirs mathématiques

Isabelle Gallagher (1), Cécile de Hosson (2)

(1) ENS de Paris, (2) LDAR – Université Paris Cité

« Je consacre la plupart de mes recherches depuis une dizaine d'années au 6e problème de Hilbert : il s'agit d'un problème de limite hydrodynamique pour un gaz de sphères dures dans la limite de faible densité. La question est de retrouver les équations de la mécanique des fluides, comme les équations d'Euler compressible ou de Navier-Stokes incompressible, à partir des équations de Newton qui régissent le mouvement du système de particules. On suppose que les collisions entre particules sont binaires seulement, et qu'il n'y a pas d'autre interaction entre les particules.

Le théorème de Lanford dit que si les particules sont initialement indépendantes et identiquement distribuées (modulo l'exclusion), alors la première marginale de la fonction de distribution des particules converge vers la solution de l'équation de Boltzmann. Ce résultat peut se reformuler comme une loi des grands nombres puisque cette première marginale est aussi l'espérance de la mesure empirique sous la mesure initiale. Lanford montre aussi (c'est en fait un ingrédient de la démonstration) que la fonction de corrélation à n particules converge vers n copies de la solution de l'équation de Boltzmann : ça démontre la propagation du chaos, que Boltzmann avait prise pour hypothèse pour obtenir son équation. Plus précisément Boltzmann avait supposé que deux particules qui se rencontrent ne s'étaient jamais vues avant (ni par l'intermédiaire d'autres collisions, en d'autres termes leurs arbres de collisions dans le passé sont indépendants). Lanford montre que c'est vrai dans la limite où le nombre de particules tend vers l'infini.

Le problème avec ce résultat est qu'il n'est valable que sur une fraction du temps moyen entre deux collisions, alors que pour les limites hydrodynamiques on a besoin d'un tel résultat sur un temps qui au contraire diverge avec le nombre de collisions par particule (ou de manière équivalente avec l'inverse du libre parcours moyen). Mes travaux se situent autour de cette question d'améliorer le temps de validité du théorème de Lanford. Pour l'instant on a réussi avec Thierry Bodineau, Laure Saint-Raymond et Sergio Simonella à le faire dans des cadres linéaires : s'il y a une particule marquée dans un gaz à l'équilibre par exemple (dans ce cas on obtient à la limite l'équation de la chaleur et on montre que la particule marquée suit un mouvement brownien), ou si toutes les particules sont en quelque sorte des perturbations de l'équilibre (dans ce cas on obtient les équations de Stokes-Fourier à la limite). Par ailleurs tout récemment on a pu étendre le théorème de Lanford en démontrant un théorème central limite et un principe de grandes déviations » (Gallagher, octobre 2024).

Dans ce texte, Isabelle Gallagher, chercheuse en mathématiques, s'adresse à ses pairs. Le registre sémantique du discours relève des mathématiques expertes. On y croise des termes, des expressions, des références à des lois, à des équations que l'on suppose connues de celui, de celle à qui ce discours s'adresse. Ici, l'autrice projette sur son auditoire, une certaine « encyclopédie », un bagage linguistique et scientifique qui ne nécessite que peu d'explicitations (gaz de sphères dures, cumulants, entropie, mouvement brownien, équations d'Euler, de Navier-Stokes, de Boltzmann, etc.). Si l'on convoque ici le concept de « lecteur-modèle » cher à Umberto Eco, on peut considérer que l'autrice s'est choisi un.e destinataire bien spécifique, capable « d'actualiser » le texte proposé (Eco, 1979). Ici, le texte est « fermé », en ce qu'il est « conçu pour un lecteur très défini, dans l'intention de diriger d'une manière répressive la coopération » (*ibid.*). Par ce type de texte, la personne qui lit comprend que l'auteur, l'autrice a cerné avec précision son lecteur, sa lectrice modèle. Le mathématicien, la mathématicienne, expert des équations aux dérivées partielles. Cela ne garantit évidemment pas que la « cible » sera en mesure de décrypter l'ensemble des informations contenues dans le texte, ni même d'en saisir la complète logique dans la mesure où son encyclopédie reste un présupposé. Mais il ne fait guère de doute que ce texte reste incompréhensible pour un public profane. Celui-ci sera au mieux capable d'identifier la nature du texte (une narration de recherche autobiographique) et, éventuellement la structure globale du propos, depuis l'énoncé général du problème que l'autrice cherche à résoudre, jusqu'aux premiers éléments de solution, en passant par la description des résultats et des limites des résultats antérieurs sur lesquels repose la démarche de recherche de solution. Mais au-delà du repérage de cette organisation « macro », le propos demeure inaccessible au grand public.

Devant cette opacité sémantique, une question se pose alors : dans quelle mesure et sous quelles conditions un texte « savant », destiné à un lecteur-modèle expert, peut-il être transformé, adapté à un public plus profane ? Cette question, très générale, n'est bien entendu pas nouvelle et s'est vue largement explorée par la recherche sur la vulgarisation scientifique depuis les années 1970 (Jacobi, 1985 ; Jurdant, 2009). Nous la particularisons ici à une instance spécifique, celle des mathématiques expertes et nous nous demandons quels sont les choix de transposition opérés par l'expert.e pour se faire comprendre d'un lecteur-modèle d'un autre genre, un lecteur-modèle ne disposant pas de la même encyclopédie que celle des mathématicien.ne.s ?

Pour éclairer cette question, nous allons comparer le contenu et l'organisation du texte expert, pris ici pour référence savante avec ceux d'une présentation vulgarisée, conçue par la même autrice et destinée à un public lycéen (présentation orale + diaporama). Nous verrons qu'au-delà de la volonté de transmettre du savoir purement mathématique, l'autrice privilégie ce que sont les mathématiques par nature : une aventure humaine collective, inscrite dans le temps long, engageant la manipulation d'objets abstraits (équations). Nous verrons également que le procédé vulgarisateur choisi engage la mise en activité du public (le public est invité à « faire des maths » et l'on suppose donc qu'il aura l'encyclopédie pour le faire). Cela nous conduira à entamer un échange avec l'autrice pour donner à comprendre les raisons à l'origine de ses choix d'exposition pour le public non expert.

Bibliographie

Eco, U (1979). *Lector in Fabula*. Grasset et Fasquelle.

Jacobi, D. (1985). Sémiotique du discours de vulgarisation scientifique. *Semen. Revue de sémio-linguistique des textes et discours*, (2).

Jurdant, B. (2009). *Les problèmes théoriques de la vulgarisation scientifique*. Archives contemporaines.

La controverse autour des effets des éoliennes sur les élevages

Analyse de l'ouvrage illustré *Le prix du vent*

Aurélié Deganello, Éric Triquet

Avignon Université, Centre Norbert Elias

Introduction

Le prix du vent paraît en 2022 aux éditions du Rocher. Cet ouvrage illustré résulte du travail collaboratif de Sioux Berger (autrice), Maxime Poisot (scénariste) et Baptiste Chouët (illustrateur). Il explore la controverse toujours vive sur les effets des éoliennes sur la santé des élevages bovins, un sujet soulevé depuis plusieurs décennies par des éleveurs signalant des troubles dans leurs troupeaux, associés à des baisses de productivité et des pertes économiques.

Faute de preuves scientifiques établissant un lien direct entre les éoliennes et ces problèmes sanitaires, les débats persistent, s'articulant autour de dimensions interdépendantes : des questions physiques liées aux phénomènes électriques, des préoccupations écologiques et sanitaires portant sur les effets environnementaux et les impacts sur la santé animale et humaine, ainsi que des enjeux institutionnels et juridiques autour de l'implantation de ces infrastructures. Ces différentes dimensions trouvent leur expression dans *Le Prix du vent* où elles sont mises en scène pour offrir une compréhension des enjeux de cette controverse.

Engagée de longue date dans la défense de l'environnement, Sioux Berger décide en 2018 de recueillir des témoignages d'éleveurs, suite à la découverte d'un projet de parc éolien près de chez elle. Elle publie ces témoignages sur Facebook, donnant ainsi une visibilité nationale au sujet. Ces échanges et récits inspireront *Le Prix du vent*, qui se présente comme une œuvre engagée donnant une voix à une partie des acteurs directement touchés – les éleveurs – et proposant une représentation visuelle et narrative d'une controverse complexe. L'ouvrage constitue en cela un objet d'étude

pertinent pour examiner comment un médium graphique peut servir de vecteur d'expression pour des controverses sociotechniques¹.

Dans notre étude², nous cherchons à analyser comment les auteurs de l'ouvrage s'emparent de cette controverse pour traduire, à travers le récit, les tensions et oppositions entre les acteurs (éleveurs, politiques, promoteurs d'éoliennes), ainsi que la confrontation de leurs arguments et l'entrecroisement de leurs enjeux. Au-delà de cela, nous nous intéressons également aux représentations, ressentis et valeurs de chacun. Par ailleurs, dans le prolongement de nos travaux antérieurs (Bruguière, Triquet, 2012), nous proposons d'étudier dans quelle mesure les intrigues développées dans les micro-récits insérés dans l'ouvrage constituent un levier (et/ou une opportunité) pour mettre en scène les différentes problématiques (sanitaires, sociales, économiques, politiques) qui traversent la controverse, et comment elles sont mises en scène dans les micro-récits développés sous forme de BD.

Une bande dessinée à la croisée des genres

Le Prix du vent s'inscrit pleinement dans une démarche militante, Sioux Berger se positionnant en tant que lanceuse d'alerte. En donnant une voix aux éleveurs, souvent laissés en marge des débats publics, l'œuvre se positionne résolument en faveur de leurs luttes. En intégrant dans la narration les paroles qu'elle a recueillies, Sioux Berger témoigne d'une volonté de restitution d'un réel dont elle a été témoin, consolidant ainsi la portée documentaire de l'ouvrage.

Le Prix du vent se rattache ainsi à une mouvance de la bande dessinée contemporaine qui dépasse le simple divertissement pour offrir une véritable réflexion sociale et politique. Bien que la maison d'édition ait classé l'ouvrage comme un « roman graphique », son contenu se rapproche davantage de la « BD reportage » ou de la « BD documentaire », deux sous-genres qui se situent à la croisée du factuel et du subjectif. En effet, comme le souligne Catherine Saouter dans son analyse sur les BDreportages, l'implication personnelle des auteurs engagés en bande dessinée se manifeste par leur présence sur le terrain et leur attention aux détails. Cette dynamique est également mise en avant par Le Foulgoc (2009), qui souligne que la spécificité de cette démarche provient de l'ambiguïté du statut des auteurs, qui empruntent à la fois à la figure du journaliste et à celle de l'artiste engagé. Le travail de Sioux Berger s'aligne avec celui de nombreux auteurs de BDreportages, qui adoptent une approche immersive pour rapporter des enjeux sociaux et politiques contemporains majeurs : « ils font œuvre

¹ Controverses sociotechniques, au sens de Badouard et Mabi (2015).

² Celle-ci s'inscrit dans un projet de recherche plus large – le projet SICECLAIR – financé par l'ADEME.

documentaire et rendent compte du théâtre du monde, de la trame de l'actualité, des enjeux politiques majeurs qu'ils rapportent par un investissement personnel sur le terrain des événements » (Saouter 2012 : 14).

Dans l'ouvrage, Sioux Berger apparaît en tant que personnage, se positionnant comme une figure dont la présence, bien que discrète et ponctuelle, confère au récit une profondeur subjective et engagée. Cette représentation visuelle de l'autrice-narratrice-enquêtrice constitue une caractéristique essentielle des BDreportages, comme le souligne Séverine Bourdieu : « une de ses caractéristiques majeures [est] la représentation visuelle de l'auteur-narrateur-enquêteur dans son récit, généralement dans une posture typique du journaliste de terrain, un stylo et un carnet à la main » (Bourdieu 2012 : 7). En effet, la présence de l'autrice dans son propre récit lui permet d'incarner le témoignage vivant d'une réalité qu'elle a observée.

Un récit hybride entre subjectivité et objectivité : la structuration de l'ouvrage

L'œuvre de Sioux Berger explore les tensions entre objectivité factuelle et subjectivité personnelle, deux caractéristiques souvent mises en dialogue dans la bande dessinée documentaire. D'un côté, elle intègre des témoignages directs et une documentation minutieuse ; de l'autre, le médium du dessin et la composante fictionnelle introduisent une dimension expressive, renforçant l'immersion du lecteur. Pour refléter cette dualité entre objectivité et subjectivité, *Le Prix du vent* s'organise en trois rubriques distinctes, entrecroisées tout au long de l'œuvre et différenciées tant par leur composition visuelle que par la spécificité de leur contenu. Fondée sur une pluralité de matériaux – des témoignages collectés directement sur le terrain, des données scientifiques, ainsi que des analyses institutionnelles et juridiques –, cette structure mêle vulgarisation scientifique et mise en scène de voix plurielles pour aborder trois domaines principaux : les phénomènes électriques, les impacts écologiques et sanitaires, et les aspects institutionnels et juridiques, notamment les contrats de bail. La BD propose ainsi trois segments thématiques complémentaires : les récits-BD, les témoignages imagés et les fiches synthèse. Les récits-BD, qui se déroulent au fil des chapitres, constituent la base narrative de l'œuvre. Les témoignages imagés font écho à ces récits-BD en les prolongeant et en offrant une voix directe aux acteurs. Les fiches synthèse fournissent des connaissances spécifiques et des éléments de décryptage, simplifiant des concepts scientifiques et techniques encore en débat dans la recherche. Ces segments, fondés sur des sources multiples et entremêlés tout au long de l'œuvre, construisent une narration hybride où chaque module éclaire le précédent et ouvre le suivant. Cette hétérogénéité narrative permet une immersion profonde dans les problématiques soulevées par le développement des énergies renouvelables et ses

répercussions locales. L'approche de Sioux Berger et du scénariste Maxime Poisot repose donc sur un assemblage dynamique de modules narratifs et explicatifs, qui créent une alternance de perspectives et d'approfondissements.

Intrigue et problématisation de la controverse

La controverse étudiée oppose en premier lieu des éleveurs exprimant leurs craintes – et, pour certains, leur colère voire leur désarroi – vis-à-vis des éoliennes, et des acteurs impliqués dans l'exploitation de cette énergie renouvelable, en particulier les divers promoteurs, animés par des logiques économiques. Face aux incertitudes persistantes quant aux effets des éoliennes sur la santé humaine et animale, ces acteurs défendent des intérêts divergents et manifestent des désaccords que l'état actuel des connaissances scientifiques ne permet pas réellement de trancher. Dans l'ouvrage, et particulièrement dans les passages rédigés sous forme de « récits-BD », Sioux Berger met en scène une palette de personnages qui prêtent vie aux différents acteurs engagés dans la controverse. Si ces personnages peuvent être qualifiés d'« imaginaires », ils renvoient à des hommes et des femmes réellement rencontrés par Sioux Berger sur le terrain. Il s'agit en fait plutôt de personnages-types – tels que l'autrice les définit – chacun embrassant les caractéristiques d'un ensemble homogène d'acteurs occupant une même place dans la controverse.

Le récit-BD que nous avons choisi d'analyser est inscrit dans le temps présent et a pour cadre une commune rurale imaginaire. Il met en scène deux éleveurs, le maire de la commune et un promoteur d'énergie. Les deux personnages représentant les éleveurs (nés de l'imagination des auteurs mais nourris par de multiples rencontres) sont Michel, un éleveur inscrit dans une logique d'élevage productiviste, et Antoine, un éleveur inspiré par une démarche traditionnelle, respectueuse des animaux et de l'environnement. Le récit débute par une présentation publique d'un projet d'installation d'un parc éolien sur le terrain de la commune. Le maire, un jeune quadragénaire natif du village, soutient le projet et se déclare ouvertement favorable aux énergies vertes, et donc aux éoliennes. Ayant étudié l'agronomie, il se définit comme « soucieux des difficultés économiques du monde rural ». Suite à cette présentation, il est interpellé par les deux éleveurs, qui lui reprochent de leur avoir fait « un mauvais coup ». Il leur propose de les « convaincre autour d'une bière ». En réponse aux reproches des éleveurs concernant un manque de concertation en amont du projet (la décision a été prise sans consultation préalable de la population), il met en avant les bénéfices économiques pour la commune, les mesures de compensation, le caractère « propre » de cette forme d'énergie et le sens du progrès. Les éleveurs expriment leurs réserves, et Antoine fait part de ses inquiétudes, provoquées par les témoignages d'autres éleveurs. Les échanges deviennent de plus en plus vifs. À court

d'arguments, le maire disqualifie ces témoignages en les associant à des théories complotistes et quitte le café furieux. Les deux éleveurs poursuivent la discussion et, ne tardant pas à exprimer leurs divergences, le ton monte, et ils se séparent fâchés.

Ces deux ruptures successives constituent la première séquence de complications autour de laquelle se cristallise le macro-récit (celui de l'installation du parc éolien sur la commune). Cette séquence permet de mettre en avant les enjeux et logiques institutionnels et juridiques autour de l'implantation des éoliennes et dans le même temps les positions et formes d'opposition en présence. S'ensuivent deux micro-récits, enchâssés dans le premier, qui relatent le destin de Michel et d'Antoine : le premier, confronté à des difficultés financières, se résout à signer un contrat d'installation avec le promoteur, tandis que le second poursuit son activité traditionnelle mais se retrouve impacté par les éoliennes acceptées par son voisin Michel.

La première complication traitée rapidement, concerne Michel, qui se révèle, après un certain temps (non défini), déçu par les revenus perçus, bien en deçà des promesses du bail. Dans une fiche synthèse proposée en parallèle et intitulée « La mécanique du piège » un décryptage des conditions plus ou moins explicites du document est présenté pour éclairer le lecteur sur l'opacité de la situation dans laquelle se retrouve les éleveurs lors de la signature de leur contrat. Par ailleurs il est présenté comme souffrant et traversé par des doutes au sujet des effets des éoliennes sur sa santé, faisant ainsi le pont avec le récit d'Antoine.

La seconde complication, plus développée, montre Antoine confronté à de graves problèmes sanitaires dans son élevage. Des veaux décèdent prématurément, des vaches au comportement étrange refusent d'entrer dans la stabulation et de boire, et d'autres mangent sans arrêt mais produisent un lait de mauvaise qualité ; autant de symptômes et de constats qui sont au cœur de la controverse qui nous intéresse. De plus en plus inquiet, Antoine s'interroge : ces manifestations sont-elles liées au fonctionnement du parc éolien jouxtant son exploitation ? D'autant qu'il constate que le fourrage à l'ensilage apparaît brûlant à certains endroits et froid à d'autres. Il fait part de son interrogation au vétérinaire, appelé pour poser un diagnostic. Mais celui-ci a une autre lecture du problème. Très vite, il accuse Antoine de mauvais traitements (malgré son passé d'éleveur exemplaire) et prononce une saisie de son troupeau, empêchant non seulement Antoine de poursuivre son activité, mais également de se défendre et de montrer sa bonne foi. Cette issue à charge de l'éleveur renvoie à des situations dénoncées par plusieurs éleveurs dont certain se sont confiés à Sioux Berger. Ce récit convoque cette fois les enjeux sanitaires en lien avec l'exploitation des éoliennes à proximité de zones d'élevage, lesquelles sont entourées de nombreuses incertitudes.

Au final, seul le maire semble avoir tiré profit de la situation. Bien qu'il n'ait pas été réélu, il a pu accéder à de nouvelles fonctions au conseil régional où il siège désormais fort de sa réputation de « fervent défenseur de l'environnement » et « d'infatigable défenseur des énergies renouvelables ».

Pour renforcer la dimension réaliste de l'histoire d'Antoine, celle-ci est prolongée dans les pages qui suivent par une série de témoignages – sous forme de bulles de parole – d'autres éleveurs évoquant des difficultés analogues, tant sur le plan sanitaire que juridique. Dans ce récit, le personnage de Sioux Berger est absent, mais il ne fait aucun doute pour le lecteur qu'elle a mené l'enquête. Elle est perceptible de manière implicite à travers ces témoignages ainsi que par la perspective engagée et subjective qu'elle apporte. Elle cherche ainsi à témoigner de la situation problématique dans laquelle plusieurs éleveurs lui ont confié s'être retrouvés. Bien qu'elle ne remette pas directement en cause les éoliennes, elle prend ouvertement le parti d'Antoine (et, par-là, de tous les éleveurs qui se déclarent impactés).

Ce qui est pointé ici, ce sont les « courants vagabonds » générés par les éoliennes et l'« effet guirlande » lié au regroupement des mises à la terre de toutes les éoliennes d'un même parc, présentés de façon didactique dans deux fiches synthèse qui complètent le récit. Au-delà, c'est la sensibilité des bovins aux courants induits et aux champs électromagnétiques ainsi créés qui est mise en avant, sachant qu'à ce jour aucune étude n'a pu apporter des éléments de preuve objectifs permettant d'étayer ou d'infirmier la mise en cause de ces infrastructures.

Conclusion

L'expression d'une controverse, en l'occurrence sociotechnique, se déploie dans *Le prix du vent* par le biais d'une multiplicité de voix et de perspectives. Chaque planche devient le lieu d'une confrontation où s'entremêlent les discours et les opinions contradictoires des différents acteurs. L'alternance de voix discordantes et perspectives multiples participe d'une volonté de rendre compte d'une réalité vécue par certains acteurs, tout en révélant l'engagement de l'auteur envers une cause précise. La bande dessinée offre à Sioux Berger un espace hybride, entre narration visuelle et écrite, où elle peut exprimer des tensions sociales, politiques, économiques et écologiques complexes.

Exploité en classe, un tel ouvrage, nous paraît pouvoir se prêter à la construction d'un jeu de rôle avec les élèves pour mettre en débat une controverse socioscientifique ou sociotechnique, couplé à un travail sur la notion de « point de vue » et sur l'argumentation.

Bibliographie

- Badouard R., Mabi C. (2015). « Controverses et débat public : nouvelles perspectives de recherche », *Hermès, La Revue*, 73, pp. 225-231.
- Bourdieu, S. (2012). Le reportage en bande dessinée dans la presse actuelle : Un autre regard sur le monde. *CONTEXTES. Revue de sociologie de la littérature*, 11, Article 11.
- Bruguière C., & Triquet É. (2012). « Des albums de fiction réaliste pour problématiser le monde vivant ». *Repères*, 45, 181-200).
- Le Foulgoc, A. (2009). La BD de reportage : le cas Davodeau. *Hermès, La Revue*, 54, 83-90.
- Saouter, C. (2012). « Guerre et BDreportage : entre dialogue et contemplation ». *L'expérience de la guerre, entre écriture et image*.

Communications scientifiques

Effets de l'introduction d'albums jeunesse dans un groupe de recherche collaborative sur l'enseignement de la masse

Camille Antoine (1)

(1) *Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université de Montpellier, Université Paul Valéry Montpellier 3*

Contexte et problématique de recherche

L'enseignement des grandeurs et de la mesure est crucial pour les élèves, pour mieux appréhender le monde qui les entoure, et complexe pour les professeur·es des écoles qui peinent à distinguer ces deux concepts et à identifier les enjeux didactiques associés (Munier & Passelaigue, 2012). Nos travaux de recherche ont identifié que certains albums jeunesse de « fiction réaliste » (Soudani et al., 2015) pouvaient présenter un potentiel didactique pour l'enseignement des grandeurs et notamment de la masse (Antoine & Modeste, 2022) en favorisant la mise en œuvre d'activités de comparaisons de grandeurs sans mesure tout en permettant l'acquisition des formes langagières complexes associées (Antoine & al., 2023).

Par ailleurs, les groupes de recherche collaborative, au sens de Bednarz et Barry (2010), sont reconnus comme porteurs de développement professionnel pour les participant·es. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que l'introduction d'albums dans un tel dispositif portant sur l'enseignement des grandeurs et de la mesure pourrait contribuer à l'enrichissement des connaissances didactiques et des pratiques des professeur·es des écoles engagé·es, donc, en ce sens, à leur développement professionnel.

Le groupe collaboratif¹ sur lequel porte notre recherche est constitué de trois chercheur·ses en didactique des sciences et de cinq enseignantes volontaires de la grande section (GS) au CE1. Il se réunit mensuellement pour travailler à l'élaboration d'une séquence portant sur la masse à partir de l'album *Un tout petit coup de main*

¹ Devenu le LÉA GALiM'Hérault en septembre 2023 grâce au soutien de l'Institut Français de l'Éducation.

(Antoine et al., à paraître). Dans cette communication, nous nous interrogeons sur les effets de l'introduction des albums jeunesse sur les enseignantes du groupe, à la fois sur leur engagement dans le projet et en termes de développement professionnel. Nos résultats s'appuient sur l'analyse systématique, avec Transana, des retranscriptions des réunions du groupe ainsi que des entretiens individuels conduits en début et en fin de chaque année de travail avec les enseignantes.

Le rôle de l'album jeunesse dans l'engagement des enseignantes et la constitution du collectif

Nous avons fait l'hypothèse que l'ancrage dans la littérature jeunesse pourrait constituer un levier motivationnel pour engager des enseignant-es dans un dispositif de recherche collaboratif portant sur un domaine scientifique parfois considéré par les enseignant-es comme le « parent pauvre » des mathématiques à l'école. Après la rencontre entre les chercheur-ses et les enseignantes, nous avons conduit des entretiens afin de déterminer les raisons pour lesquelles elles avaient choisi d'adhérer au projet. Ces entretiens nous permettent d'identifier quatre facteurs essentiels contribuant à leur engagement :

1. La volonté de se former sur un domaine mathématique qu'elles identifient comme source de difficultés dans leurs pratiques ;
2. L'articulation entre littérature de jeunesse et « grandeurs et mesures » : « S'il y a bien une discipline où j'ai aucune certitude, c'est les mathématiques. [...] En fait, c'est un peu le challenge, c'est-à-dire que quand j'ai vu la thématique, je me suis dit, bon, là, littérature de jeunesse, ça, je connais bien. Je maîtrise et j'ai pas de problème. [...] En fait, c'est le mot grandeur, moi, qui m'a interpellée. » (PE2, entretien n°1) ;
3. La dimension collective et le travail sur le temps long ;
4. La possibilité de tester et d'ajuster, en fonction des expérimentations conduites dans les classes.

Par ailleurs, dans le contexte de constitution du collectif, l'album apparaît comme un « objet fédérateur » (PE4, entretien n°2). Malgré leurs différences de contextes d'enseignement, de pratiques ordinaires et de niveaux, les enseignantes se retrouvent autour d'un même support pour élaborer une trame de séquence commune :

PE2 (entretien n°2) : « Ce qui est difficile, [...] c'est qu'on ne se connaît pas, on n'a pas le même public, on n'a pas les niveaux. Ça fait beaucoup

de différences. [...] Et le fait d'avoir cet album, ça nous renvoie à chaque fois à : voilà, mais n'oublions pas la chose commune, c'est ça. C'est l'album, on part de ça et on gravite autour de cet album-là. »

En ce sens, l'album facilite également l'identification et l'adhésion à une problématique de recherche partagée entre enseignantes et chercheur·ses, centrée sur son usage en classe pour enseigner les grandeurs et la mesure.

Un changement de regard sur l'album

L'analyse des transcriptions des réunions du groupe et des enregistrements des séances de classe montre que la posture des enseignantes vis-à-vis de l'album évolue sur deux aspects : d'un côté, leur regard sur l'objet « littéraire » que constitue l'album devient plus « scientifique² » à mesure qu'elles élaborent la séquence et, d'un autre côté, leurs pratiques de lecture en classe s'enrichissent.

Pendant la co-construction de la séquence

Lors de la première réunion de travail du groupe, les chercheur·ses proposent trois albums jeunesse dont l'intrigue repose sur la masse : *Bascule*³, *Plouf !*⁴ et *Un tout petit coup de main*⁵. Pour choisir l'album à utiliser en classe, les enseignantes considèrent à la fois les aspects littéraires des albums présentés, en s'appuyant sur leurs connaissances professionnelles, et leurs aspects scientifiques didactiques relatifs à la grandeur masse. Le groupe envisage une mise en réseau des albums, une pratique relativement usuelle à l'école primaire, afin de graduer la difficulté avec chaque nouvel album. Le choix de l'ordre de leur introduction en classe repose sur les deux niveaux, littéraire et scientifique. D'un côté, *Bascule* est identifié comme le plus difficile d'un point de vue littéraire (complexité des images et de leur mise en page) comme scientifique (l'explication du fonctionnement du dispositif technique, assimilable à une balance romaine, repose sur le théorème des moments). D'un autre côté, *Un tout petit coup de main* apparaît comme l'album illustrant le mieux le fonctionnement d'une balance et le concept de masse, puisque le dispositif en jeu peut

² Ici, le terme « littéraire » désigne un regard portant sur les aspects littéraires de l'album et des considérations sur l'enseignement de la littérature, tandis que « scientifique » désigne un regard portant sur les contenus mathématiques présents dans l'album et des considérations sur l'enseignement de la masse.

³ *Bascule*, Y. Kimura et K. Hata, Didier Jeunesse, 2005

⁴ *Plouf !*, P. Corentin, École des loisirs, 1992

⁵ *Un tout petit coup de main*, A. Tomper et L. Munsinger, École des loisirs, 1997

s'assimiler à une balance de Roberval, même s'il leur semble moins « intéressant » d'un point de vue littéraire.

Lors de la réunion suivante, la découverte⁶ de l'album *Un éléphant sur la balançoire* déplace l'enjeu des discussions. Puisque cet album a une intrigue et une structure similaires à celle d'*Un tout petit coup de main* (deux récits « en randonnée »), les échanges portent davantage sur leurs contenus scientifiques, avec un regard didactique. Sont ainsi discutés, par exemple, la place de l'équilibre dans les deux intrigues, l'influence du texte dans la verbalisation des comparaisons chez les élèves ou le classement de masses induit par l'ordre d'arrivée des animaux sur les deux bascules⁷. *Un tout petit coup de main* est finalement retenu pour débiter la séquence mais le groupe envisage de la poursuivre avec *Un éléphant sur la balançoire*, notamment pour introduire la notion d'équilibre et pour réinvestir les acquisitions des élèves sur le plan langagier.

Avec les premières expérimentations en classe, la multiplicité des activités possibles à partir d'*Un tout petit coup de main* amène le groupe à concevoir de nouvelles séances basées sur cet album. Puis, pour stabiliser et décontextualiser les apprentissages des élèves, le collectif choisit de se détacher complètement de l'objet album, abandonnant l'idée initiale de mise en réseau. Ainsi, si d'un point de vue littéraire, *Un tout petit coup de main* apparaissait relativement pauvre aux enseignantes, la co-construction de la séquence et son expérimentation les conduisent à reconnaître son fort potentiel didactique pour l'enseignement de la masse :

PE3 (réunion n°6) : « Moi je pensais pas que ce petit album allait susciter autant de questionnements. [...] Quand on a démarré les réunions, [...] je me disais « je vois pas trop comment on va faire tout ça » et en fait c'est génial. »

En classe, une problématisation de l'album

L'usage des albums jeunesse est relativement commun dans les classes de primaire, et plus particulièrement en maternelle. Nous considérons donc que le recours à la littérature jeunesse permet de se placer dans la Zone Proximale de Développement Professionnel (ZPDP) des enseignantes (Rogalski & Robert, 2015). Même si la séquence peut s'éloigner de leurs pratiques sur l'enseignement des grandeurs et de la

⁶ Il n'avait pas été identifié a priori par les chercheur·ses mais a été repéré entre ces deux réunions.

⁷ Le groupe identifie notamment que les masses des animaux ne sont ni croissantes ni décroissantes.

mesure, les enseignantes peuvent *a minima* s'appuyer sur leurs pratiques usuelles concernant la littérature jeunesse.

De fait, elles suivent d'ordinaire la méthode Narramus préconisant de travailler sur le vocabulaire de l'album en amont de la première lecture et de s'appuyer sur des supports multimédias variés (Roux-Baron et al., 2017). Elles choisissent de proposer une première séance sur le vocabulaire pendant laquelle elles diffusent un diaporama avec des illustrations tirées d'*Un tout petit coup de main* et des images « réelles ».

Bien qu'elles aient peu pour habitude d'enseigner les mathématiques à partir d'albums jeunesse⁸, la nécessité de modéliser l'album s'impose aux enseignantes dès le début du travail sur la séquence. Le groupe choisit donc de proposer une lecture problématisée en classe : les élèves sont invités à anticiper la suite du récit à l'arrivée de chaque animal puis à émettre des hypothèses, qu'ils pourront tester grâce au matériel disponible, construit pour l'expérimentation. L'accent est porté notamment sur le dénouement qui suscite beaucoup d'interrogations chez les élèves.

Lors de la deuxième année d'expérimentation, les enseignantes perçoivent que l'engagement des élèves est moins fort que l'année précédente. En particulier, elles remarquent qu'ils expérimentent peu et se contentent surtout de reproduire l'histoire. Afin d'identifier l'origine de ce décalage, le groupe s'interroge sur la manière dont elles ont introduit le matériel et décide de visionner, pour les deux années, la séance d'introduction de la bascule. Grâce à ce retour sur les pratiques, le groupe réalise l'importance de la problématisation lors de la modélisation :

PE4 (réunion n°17) : « Je pense que l'année dernière, j'avais dit [...] : on va vérifier si l'histoire est vraie. Que cette année, j'ai juste dit : on va rejouer l'histoire. [...] Je suis pas sûre de l'avoir dit sous forme de recherche quoi, [...] je pense que j'ai perdu de vue ce truc, je me suis dit allez, hop, on modélise ! »

Cette réunion, dans laquelle les enseignantes ont choisi de confronter leurs pratiques, a permis au groupe de pointer la nécessité de modéliser le récit en suscitant un questionnement sur le réel chez les élèves.

⁸ Trois d'entre elles utilisent parfois des albums pour « amener » ou faire du lien avec des notions du programme en sciences, une seule évoque l'usage d'albums pour travailler sur des problèmes en mathématiques.

Discussion : l'album, un levier pour leur développement professionnel didactique ?

L'introduction de l'album dans le dispositif de recherche collaborative a permis de fédérer les enseignantes et les chercheur·ses autour d'une problématique de recherche commune portant sur la construction d'une séquence d'enseignement de la masse à partir d'albums jeunesse.

Au fil des réunions de travail du groupe, le regard que les enseignantes portent sur les albums s'est transformé (d'un regard « littéraire » à un regard plus « scientifique ») ce qui leur permet d'exploiter le potentiel didactique d'*Un tout petit coup de main* pour proposer des activités porteuses en termes d'apprentissages sur la masse. Leurs pratiques de lecture d'albums se sont également modifiées, en fonction des objectifs visés. En développant de nouvelles connaissances sur la problématisation en classe, grâce à la confrontation avec leurs pratiques, les enseignantes parviennent à susciter un questionnement sur les liens entre fiction et réel riche pour les élèves.

Nos recherches actuelles montrent que ce ne sont pas les seuls effets suscités par l'introduction de l'album dans le dispositif. En effet, nos analyses des interactions au sein du groupe pendant les réunions semblent attester d'un réel développement professionnel didactique des enseignantes, relatif à l'enseignement de la masse, mais aussi à des enjeux d'enseignement plus transversaux comme le langage ou la schématisation (Antoine et al., 2024).

Bibliographie

- Antoine, C., & Modeste, S. (2022). Albums de littérature jeunesse et mathématiques. Quels potentiels pour l'enseignement et l'apprentissage des grandeurs et de la mesure ? *Telling Science, Drawing Science 3*, Angoulême, France. <https://tsds2021.sciencesconf.org/405116/document>
- Antoine, C., Modeste, S., & Munier, V. (2023). Utiliser des albums jeunesse pour l'enseignement des grandeurs et de la mesure : Une expérimentation en classe de CP avec l'album *La très grande princesse*. *Grand N*, 111, 41-68.
- Antoine, C., Munier, V., & Modeste, S. (2024). Développement professionnel d'enseignantes dans le cadre d'un dispositif collaboratif sur l'enseignement de la masse à partir d'albums jeunesse : place de la schématisation. *13^{èmes} rencontres scientifiques de l'ARDIST*, Montpellier, France.

-
- Antoine, C., Bentahila, Y., Edane, V., Jalabert, C., Justo, D., Michun, C., Modeste, S., & Munier, V. (à paraître) Besoin d'Un tout petit coup de main pour enseigner la masse ? Utilisation d'un album jeunesse aux cycles 1 et 2. *Telling Science, Drawing Science 4*, Angoulême, France.
- Bednarz, N., & Barry, S. (2010). Recherches collaboratives en enseignement des mathématiques comme soutien au développement professionnel des enseignants. In *La formation et le développement professionnel des enseignants en sciences, technologie et mathématiques* (Presses de l'Université d'Ottawa, p. 225-254).
- Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*, 38, 106-147. <https://doi.org/10.4000/trema.2840>
- Rogalski, J., & Robert, A. (2015). De l'analyse de l'activité de l'enseignant à la formation des formateurs Le cas de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire. In *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation*. De Boeck Supérieur.
- Roux-Baron, I., Cèbe, S., & Goigoux, R. (2017). Évaluation des premiers effets d'un enseignement fondé sur l'outil didactique Narramus à l'école maternelle. *Revue française de pédagogie*, 201, 83-104. <https://doi.org/10.4000/rfp.7284>
- Soudani, M., Héraud, J.-L., Soudani-Bani, O., & Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 135-160. <https://doi.org/10.4000/rdst.1013>

Processus en jeu à travers la mise en récit des élèves, vers la construction de savoirs scientifiques

Albine Courdent (1), Florence Dehestru (2)

(1) INSPE-Lille Hauts-de-France, Théodile-CIREL-ULR 4354, (2) Académie de Lille, Circonscription Douai-Cambrai ASH

Introduction

Les recherches en didactique s'ouvrent depuis quelques années sur l'usage du récit de fiction dans les apprentissages scientifiques. Un certain nombre d'auteurs montrent par exemple comment « les mondes de la fiction ont la capacité de fournir un cadre de référence pour questionner notre propre monde » (Soudani *et al.* 2015, p. 2), ou comment la mobilisation de l'imagination permet « d'interroger notre propre monde sur ce qu'il est ou n'est pas » (Derolez et Bécu-Robinaut 2022, p 71). Si le récit de fiction constitue un atout pour faire émerger le questionnement scientifique, il peut aussi se montrer doté d'une fonction structurante, ainsi que l'indique Reuter (2019) en poursuivant le raisonnement de Ricoeur. En effet, il permet d'organiser les événements dans le temps, de leur donner du sens. Il a la capacité de produire de la compréhension grâce à une reconfiguration des éléments entre eux, ce qui permet de « saisir ensemble, dans un seul acte mental des choses qui ne sont pas éprouvées ensemble, ou même capables de l'être, parce qu'elles sont séparées dans le temps, dans l'espace ou dans un point de vue logique » (Ricoeur 1983, p. 547). De cette manière, l'opération intellectuelle de configuration permet d'accéder à la compréhension, et est constitutive de la mise en intrigue. Cette dernière, pour Baroni (2007) est capable de générer une tension narrative qui associe les dimensions émotionnelle et cognitive des récits. Dans le même sens, Reuter, (2019) a pointé la fonction dynamisante du récit, quand celui-ci grâce à sa dimension implicative, permet d'engager l'élève dans le travail, quand il établit une relation entre cognition et affects. La construction de savoirs scientifiques associée à un récit nécessite un travail critique de problèmes scientifiques constitutifs de savoirs raisonnés (Orange Ravachol, 2017). Pour Lhoste et Peterfalvi (2012), le dépassement de récits de type chronique est possible grâce au débat scientifique qui permet une secondarisation telle

que le conçoivent Jaubert et Rebière (2002), comme une mise à distance émergeant de la confrontation critique de plusieurs récits chroniques et permettant d'objectiver, de reconfigurer les connaissances.

Ainsi, nous nous demandons comment une mise en récit menée par un groupe d'élèves peut stimuler des processus cognitifs potentiellement capables de favoriser la construction de savoirs. L'élaboration de l'intrigue, favorise-t-elle l'intégration de contenus scientifiques ? La contextualisation, inhérente à la conception de la fiction, peut-elle être dépassée pour atteindre des savoirs scientifiques décontextualisés ? En quoi des débats entre élèves peuvent-ils jouer un rôle dans l'objectivation des savoirs ? Nous proposons que, pour donner sens à leur récit, les élèves se saisissent d'éléments de savoirs et de démarches prélevés dans les situations d'enseignement antérieures, les reconfigurent et mènent des raisonnements scientifiques afin d'argumenter leurs choix narratifs.

Méthodologie

Nous cherchons à repérer, dans les discours des élèves lors de l'élaboration de leur récit de groupe, les traces du raisonnement scientifique et la sollicitation des éléments de savoirs dans l'alternance de phases liées à l'intrigue et à la mobilisation de problèmes scientifiques. Nous identifions également l'évolution des acquisitions scientifiques des élèves par une évaluation après leur mise en récit.

Dispositif interrogé : réalisation d'une fiction, de type récit policier, consécutive à une séquence de sciences

Dans le dispositif didactique interrogé pour notre étude de cas, l'enseignante d'une classe de 24 élèves de CM1 annonce, en amont de la séquence de sciences visant à faire construire le concept de fécondation, qu'ils auront à élaborer un récit policier comprenant des apports scientifiques pour apporter du réalisme à leur histoire. Lors de leur démarche d'investigation les élèves sont amenés à découvrir le mécanisme de fécondation à partir d'un compte-rendu d'expérience (Fig. 1) qu'ils analysent. Une synthèse écrite est réalisée dans le cahier (Fig. 2)

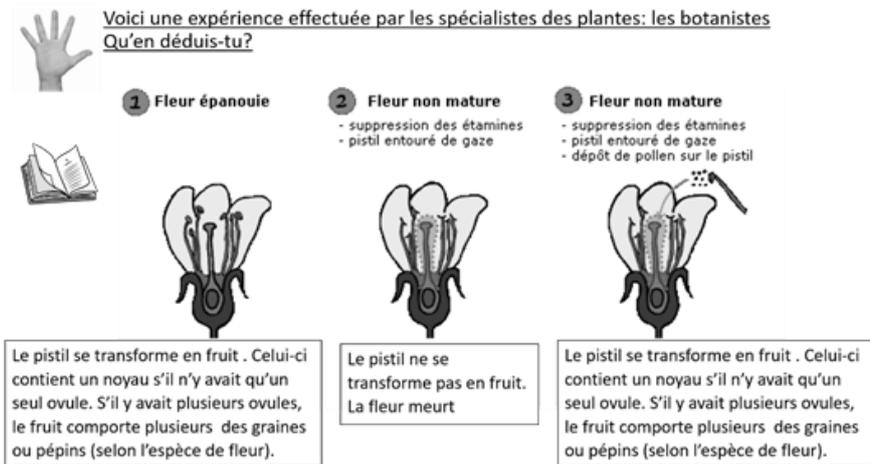


Figure 1 : Compte-rendu d'expériences de fécondation d'une fleur bisexuée

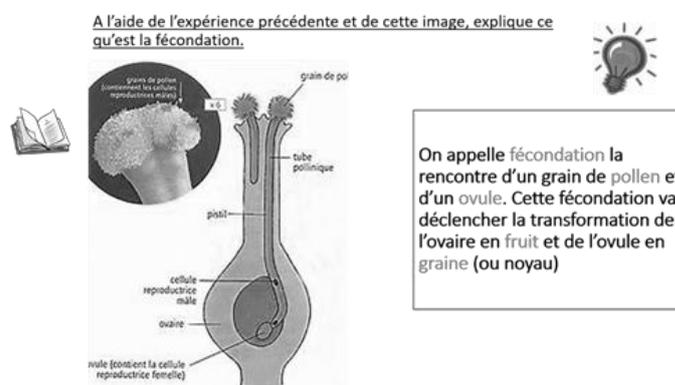


Figure 2 : Schéma et trace écrite du mécanisme de fécondation

Une séquence portant sur les composants d'un récit policier et la démarche d'enquête est menée en parallèle par l'enseignante. À l'issue de ces deux séquences, une évaluation est menée sur les savoirs scientifiques attendus. Un texte à trous, qui correspond à la modalité habituelle de la classe, est à compléter par les mots significatifs du concept de fécondation (Fig. 3).

Les **étamines** sont les organes reproducteurs mâles de la plante, elles portent les grains de **pollen**. Le pistil est l'organe reproducteur **femelle**. La base du **pistil** est l'ovaire qui contient des **ovules**. Avec la pollinisation, les grains de pollen descendent dans le pistil. Si un grain de pollen rencontre un ovule, il y a **fécondation** et formation d'une **graine**. Après la fécondation, la graine grossit et la paroi de l'ovaire s'épaissit : un nouveau **fruit** contenant des graines se forme. La reproduction des plantes à fleurs est une reproduction **sexuée**, car elle fait intervenir des cellules mâles et femelles.

Figure 3 : *Évaluation pré-récit sous forme de texte à tous (mots à compléter en gras)*

Puis, les élèves, par groupes de trois à quatre élèves, élaborent leur récit de fiction, lors d'un temps de travail que nous nommons « mise en récit ». Nous étudions les discussions orales entre les élèves au cours de ce moment afin d'y repérer ce qui serait susceptible de faire évoluer la compréhension du concept de fécondation.

Modalités d'analyse des processus en jeu et des impacts sur la construction de savoirs scientifiques

Au cours des débats visant la recherche de preuves dans la résolution de l'enquête, nous considérons, comme dans l'approche de Pallarès et al. (2020), à la fois la dimension monologique de l'argumentation qui permet à un élève de conduire son raisonnement mais aussi la dimension dialogale où les interlocuteurs peuvent adopter une argumentation persuasive, qui vise à emporter l'adhésion ou bien délibérative, c'est-à-dire coopérative avec le but d'explorer la question en jeu.

Les critères d'analyse permettant de mettre en évidence les conduites argumentatives et le raisonnement scientifique associé au traitement des problèmes reposent sur la recherche de connecteurs logiques, de conjonctions (si, comme, donc, alors ...), et du vocabulaire scientifique dans les discours des élèves lors de leurs débats. Les relations causales, parfois implicites, sont aussi recherchées sous des formulations d'élèves que le contexte permet de percevoir comme lien de cause à effet, (Bah, c'est que, ben ...)

Des enregistrements des moments de mise en récit sont réalisés puis transcrits. Les prises de paroles du professeur des écoles sont signalées par « PE », celles des élèves par trois lettres. Nous analysons ici les transcriptions de deux groupes significatifs de l'ensemble de la classe (cinq groupes en tout), pour lesquels nous disposons des données les plus complètes. Afin de repérer les processus à l'œuvre dans la construction de connaissances scientifiques et la sollicitation des éléments de savoirs issus du cours, nous recherchons en particulier les traces de mobilisation de raisonnements. Une structure par exemple recherchée est celle du raisonnement hypothético déductif du type :

Sachant que ... ; Si ... ; Alors ...

De plus, nous identifions l'acquisition des savoirs scientifiques, en particulier la compréhension du mécanisme de fécondation, à l'aide d'une évaluation post-mise en récit, comparée à l'évaluation pré-mise en récit. Cette évaluation post-mise en récit est constituée de deux questions qui permettent aux élèves d'expliquer avec leurs propres mots le fonctionnement biologique (Fig. 4)

- 1 : Écris un petit texte (accompagné d'un schéma si tu le souhaites) pour expliquer la fécondation d'une fleur.
 2 : Une fleur qui donne des graines a-t-elle été fécondée ?

Figure 4 : Questions de l'évaluation post-mise en récit

Résultats : raisonnement et construction de savoirs

Le concept de fécondation non clairement identifié avant la mise en récit

Pour pouvoir identifier si la mise en récit a pu favoriser la compréhension du mécanisme de fécondation, nous avons repéré les acquis concernant ce concept à la fin de la séquence de science, avant la mise en récit, grâce à une évaluation menée à l'aide du texte à trous. Les résultats de l'usage des mots liés à la fécondation, par les élèves des deux groupes concernés, sont rassemblés dans le tableau 1.

Mots	Ili (Gr A)	Ade (Gr A)	Mae (Gr B)	Mar (Gr B)	Kyl (Gr B)
Pollinisation			x		x
Fécondation	x				
Graine	x	x			
Fruit	x			x	

Tableau 1 : Usage des mots liés au concept de fécondation pour les élèves des groupes A et B (usage correct signalés avec X)

Nous pouvons constater que le concept de fécondation n'est formulé avec pertinence que pour un élève (Ili) qui utilise également correctement les mots fruits et graines. Pour chacun des autres élèves, un seul mot est utilisé de manière à exprimer correctement son sens : seuls les mots pollinisation pour Mae et Kyl, fruit pour Mar, graine pour Ade. Ainsi, la reconstitution du texte fait apparaître des ambiguïtés pour la plupart des élèves sur la compréhension des mécanismes. Nous décelons donc, à

l'issue de cette séquence d'enseignement, une difficulté portant sur la clarté des notions reliées au concept de fécondation et à son fonctionnement.

Notre attention se porte sur ce qui se produit lors du moment de la mise en récit par les groupes d'élèves, et qui serait susceptible de faire évoluer la compréhension du concept de fécondation

Des processus de conceptualisation au cours des discussions menées lors de la mise en récit

Nous questionnons, en appui sur la littérature qui interroge les raisonnements des élèves, ce qui se joue lors des débats destinés à élaborer leur intrigue.

Dans le groupe A, les élèves proposent que le pollen soit un indice. Leur débat fait évoluer le statut de cet indice de la simple tâche à un argument botanique en activant un raisonnement scientifique (Figure 5).

1	Ser	... Et comme c'était dans un champ de maïs et que le pollen c'est facile à tâcher et que ça colle aux doigts quand on en touche, il va le garder sur lui.
2	PE	Alors s'il a du pollen de maïs sur lui, comment on peut faire pour savoir si c'était vraiment du pollen de maïs ? D'après ce que vous avez appris ?
3	Ade	On fait une analyse avec un botaniste.
4	PE	C'est-à-dire ? Comment le botaniste comment il peut faire pour prouver que c'est le pollen de maïs ?
5	Ser	Il peut l'analyser
6	PE	Oui, comment vous avez fait à la séance d'avant ? Vous avez vu que le pollen il est capable de faire quelque chose dans la fleur ?
7	Ser	Ah, je sais plus ...
8	Ili	Il y a l'ovule et l'ovaire. Il va rencontrer l'ovule et ça va fabriquer les graines.
9	PE	Alors écrivez ce que vous pouvez faire pour l'enquête. Alors, quel indice on découvre ?
10	Ser	Le pollen.
11	Ili	On peut faire l'expérience d'un botaniste qui analyse tout. Alors l'enquêteur, il va faire une expérience où le pollen il va rencontrer les ovules dans la fleur. S'il met du pollen sur le pistil de maïs et que ça fait des graines de maïs et ben c'est que c'était bien du pollen de maïs

Figure 5 : Extrait de débat entre les élèves du groupe A

Un élève (Ili) explique comment réaliser une expérimentation de fécondation artificielle, en analogie au compte-rendu réalisé en classe, selon un raisonnement de botaniste. Ce raisonnement lui permet de mobiliser le fonctionnement de la fécondation, au service de l'investigation du récit.

Le raisonnement hypothético-déductif peut être identifié ainsi :

Sachant que lors de la fécondation, la rencontre pollen-ovule du pistil donne une graine,

si pollen testé + pistil de maïs donne une graine de maïs

(la fécondation se réalisant entre gamètes issus de la même espèce)

alors, le pollen testé est du pollen de maïs.

Les interventions de l'enseignant, permettent aux élèves d'approfondir leurs les pistes de raisonnement

Nous pouvons repérer (Figure 6) que la construction de l'intrigue permet la mobilisation du raisonnement et des contenus scientifiques au cours du cheminement de pensée de l'élève.

Énoncé d'un élément de l'intrigue (Ili)	Sollicitation et intégration de contenus scientifiques associés au fonctionnement de la fécondationpour répondre à un problème lié à l'intrigue
Alors l'enquêteur, il va faire une expérience où	... le pollen il va rencontrer les ovules dans la fleur. S'il met du pollen sur le pistil de maïs et que ça fait des graines de maïs et ben c'est que c'était bien du pollen de maïs.	La conclusion de l'expérimentation prouve la présence du suspect dans un champ de maïs.

Figure 6 : *Cheminement de pensée d'Ili*

Nous constatons qu'Ili, qui avait utilisé avec pertinence 3 mots sur 4 liées au concept de fécondation dans l'évaluation pré-récit, mobilise efficacement le concept dans le débat en expliquant comment l'expérience de fécondation artificielle peut se mettre au service de l'intrigue. Il énonce clairement ce concept lors de l'évaluation post-récit (Figure 7).

Question post mise en récit	Ili	Ade
Écris un petit texte pour expliquer la fécondation d'une fleur	La fécondation d'une fleur c'est quand le pollen rencontre l'ovule	C'est quand un grain de pollen touche l'ovaire de l'ovule
À ton avis, une fleur qui donne des graines a-t-elle été fécondée ?	oui	oui

Figure 7 : *Les acquisitions post mise en récit du groupe A*

L'élève Ade, quant à lui, qui n'avait pas pu reconstruire une phrase pertinente concernant la fécondation dans l'évaluation pré-récit, formule, après la mise en récit une explication de la fécondation. Il est à noter que cet élève a peu participé aux

échanges scientifiques dans le débat, pour autant, il a pu en tirer profit en accédant à la compréhension des mécanismes.

Dans le groupe B, les élèves utilisent un raisonnement analogique qui leur permet, dans l'intrigue, de localiser, voire d'identifier, le meurtrier, en comparant la nature des pollens retrouvés (Figure 8).

29	Mar	Le meurtrier, il avait mis ses doigts sur le pollen alors ça a fait des empreintes
30	Mae	Et on peut analyser le pollen, son ADN et sa forme, pour savoir si c'est le bon, celui du pollen des fleurs du champ
31	Mar	On va faire comme si c'était pas très loin d'un champ, comme ça il peut se cacher et le pollen il se colle.
		[.....]
48	PE	Alors qu'est-ce qu'on va analyser ?
49	Kyl	Le pollen qu'il a sur ses doigts, ils vont faire des tests pour connaître son ADN. Et pareil sur la victime. Et si c'est le même, c'est qu'ils étaient tous les deux au même endroit.

Figure 8 : Extraits de débat du groupe B montrant le raisonnement analogique

À un autre moment, les élèves du groupe B, mobilisent le raisonnement hypothético-déductif en appui sur l'expérience de fécondation artificielle, de manière plus implicite que dans le groupe précédent (Figure 9).

62	Kyl	On va faire comme si, au moment où il meurt, il tombe sur une fleur avec du pollen. Et le meurtrier avant de partir, il touche la fleur et il s'en met sur lui.
63	PE	Alors, comment on va savoir que c'est le pollen de la même fleur ? Vous avez appris des choses sur le pollen ...
64	Mae	Le pollen il va féconder l'ovule de la fleur. Et ça donne des graines.
65	PE	D'accord.
66	Mar	Donc on va pouvoir faire une fécondation avec le pollen, et si ça donne des graines, c'est que le pollen vient de la même fleur.

Figure 9 : Extrait de débat du groupe B montrant le raisonnement hypothético-déductif

Le raisonnement mobilise une décontextualisation, et peut être signifié ainsi :

Sachant que le pollen donne des graines grâce à la fécondation d'une fleur de même espèce,

Si le pollen déposé sur une fleur génère des graines,

Alors la fécondation est réussie et nous pouvons dire que pollen est issu de la même (espèce) de fleur.

S'est mise en place ici une reconfiguration des apports d'une démarche expérimentale mobilisant les mécanismes de fécondation et d'un savoir implicite (nécessité d'une rencontre intra-spécifique des gamètes) qui fonde le raisonnement.

On peut repérer dans ce débat, un cheminement de pensée du groupe, et non plus d'un élève isolé, qui alterne les phases scientifiques et celles liées à l'intrigue (Figure 10).

Énoncé d'éléments initiaux de l'énigme Kyl (62)	Problème scientifique fonctionnaliste Enseignante (63)	Sollicitation et intégration d'un élément de savoir issu du cours Mae (64)	Mobilisation d'un savoir scientifique implicite dans un raisonnement hypothético-déductif. Mar (66)	...pour répondre à un problème lié à l'énigme
... au moment où il meurt, il tombe sur une fleur avec du pollen. Et le meurtrier avant de partir, il touche la fleur et il s'en met sur lui.	Comment on va savoir que c'est le pollen de la même fleur ? Vous avez appris des choses sur le pollen ...	Le pollen il va féconder l'ovule de la fleur. Et ça donne des graines.	... donc on va pouvoir faire une fécondation avec le pollen, et si ça donne des graines, c'est que le pollen vient de la même fleur.	C'est un autre argument pour dire que victime et suspect étaient au même endroit.

Figure 10 : *Cheminement de pensée des élèves du groupe B*

Une évolution de la compréhension des mécanismes de fécondation à l'issue de la mise en récit a pu être mise en évidence (Figure 11).

Alors qu'ils n'avaient pas pu, avant la mise en récit, utiliser le mot fécondation dans une phrase qui donne sens au concept, les trois élèves Mar, Mae et Kyl réussissent, après avoir débattu ensemble de l'expérimentation au service de l'intrigue, à formuler une définition de la fécondation ou à valider la conséquence de la fécondation dans l'apparition de graines.

Question post mise en récit	Mae	Mar	Kyl
Ecris un petit texte pour expliquer la fécondation d'une fleur	Explication de la fécondation qui fait apparaître la rencontre des gamètes : <i>Le pollen rencontre l'ovule</i>	Identification de la relation entre le mécanisme de fécondation et la genèse d'une graine. <i>La fécondation de la fleur forme une graine</i>	Pas d'explication personnelle de la fécondation
Une fleur qui donne des graines a-t-elle été fécondée ?	<i>Oui, parce que quand les graines tombent, c'est qu'il y a eu fécondation.</i>	<i>Pour moi, les fleurs qui ont des graines ont été fécondées.</i>	<i>oui</i>

Figure 11 : Acquisitions repérées dans les évaluations post-récit

Conclusion

Nous avons précédemment montré que, lors des temps d'élaboration du récit, les élèves sont amenés à sélectionner des éléments jugés pertinents, à mettre en cohérence les savoirs antérieurement stabilisés et les connaissances nouvelles (Courdent, 2022). Nous mettons en évidence ici que les débats menés lors des mises en récit activent des raisonnements scientifiques qui bénéficient au groupe, via la nécessité de justifier les composants de l'intrigue. Nous pointons donc que faire produire aux élèves un récit intégrant des contenus scientifiques (savoirs et démarches) mis en scène, répond d'une manière appropriée à l'intention visée par l'enseignant : faire reconfigurer les connaissances par les élèves pour établir les savoirs et les raisonnements qui les ont produits.

Selon Astolfi, (1992) il est important que les élèves intègrent et articulent leurs connaissances de sujet pour construire ensemble leurs savoirs scientifiques portant sur un objet problématisé. Nous proposons donc, au regard de nos résultats, que cette mise en récit constitue à la fois, pour les élèves, le support conceptuel du chemin cognitif d'une construction de savoirs en acte et, pour l'enseignant, le support d'évaluation de l'appropriation des raisonnements. Nous soumettons alors un modèle de narration conceptualisante (Fig. 12) où la mise en récit permet aux élèves de vivre personnellement, confronter collectivement, justifier rationnellement la reconfiguration des éléments de savoir en savoirs qui prennent sens pour eux.

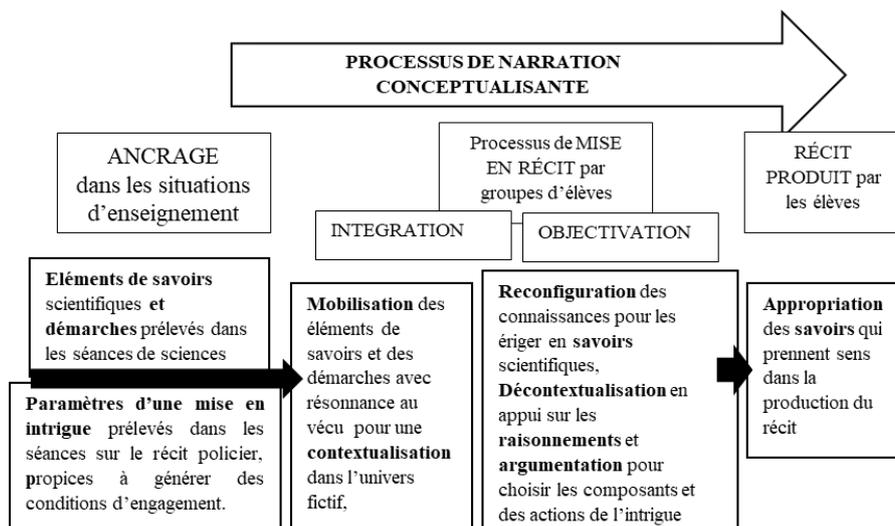


Figure 12 : *Modèle de narration conceptualisante*

Bibliographie

- Astolfi, J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.
- Baroni, R. (2007). *La tension narrative : suspense, curiosité et surprise*. Paris : le Seuil.
- Courdent, A. (2022). *En quoi la perspective d'une mise en récit et sa réalisation peuvent favoriser les apprentissages scientifiques ?* Colloque *Telling Science-Drawing Science* : Sciences en récit, Sciences en images, du 15 au 17 juin 2022, Angoulême, France.
- Derolez, S. & Bécu-Robinault, K. (2022). L'utilisation du récit de fiction dans la résolution de problème en physique au collège. Dans Albine Courdent (éd.). *Quand raconter permet d'apprendre. Le récit dans l'enseignement et la formation* (p 63-90). Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion.
- Jaubert, M. & Rebière, M. (2002). Parler et débattre pour apprendre : comment caractériser un « oral réflexif » ? Dans J.-C. Chabanne & D. Bucheton (éds), *Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire* (p. 163-186). Paris: Presses Universitaires de France.

-
- Lhoste, Y. & Peterfalvi, B. (2012). How to help Pupils to build up Scientific Problems in Biology Lessons. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (éds.), *Science Learning and Citizenship* (Part 3, p. 170-178). Lyon : European Science Education Research Association.
- Orange Ravachol, D. (2017). Récits des élèves et récits scientifiques dans les sciences de la nature. *Cahiers de la narratologie*, (32), [en ligne]. <https://journals.openedition.org/narratologie/7838>.
- Pallarès, G, Bächtold, M. & Munier, V. (2020). Des débats numériques pour développer les compétences argumentatives des élèves sur des questions socio-scientifiques ? *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 22, 256-301.
- Reuter, Y. (2019). Des récits et des élèves. *Pratiques : le récit en question*, (181-182), [en ligne]. <http://journals.openedition.org/pratiques/5971>.
- Ricoeur, P. (1983). *Temps et récit I. L'intrigue et le récit historique*. Paris : Seuil.
- Soudani, M., Heraud J.-L., Soudani-Bani, O., & Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction-réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, 135-159.

Évaluation de l'impact d'une bande dessinée numérique en classe de sciences : le cas de l'énergie

Agathe Chirier (1), Cécile de Hosson (1)

(1) Laboratoire de didactique André Revuz (EA 4434), Université Paris Cité

Introduction

Ce travail de recherche s'inscrit dans le programme européen ERASMUS+ ECOSCOMICS, qui vise à développer une série de bandes dessinées numériques pour une utilisation en classe de science, *Les Grandiloquents* (Bordenave 2016 ; Maron 2019). Elle présente quatre adolescents membres d'une troupe de théâtre qui sont amenés à mettre en scène des concepts scientifiques *via* l'approche historique de leur découverte. L'épisode sur l'énergie, objet de notre étude, voit les Grandiloquents chargés par leur professeur de théâtre de rédiger, en vers, une pièce mettant en scène une machine à mouvement perpétuel qu'ils auront imaginée.

L'épisode à l'étude consiste à l'heure actuelle en un story-board de bande dessinée, dont l'analyse de la mise en œuvre en classe aura pour objectif d'en développer la version définitive.

L'ingénierie didactique : cadre théorique

L'ingénierie didactique repose sur le principe de formulation et de mise à l'épreuve d'hypothèses pédagogiques. Elle nécessite une analyse *a priori* de la séance à implémenter, permettant la formulation d'hypothèses sur les obstacles et leviers potentiels d'apprentissage (Artigue 1988 ; Artigue 2002). Ce cadre théorique justifie l'ensemble de notre démarche, de la conception à l'évaluation de l'impact de la bande dessinée numérique.

L'enseignement de l'énergie : plusieurs obstacles

L'apprentissage de l'énergie en sciences physiques au secondaire se heurte à de nombreuses difficultés, que l'on peut rassembler en deux catégories (Bächtold 2014 ;

Goldring et Osborne 1994 ; Lawrence 2007). D'une part, la polysémie du terme « énergie » génère des confusions entre des concepts distincts tels que les formes d'énergie, les sources d'énergie ou encore les modes de transfert d'énergie. À cela s'ajoutent les écarts conceptuels et de définition en fonction de la discipline et du cadre d'étude : le terme « énergie » n'a pas la même signification selon que l'on se place en sciences physiques, en biologie ou en géographie. Un cours de physique mettra l'accent sur des notions rigoureusement théoriques, tandis qu'un cours de géographie insistera davantage sur les aspects socio-environnementaux liés à la consommation d'énergie. D'autre part, l'abstraction du concept pose problème : invisible, intangible, insaisissable par excellence, l'énergie échappe au sens commun et est souvent confondue avec d'autres grandeurs physiques, telles que la force et la puissance. Dans l'impossibilité d'en effectuer une mesure directe, il nous est nécessaire de recourir à des méthodes alternatives pour en évaluer la valeur (Bächtold 2014). Une idée reçue courante est que l'énergie se « consomme » ou se « perd », en contradiction avec le premier principe de la thermodynamique qui stipule que la quantité d'énergie totale d'un système isolé se conserve au cours du temps. Qui plus est, ce principe est très souvent confondu avec la conservation de l'énergie mécanique, un phénomène spécifique qui se produit uniquement en l'absence de forces de frottements.

Stratégie didactique et objectifs de l'expérimentation

L'épisode aborde le concept d'énergie sous un angle à la fois théorique et socio-environnemental, en s'appuyant sur les avantages d'une approche plurididactique (de Hosson et Valentin 2013 ; Morge et Buty 2014). L'expérimentation vise à observer l'évolution de la compréhension de l'énergie après l'étude de la bande dessinée et à améliorer le story-board pour la version finale de l'épisode.

Analyse *a priori* de la séance

Avant l'implémentation, une analyse *a priori* a permis de formuler les hypothèses suivantes :

- La bande dessinée améliorera la compréhension des élèves sur les distinctions entre formes, sources et transferts d'énergie.
- La bande dessinée facilitera l'assimilation du principe de conservation et apportera une clarification sur certains termes couramment employés pour parler de l'énergie (« pertes », « production », « consommation »).

-
- Les élèves seront en mesure d'établir l'équivalence entre plusieurs situations physiques (e.g. mécanique, thermodynamique, électromagnétisme...) grâce au principe d'invariance.
 - L'approche narrative et visuelle réduira les confusions liées à l'abstraction du concept d'énergie.

À titre d'exemple, les planches présentées en Figure 1 font l'objet d'une hypothèse spécifique portant sur la compréhension de l'influence de la masse et la hauteur d'un corps sur son énergie mécanique, et participe ainsi des hypothèses globales que nous avons formulées sur le principe de conservation et celui d'équivalence.

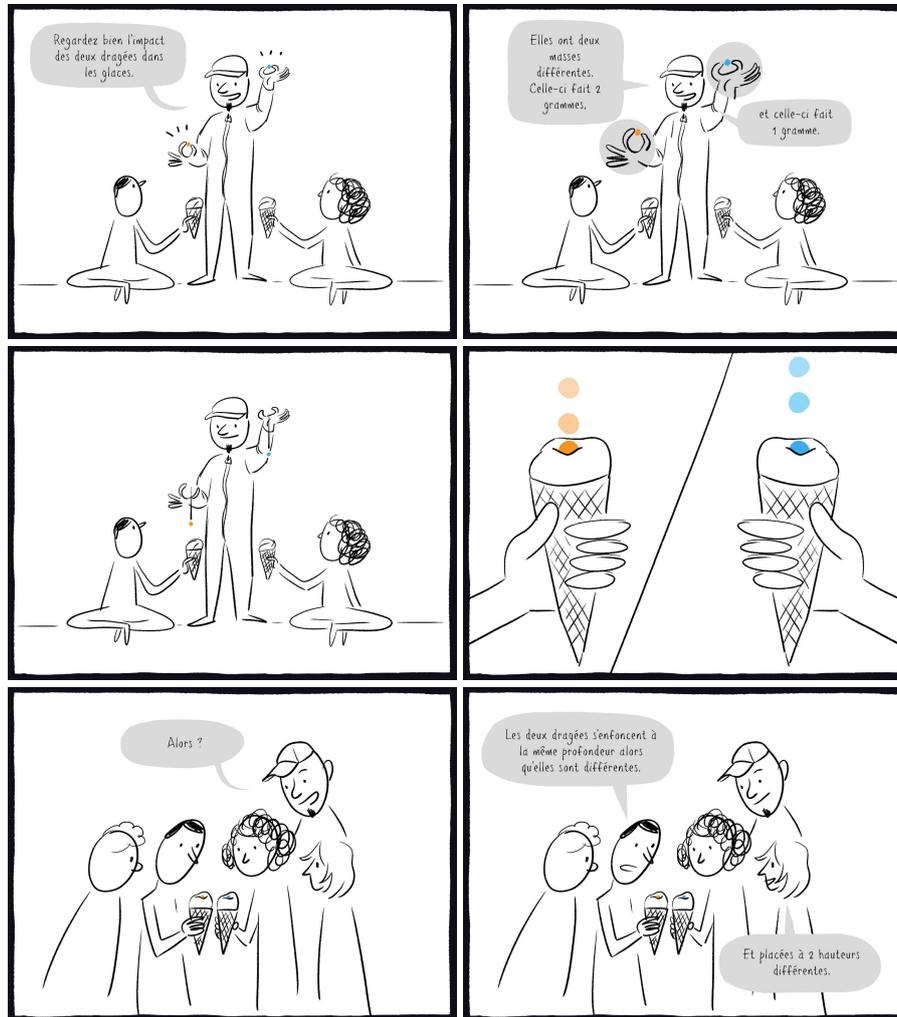


Figure 1 : Extrait du story-board (planches 19 à 24)

Méthode de recueil et d'analyse des données

L'expérimentation a été réalisée au sein de trois classes de troisième du collège Antoine de Saint-Exupéry à Vincennes, et organisée comme suit :

-
- Pré-séance (15 à 20 minutes) : Administration d'un questionnaire sur les pratiques de lecture de bandes dessinées et la compréhension de la notion d'énergie, ciblant les difficultés identifiées.
 - Lecture individuelle : Lecture autonome de la bande dessinée numérique via un lien envoyé par mail.
 - Séance en classe (30 à 45 minutes, la semaine suivante) : Étude de la bande dessinée en groupes de quatre sur ordinateur et réponse à des questions sur un document de travail. Pour chaque groupe, un enregistrement audiovisuel de la séance est prélevé.
 - Post-séance (15 minutes, la semaine suivante) : Remplissage d'un questionnaire identique à celui de la pré-séance pour évaluer l'évolution de la compréhension, et réponse à une enquête de satisfaction.

Résultats et discussion

Les questionnaires ont été soumis à une étude statistique, et les enregistrements vidéo analysés et retranscrits pour examiner les interactions des élèves entre eux et avec le story-board afin d'inférer ce qui a été compris ou non. Cette analyse *post-hoc* permettra de valider ou d'infirmer nos hypothèses initiales.

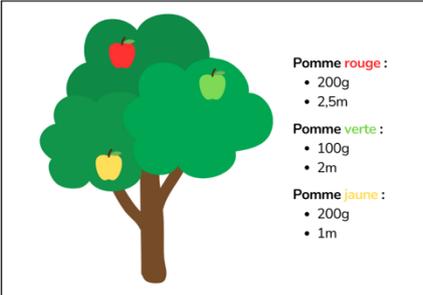
Évaluation de l'impact de la bande dessinée sur les apprentissages

L'analyse des résultats des questionnaires à choix multiples administrés avant et après l'étude de la BD de vulgarisation révèle une faible évolution des réponses des élèves, avec un écart généralement limité à 5%, que ce soit à la hausse ou à la baisse, selon les questions. Une question, toutefois, a vu ses réponses évoluer de manière significative entre les deux moments de mesure : il s'agit de la question 2.a) (Figure 2). Les résultats du test de comparaison de χ^2 de McNemar indiquent une évolution significative des réponses R3 (bonne réponse), avec une p-value résultante de 0.035, inférieure au seuil de significativité conventionnel de 0.05, sous l'hypothèse nulle. L'étude de la bande dessinée a donc eu un impact notable sur la compréhension des élèves, la situation décrite dans la question 2.a) pouvant s'apparenter à l'exemple des billes tombant dans la glace que l'on retrouve dans la BD (voir Figure 1).

Question 2 : Un pommier a produit trois belles pommes : une jaune, une verte et une rouge. Les trois pommes sont identiques en taille et en forme mais leur masse est différente. Elles sont suspendues à des hauteurs différentes sur le pommier. On s'intéresse à la profondeur du fossé que créera chaque pomme en tombant de l'arbre et en s'écrasant par terre. Il n'y a pas de vent et les pommes ne rencontrent aucun obstacle lors de leur chute, à l'exception du sol. À quoi doit-on s'attendre ?

2.a) Comparaison des fossés créés par les pommes jaune et verte :

R1- La pomme jaune créera un fossé plus profond que la pomme verte.
R2- La pomme jaune créera un fossé moins profond que la pomme verte.
R3- Les deux pommes créeront des fossés de même profondeur. (BR)
R4- On ne peut pas le savoir à l'avance.
R5- Je ne sais pas.



Pomme rouge :	• 200g
	• 2,5m
Pomme verte :	• 100g
	• 2m
Pomme jaune :	• 200g
	• 1m

Figure 2 : Extrait du questionnaire administré aux élèves avant et après l'étude de la bande dessinée (BR : bonne réponse)

Les questions à réponses ouvertes du document de travail ont elles aussi permis d'obtenir de précieuses informations sur l'évolution de la pensée des élèves *via* l'épisode de bande dessinée.

Tout d'abord, plusieurs difficultés semblent persister concernant la distinction entre les notions de forme, source et mode de transfert d'énergie. Un groupe d'élèves écrit notamment : « [L'énergie] passe d'une source à une autre en se transformant. ». Un autre, qui écrit : « Il faudrait réduire considérablement la consommation globale d'énergie, en particulier celle produite par les déchets. », semble confondre les notions d'énergie dissipée et de source d'énergie. On notera toutefois que, malgré l'emploi récurrent des expressions « énergie fossile » et « énergie renouvelable », que l'on peut attribuer aux habitudes de langage, un grand nombre d'élèves parvient à identifier ces dernières comme étant des sources d'énergie, et non des formes d'énergie.

Par ailleurs, le principe de conservation de l'énergie semble avoir été assimilé par une grande partie des élèves, dont la plupart reprennent la citation apocryphe d'Antoine Laurent de Lavoisier sur la conservation des masses lors du changement d'état de la matière : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». À la question « Est-il rigoureux de parler de "pertes" ou de "dissipation" d'énergie ? », un groupe répond : « Parler de "pertes" et de "dissipation" désigne la transformation d'une énergie en une autre non utilisable. », et plusieurs groupes parviennent d'ailleurs à identifier l'énergie dissipée en question comme étant de l'énergie thermique. Lorsqu'il est demandé de

justifier l'impossibilité d'un mouvement perpétuel, certains élèves expliquent : « À cause des frottements, dans une chaîne d'énergie, il y aura toujours des “pertes” d'énergie successives. » On notera la reprise des guillemets qui semble indiquer que les élèves ont correctement appréhendé l'ambiguïté du vocabulaire et l'utilisent désormais avec précaution.

Enfin, il est crucial de souligner que même lorsque les élèves fournissent des réponses correctes, ils éprouvent des difficultés à sortir du cadre spécifique de la bande dessinée et de ses exemples. Un certain nombre d'entre eux se contente de paraphraser ou de fournir des réponses circonstanciées. Ces réponses, bien qu'exactes, restent très dépendantes du contexte étudié et ne permettent pas de déterminer si les élèves sont capables de généraliser les concepts à d'autres situations.

Retour d'expérience des élèves et de l'enseignant

Les retours d'expérience des élèves et de l'enseignant sur l'utilisation de la BD en classe sont variés et apportent des éclairages précieux sur l'usage de cet outil pédagogique. Une première observation commune concerne la durée de travail. Les séances de travail ont duré de 30 à 45 minutes, si l'on exclut le temps consacré à l'installation et à la prise en main des outils informatiques. L'enseignant a jugé cette durée généralement suffisante. Du côté des élèves, les avis sont plus mitigés. Certains ont estimé que la séance était trop courte pour terminer toutes les tâches, ce qui se reflète dans le fait que plusieurs groupes n'ont pas répondu à l'intégralité du document de travail. De plus, deux remarques récurrentes parmi les élèves concernent la complexité et la longueur de la BD. Plusieurs élèves ont mentionné avoir trouvé la BD trop dense et difficile à comprendre dans le temps imparti, les multiples notions abordées n'étant selon eux pas suffisamment approfondies.

Ils ont cependant salué l'initiative et l'introduction de cet outil pédagogique. En particulier, les élèves ont apprécié l'aspect visuel qui leur permettait de rendre concrets, par le dessin, des concepts réputés pour leur abstraction : « Les images m'ont aidée à comprendre. J'aime apprendre comme ça. Merci ! », écrit une élève dans l'enquête de satisfaction.

L'aspect narratif, également, semble avoir stimulé l'intérêt des collégiens : « La chose qui me motive le plus à apprendre de nouvelles choses sur un sujet est quand l'histoire est intéressante et les personnages sont approfondis et passionnés à propos d'un sujet. » Certains avis, plus mesurés, font mention d'une histoire « un peu confuse » mais tout de même intéressante : « Je n'ai pas beaucoup aimé le découpage des cases, c'est pas très clair dans certains cas mais sinon c'est bien. »

Conclusion et perspectives

Cette ressource pédagogique s'est révélée être un puissant catalyseur de questionnements : sa longueur et la densité des concepts abordés la rendent difficilement exploitable en une heure et de manière autonome pour des élèves de niveau troisième.

La bande dessinée est actuellement à l'état de story-board : nous nous appuyons sur l'analyse des résultats ainsi que sur les retours des élèves et de l'enseignant pour en développer la version définitive.

Une utilisation optimale, comme le suggérait l'enseignant de physique-chimie ayant participé à l'expérimentation, pourrait consister à s'en servir comme support pour aborder les divers chapitres relatifs à l'énergie.

Bibliographie

- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Artigue M. (2002). Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 8(1), 59-72.
- Bächtold, M., Munier, V., Guedj, M., Lerouge, A. & Ranquet, A. (2014). Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée ? Une analyse des programmes et des manuels. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 10, 63–91.
- Bordenave, L., Crépin-Obert, P., & Pelé, M. (2016). Conception et analyse didactique d'une bande dessinée numérique sur l'histoire des sciences pour le collège : Les Grandiloquents.
- De Hosson, C., & Valentin, L. (2013). Enseigner l'énergie à la fois comme concept scientifique et comme bien public. *L'énergie à découvert*, 302–303.
- Farinella, M. (2018). The potential of comics in science communication. *Journal of Science Communication*, 17.
- Goldring, H., & Osborne, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics Education*, 29.
- Guedj, M., & Mayrargue, A. (2014). Éclairages historiques sur l'émergence du concept d'énergie. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 10, 35–61.

-
- Lawrence, I. (2007). Teaching energy: thoughts from the SPT11–14 project. *Physics Education*, 42.
- Maron, V., Bordenave, L., & Govin, B. (2019). Co-construction et expérimentation d'une bande dessinée numérique pour la classe : Les Grandiloquents, épisode sur la gravitation. *Tréma*, 51.
- Morge, L., & Buty, C. (2014). L'énergie : vers des recherches plurididactiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 10, 9–34.
- Robert, P. (2015). Professeure Moustache contre les médias. *Comicalités* [En ligne], Varia, mis en ligne le 02 septembre 2015, consulté le 29 mars 2024.

Créer des compte-rendus d'expérience en bande dessinée en classe de sciences

Analyse didactique du projet COMPTREBANDES

**Cécile de Hosson (1), Laurence Bordenave (2), Sophie Canac (3),
Patricia Crépin-Obert (3) Nicolas Décamp (1), Corinne Fortin (3),
Sandra Javoy (4), Pascale Kummer Hannoun (5), Camille Roux
(6)**

(1) Université Paris Cité, Univ Paris Est Creteil, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-75013 Paris, France, (2) Association STIMULI, (3) Univ Paris Est Creteil, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-94010 Creteil, France, (4) Université Orléans, Université Paris Cité, Univ Paris Est Creteil, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-75013 Paris, France (5) Université Paris Cité et Sorbonne Université, EDA, F-75013 Paris, (6) ENCPB - Lycée Pierre-Gilles de Gennes, Paris 13

Introduction

L'activité expérimentale est un incontournable de l'enseignement des sciences. Elle s'accompagne souvent de la réalisation d'un compte-rendu dans lequel les élèves vont a minima décrire les expériences réalisées et présenter leurs résultats. Texte, dessins, schémas, calculs, graphiques, tableaux etc. sont les différents signes que les élèves peuvent utiliser pour rédiger leur compte-rendu dont la finalité pédagogique est double : faire entrer les élèves en écriture scientifique et leur permettre de clarifier leur pensée pour acquérir de nouveaux savoirs engagés dans et par l'activité expérimentale (Hand et al. 2001; Vérin, 1992). La bande dessinée forme un univers narrativo-visuel dont les caractéristiques et les potentialités nous paraissent assez bien s'accorder avec les attendus d'un compte-rendu expérimental. On peut y représenter la démarche suivie par les expérimentateur.trices, les transformations des systèmes à l'étude, le matériel utilisé, les données recueillies, etc. avec un parti-pris

narratif plus ou moins fictionnel, accompagnés de dessins plus ou moins proches de l'imagerie scientifique habituelle (schémas normés, tableaux, graphiques, etc.). Dans cette communication, nous analysons l'impact de la mise en œuvre d'un dispositif de création de comptes-rendus d'expérience – le dispositif COMPTREBANDES – où la bande dessinée s'invite en tant que support de restitution de l'activité expérimentale. Nous cherchons à dégager la "potentialité créative" de la bande dessinée pour la production de compte-rendu expérimental après une séance de travaux-pratiques en classe de SVT en seconde.

Cadres théoriques

Les écrits en sciences

L'activité d'écriture en classe de sciences serait un moteur de l'élaboration de la pensée et de l'activité scientifiques des élèves (Bautier et al. 2000; Kummer-Hannoun, 2020; Orange-Ravachol & Triquet, 2007). Le compte-rendu est une aide à la conceptualisation en sciences si le récit chronologique est complété des raisons et nécessités à l'origine des expériences et des hypothèses qui les fondent et à l'aune desquelles l'interprétation des observations devient possible. Mais les productions des élèves se distancient rarement de la simple "chronique" (Lhoste et al., 2011), c'est à dire une succession d'événements plutôt qu'un énoncé des causes explicatives.

La créativité

Étudiée essentiellement par la psychologie cognitive et plus récemment par les neurosciences du développement, la créativité peut être définie comme la "capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste" (Barbot et Lubart, 2012) à partir de deux capacités cognitives : la génération d'idées divergentes exploratoires et la génération d'idées convergentes intégratives. La "divergence" est une démarche d'extension du champ des possibles et la "convergence", une réduction de l'espace d'action par une mise sous contraintes contextuelles (Alberti, 2017, p.4).

Potentialités créatives d'un contexte d'écriture scientifique en bande dessinée

La fonction usuelle d'une bande dessinée est de restituer un récit dont la mise en relation d'une pluralité d'images solidaires (Groensteen, 1999), l'intelligibilité, est soutenue par une "grammaire" spécifique (Cohn, 2013) dans laquelle :

- les textes et images entretiennent une relation dialectique ;
- la succession temporelle des cases rend compte des états successifs d'un schéma narratif où toutes les actions ne sont pas nécessairement représentées.

Plusieurs recherches témoignent d'expériences d'élaboration, par des élèves, d'une planche ou d'une bande dessinée au sein même de la classe (Albrecht & Voelzke, 2012 ; Gonzalez-Espada, 2003 ; Lo Iacono & de Paula, 2011 ; Morrison et al., 2002; Wright & Sherman, 1999). Dans la plupart de ces travaux, la création de bandes dessinées apparaît comme un moyen efficace de susciter ou d'accroître la motivation des élèves pour les sciences. Dans le projet de recherche SARABANDES¹, des élèves chargés de créer une planche de BD à partir d'un discours savant prononcé par un.e doctorant.e en science (de Hosson et al., 2019) usent des nombreuses possibilités visuelles et narratives offertes par la BD pour créer des œuvres inventives, très différentes les unes des autres et souvent drôles. Le double jeu de contraintes encadrant la réalisation de ces planches (restituer un savoir scientifique d'une part, faire une BD qui ressemble à une BD d'autre part) semble ne pas avoir entravé leur capacité créative.

Questions de recherche

On attend donc des élèves, dans leur compte-rendu expérimental en bande dessinée (CRE-BD), qu'ils donnent à lire et à voir la démarche suivie, le matériel utilisé, les données recueillies, les résultats obtenus. On attend également qu'ils précisent les raisons de l'activité (pourquoi fait-on telle ou telle expérience ?) mais aussi qu'ils organisent leur discours de manière causale ("si j'obtiens/observe ceci, c'est parce que cela", "si je peux conclure ceci, c'est parce que cela", etc.) et qu'ils inscrivent cet ensemble au sein d'un espace narratif séquentiel où texte et images se répondent. Ainsi, si les possibilités d'action sont nombreuses (propice au développement de la pensée divergente), elles sont néanmoins contraintes à la fois par l'objectif

¹ Stimuler l'apprentissage et la recherche au sein d'atelier BD science : projet financé par le programme PICRI de la Région Ile de France (2014-2017).

scientifique de restitution et par les spécificités du support de cette restitution. Dans cette étude, nos questions sont les suivantes :

- quels éléments des savoirs visés par l'activité expérimentale les élèves vont-ils sélectionner ou mettre en relief en passant par la bande dessinée qu'ils ne feraient pas en passant par un compte rendu d'expérience « classique » (CRE) ? (QR1) ;
- dans quelle mesure le passage par le CRE-BD influence-t-il la qualité explicative du CRE ? (QR2).

Nous cherchons à valider l'hypothèse selon laquelle le passage par la bande dessinée permet aux élèves de produire des comptes-rendus d'expérience plus riches et plus complets que ceux qu'ils seraient susceptibles d'élaborer de manière plus classique.

Méthodologie

Le dispositif a été réalisé dans un lycée francilien en classe de seconde avec 30 élèves. Le cadre méthodologique inclut, sur une durée de trois semaines, une étude croisée où des binômes d'élèves créent à la fois un compte-rendu écrit (CRE) et un compte-rendu en bande dessinée (CRE-BD) dans des ordres différents (Tableau 1).

Semaine 1	Activité expérimentale - GROUPE 1 (1h30)
	Activité expérimentale - GROUPE 2 (1h30)
Élaboration du CRE (à la maison) - GROUPE 2 (binômes impairs)	
Semaine 2	Séance initiation BD - GROUPE 1 (1h30)
	Séance initiation BD - GROUPE 2 (1h30)
Semaine 3	Séance élaboration CRE-BD - Groupes 1 et 2 (3h)
Élaboration du CRE (à la maison) - GROUPE 1 (binômes pairs)	

Tableau 1 : organisation chronologique de la mise en œuvre du dispositif

L'objectif du TP réalisé en semaine 1, tel qu'il est mentionné dans la fiche est de montrer que les cellules hétérotrophes (levures) respirent à condition de pouvoir exploiter du glucose, par comparaison de l'évolution des taux de O₂ et CO₂ avec ou sans glucose. En semaine 2, un dessinateur professionnel anime une séance d'initiation aux rudiments de la bande dessinée pour équiper les élèves d'un certain nombre de possibles sémiotiques (type de personnages, dynamisme dans le dessin) susceptibles d'activer la pensée divergente exploratoire. En semaine 3, la consigne donnée aux élèves est « raconter ce que vous avez fait et ce que vous avez observé pendant le TP sur les levures ». Après conception d'un scénario et d'un story-board, ils élaborent leur CRE-BD en présence du dessinateur sur un format imposé d'une planche A3 découpée en neuf cases.

Les données qualitatives sont examinées selon deux axes : la richesse descriptive (précision des démarches, matériel, observations) et explicative (causes et effets observés). Nous récupérons et analysons l'ensemble des productions (13 CRE et 14 CRE-BD) selon une grille d'analyse (Tableau 2) incluant des critères comme la nature du récit, l'identité des personnages, le contexte du récit et l'humour pour évaluer la pensée divergente que permet la création d'une planche de BD, et l'exposition du problème, les relations causales, la représentation du matériel et des courbes pour la pensée convergente (dans les CRE et CRE-BD).

Éléments de divergence		CRE-BD (14)
Récit	Fiction	1
	Fiction réaliste ²	5
	Hybride	8
Récit	Autobiographie	8
Personnages	Réaliste	11
	Fictifs	3
Contexte / Lieu	La classe	13

² Présence d'évènements possibles mais qui ne se sont pas produits lors du TP

	Autre	1	
Éléments humoristiques	Oui	9	
	Non	5	
Éléments de convergence		CRE-BD (14)	CRE (13)
Énoncé / représentation du problème à résoudre	Oui	3	7
	Non	11	6
Présence de relations causales	Chaîne explicative complète ³	0	0
	Chaîne explicative partielle ⁴	2	6
	Aucune	12	7
Représentation du matériel	Oui	12	2
	Non	2	11
Représentation des courbes	Oui, correcte	4	3
	Oui, incorrecte	4	0
	Non	6	10

Tableau 2 : Grille d'analyse élaborée pour l'analyse des CRE-BD et des CRE

³ Relation explicite entre l'ajout de glucose, l'évolution des taux de O₂ et CO₂ dans l'enceinte contenant les levures et la respiration cellulaire

⁴ Mention d'une modification des taux de O₂ et CO₂ lors de l'ajout de glucose sans expliciter ce lien de cause à effet et/ou le relier à la respiration cellulaire

Analyse des données

Éléments d'expression de la pensée divergente exploratoire

Près de la moitié des CRE-BD donnent à voir des éléments fictionnels plus ou moins réalistes : un récit qui est lui-même une fiction (1 CR-BD), des éléments narratifs qui ne se sont pas produits (5 CRE-BD), des personnages de nature fictive (3 CRE-BD) avec un personnage « étoile » (Figure1) ou du matériel anthropomorphisés (Figure 2).



Figure 1 : Cases 1 et 2 du CRE-BD du binôme 13

L'humour est présent dans 9 planches sur 14, par exemple dans les cases 1 et 2 de la figure 2 où les élèves se moquent de leur enseignante. Les élèves jouent aussi avec les changements de plans, les onomatopées (case 9 Figure 2), les idéogrammes, autant de signes d'un double processus d'exploration et d'appropriation des possibles de la BD.

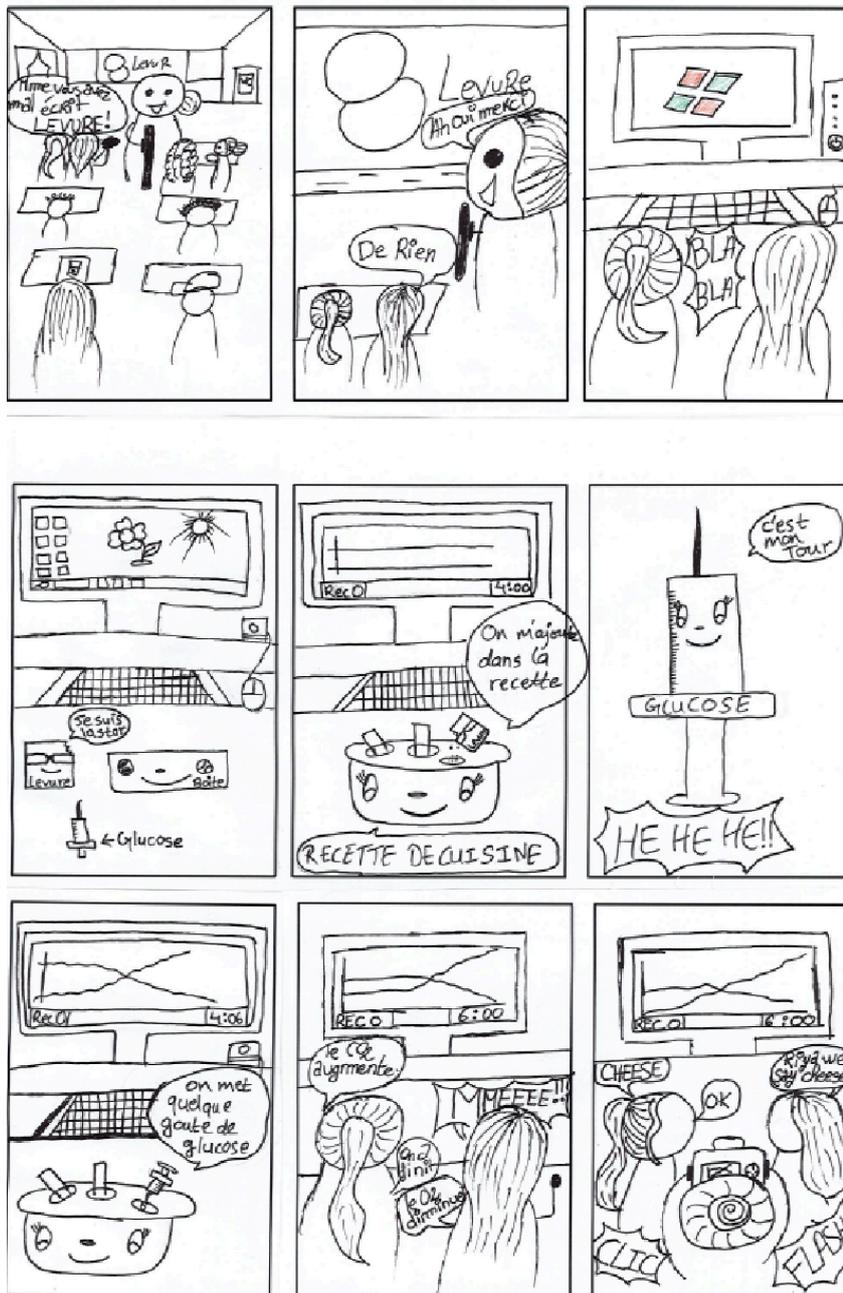


Figure 2 : CRE-BD du binôme 15

Éléments d'expression de la pensée convergente intégrative

La plupart des binômes font converger leurs choix graphiques et narratifs pour rendre compte d'un certain nombre d'observations et de gestes réalisés lors du TP. Les courbes sont présentes dans plus de la moitié des CRE-BD (figure 2), leur allure étant correcte dans un cas sur deux, et le matériel est montré quasi systématiquement. En revanche, les élèves mobilisent très peu le registre explicatif et ne mettent que très rarement les événements en relation causale les uns avec les autres (2 CRE-BD et 7 CRE sans lien avec le fait d'être élaboré avant ou après la BD). A l'inverse, les CRE sont faiblement porteurs d'éléments graphiques (dessins / schémas du matériel, courbes) mais contiennent davantage d'éléments d'explication. Globalement, ce sont plutôt des liens de nature chronologique qui sont repérables dans les productions CRE et CRE-BD des élèves.

Le croisement CRE-BD / CRE semble n'avoir eu d'incidence que sur la présence de la chaîne explicative plus nombreuse quand le CRE-BD est réalisé avant le CRE.

Discussion et perspectives

Dans la grande diversité des CRE-BD, nous relevons un enrichissement visuel de la restitution de l'activité expérimentale, mais peu de relations causales explicites. L'activité proposée, qui constitue un défi créatif en demandant de combiner de la narration graphique et du compte-rendu scientifique, s'avère difficile pour des élèves peu habitués à la bande-dessinée, mais aussi à la réalisation de CRE. De plus, l'activité expérimentale très structurée limite la créativité des élèves qui ont utilisé des phrases reprises des protocoles expérimentaux, montrant une faible appropriation des objectifs et des étapes. Pour faire mobiliser un registre explicatif chez les élèves dans les CRE et les CRE-BD, une présentation explicite des attendus d'un compte-rendu expérimental et une consigne pour la réalisation du CRE-BD plus fonctionnelle semblent nécessaires. L'accompagnement du dessinateur et de l'enseignant gagnerait à être plus focalisé sur le couplage intrigue-questionnement scientifique qui ne peut être laissé à la charge des élèves.

Bibliographie

Alberti, P. (2017). Créativité industrielle-Définition et méthodes d'accompagnement, *Techniques de l'Ingénieur*. 10 mai 2017 |Réf : ag2225 |DOI : 10.51257/a-v3-ag2225

-
- Albrecht, E., & Voelzke, M. R. (2012). Creating comics in physics lessons: an educational practice. *Journal of Science Education*, 2(13), 76-80.
- Bautier, É., Manesse, D., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (2000). Le cycle de vie du Cerisier: une narration «scientifique»? *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, 21(1), 143-164.
- Barbot, B., & Lubart, T. (2012). Adolescence, créativité et transformation de Soi. *Enfance*, 3(3), 299-3
- Cohn, N. (2013). *The Visual Language of Comics: Introduction to the Structure and Cognition of Sequential Images. A&C Black.*
- de Hosson, C. D., Bordenave, L., Daures, P. L., Décamp, N., Hache, C., Horoks, J., & Kermen, I. (2019). Quand l'élève devient auteur.e: analyse didactique d'ateliers BD-sciences. *Tréma* (51), 114-140
- Hand, B. M., Prain, V., & Yore, L. (2001). Sequential writing tasks' influence on science learning. *In Writing as a Learning Tool* (pp. 105-129). Dordrecht: Springer
- Gonzales-Espada, W. J. (2003). Integrating physical science and the graphic arts with scientifically accurate comic strips: rationale, description, and implementation. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 58-66.
- Groensteen, T. (1999). *Système de la bande dessinée. Presses Universitaires de France*, 206.
- Hand, B. M., Prain, V., & Yore, L. (2001). Sequential writing tasks' influence on science learning. *In Writing as a Learning Tool* (pp. 105-129). Dordrecht: Springer.
- Kummer Hannoun, P. (2020). Écrits intermédiaires et activités expérimentales : quels genres produits ? Une étude de cas, le mélange de liquides en CM2, in C. de Hosson, L. Bordenave, N. Décamp, P.L. Daures (Eds), *Actes de la 2e édition du international colloque Telling Science Drawing Science -TSDS#2*. IREM de Paris : Paris (France)
- Lhoste, Y., Boiron, V., Jaubert, M., Orange, C., & Rebière, M. (2011). Le récit: un outil pour prendre en compte le temps et l'espace et construire des savoirs en sciences ? *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (4), 57-82.
- Lo Iacono, G., & de Paula, A. (2011). A pilot project to encourage scientific debate in schools. Comics written and peer-reviewed by young learners. *Journal of Science Communication*, 10(3).
- Morrison, T. G., Bryan, G., & Chilcoat, G. W. (2002). Using Student-Generated Comic Books in the Classroom. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45 (8), 758-767

-
- Orange-Ravachol, D., Triquet, E. (2007). Introduction: Sciences et récits, des rapports problématiques. *Aster*, 44, 7-22.
- Vérin A. (1992). Raisonement et écriture à propos d'activités expérimentales au collège. *Aster*, 14, 103-125.
- Wright, G., & Sherman, R. (1999). Let's Create a Comic Strip. *Reading improvement*, 36(2), 66-72.

Représenter une grandeur qui ne se voit pas : appréhender la grandeur masse grâce au codage d'album de fiction-réaliste

Anne-Amandine Decroix (1), Marianne Moulin (2)

(1) LDAR, ULille, (2), LML, ULille,

Introduction

La grandeur masse se distingue des autres grandeurs enseignées à l'école primaire par le fait qu'elle ne se voit pas directement. S'il est possible d'évaluer assez précisément la taille d'un objet sans instrument de mesure, il est impossible d'estimer sa masse sans le (sou)peser. Même en ayant en tête des valeurs de référence, rien n'assure que l'objet considéré n'est pas creux ou rempli d'un métal lourd. Par exemple (Figure 1), il n'est pas possible d'affirmer que la boule n°2 est plus lourde que la n°1 sans connaître tous les matériaux qui les composent ou sans les (sou)peser.

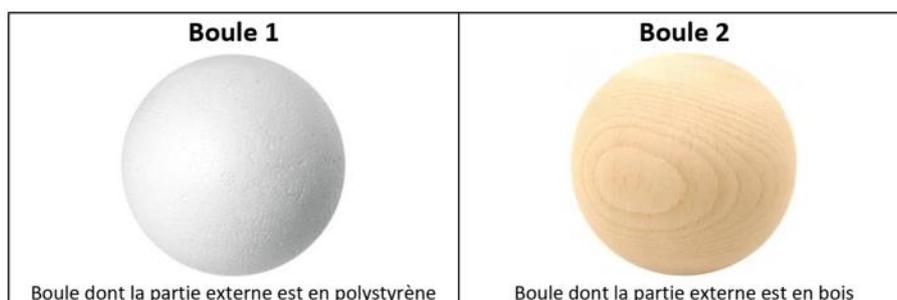


Figure 1 : Boules de compositions différentes

Dans cette communication, nous proposons de rendre compte d'une approche de la grandeur masse via le codage de l'album de fiction-réaliste (Bruguière et Triquet, 2012) Un petit coup de main d'Ann Tompert (1997). Dans cet album, où une souris et un éléphant essayent de faire de la balançoire à bascule, différentes situations d'équilibre liées à la masse des personnages sont mises en scène sans que cette

grandeur ne se voit directement dans les images et sans que celle-ci ne soit mentionnée dans le texte. À partir d'une étude préliminaire réalisée sur la première scène de cet album (Figure 2), nous exposons dans une première partie, quelques éléments théoriques permettant de justifier notre approche par le codage d'albums. Nous présentons ensuite les étapes clés d'un protocole expérimental dans lequel nous amenons des élèves de cycle 2 à produire et analyser des représentations non figuratives des différentes scènes de l'album. Nous exposons, dans une troisième partie, les premiers résultats d'analyses en cours. Notre objectif sera de montrer comment ce travail de représentation non figurative et engageant un objet technique permet aux élèves d'appréhender cette grandeur invisible.

Étude préliminaire et éléments théoriques

La grandeur masse est abordée en cycle 2 (MEN, 2020), dans la discipline « questionner le monde » et en mathématiques, dans le domaine « grandeur et mesures ». Elle est principalement abordée à travers sa mesure via l'utilisation d'instruments : balance électronique permettant une mesure directe de la masse, verre doseur mesurant la masse à partir d'un volume et balance de Roberval permettant de comparer des masses et de les mesurer à l'aide d'étalons conventionnels (masses marquées). À sept ans, (âge des élèves de notre étude), les enfants ne dissocient pas la masse du volume (Passelaigue, 2011 ; Javoy et al., 2018). Cette confusion peut s'expliquer par le fait que le volume, contrairement à la masse, peut faire l'objet de comparaisons directes sans avoir recours à des instruments et que, de manière générale, si on considère deux objets de même nature mais de taille et de volume différents, c'est le plus « gros » ou le plus « grand » qui est le plus lourd.



Figure 2 : Double-page de l'album « Un tout petit coup de main » (Tompert, 1997)

Dans l'album *Un petit coup de main*, si l'éléphant et la souris ne parviennent pas à se balancer c'est parce que l'éléphant est (beaucoup) plus lourd que la souris. Cela « se voit » car il est en bas. Mais pour le voir, il faut connaître le fonctionnement de la balance type Roberval. Dans une étude préliminaire, nous avons demandé à des élèves de cycle 1 de dessiner cette situation et d'expliquer pourquoi l'éléphant et la souris ne parviennent pas à se balancer. Nous constatons que leurs productions ne présentent pas nécessairement la position des personnages de manière correcte. Certaines représentations proposent une balançoire à l'horizontale (Figure 3). Chez ces élèves, qui ne connaissent pas le principe de fonctionnement de la balance, il est raisonnable de penser que la position des personnages n'est pas mise en lien avec leur masse. Les explications proposées portent essentiellement sur la taille et le volume et non sur la masse (l'éléphant est plus lourd, mais il est aussi beaucoup plus volumineux et cela se voit directement sur l'image) (Moulin & et Decroix, 2022).

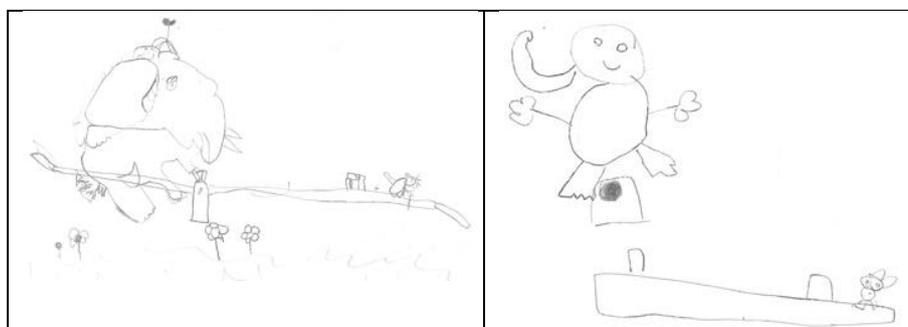


Figure 3 : Productions d'élèves de cycle 1

L'approche figurative ne permet pas de faire apparaître la grandeur masse dans les dessins. Nous proposons donc de faire entrer les élèves dans une démarche de représentation non figurative via une activité de codage de l'album. Des recherches montrant que les activités de comparaison ont un intérêt certain pour favoriser la construction du sens d'une grandeur et de sa mesure (Passelaigue, 2011), il ne s'agira plus de dessiner une souris et un éléphant qui font de la balançoire mais bien de représenter des situations d'équilibre. Dans le cadre de cette expérimentation, les élèves devront représenter la balançoire (qui fonctionne comme une balance de Roberval et) dont l'inclinaison varie tout au long du récit ou, a minima, trouver une manière de représenter ces variations. Le fait de représenter cet objet technique et sa position en fonction des masses, avec uniquement des objets de la classe dans un premier temps, puis avec une balance de Roberval dans un second temps devrait permettre aux élèves de mieux comprendre son fonctionnement et une meilleure conceptualisation de la grandeur masse.

Présentation du protocole et éléments d'analyse a priori

L'album *Un petit coup de main* se découpe en quatre moments principaux (figure 4). Dans sa pratique habituelle, le codage de cet album amènerait les élèves à représenter ces quatre scènes chronologiquement grâce à des symboles choisis collectivement et, de fait, non modifiables. Dans notre projet conduit depuis 2018, nous proposons de penser la production codée non pas comme l'aboutissement d'un travail de compréhension du récit, mais bien comme un outil permettant une compréhension fine du récit et des concepts mathématiques et scientifiques mis en jeu dans l'album. Ainsi, notre dispositif didactique repose sur deux principes essentiels :

- Le choix des objets ou symboles est à la charge des élèves. Pour représenter un personnage, il faut le caractériser et sélectionner (au moins) un caractère déterminant afin de choisir un symbole ou un objet qui possède également ce caractère (couleur, taille, forme, fonction, quantité, etc.). Ce choix, explicité via la création d'une légende commentée, doit être argumenté et pourra être modifié au fil des séances. Conscient ou non, explicite ou implicite, chaque choix témoigne des conceptions des élèves et de leur compréhension de la situation, chaque modification est la preuve d'une prise en compte d'une contrainte nécessaire à l'appréhension des enjeux (Moulin & Hache, 2019) ;
- Le scénario didactique doit inviter les élèves à confronter leur production au réel et au récit. Cette confrontation permet de mettre à l'épreuve les choix de codage et à les modifier si nécessaire en prenant en compte de nouvelles contraintes. Nous faisons l'hypothèse que cette confrontation entre expérience matérielle et récit, la nécessité d'explicitier les choix pour produire une légende argumentée conduira les élèves à une nouvelle analyse de la situation et à mettre en relation les masses et les positions d'équilibre

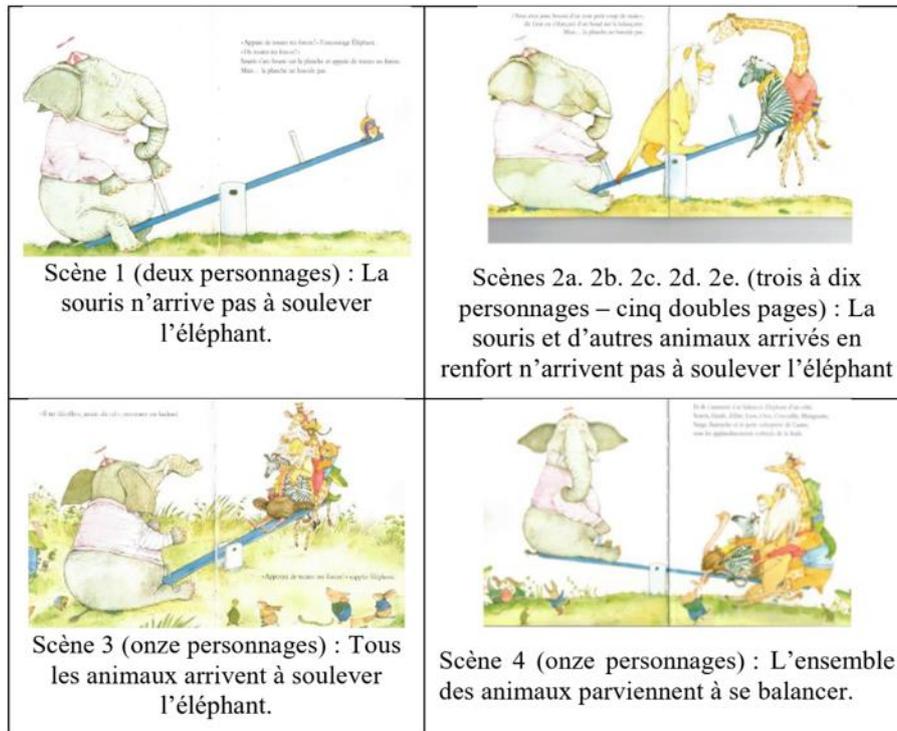


Figure 4 : Les différentes scènes de l'histoire

La séquence proposée se compose de quatre séances dont le déroulement ainsi que quelques éléments d'analyse *a priori* sont présentés dans le tableau 1. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la représentation de l'objet-balance et aux conséquences du système choisi (fonctionnel ou non) sur la représentation des objets-animaux et l'appréhension de la grandeur masse (colonne 3).

Séances	Déroulement	Analyse à priori
	<p>Séance 1 : Codage de la scène 1</p> <p>Production codée n°1 : Scène 1 où la souris n'arrive pas à soulever l'éléphant.</p> <p>Consigne : Représentez la scène 1 en utilisant le matériel présent dans la classe (pas balance de Roberval disponible)</p>	<p>Objet-balance (représentation de la balance et du rapport de masse) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cas 1 : Système de balancier. Pour le codage de la scène 3, les objets-animaux devront être plus lourds que l'objet-éléphant. - Cas 2 : Balance « fixe » avec une représentation de l'inclinaison. Pour le codage de la scène 3, les élèves devront inverser la représentation de l'inclinaison. Les rapports de masse n'interviennent pas.
	<p>Séance 2 : Codage de la scène 3</p> <p>Production codée n°2 : Scène 3 où tous les animaux arrivent à soulever l'éléphant.</p> <p>Consigne : Représentez la scène 3 en utilisant le matériel de la séance 1 et en ajoutant les nouveaux animaux (toujours pas de balance disponible). Si vous voulez modifier un objet, il faudra le justifier.</p>	<p>Objets-animaux (trois critères principaux, compatibles entre eux) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taille des personnages : un gros objet pour l'éléphant, un petit pour la souris. - Rapport de masse : lourd pour l'éléphant, léger pour la souris. - Autres caractéristiques : couleur, forme, etc.
	<p>Séance 3 : Codage de la scène 3 puis des différentes versions de la scène 2 avec la balance</p> <p>Introduction de la balance Roberval.</p> <p>Productions codées n°1 bis et n°2 bis : Scènes 1 et 3 en utilisant le même matériel pour les objets-animaux.</p> <p>Productions codées n°3 et suivantes : Scènes intermédiaires (2a à 2e) où des animaux viennent aider la souris à soulever l'éléphant</p> <p>Consigne : Représentez les scènes 1 et 3 puis les scènes n°2 en utilisant la balance de Roberval et le matériel utilisé précédemment pour les animaux. Si vous voulez modifier la représentation d'un animal, il faudra le justifier.</p>	<p>Objet-balance : Balance de Roberval</p> <p>Objets-animaux : Matériel de la séance 2.</p> <p>La bascule devrait se produire « trop tôt » par rapport à l'histoire (avant que tous les objets-animaux ne soient placés). Les élèves devront procéder à des ajustements conditionnés par les rapports de masse (et non par le volume et la taille).</p>
	<p>Séance 4 : Codage des scènes 3 et 4 avec des cubes-unions</p> <p>Productions codées : Scènes 3 et 4 à l'aide de la balance et de cubes-unions.</p> <p>Consigne : Représentez les différentes scènes à l'aide de la balance de Roberval et des cubes-union pour les animaux.</p>	<p>Objet-balance : Balance de Roberval</p> <p>Objets animaux : Cubes-union</p> <p>La comparaison du contenu des deux plateaux (facilité par le matériel normé) devrait conduire les élèves à enrichir et / ou questionner leurs conceptions sur la masse.</p>

Tableau 1 : Présentation de la séquence et analyse a priori

Les élèves travaillent en groupes qui restent fixes tout au long de la séquence. Nous pouvons ainsi suivre et analyser l'évolution de leurs représentations de l'objet-balançoire et des objets-animaux. Une part de nos analyses viseront à déterminer si l'engagement dès la première séance dans une représentation fonctionnelle (cas 1, tableau 1) permet aux élèves de mieux prendre conscience des rapports de masse et de les expliciter pour justifier leurs choix d'objets-animaux que dans le cas d'une représentation non fonctionnelle (cas 2). Ou si, à l'inverse, cette représentation fonctionnelle est un frein à l'appréhension de la grandeur masse de par sa difficulté technique de réalisation (point d'appui centré ou non, planche qui glisse, objets qui tombent, etc.) et / ou parce que dans le cadre des objets de la classe, masse et volume sont tellement liés que la balance fonctionne en choisissant des objets-animaux selon un critère de taille ou de volume. Avec l'introduction de la balance de Roberval en séance 3, les élèves sont libérés de ces contraintes techniques. Nous anticipons que la confrontation de leur production codée au réel (système fonctionnel en séances 1 et 2) ou balance de Roberval (séances 3 et 4) les conduira à choisir, via des essais successifs, des objets-animaux qui sont effectivement plus légers ou plus lourds tout en s'affranchissant (ou non) des rapports de taille et de volume entre les personnages. Une autre part de nos analyses aura ainsi pour objectif de déterminer comment évolue le rapport des élèves aux différents caractères des personnages de l'histoire (forme, couleur, caractère significatif, taille, volume, masse, etc.) au fil des séances et de déterminer l'apport de notre dispositif dans l'appréhension de la masse. Pour cela, nous passons régulièrement auprès de chaque groupe pour leur demander de justifier leurs choix dans le but d'établir une légende commentée pour chaque production.

Premiers éléments d'analyse

La séquence a été réalisée dans une classe de CE1 de l'académie de Lille. Durant les quatre séances, les 28 élèves ont été répartis en 7 groupes, groupes qui sont parfois divisés en sous-groupes spontanément par les élèves. Le corpus de productions de photographies des productions des élèves (en cours d'élaboration et terminées), de légendes commentées (à l'oral ou à l'écrit) et d'enregistrements sonores transcrits.

Nous présentons ici un des groupes ayant choisi une représentation non fonctionnelle. Dans le codage de la scène 1 (Figure 5), un pilier permet l'inclinaison de la balançoire ; la bascule n'est pas prévue par les élèves. Le pilier (point d'appui) est décentré pour permettre à la souris d'être « *bien en l'air* ». Seuls des critères de taille ou de couleur sont évoqués pour justifier le choix des objets représentant les animaux. Les élèves ont choisi pour représenter la souris, trois cubes « *jaunes car elle est orange dans l'histoire et ça ressemble et qu'elle est plus petite qu'un éléphant comme sur l'image* ». Leur éléphant est assemblage d'une trentaine de cubes avec une trompe « *pour qu'il*

ressemble ». Lors de la séance 2 (Figure 5), la balançoire reste la même, plusieurs piliers permettent de représenter l'inclinaison (pas de bascule possible). Les animaux sont représentés par des objets présents dans les cartables des élèves. Le critère de masse n'est pas mentionné pour justifier du choix des objets. La balance, non fonctionnelle, ne leur permet pas d'appréhender la grandeur masse. Le choix de proposer une représentation non fonctionnelle est-il lié à une non connaissance de cet instrument ou à la volonté de représenter l'inclinaison en accord avec l'histoire sans en avoir les moyens techniques (Règle trop souple, point d'appui trop haut, etc.).

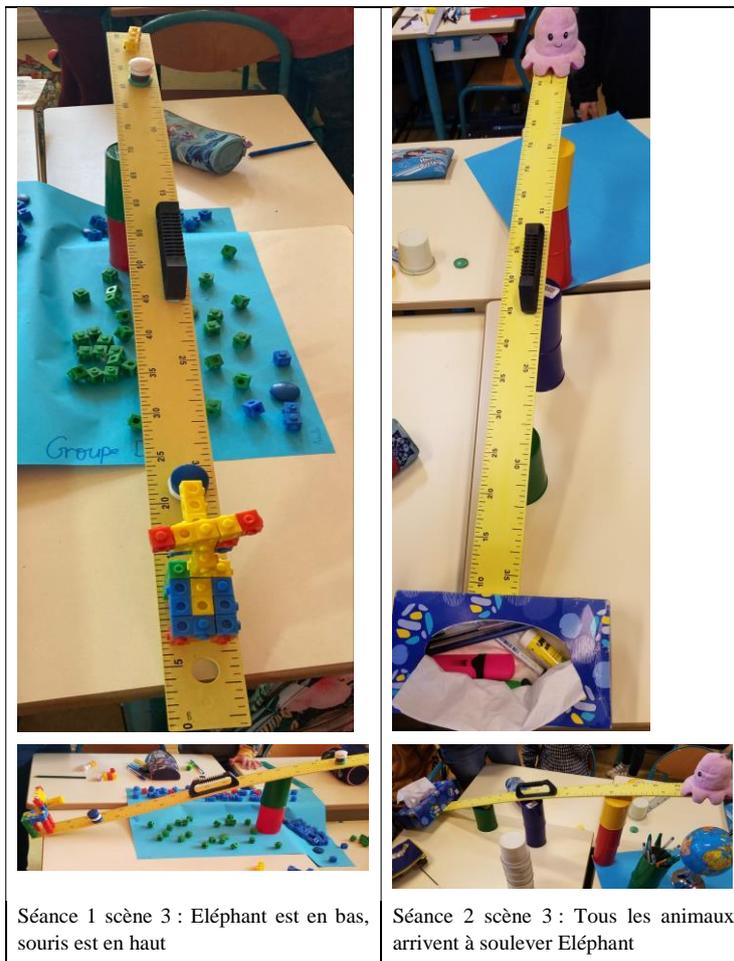


Figure 5 : Codage des scènes 1 et 3 par un groupe (séances 1 et 2)

Lors des codages de la séance 3 (figure 6), les élèves utilisent du matériel similaire à la séance 2 pour représenter les animaux dans les scènes 1 et 3. Comme nous l'avions anticipé, le codage des scènes intermédiaires 2.a à 2.e amène les élèves à questionner le choix des objets utilisés car la bascule (possible grâce à l'utilisation de la balance Roberval) se produit très (trop) rapidement. Les élèves de ce groupe appliquent simultanément deux stratégies : réduction du nombre d'animaux et choix des objets plus légers car les autres sont « trop lourds ». Le critère de masse est donc mentionné spontanément par les élèves lors de cette séance.

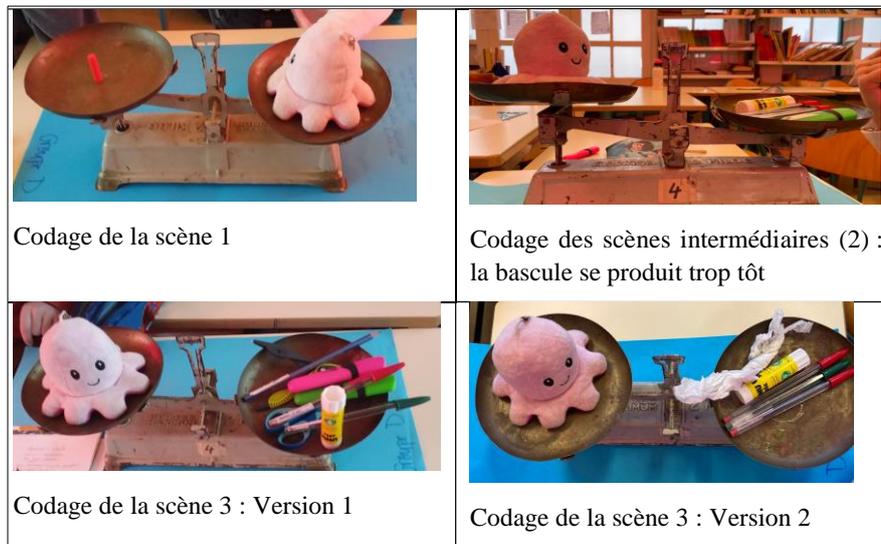


Figure 6 : Codage des scènes 1, 2 et 3 par un groupe (séance 3)

L'utilisation de matériel normé lors de la séance 4 (Figure 7) amène rapidement les élèves à constater que, pour se conformer à l'histoire, le nombre de cubes doit être le même dans chaque plateau de la balance. La séance se conclue par une mise en commun pendant laquelle les élèves affirment qu'il y a bien « le même poids » de chaque côté car il y a le même nombre de cubes.



Figure 6 : Codage de la scène 4 par un groupe (séance 4)

L'analyse du travail de ce groupe met en évidence une compréhension du fonctionnement de la balance de Roberval et une évolution dans leur maîtrise du concept de masse. Nous poursuivrons ce travail d'analyse sur le travail d'autres groupes (ayant une représentation fonctionnelle ou non de la balançoire) lors de notre présentation.

Bibliographie

- Bruguière, C., & Triquet, E. (2012). Des albums de fiction réaliste pour problématiser le monde vivant. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, (45), 181-200.
- Javoy S., Decroix A.-A. & de Hosson C. (2018). La construction du concept physique de volume en cycle III : Quelles difficultés ? Quelles stratégies didactiques ? *Actes du colloque Espace Mathématique Francophone : Mathématiques en scène, des ponts entre les disciplines*. Gennevilliers 22 au 26 octobre 2018. Disponible à <https://cv.archives-ouvertes.fr/sandra-javoy>.
- Moulin M., Decroix, A.-A. (2022). « Coder un album » pour modéliser en sciences. Colloque TSDS3, 15-17 Juin 2022, Angoulême, France.
- MEN (France : MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONAL) (2020), programmes d'enseignement du cycle 2, d'après le Bulletin officiel de l'éducation nationale, n°31 du 30 juillet 2020.
- Passeleigue, D. (2011). *Grandeurs et mesures à l'école élémentaire. Des activités de comparaison à la construction des concepts : le cas de la masse en CE1*. Thèse de didactique des sciences physiques, Montpellier : université Montpellier 2.

Narration et schéma en SVT

Étude d'une situation autour de la régulation de la glycémie en classe de terminale spécialité SVT

François Dessart (1), Florent Figon (2), Myriam Régent-Kloeckner (3)

(1) Laboratoire S2HEP, Université Claude Bernard Lyon 1, INSPÉ Lyon,

(2), Laboratoire LECA, Université Grenoble Alpes, INSPÉ Grenoble,

(3) Laboratoire S2HEP, Université Claude Bernard Lyon 1, INSPÉ Lyon.

Introduction

Nous présentons dans cette communication une étude dans le cadre d'une recherche sur le thème de la schématisation en sciences de la vie et de la Terre (SVT). Si les schémas scientifiques ne sont pas définis spécifiquement comme des objets narratifs en tant que tels, nous supposons qu'ils sont très fortement influencés, dans les situations d'enseignement, par un besoin de narration. Nous nous appuyons sur des travaux déjà initiés (Figon et Dessart 2022) qui nous conduisent à questionner ici le rôle des compétences narratives des élèves dans la réalisation et la lecture interprétative de schémas en SVT. Ces compétences présentes dans la dynamique de schématisation joueraient potentiellement un rôle dans la construction des notions scientifiques. Nous explorons donc ces compétences en nous appuyant sur des outils d'analyse structurale du récit.

Pour mettre en évidence ce besoin de narration dans les schématisations en SVT, nous avons demandé à des élèves de terminale spécialité SVT de produire en binôme des schémas portant sur la régulation de la glycémie. Les schémas produits ont été photographiés ; ils constituent le corpus sur lequel nous portons ici notre attention. L'objectif est, d'une part, de faire ressortir la dimension narrative des schémas produits par les élèves et, d'autre part, de montrer que les éléments structuraux du récit (début-milieu-fin, action principale, péripéties, personnages engagés, etc.) témoignent de compétences potentiellement mobilisées dans cette activité pour construire du sens.

La régulation de la glycémie et le modèle cybernétique

La glycémie est une variable biologique régulée autour d'une valeur dite « consigne ». En physiologie, on utilise le modèle cybernétique pour rendre intelligible les différents mécanismes impliqués dans cette régulation via les interactions entre acteurs d'une communication organisée en un système de contrôle (détection d'un écart à la consigne) et un système de pilotage (actions qui modifient la variable, ayant comme conséquence une réduction de l'écart à la consigne). Ce modèle fédère un grand nombre de mécanismes de régulation, en biologie comme dans beaucoup d'autres domaines (électronique, automatique, etc.). Il est téléologique (expliqué par une finalité) et s'insère dans un mode de pensée dit systémique puisque le système de régulation est décrit comme un ensemble de parties connectées qui fonctionnent ensemble et dont la fonction ne peut être définie en dehors du système entier¹. Dans ce contexte cybernétique, on peut donc dire que la valeur consigne est un état idéal qu'il convient d'atteindre en dépit des différentes perturbations possibles qui peuvent interférer avec le système. Fonctionnant en boucle, ce modèle n'a *a priori* ni début, ni fin : il se déroule en permanence et n'est donc pas dans un temps situé dans une histoire de vie. Ce modèle cyclique est donc en partie en rupture avec la structure classique des petites histoires linéaires — avec un début, un milieu et une fin, et où l'acteur principal, ayant vécu une péripétie, se retrouve changé par celle-ci. L'explication du modèle peut commencer par l'état idéal, par l'un des états perturbés ou par l'un des mécanismes perturbateurs. Une linéarité discursive s'enclenche alors, qui embarque avec elle différents types de narration. Se pose dès lors la question de savoir si ces différents types de narration viennent aider à la construction d'une pensée systémique ou au contraire y font obstacle, notamment si ces narrations amènent à attribuer des rôles intrinsèques aux acteurs (Dessart *et al* 2024).

Schéma et narration scientifique

Les schémas sont des systèmes scripto-visuels non-linguistiques (Moles 1978 ; Astolfi 1997 ; Vorms 2014) issus d'une activité de sémiologie discursive [activité de

¹ À titre d'exemple, l'insuline est une hormone qualifiée d'hypoglycémisante. Cependant cette fonction n'a de sens que parce que l'hormone interagit avec un récepteur, ce qui déclenche une série de réactions biochimiques au niveau de certaines cellules et aboutit à une diminution du taux de glucose dans le sang. Une modification de son récepteur, d'un des acteurs moléculaires qui suivent ou des conditions de sa sécrétion peut aboutir à une absence d'effet sur la glycémie, voire un effet contraire. L'hormone n'a donc pas d'effet « en soi » en dehors du système dans lequel elle interagit.

production de sens dans un contexte d'énonciation (Grize 1998)] qui confère au schéma une certaine structuration narrative (Dessart 2020).

Les difficultés rencontrées par les élèves dans le travail de schémas de régulation cybernétique proviennent selon nous du recours non-conscient à des compétences narratives interférant avec la pensée systémique. Nous pensons en effet que la construction de schéma mobilise chez les élèves des compétences narratives structurant la représentation graphique de manière linéarisée, à l'image des petites histoires « *ad hoc* » (Orange Ravachol 2012), centrées sur l'action (Lhoste 2017) et imprégnées de finalisme (Dessart 2020). La notion de récit cadre / récit encadré (Adam et Revaz 1996) nous permet également de repérer d'autres compétences narratives pouvant jouer un rôle décisif dans la structuration des schémas.

Pour analyser notre corpus nous faisons le choix d'une approche structuraliste (Greimas 1970 ; Adam et Revaz 1996 ; Larivaille 1974 ; Brémond 1966), afin de montrer que les entités représentées dans les schémas répondent à une dynamique qui tend à en faire des entités vivantes, engagées dans une histoire (Bruner 2002). Il y a là une tendance à l'anthropomorphisme qui pourrait être associée à l'usage spontané de compétences narratives par les élèves : produire un schéma reviendrait à raconter ce qui se produit pour ses entités représentées, « ce qu'elles vivent ». Ce recours à l'anthropomorphisme est bien connu des enseignants car il gêne la construction du sens et reste relativement complexe à prendre en charge. Nous décrivons la structuration narrative des schémas produits par les élèves afin de remonter vers les compétences narratives mobilisées. Le schéma, en tant qu'objet construit, témoignerait des compétences pour le produire car nous supposons que les élèves ont recours à une structuration narrative de leur schéma selon trois dynamiques :

1. liée à la structure même de la narration en cours de construction : le schéma suit une linéarité début/milieu/fin et s'articule entre un état initial et un état final autour d'une action principale, incluant ou non une perturbation qui rompt le cours des choses ;
2. liée à la tendance à l'anthropomorphisme : les entités se dirigent vers leur « destinée » dans le schéma ;
3. liée à la structuration en récit-cadre / récit encadré.

Analyse structurale des schémas

Pour ce travail, nous nous intéressons aux schémas produits par les élèves. Ceux-ci avaient au préalable étudié différents documents ressources (résultats

expérimentaux, textes, schémas anatomiques, etc.) leur apportant des informations sur certaines étapes et les principaux acteurs de la régulation de la glycémie. Les élèves devaient ensuite construire un « schéma bilan de la régulation de la glycémie » sur une feuille A3, sans indication supplémentaire sur la forme du rendu. Le modèle cybernétique n'était pas imposé ni guidé par les enseignants. Il n'avait pas non plus été étudié auparavant. Cependant, les documents ressources étaient à la disposition des élèves lors de la construction de leur schéma.

Vingt schémas réalisés en binôme ou trinôme ont été récoltés. Ils présentent des organisations graphiques assez diversifiées, avec des contenus biologiques variés en termes de complétude et de niveau de détails.

Une observation des schémas, sur des critères généraux de ressemblance à la fois graphiques (par exemple la présence d'un cycle) et notionnel (telles que des références aux hormones, aux réactions biochimiques), a permis d'établir une première catégorisation des schémas en cinq groupes. Nous avons pu nommer temporairement quatre de ces groupes en lien avec l'aspect biologique qui semble central : « cybernétique » (3 schémas), « cybernétique incomplet » (2 schémas), « anatomie digestive » (3 schémas) et « circulation sanguine » (4 schémas). Le 5^e groupe présente des éléments anatomiques figuratifs comme les 3^e et 4^e groupes, mais ils sont représentés de manière plus ou moins éclatée (8 schémas).

Afin d'objectiver ces catégories et de remonter aux possibles narrations sous-jacentes à la réalisation des schémas, nous avons réalisé une analyse catégorielle de ceux-ci, d'une part, en reprenant les trois dynamiques présentées précédemment et, d'autre part, en questionnant l'usage de certains éléments graphiques, en particulier les flèches. Nous avons inclus dans l'analyse la présence (ou non) d'éléments textuels et/ou graphiques que nous interprétons comme une référence à l'état glycémique idéal, puisque cet état idéal est une caractéristique particulière du modèle cybernétique. Les différents critères sont présentés dans le tableau 1, ils sont associés aux questionnements sous-jacents guidant leur définition et à quelques exemples de repères graphiques recherchés dans les schémas.

Critère	Description du critère	Exemples de repères recherchés dans les schémas
état idéal repérable	Est-ce qu'une valeur consigne ou la référence à un équilibre est indiqué ?	glycémie à 1g/L
Usages des flèches dans le schéma	Est-ce que les flèches indiquent des déplacements ? Des zooms ? Des transformations (chimiques) ? Une entrée ? Des choix de direction de lecture (correspondant à des conditions différentes) ? Des axes de graphiques ? Des liens de causalités/conséquences ? Un codage d'une variation ? Lien vers des légendes textuelles ?	
modes de connections des parties	Comment sont reliées les différentes parties du schéma ?	usage des flèches, liaison anatomique, liaison par le texte...
structure action/réaction	pour les relations des éléments graphiques 2 à 2 : est-ce une relation causale qui est décrite ?	
Description structurale du schéma en lien avec la structure narration (état initial / perturbation / final)	Est-ce qu'il y a un sens de lecture indiqué avec un début (état initial), un élément perturbateur et/ou un état final clair(s) ?	flèche d'entrée ; n° d'étapes ; série de flèches allant vers un dernier élément...
narration (in)achevée	Lorsqu'on arrive à reconstruire une narration à partir du schéma : semble-t-elle achevée ou non ? (résolution de la perturbation s'il y en a eu)	
action(s) principale(s)	Quels sont les actions principales présents dans le schéma qui pourraient constituer un cadre narratif ?	focale sur les déplacements (trajets, circulations) ; sur les transformations (figurés ou noms de réaction chimique) ; sur les variations de glycémie...
personnage(s) principal(aux)	Est-ce le glucose, les hormones, les organes qui semblent être les entités centrales du schéma ?	représentation graphique répétée d'un élément « mobile » (glucose/hormone) ? Taille relative des éléments graphiques ou des légendes associées
récit cadre	Est-ce qu'on arrive à reconstituer un récit principal qui organise l'ensemble du schéma ?	Le schéma forme un ensemble graphique dans lequel les différents zones graphiques sont connectées entre elles par des liens forts (textuels ou graphique relativement explicites)
récit encadré	Est-ce qu'un ou plusieurs sous-ensembles graphiques du schéma pourraient être interprété comme un récit encadré ?	Présence de sous-ensemble graphiques relativement indépendant mais qui apportent du sens au récit cadre (exemple des zooms)
microrécit (anecdotes)	Est-ce qu'un ou plusieurs sous-ensembles graphiques du schéma pourraient être interprété comme un micro-récit ?	Présence de sous-ensemble graphiques (relativement) indépendant mais qui n'augmente pas la cohérence du récit cadre.

Tableau 1 : Ensemble des critères d'analyse pour décrire la structure narrative potentielle des schémas. (Blanc : critère cybernétique (état idéal) à tendance sémiotique ; gris : dynamique 1 ; vert : dynamique 2 ; rose : dynamique 3)

Repère en narratologie pour une compréhension des enjeux liés aux compétences narratives des élèves travaillant sur des schémas

L'analyse des schémas d'élèves montre l'existence de quatre catégories de concepts biologiques embarquant du narratif.

Les schémas « cybernétiques » peuvent être associés à un récit cadre portant les caractéristiques d'une régulation réalisée par une série d'acteurs en chaîne : la mesure d'un état perturbé (parmi deux possibles), puis la réaction du premier acteur (pancréas) qui a une conséquence sur un (foie) ou plusieurs autres acteurs (foie, muscle, etc.) qui réagissent à leur tour. L'histoire et le schéma bouclent explicitement car la résolution de la situation vers un état idéal peut de nouveau être mesurée et/ou perturbé (associé ou non à l'apport alimentaire). L'histoire est donc sans fin, ce qui est compatible avec la cyclicité du modèle cybernétique qui est, par définition, infinie tant que celui-ci perdure en tant que système. Selon les schémas, le point de départ de la lecture est lié à l'apport alimentaire (hors boucle, en haut à gauche), à l'état idéal (encadré en rouge et positionné centralement) ou non guidé.

Les schémas « cybernétique incomplet » peuvent aussi être associés au récit cadre de la régulation avec une série d'acteurs en chaîne, cependant la représentation linéaire du schéma (de gauche à droite, de haut en bas) indique une narration guidée par la perturbation (point de départ) et sa résolution. L'histoire a donc une fin lorsque les derniers acteurs ont réagi. La conséquence des actions sur l'état initial est plus ou moins explicite (Figure 1). La linéarisation ainsi produite tend vers un but, qui peut prendre des allures d'idéal (ex. Figure 1 : l'étoile rose). Une telle représentation linéaire ne rend pas compte de la cyclicité du concept de boucle de régulation.

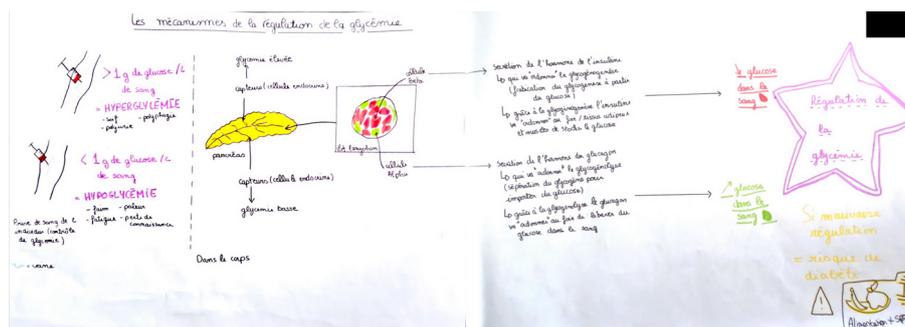


Figure 1 : Schéma d'élèves (catégorie « cybernétique incomplet ») montrant une linéarité caractéristique.

Les schémas « anatomie digestive » peuvent être associés à un récit principalement centré sur l'histoire du glucose qui apparaît comme le personnage principal qui « vit » une aventure depuis son arrivée dans l'organisme (alimentation) à sa « mort » dans les muscles en passant temporairement dans le foie. Le pancréas est mentionné, il est graphiquement relié au système digestif du fait de sa connexion anatomique, mais il semble essentiellement déconnecté de l'histoire du glucose, ce qui suggère la présence d'un micro-récit dans le récit cadre (Figure 2 haut).

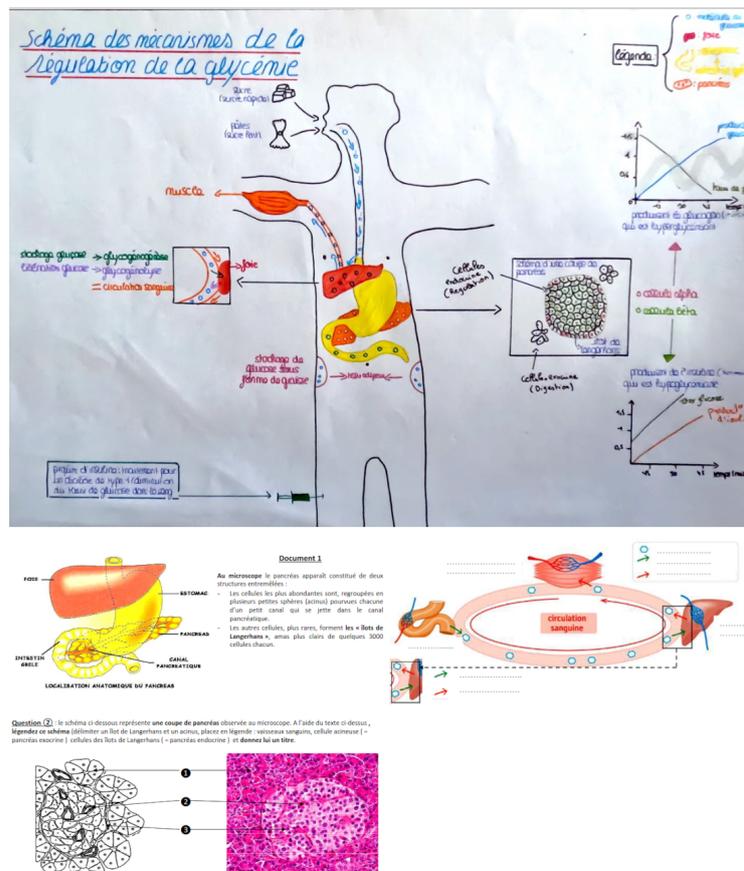


Figure 2 : Schéma d'élèves (catégorie « anatomie digestive ») et documents ressources en dessous.

Les schémas « circulation sanguine » peuvent être associés à un récit cadre marqué par une unité spatiale centrale (système circulatoire). Pour deux d'entre eux, on

trouve des récits encadrés reliés par des flèches qui indiquent un sens de lecture. Alors que pour les deux autres, il n'y a pas d'indication de sens de lecture. Cela rend la lecture du schéma potentiellement énigmatique pour le lecteur : il n'y a ni lien causal clair, ni lien temporel. Cependant, ce type de schéma peut avoir un intérêt pour discuter avec les élèves le point de vue systémique : chaque action est déterminée par l'état (complexe du système) du moment et non pas par une série d'actions causales successives (raisonnement linéaire causal ; Viennot 1993).

De plus, nous mettons en évidence que les élèves produisent leur schéma en composant avec d'autres schémas déjà connus. Les schémas ressources fournis et travaillés par les élèves pour comprendre la régulation de la glycémie sont souvent réutilisés (Figure 1) : les élèves font alors une compilation des schémas pré-existants qu'ils connectent plus ou moins entre eux. Une telle procédure de schématisation laisse penser que les élèves voient la régulation de la glycémie comme la somme d'actions réalisées par des entités dédiées, dont la fonction pré-déterminée participe à produire un résultat (la régulation). Cette somme d'actions prend des formes différentes en fonction du récit cadre mobilisé. Cette pensée de type réductionniste, qui s'oppose à une approche systémique de la régulation, trouve peut-être son origine dans la compilation des schémas pré-existants, particulièrement visible dans les schémas « anatomie digestive », « circulation sanguine » et le cinquième groupe. Nous interprétons cela comme un emboîtement des récits entre eux, faisant penser à des récits encadrés, voire des micro-récits.

Enfin, la narration du schéma permet d'instancier un événement biologique en lui permettant de passer du possible à sa survenue dans le réel. Dès lors, le schéma ne dit pas seulement ce qui est possible (explicatif fonctionnaliste) mais ce qui s'est produit réellement dans un cadre spatio-temporel situé (explication historique). A titre d'exemple, les schémas « cybernétique incomplet » tendent à être narrativisés, parce que les élèves sentent probablement le besoin de prendre en charge la finalité du modèle. La dimension téléologique du modèle pousserait les élèves à produire une histoire. À la finalité épistémologique du système cybernétique vient alors se substituer une finalité ontologique : la narration produirait un « effet de réel » (Barthes 1968).

Ces premiers résultats laissent supposer que les élèves mobilisent des scénarii déjà existants, servant de squelette à leur propre schéma de la régulation de la glycémie, le structurant et le rattachant à des événements possibles pré-figurés (Ricœur 1984). La capacité des élèves à mobiliser de tels « scripts » pré-définis relève selon nous de compétences dites « endo-narratives » (Gervais 1990 ; Baroni 2005, 2007). Le modèle cybernétique narrativisé permettrait de prédire un retour à la valeur consigne en jouant le rôle de matrice interactive de l'histoire qui mobilise des scripts qui

guident implicitement l'action à venir (Dessart *et al* 2024). De telles compétences endo-narratives semblent être fortement à l'œuvre dans la dynamique de création de schéma.

Si ces hypothèses se confirment, il serait alors intéressant de questionner le niveau de prise de conscience qu'ont les élèves de ces compétences dans leur production de schémas. Une des pistes à explorer est selon nous celle de la prise en compte, par l'élève-producteur de schéma, de la réception/interprétation de ce schéma et des compétences endo-narratives qu'elle mobilise. En ce sens le concept d'« encyclopédie initiale du lecteur » de Eco (1989) est intéressant pour penser la collaboration interprétative qui se met en place autour du travail des schémas en classe de sciences de la vie et de la terre.

Bibliographie

- Adam, J. M., & Revaz, F. (1996). *L'analyse des récits*. Seuil.
- Astolfi, J.-P. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. De Boeck université.
- Baroni, R. (2005). Compétences des lecteurs et schèmes séquentiels. *Littérature*, 137(1), 111-126.
- Baroni, R. (2007). *La tension narrative : Suspense, curiosité et surprise*. Seuil.
- Barthes, R. (1968) L'effet de réel. *Communications*, 11, 84-89.
- Brémond, C. (1966). La logique des possibles narratifs. *Communications*, 8, 60-76.
- Bruner, J. S. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Retz.
- Dessart, F. (2020). « L'obstacle « récit finaliste » dans les reconstitutions historiques en géologie Une étude de cas des mises en œuvre de la démarche historique dans les situations de médiation scientifique de la géologie « sur le terrain » ». In *Actes du colloque de l'ARDIST Bruxelles*.
- Dessart, F. *et al.* (2024). L'intentionnalité dans les représentations schématiques en classe de SVT. Rôle et limites de compétences endo-narratives. *XIII^e rencontres scientifiques de l'ARDIST*. Montpellier.
- Eco, U. (1989). *Lector in fabula : Le rôle du lecteur ou la coopération interprétative dans les textes narratifs*. Grasset.

-
- Figon, F., & Dessart, F. (2022). « Prise en compte d'un obstacle didactique en formation initiale d'enseignants de SVT. Vers une typologie du finalisme dans les écrits d'étudiants en master MEEF. » In *Actes des XII rencontres scientifiques de l'ARDIST*, 159-64. Toulouse, 2022.
- Gervais, B. (1990). *Récits et actions : Pour une théorie de la lecture*. Le Préambule.
- Greimas, A. J. (1970). *Du sens : Essais sémiotiques*. Seuil.
- Grize, J.-B. (1998). Logique naturelle, activité de schématisation et concept de représentation. *Cahiers de praxématique*, 31, 115-125.
- Larivaille, P. (1974). L'analyse (morpho)logique du récit. *Poétique*, 19, 368-388.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT*. Presses Universitaires de Bordeaux.
- Moles, A. (1978). L'image et le texte. *Communication & Langages*, 38(1), 17-29.
- Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la Vie et de la Terre*. Presses Universitaires de Rennes.
- Ricœur, P. (1984). *Temps et récit, tome 2. La configuration dans le récit de fiction*. Seuil.
- Viennot, L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique. *Didaskalia*, 1, 13-27.
- Vorms, M. (2014). Le rôle des diagrammes et des schémas dans l'activité théorique en biologie. In T. Hoquet & F. Merlin (Éds.), *Précis de philosophie de la biologie* (pp. 125-143). Vuibert.

***Physics Comics and Stories:* Creating comics for high school and university students**

Juan Manuel Ramírez de Arellano (1), Roger A. Freedman (2)

(1) Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Calle del Puente 222, Mexico City 14380, Mexico, (2) Department of Physics, University of California, Santa Barbara, Santa Barbara CA 93106, USA

Abstract

We are creating a series of comic book stories in English, Spanish, and French intended to help high school and introductory college students with solving specific types of physics problems. In this paper we review the motivation behind this project and the structure of these stories. We also describe the responses from students, and how the cast of comic characters used in our stories are being used in the new edition of a leading physics textbook.

Introduction

Comic books have been used to inform the general public about physics for eight decades (Highsmith 1943; Greene 1946; Palais 1946; Cole 1960; Thompson 2013; Burniat 2016; Johnson 2017). A few attempts have been made to create entire textbooks for introductory physics in a graphic novel format (Gonick 1990; Calvin 2022), but these have not been widely adopted by faculty.

We are developing a more narrowly targeted comic-book project, *Physics Comics and Stories*, intended to supplement rather than replace a conventional textbook for introductory high school or university physics. Our goal with these stories is twofold: to assist students with the process of solving physics problems (for most students, the most challenging aspect of a physics course) and to improve the conceptual understanding needed to set up a problem and interpret the answers. To this end we use a Socratic-like dialogue between the lead characters, assisted by comic relief.

Why is physics difficult?

Physics has a well-deserved reputation as a difficult subject for high school and university students who encounter it for the first time. One important reason is that students arrive in their first physics course not completely innocent of physics, but rather with an initial knowledge state about the physical world that is based on their experiences as a child. Unfortunately this initial knowledge state includes many misconceptions that conflict with modern concepts of physics (Neidorf 2019). The range of student misconceptions about physics extends across the full gamut of the subject, including Newtonian physics (Halloun 1985), electricity and magnetism (Maloney 2001), and optics (Goldberg 1985).

A second important reason why physics is difficult is that developing expertise means becoming an expert problem-solver in physics. This is a multi-faceted skill that requires knowing how to interpret a problem in words, convert it to a mathematical representation, solve the mathematical problem, and interpret the results (Hsu 2004).

Physics Comics and Stories: Confronting misconceptions and modeling problem-solving

In *Physics Comics and Stories* we confront common selected misconceptions in physics and model the steps used by expert problem-solvers. This is done in the form of a dialogue between a beginning student named Alonzo and a more advanced student named Elena, with assistance from Elena's cat Kepler and an anonymous squirrel. To avoid giving students the sensation of merely being presented with a lecture in comic book form, there are no "professor" characters in our stories.

Each story in *Physics Comics and Stories* concerns a particular type of physics problem that experience shows to be particularly challenging to students. At the beginning of each story, Alonzo verbalizes the difficulties that students commonly face with problems of this type (Figure 1a). The story then reviews the physics concepts that underlie the physics problems under study. These are concepts that the student will have encountered in their conventional textbook, but the comic medium makes it possible to present the information in a conversational manner and with a three-dimensionality that is difficult to reproduce in standard textbook illustrations (Figure 1b).

After the concept review, Kepler the cat presents the reader with formative questions to test their conceptual understanding (Figure 2). These questions are designed to evoke common misconceptions about physics and to help students overcome them.

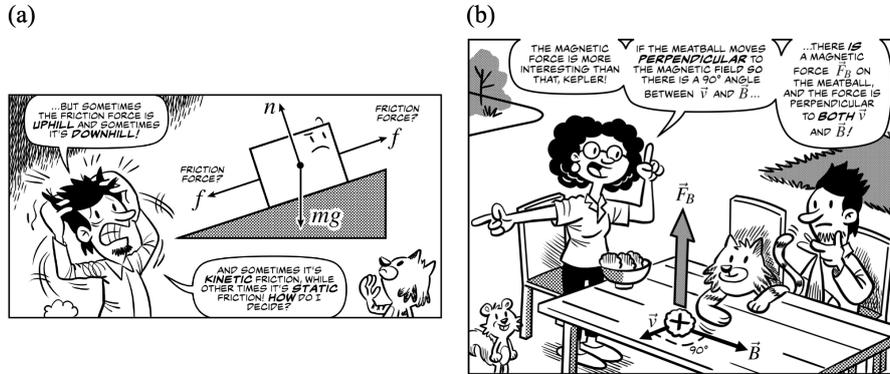


Figure 1 : (a) Alonzo, like most students, finds problems with friction to be challenging. (b) Elena explains the magnetic force on a moving charged particle.

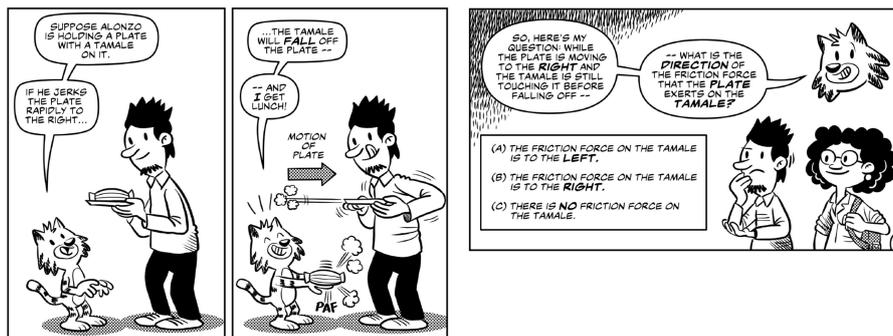


Figure 2 : Kepler poses a question about the force of friction.

Elena then poses a physics problem based on the concepts that have just been reviewed. The entire cast assists in showing how to solve the problem, including pointing out key features of the process that are often overlooked or underemphasized in conventional textbooks or in-class instruction (Figure 3). All of the mathematical steps in the solution are included, and the results are interpreted and explored.

The story ends with a review (by Kepler and the squirrel) of the physics concepts used in the story and the problem-solving techniques learned (Figure 4).

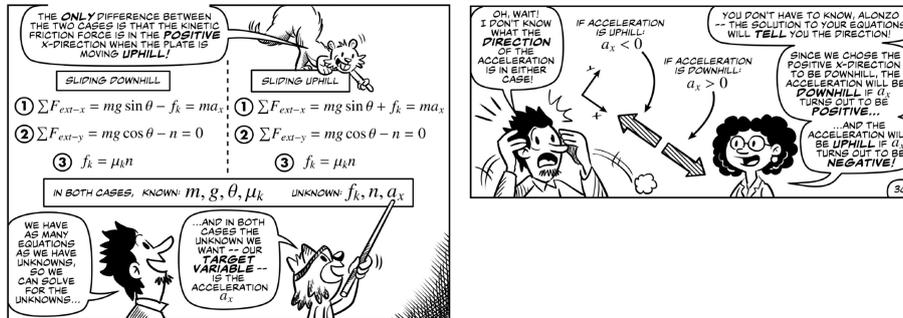


Figure 3 : The entire cast works together to solve a problem involving friction and other forces.

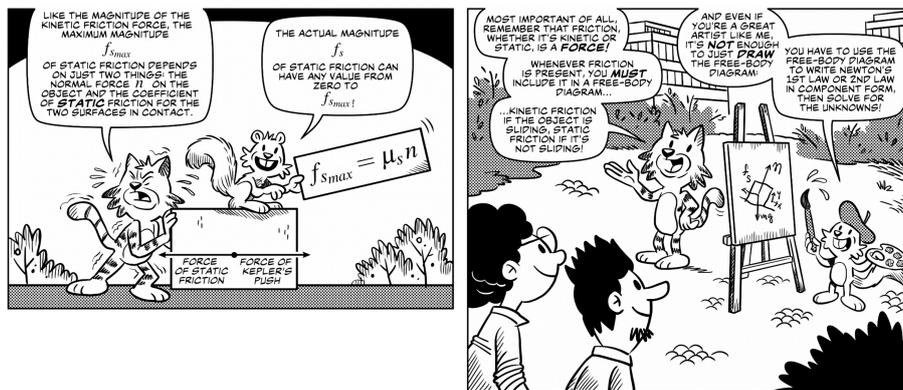


Figure 4 : Kepler the cat and the squirrel summarize key ideas about solving problems involving friction.

Student feedback and further work

We have informally surveyed 45 introductory physics students at high schools and universities in the United States to get their responses to *Physics Comics and Stories*. Their responses have been very positive, including the statements “The material is easier to grasp as it is like watching a conversation,” “I found the equations easy to follow because everything was big and labeled,” and “The diagrams presented through the art were extremely clear, and great physics models to learn from.” We plan to conduct more in-depth student surveys during 2025 in both the United States and Mexico, using both the English and Spanish versions of *Physics Comics and Stories*. (A French version is currently in preparation.)

At present there are three stories available or in preparation: a 36-page story on static and kinetic friction, a 14-page purely qualitative story that concentrates on misconceptions about how airplane wings produce lift, and a story on magnetic forces (in preparation). The first two of these stories are available in print format in both English and Spanish (Ramírez de Arellano 2024) and in electronic form on request. A fourth story on image formation by lenses is under development.

In addition, the characters from *Physics Comics and Stories* will appear in spot illustrations in the new edition of the introductory textbook *University Physics* (Young 2025, in press), where they will help students overcome common misconceptions and points of confusion (Figure 5).

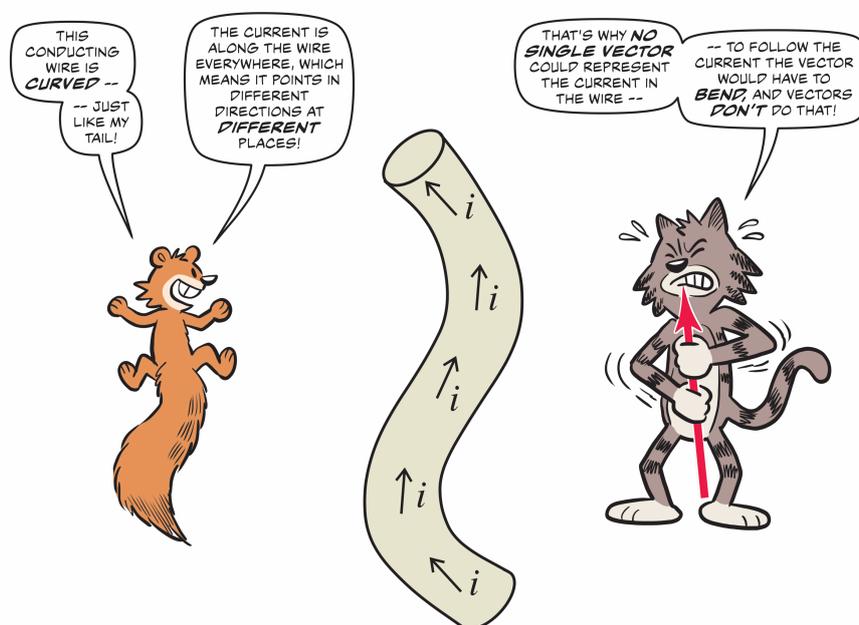


Figure 5 : *The squirrel and Kepler address why electric current in a wire is not a vector.*

References

Burniat, M. & Damour, T. (2016). *Le Mystère du Monde Quantique*. Éditions Dargaud.

-
- Calvin, S. & Furst, K. E. (2022). *Cartoon Physics: A Graphic Novel Guide to Solving Physics Problems*. CRC Press.
- Cole, L. B., Nodel, N., Premiani, B., McCann, G., Glanzman, S., Kinsteler, E. R., Evans, G., Tartaglione, J., & Torres, A. (1960). *Classics Illustrated Special Issue: The Atomic Age*. Gilberton.
- Goldberg, F. M. & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher* 24, 472–481. <https://doi.org/10.1119/1.2342096>
- Gonick, L. & Huffman, A. (1990). *The Cartoon Guide to Physics*. HarperCollins.
- Greene, S. (1946). Hero scientist of the atom bomb. *Marvels of Science* 1(1), 5–14. Charlton Comics. <https://digitalcomicmuseum.com/index.php?dlid=10243>
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics* 53, 1043–1055. <https://doi.org/10.1119/1.14030>
- Highsmith, P. & Kiefer, H. (1943). Galileo Galilei. *Real Life Comics* 1(14), 25–28. Nedor Publishing. <https://digitalcomicmuseum.com/index.php?dlid=24023>
- Hsu, L., Brewe, E., Foster, T. M., & Harper, K. A. (2004). Resource Letter RPS-1: Research in problem solving. *American Journal of Physics* 72, 1147–1156. <https://doi.org/10.1119/1.1763175>
- Johnson, C. V. (2017). *The Dialogues: Conversations About the Nature of the Universe*. MIT Press.
- Maloney, D. P., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics* 69, S12–S23. <https://doi.org/10.1119/1.1371296>
- Neidorf, T., Arora, A., Erberber, E., Tsokodayi, Y., & Mai, T. (2019). *Student Misconceptions and Errors in Physics and Mathematics*. IEA Research for Education 9, Chapter 2. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30188-0_2
- Palais, R. (1946). The bomb that won the war. *Science Comics* 1(1), 3–10. Ace Magazines. <https://digitalcomicmuseum.com/index.php?dlid=7709>
- Ramírez de Arellano, J. M. & Freedman, R. A. (2024). *Juanele and Freedman’s Physics Comics and Stories*. Amazon.
- Thompson, R. & Johnson, K. G. (2013). *Spectra: The Original Laser Superhero*. American Physical Society.
- Young, H. D. & Freedman, R. A. (2025, in press). *University Physics*, 16th edition. Pearson.

Figures de l'énergie

dans

Tintin au pays de l'or noir

Pascale Kummer - Hannoun (1, 2)

(1) Université Paris Cité, EDA, F-75006 Paris, France

(2) Sorbonne Université, F-75252 Paris Cedex 05

J'explore à partir d'une œuvre existante, *Tintin au pays de l'or noir*, la figurabilité de phénomènes physiques et en particulier de ceux pour lesquels l'énergie joue un rôle. Présente dans toutes situations au quotidien sous des formes très différentes (potentielle, cinétique, thermique, électrique, mécanique) l'énergie est en physique un concept fondamental très abstrait et une grandeur non accessible à une mesure directe. On ne peut la voir si ce n'est à travers ses sources : le soleil, le vent, le pétrole etc., ou par ses effets : elle peut être transférée d'un système à un autre sans échange de matière, passer d'une forme à une autre (se transformer), et se conserver (en quantité) tandis que la matière ou le système concerné a changé d'état. C'est pourquoi je me base sur des éléments scientifiques et techniques de différentes natures en lien avec l'énergie comme : les phénomènes (chutes, explosions...), les machines (moteurs...), les combustibles (pétrole...), pour analyser leur mode de représentation imagée et leur inscription dans un récit.

Successivement intitulé *L'or noir* et *Le pays de l'or noir*, cet album d'Hergé, la 15^{ème} des 23 « Aventures de Tintin », envisage différentes questions liées à l'énergie, à travers le pétrole. La périphrase qui désigne celui-ci, « l'or noir », indique une adresse particulière au public enfantin : le spectre est celui du trésor et de sa recherche, mais également du merveilleux, pris au sens du prodige, et d'un surnaturel qui sied au décor oriental où majoritairement l'histoire est située. Hergé mène de front un récit d'aventures à rebondissements et une enquête à suspense, sur fond d'actualité scientifique et technique documentée. Paru en 1950, l'album reprend et transforme certaines planches publiées dès 1939, à la veille de la Seconde Guerre, dans

l'hebdomadaire *Le petit vingtième*. Initialement en quête d'une histoire puisant dans l'actualité, Hergé supprimera des éléments d'ordre géopolitique jugés dépassés, « parce que c'est plus intemporel¹ », jusqu'à une dernière édition en 1977 – celle à laquelle je me réfère pour établir le résumé qui suit.

À l'approche d'une guerre imminente, Tintin est saisi d'une série d'explosions mystérieuses frappant des moteurs de voitures. Au Moyen-Orient où le mène son enquête, il est témoin de rivalités entre des chefs locaux qui se disputent la propriété de gisements d'hydrocarbures, parmi lesquels l'émir Ben Kalish Ezab. Au terme de différents épisodes et avec l'aide des Dupondt, Tintin arrête un certain docteur Müller, kidnappeur d'Abdallah – le fils de l'émir. Il apparaît que c'est ce même Müller qui, falsifiant le pétrole pour s'assurer le monopole de son commerce, est à l'origine des explosions initiales.

Explosions

D'emblée, Hergé introduit l'explosion comme point de départ de l'enquête. Des phénomènes similaires font l'objet de représentations graphiques spécifiques suivant qu'ils sont d'origine chimique ou physique. On distingue selon qu'ils se produisent à l'intérieur ou à l'extérieur des vignettes, sont vus ou seulement entendus. D'autres, non contemporains du récit, sont simplement signalés dans un phylactère.

Faire Boum

Entamant son récit « sur les chapeaux de roues² », Hergé lui-même semble prendre plaisir à jouer avec cette expression : dès la fin de l'*incipit* se produit une première explosion, celle de la voiture des Dupondt qui disparaissent derrière un gros nuage blanc, ne laissant visibles que leurs chapeaux emportés par le souffle et les roues de la voiture (page 1, case 10). À l'intérieur du nuage, des étoiles de toutes les couleurs sont accompagnées de petits traits centrifuges. Au centre, le lettrage de l'onomatopée « **BOUM** » est vibrant, tout comme les deux gros points d'exclamation figurant en lieu et place de la tête des Dupondt.

Le lecteur dispose de nombreux signes pour imaginer la violence du choc, la chaleur, la vapeur, les étincelles qui s'en dégagent, le bruit produit. Il est lui-même secoué,

¹ Patrice Hamel et Benoît Peeters, « Entretien avec Hergé », Minuit 25, septembre 1977, p. 7 (cité dans Peeters, B. (2002), p. 435).

² Groensteen, T. (2007), p. 22.

sonné, projeté au centre de la scène, qu'il vit sans la voir. Cette explosion initiale a une double valeur d'élément perturbateur à l'échelle de la page, et de prélude à toute l'histoire.

La surprise est d'autant plus grande pour les Dupondt que leur ton était celui de la bonne humeur et de l'insouciance. La succession des cases où retentit la chanson « quand vot' moteur fait boum » (p.1, c.8/9) puis de celle où l'explosion est représentée (c.10), figure une prémonition où le comique domine avec la force d'un big bang dramatique. Mais la proximité des deux « Boum » ne constitue aucunement une explication à l'évènement produit en cet instant.

La loi du récit

Que s'est-il passé ? C'est ce que les Dupondt, ainsi que le lecteur, veulent savoir.

L'exposé du résultat (l'explosion) a précédé celui de ses possibles causes. Il en est presque de même pour l'explosion suivante (p.2, c.12) représentée avec les mêmes codes graphiques. Celle-ci fournit cependant un premier indice, car elle a lieu juste après que les Dupondt ont tenté d'allumer une cigarette avec un briquet alimenté à la même pompe que la voiture (c.11). Si le lecteur comme les personnages se doutent que l'essence est ici pour quelque chose, l'interrogation subsiste, comme le montrent les deux gros points au-dessus des Dupondt (c. 13).

Afin de garder le lecteur en haleine devant les explosions qui suivent et confirment l'ampleur du problème, Hergé change de mode de représentation en situant les explosions à l'extérieur de la vignette : parfois le bruit est perçu par les personnages grâce à une onomatopée au lettrage épais et vibrant accompagné d'une série de traits parallèles indiquant sa propagation (p.3, c.9), parfois l'explosion est montrée à travers ses effets – ainsi celle du laboratoire de recherche de la société Speedol, (p.5, c.12). Le lecteur leur attribuant désormais une cause commune, ces explosions répétées suscitent moins sa surprise. Subsiste le sentiment de l'urgence : urgence à comprendre ce qui se passe, impatience d'entrer dans l'enquête.

Simultanéité, processus

Tandis que Tintin s'engage à percer le mystère, Hergé introduit des péripéties secondaires autour d'incidents liés à un transfert d'énergie mécanique, qui trouvent une explication immédiate. Cause et conséquence sont parfois simultanées, comme lorsqu'un coup de pied et la chute du personnage qui le reçoit sont dessinés sur la

même vignette (p.8, c.2), parfois exposées successivement selon un processus, lorsque les Dupondt gonflent un pneu (p.6, c.3/6) et que, non loin de là, le propriétaire de la voiture s'inquiète de la guerre qui « peut éclater d'un moment à l'autre » (c.6), suivant une métonymie si parfaite que l'instant d'après a lieu l'éclatement du pneu, aussitôt réduit à quelques morceaux de caoutchouc dispersés (p.6, c.7/8).

Il arrive aussi qu'une explication verbale à un phénomène inattendu – cigares et cigarettes explosives (p.38, c.11), poudre à éternuer (p.38, c.7), araignée sur ressort (p.39, c.13), etc. – soit donnée juste après qu'il s'est produit : les farces et attrapes d'Abdallah sont l'occasion pour l'émir de commenter la personnalité de son fils, et pour Hergé d'enrichir une gamme de variantes. Le système iconique qu'il utilise pour figurer dans un espace multisensoriel des effets, thermique, dynamique ou sonore – étoiles colorées pour les étincelles, lignes décrivant les mouvements, lettrage des onomatopées adapté à l'intensité des sons – s'apparente à une représentation modélisante des effets représentés.

Moteur

Un mystère demeure, par-delà l'affirmation ironique de Dupont : « Je comprends maintenant pourquoi on appelle ça un moteur à explosion ! » (p.2, c.2).

Cacher, suggérer, imager

Le moteur de la voiture du duo restera caché, hormis un unique ressort qui s'échappe du capot défoncé (p.2, c.1). Au lieu d'un exposé de l'engin, qui ruinerait le mystère requis par la logique narrative, Hergé privilégie un champ d'associations. Le « quand vot' moteur fait boum » des Dupondt, calqué sur le « quand votre cœur fait boum » de la chanson de Charles Trenet alors toute récente³, apparente la machine thermique à un organe vivant, orientant l'imaginaire de son fonctionnement vers le modèle physiologique : nommé en creux, l'organe palpitant de la machine humaine, qui pompe le sang des veines et le repousse vers les artères, devient le modèle subliminal des pistons d'un moteur thermique.

³ Charles Trenet, *Boum !*, chanson sortie en 1938.

Décomposition - généralisation

L'histoire intègre de multiples indices du fonctionnement d'un moteur. Le passage à la pompe (p.1, c.3) rappelle qu'il requiert du carburant ; l'explosion du briquet (p.2, c.12) suggère un allumage. Pour actionner les pistons d'un moteur, il faut aussi une surpression, telle qu'elle est illustrée par l'éclatement d'un pneu (p.6, c.8) ou un étouffement (p.38, c.7). Ailleurs, Tintin branche une prise électrique qui déclenche la rotation d'un ventilateur (p.42, c.8/10) : la transformation d'une source d'énergie en mouvement est envisagée le plus largement, dans son principe même.

Au cœur du moteur

On a souvent souligné combien Hergé, créateur de bandes dessinées, appuyait sa rhétorique de la page sur l'expressivité du multi-cadre, préféré au gaufrier rigide⁴. Dans *Tintin au pays de l'or noir*, détaillant l'intérieur du repaire du docteur Müller, il en joue pour figurer la circulation d'une case à l'autre comme entre autant de cellules, évoquant les diverses zones d'un moteur (p.48/54). Dans ce complexe souterrain, propice à l'explosion de bagarres bruyantes comme de fusées d'artifice, on pénètre par une trappe télécommandée. Plusieurs espaces se succèdent, traversés par d'énormes conduits et que relie les rails étroits d'un Decauville. Là se met en mouvement le petit Abdallah, dont la course s'accompagne d'un régulier « Tchouk-tchouk » imitant un bruit de rotation et d'échappement (p.52, c.7, 10), jusqu'à la pièce où se réfugie Tintin, remplie d'explosifs et qui se transforme en véritable chambre à combustion après qu'un garde a tiré au travers de la porte. À l'extérieur du bâtiment, une gerbe d'étincelles signale la combustion (p.53, c.13).

Carburant

Hergé fait faire à ses personnages le chemin inverse que parcourt le pétrole, matière première brute, pour être transformé en essence et utilisé dans un moteur thermique. Ainsi les mystères entourant l'« or noir » sont-ils préservés jusqu'au bout.

Un absent sous toutes ses formes

Le récit, qui débute à la pompe à essence (p.1, c.1), porte le lecteur à un pipe-line (p.25, c.2) au terme d'une traversée qui occupe une partie de l'album, sur mer (p.7-

⁴ Peeters, B. (1998), p. 62-65.

15), dans le désert (p.17-33), en pétrolier, en jeep, à cheval, à pied. Les principales étapes du processus de transformation du pétrole sont illustrées, mentionnées ou symbolisées : l'extraction et le raffinage, le stockage (container, citerne, jerrican), l'acheminement et le transport (pipe-line, pétrolier), la distribution (pompe à essence), l'utilisation (briquet, voiture, navire, aéronef). La matière première, le fameux « or noir », est au cœur de l'attention, mais il connaît plus d'avatars qu'il n'est montré.

Nourriture, aliment

Abandonné dans le désert, assoiffé, Tintin s'effondre dans une oasis où, enfin, il peut se désaltérer (p.23). Cependant le terme qu'il utilise est celui de « puits » (p.23, c.7), celui même qui prévaut pour désigner les réserves enfouies de pétrole. Apte à se remettre en mouvement, Tintin a bénéficié de l'équivalent d'un carburant.

Vers la fin du volume, l'absorption des comprimés utilisés par le docteur Müller pour falsifier le pétrole et augmenter le pouvoir détonant de l'essence, produit sur les Dupondt une quasi-immédiate et spectaculaire inflammation : le duo est pris de convulsions et produit d'importants échappements gazeux (p.59, c. 20 ; p.60, c.1-2) : l'hypothèse d'un corps humain non plus simplement moteur en son coeur (voir, supra. « Cacher, suggérer, imager ») mais rendu explosif comme peut l'être l'essence elle-même, renvoie à l'interrogation initiale de l'album, qui porte sur la distinction entre machine et carburant.

Mise en abyme

On l'a dit, le pétrole est dissimulé. Sa présence n'est que suggérée par la représentation de réservoirs, ou par celle de phénomènes liés à la combustion : fumée, explosion, incendie. Au moment critique où il pourrait jaillir, lors du sabotage des pipe-lines par les rebelles hostiles à l'émir, la nuit l'invisibilise (p.25, c.2-5).

Finalement, la seule image où le lecteur croit voir « l'or noir » est celle montrant le docteur Müller sur le point d'être capturé, qui tente de se suicider avec un revolver. Au lieu de la détonation mortelle attendue, c'est une giclée de matière noire qui se répand, aussi noire que du pétrole, venant couvrir tout son visage. Du pétrole ? Le facétieux Abdallah révèle qu'il s'agit d'une arme factice lui appartenant, qu'il avait chargée d'encre (p. 59, c.12-13). Müller aura la vie sauve : le carburant du dessinateur laisse à celui-ci la haute main sur le destin de ses personnages.

Mystère et médiatisation

Contrairement à ce qui se pratique souvent en sciences à l'école, où les expériences viennent vérifier la théorie, dans *Tintin au pays de l'or noir*, les phénomènes sont exposés sur le mode de l'enquête : c'est le propre de la fiction, causes et phénomènes sont inversés. D'autres formes de médiation, répétition, analogie, métaphore, décomposition, généralisation, servent elles aussi le récit.

De fait, l'œuvre d'Hergé montre que la tension narrative est sujette à diminuer lorsqu'un contenu scientifique est exposé de façon plus didactique. C'est ce qui se passe dans le diptyque sur la Lune. Dès le début du premier volume publié en 1953, *Objectif Lune*, un plan de la future fusée occupe une page entière, interrompant le récit (p.35). Dès lors l'aventure techno-scientifique perd de sa puissance dramatique.

Dans la direction inverse, avec *L'affaire Tournesol* publié en 1956, Hergé soumet aux règles du suspense le fait même de la circulation des savoirs. Plusieurs cases y coïncident, à pleins bords, avec l'écran d'une télévision située à l'intérieur du récit, sur laquelle passent des images. Plaçant son lecteur à la fois en surplomb par rapport à ses personnages et à la même distance qu'eux devant une expérience filmée (p.51, c.10, 13-14 ; il s'agit d'une assemblée de militaires assistant à la simulation d'une destruction urbaine au moyen d'un dispositif à ultrasons télécommandé), Hergé franchit une étape et scénarise tout ensemble la médiatisation et la question de l'artifice comme ressource éducative.

Bibliographie

- Hamel, P., & Peeters, B. (1977). « Entretien avec Hergé », *Minuit*, 25, p.7
- Hergé. (1950). *Tintin au pays de l'or noir*, Casterman. (Réédition 1977)
- Peeters, B. (1998). *Lire la bande dessinée*, Champs, Paris, Flammarion.
- Peeters, B. (2002). *Hergé fils de Tintin*, Grandes Biographies, Paris, Flammarion.
- Groensteen, T. (2007). *La bande dessinée mode d'emploi*. Les Impressions nouvelles.

La bande dessinée pour enseigner les représentations de l'atome en fin de cycle 4

Paul Michelet (1), Sophie Canac (2)

(1) LDAR, (2) Univ Paris Est Creteil, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Univ Lille, Univ Rouen, LDAR, 94010 Creteil, France

Introduction

En chimie, la multiplicité des signes - représentations symboliques, iconiques, graphiques, mathématiques (Talanquer, 2022) - ou les différents niveaux de langage (Jacob, 2001) peuvent induire des difficultés de compréhension chez les élèves et une charge cognitive importante pour passer d'une représentation à une autre (Gilbert & Treagust, 2009 ; Taskin & Bernholt, 2014). Un défi supplémentaire pour l'enseignement de la chimie est d'amener les apprenants à penser au niveau submicroscopique (imaginer ce qui arrive aux particules des substances) afin d'expliquer les phénomènes au niveau macroscopique (ce que l'on observe dans le laboratoire), et d'utiliser des symboles scientifiques pour décrire cela. La compréhension des phénomènes chimiques exige que les individus s'engagent simultanément dans les trois niveaux – macroscopique, submicroscopique et symbolique – et passent avec fluidité de l'un à l'autre (Taber, 2013). Au niveau submicroscopique, le modèle atomique joue un rôle central et est souvent introduit très tôt dans les cursus de sciences. Concept abstrait et non observable, ce dernier est expliqué à l'aide de plusieurs représentations, chacune n'élaborant qu'une fraction des attributs (Harrison & Treagust, 2000). Certaines représentations du modèle atomique sont à visée uniquement illustratives, quand d'autres ont une réelle fonction de modèle. Le plus simple et le plus concret d'entre eux décrit l'atome comme une simple particule, tandis que le plus sophistiqué et le plus abstrait s'inscrit dans un contexte probabiliste quantique.

Cette étude s'intéresse à l'enseignement et l'apprentissage du modèle atomique. Nous proposons d'élaborer une ressource en bande dessinée utilisable en classe en fin de cycle 4 en France. Celle-ci devra être porteuse de savoirs et donner du sens aux différentes représentations de l'atome et à leurs limites respectives. Nous présentons dans un premier temps les recherches déjà menées autour des représentations de

l'atome proposées par les élèves puis les raisons qui nous amènent à proposer une ressource sous forme de bande-dessinée. Enfin, pour pouvoir élaborer la ressource pilote, nous analysons les pratiques ordinaires des enseignants en fin de cycle 4 sur le modèle de l'atome.

Contexte de la recherche

L'atome : les représentations que s'en font les élèves

De nombreuses représentations sont produites par les étudiants interrogés sur l'atome (Park & Light, 2009). Cokelez et Dumon (2005) indiquent que les élèves produisent souvent quatre catégories de modèle : la sphère, le système solaire, l'atome électriquement neutre et l'atome comme noyau entouré d'électrons (Figure 1)

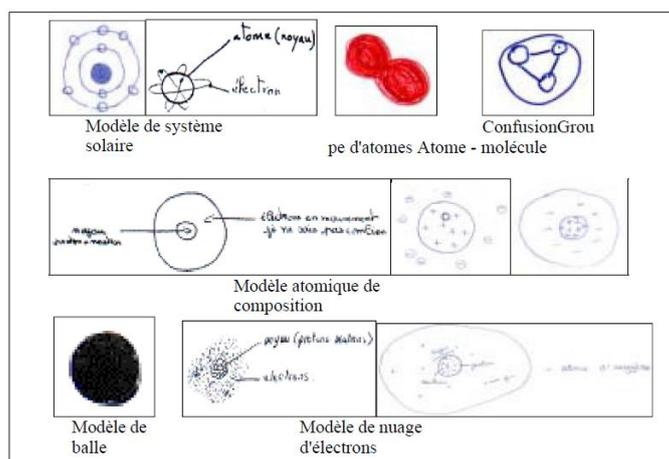


Figure 1 Exemples de diagramme d'atomes dessinés par les élèves (Cokelez & Dumon, 2005, p.124)

Les élèves semblent choisir préférentiellement les modèles d'atomes qui sont facilement visualisables (Harrison & Treagust, 2000). Pour Justi et Gilbert (2000), une telle variété de représentations pourrait résulter de l'absence de lien entre représentations écrites et picturales dans la présentation du modèle de l'atome. Un des objectifs de la ressource sera de proposer ces liens.

La bande dessinée pour enseigner les sciences et l'invisible

La bande dessinée est décrite comme ayant un grand potentiel en ce qui concerne l'engagement dans les apprentissages d'un public diversifié, notamment en ce qui concerne la communication d'informations scientifiques (Negrete, 2013). Médium peu utilisé en classe, elle peut susciter la motivation des élèves et transmettre des savoirs de manière efficace (Tatalovic, 2009) en favorisant, dans des sujets difficiles, la mémorisation et la compréhension lorsque l'image et le texte se complètent (Murakami & Bryce, 2009). Plusieurs études montrent que la présentation d'informations scientifiques par le biais d'histoires, de romans, de bandes dessinées et de pièces de théâtre est un outil efficace de transmission des connaissances scientifiques qui devrait être adopté à la fois par les professeurs de sciences et les communicateurs (Maron et al., 2019; Matuk et al., 2021; Negrete & Lartigue, 2004; Tatalovic, 2009).

Les ouvrages scolaires proposent en général de nombreux éléments relevant du niveau submicroscopique souvent juxtaposés avec ceux relevant du macroscopique. Han et Roth (2006) montrent que la difficulté à comprendre la nature particulière de la matière pour les élèves dans les ouvrages coréens peut résulter des différents processus de sémiose (interprétation et création de sens) entre les « inscriptions » chimiques (tout ce qui n'est pas texte) décrivant des modèles macroscopiques et des modèles basés sur des particules submicroscopiques. La bande dessinée permet de concrétiser les concepts scientifiques abstraits par la visualisation en favorisant leur compréhension par l'intégration des mots et des images (Matuk et al., 2021). Elle peut permettre de représenter de l'invisible en recourant à des univers fictifs « non asservis par les contraintes de notre monde réel » (Bordenave & de Hosson, 2022, p.114). Farinella (2018) dégage trois pistes d'investigation pour promouvoir la communication scientifique au travers de la bande dessinée, et qui devront guider l'élaboration de la ressource : la recherche du visuel, la recherche du narratif et la recherche des métaphores.

Questions de recherche

Suivant le constat selon lequel les élèves éprouvent des difficultés quant aux représentations des modèles de l'atome, nous voulons élaborer une ressource à destination des enseignants qui, selon son utilisation, devra favoriser la compréhension du monde submicroscopique en faisant appel à l'imaginaire du lecteur, ce que pourrait permettre la bande dessinée. Pour son élaboration, en suivant une méthodologie proche de celle du modèle de reconstruction didactique (Model of Educational Reconstruction) (Duit, 2007; Duit et al., 2012) repris par Canac et

Kermen (2019), nous étudions les pratiques ordinaires des enseignants et les ressources dont ils disposent en répondant aux deux questions : quelles sont les différentes représentations de l'atome présentes dans les ouvrages scolaires de cycle 4 et quels sont les choix des enseignants quand ils doivent représenter le ou les modèles de l'atome ?

Méthodologie

Analyse des ouvrages scolaires

Nous analysons 4 manuels scolaires de cycle 4 en reprenant la méthodologie décrite par Négrier et Kermen (2011). Nous identifions à partir du programme et des ressources officielles des catégories a priori telles que : modèle planétaire, modèle de la sphère dure, modèle particulaire figé, atome crochu, représentation symbolique ou modèle « pain aux raisins ». Les autres catégories - modèle figé (modèle planétaire sans orbitales avec des électrons figés), noyau seul ou modèles particuliers avec mouvement - se construisent dans une démarche inductive au fur et à mesure des allers-retours entre catégories a priori et analyse des représentations dans les ouvrages. Pour chacun de ces modèles, nous distinguons les représentations en trois dimensions (3D) ou en deux dimensions (2D). L'ensemble des catégories est donné dans le tableau en annexe 1.

Entretien avec deux enseignants

Pour avoir accès à leurs choix, nous interrogeons deux enseignants sur leurs pratiques. A est une professeure contractuelle qui dira lors de l'interview être « biologiste ». Elle enseigne la physique et la chimie depuis 7 ans. B est un professeur chevronné et formateur à l'INSPE. Les deux enseignants nous ont envoyé les documents qu'ils utilisent pour la séquence sur l'atome en 3^e. Après analyse de ces derniers, nous avons élaboré un guide d'entretien (Annexe 1) comportant des questions permettant de définir les modèles qu'ils privilégient et leurs limites (Q1 à Q5) et l'ensemble des représentations données aux élèves et pour quoi (Q6 à Q12).

Résultats

Ouvrages scolaires

Dans les quatre ouvrages étudiés, on compte 387 représentations prenant des formes très différentes (Annexe 2). Chaque ouvrage propose au moins 9 représentations différentes, ce que nous pouvons appeler un déluge sémiotique. Les représentations majoritaires sont les modèles particuliers et moléculaires. Les électrons sont représentés figés – seulement 4 représentations sur 387 indiquant un mouvement – et en général dans le même plan que le noyau. L'ensemble des règles liées aux différents types de représentations ne sont énoncées que très succinctement et les domaines de validité pas du tout. Point commun, les 4 ouvrages proposent dans le chapitre sur l'atome des activités documentaires et une approche historique. En conclusion, nous dirons que les ouvrages suivent le programme en ceci qu'il n'est spécifié dans ce dernier aucune règle concernant les représentations et que chaque ouvrage propose une représentation différente dans leur bilan (Figure 2). Les choix sont donc intégralement à la charge de l'enseignant.

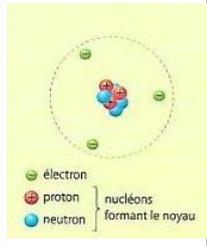
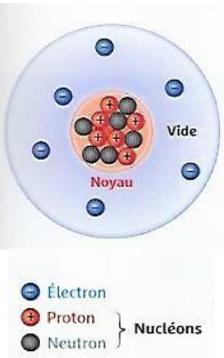
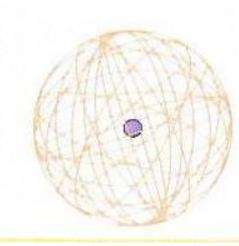
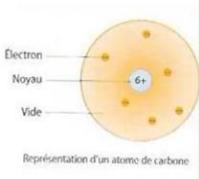
Bordas (2017)	Belin (2017)	Magnard (2017)	Hatier (2017)
 <p>électron proton } nucléons neutron } formant le noyau</p>	 <p>Électron Proton } Nucléons Neutron</p>		 <p>Électron Noyau Vide Représentation d'un atome de carbone</p>

Figure 2 Représentations de l'atome dans le bilan des ouvrages de cycle 4

Ce que disent deux enseignants

Les stratégies et le discours des deux interviewés sont très différents. Si les deux s'accordent sur la description d'un atome électriquement neutre constitué d'un noyau central, contenant des protons et des neutrons, autour duquel se meuvent des électrons, leurs avis divergent sur la représentation à donner et leurs objectifs. Pour A, « la base »

est la case du tableau périodique contenant les informations utiles aux élèves pour résoudre les problèmes. B souhaite montrer l'évolution des « représentations » en lien avec la notion de modèle, terme jamais utilisé par A. Si les deux enseignants disent que la partie non textuelle de leurs documents est à visée principalement illustrative, A envisage ces représentations pour pouvoir répondre aux questions des exercices tandis que B les considère comme nécessaire pour expliquer une évolution historique des modèles.

Conclusion : la ressource pilote

La ressource que nous proposons doit être pertinente et respectueuse vis à vis des pratiques communes des enseignants. La bande dessinée doit s'emparer des différentes représentations et de l'aspect historique important pour l'enseignant B, de même que l'approche documentaire communément proposée dans les ouvrages et utilisée par les deux enseignants. Liant les considérations de Raux (2019) qui fait état de la faible prise en compte de l'image au profit du texte, et de Bordenave (2016) qui rapporte des exemples de bandes dessinées où les protagonistes sont les objets de savoirs eux-mêmes, nous imaginons une discussion entre atomes qui seront représentés différemment au fil de l'histoire, le narratif expliquant le visuel (Figure 3).



Fig 3 Extrait de la bande dessinée montrant l'évolution des représentations

En nous inspirant des travaux de de Hosson (2011), un des personnages est la garantie scientifique du récit et un autre personnage fait avancer l'histoire avec ses questions (Figures 3 et 4). Enfin, l'usage de l'humour nous paraît indispensable pour amener les élèves à s'emparer de la bande dessinée. L'un des protagonistes se devra donc d'être

le rigolo (Figure 4). Pour faire comprendre aux élèves qu'il s'agit de représentations multiples du même personnage au cours de l'histoire, nous utilisons la coloration des bulles. Pour faire évoluer la ressource, dans le cadre proposé par Canac et Kermen (2019), et évaluer son effet sur les élèves, la Bande Dessinée devra être testée en classe.

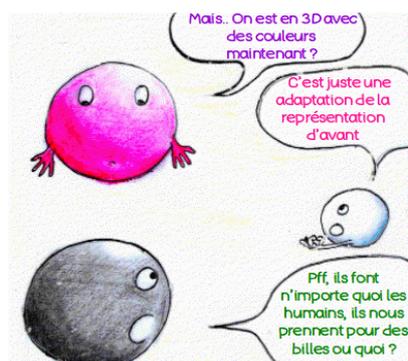


Fig 4 Extrait de la bande dessinée

Bibliographie

- Bordenave, L. (2016). Les arcanes du récit de science en bande dessinée. *Telling Science, Drawing Science*.
- Bordenave, L., & de Hosson, C. (2022). Les savoirs de sciences au risque de la bande dessinée. In *Approches sémiotiques en didactique des sciences, Londres, ISTE Éditions* (p. 93-138).
- Canac, S., & Kermen, I. (2019). Appropriation par des enseignants d'une ressource fondée sur l'histoire des sciences. *congrès AREF*. <https://hal.science/hal-02883137/>
- Cokelez, A., & Dumon, A. (2005). Atom and molecule : Upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3), 119-135.
- de Hosson, C. (2011). Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje : Una reconstrucción didáctica basada en diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(1), 115-126.

-
- Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally : Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-15.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction—A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Éds.), *Science education research and practice in Europe* (p. 13-37). SensePublishers.
- Farinella, M. (2018). The potential of comics in science communication. *Journal of science communication*, 17(1), Y01.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education* (Springer, Vol. 4). Springer.
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8872-8_1
- Han, J., & Roth, W.-M. (2006). Chemical inscriptions in Korean textbooks : Semiotics of macro-and microworld. *Science education*, 90(2), 173-201.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds : A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Jacob, C. (2001). Analysis and synthesis. *Hyle: An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 7, 31-50.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models : Some challenges in the case of « the atom ». *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009. <https://doi.org/10.1080/095006900416875>
- Maron, V., Bordenave, L., & Govin, B. (2019). Co-construction et expérimentation d'une bande dessinée numérique pour la classe : Les Grandiloquents, épisode sur la gravitation. *Tréma*, 51.
- Matuk, C., Hurwich, T., Spiegel, A., & Diamond, J. (2021). How do teachers use comics to promote engagement, equity, and diversity in science classrooms? *Research in Science Education*, 51(3), 685-732.
- Murakami, S., & Bryce, M. (2009). Manga as an educational medium. *The international Journal of the Humanities*, 7(10), 47-55.

Negrete, A. (2013). Constructing a comic to communicate scientific information about sustainable development and natural resources in Mexico. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, 200-209.

Negrete, A., & Lartigue, C. (2004). Learning from education to communicate science as a good story. *Endeavour*, 28(3), 120-124.

Négrier, M., & Kermen, I. (2011). Quelle adéquation entre intentions didactiques d'un programme de chimie et des manuels scolaires? *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 4, 163-194.

Park, E. J., & Light, G. (2009). Identifying Atomic Structure as a Threshold Concept : Student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31(2), 233-258. <https://doi.org/10.1080/09500690701675880>

Raux, H. (2019). Ce que les blogs d'enseignants disent de la lecture de bandes dessinées à l'école. *Tréma*, 51.

Talanquer, V. (2022). The Complexity of Reasoning about and with Chemical Representations. *JACS Au*, 2(12), 2658-2669. <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c00498>

Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae : A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.744492>

Tatalovic, M. (2009). Science comics as tools for science education and communication : A brief, exploratory study. *Journal of Science Communication*, 8(4), A02.

Annexe 1: Guide d'entretien avec les enseignants

N°	Enseignant 1	Enseignant 2
Q1	Pourriez-vous schématiser un atome tel qu'un élève de troisième devrait le représenter en classe ?	

Q2	Pourriez-vous schématiser un atome tel qu'il est pour vous ?	Pouvez-vous décrire le schéma que vous avez réalisé ?
Q3	Pour vous, qu'est-ce qu'un atome ?	Quel serait la principale différence entre ce qu'est l'atome et ce schéma ?
Q4	Quelles sont les principales différences entre l'atome tel qu'il est vu par les élèves et l'atome tel que vous le concevez ?	Qu'est-ce qu'un atome pour un élève de troisième ?
Q5	Quelles sont les principales difficultés rencontrées par les élèves sur ce chapitre ?	
Q6	Quelles sont les principales représentations que vous utilisez en classe pour enseigner la notion d'atome et comment expliquez-vous aux élèves qu'on représente l'atome de différente manière ?	
Q7	Utilisez-vous d'autres ressources (au sens large) ?	
Q8	Quelles sont les fonctions des représentations que vous utilisez ?	
Q9	Comment expliquez-vous aux élèves la nécessité de représenter l'atome de différentes manières ?	
Q10	Les élèves sont-ils amenés à choisir la meilleure représentation à utiliser ?	
Q11	Utilisez-vous des modèles moléculaires ? Comment expliquer aux élèves qu'on représente l'atome de différente manière ?	
Q12	Quelles représentations favoriseraient une meilleure compréhension du concept d'atome pour les élèves ?	
Q13	Si l'on imagine une BD à destination des élèves, qu'est-ce qu'il faudrait y voir figurer pour favoriser la compréhension du concept d'atome par les élèves ?	

Annexe 2: représentation des atomes dans les ouvrages scolaires

	Bordas	Belin	Magnard	Hatier	Total
Modèle particulaire figé	31	15	6	48	100
Modèle particulaire avec idée de mouvement	1	0	0	3	4
Atomes crochus	0	0	1	0	1
Sphère 3D	15	25	37	47	124
Disque 2D	1	3	10	0	14
Pain au raisin	0	0	1	1	2
Figé 2D, sans orbitales	7	0	0	5	12
3D, Figé, sans orbitales	12	11	0	0	23
Planétaire 3D		3	1	0	4
A_zX	14	1	0	11	26
zX avec ou sans nom	3	5	2	0	10
Planétaire 3D avec idée de mouvement des électrons		3	0	1	4
Noyau seul 3D	2	7	3	13	25
Noyau seul 2D	0	0	7	0	7
Autre(s) ou inclassables	0	0	21	10	31
Total	86	73	89	139	387

Conception et utilisation d'un dialogue historique reconstruit sur la circulation sanguine

Maud Pelé

Univ Paris Est Creteil, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-94010 Creteil, France

Introduction

Cette communication présente la conception et l'utilisation en classe d'un dialogue de la controverse entre William Harvey (1578-1657), médecin anglais qui démontre la circulation sanguine en 1628, et Jean Riolan (1577-1657), qui défend le modèle irrigateur admis à l'époque. Elle a été conçue pour favoriser la problématisation d'élèves de cycle 4 sur la circulation sanguine.

Cadre théorique et problématique

Le cadre de la problématisation et ses aides

Le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation s'intéresse à ce qui se déroule entre le positionnement et la résolution d'un problème, afin d'identifier les raisons qui contraignent les solutions retenues (Fabre 1999 ; Orange 2005). En articulant et en mettant en tension des éléments du registre empirique et des modèles explicatifs, les élèves explorent le champ des possibles et dégagent un savoir apodictique. Fabre et Musquer (2009) définissent les inducteurs de problématisation comme des aides bien spécifiques. Ceux-ci ont pour objectifs d'engager l'activité de problématisation des élèves (dimension cognitive) en développant une argumentation (dimension argumentative) en lien avec les savoirs travaillés (dimension épistémique). Cependant, ces inducteurs proposés par l'enseignant ne sont que des inducteurs potentiels. Il est nécessaire que l'élève s'en empare et l'utilise pour positionner, construire ou résoudre le problème. Ce n'est qu'à cette condition qu'un inducteur potentiel devient un inducteur réel en classe faisant levier à la problématisation.

Problématique et questions de recherche

Plusieurs études (Guedj 2005 ; Monk & Osborne 1997) montrent l'intérêt de travailler sur les controverses historiques avec les élèves mais aussi les difficultés posées par les enseignants pour travailler sur des documents historiques. Notre recherche s'intéressant à la problématisation de la circulation sanguine chez des élèves de cycle 4, nous avons fait le choix de construire un dialogue basé sur la controverse historique entre circulateurs et irrigateurs. Ce dialogue est pensé comme un inducteur potentiel de problématisation. Notre problématique vise donc à comprendre comment il participe au développement de la problématisation des élèves. Elle se décline en deux questions de recherche :

- QR1 : quels sont les choix didactiques et épistémologiques qui sous-tendent la conception d'un dialogue historique comme inducteur potentiel de problématisation ?
- QR2 : quelles traces d'une transformation du dialogue d'inducteur potentiel en inducteur réel peut-on analyser dans les classes ?

Méthodologie mise en œuvre

De Hosson (2011) définit une reconstruction didactique comme « une séquence d'enseignement conçue sur la base d'informations historiques explicites » (p. 34). Elle est basée sur une enquête didactique ayant pour but d'analyser les obstacles des élèves et une enquête historique correspondant à une analyse épistémologique de textes historiques. Cette dialectique entre didactique et histoire des sciences a permis de sélectionner les matériaux historiques les plus favorables pour développer une problématisation des élèves sur la circulation sanguine. Puis ils ont été organisés sous forme d'un dialogue historique reconstruit qui a été présenté à deux enseignantes de cycle 4. Les séances de classe utilisant le dialogue ont été observées, filmées et transcrites. À partir de ces verbatims, nous avons repéré les moments où les différentes parties du dialogue ont été présentées par les enseignantes aux élèves. Nous avons ensuite analysé les réactions des élèves afin de déterminer comment ils s'emparaient ou non de l'inducteur proposé. Nous avons notamment analysé comment les interactions langagières autour de l'inducteur conduisaient au positionnement, à la construction ou à la résolution du problème en jeu.

La conception du dialogue

L'apport de la double enquête didactique et historique

La double enquête (Pelé 2023) révèle, dans la sphère historique comme chez les élèves, la présence d'un modèle irrigateur basé sur une analogie avec l'irrigation des cultures et reposant sur la nécessité d'apporter la nourriture aux organes. Si cet obstacle de l'analogie par irrigation est présent dans les deux communautés, il n'est qu'analogie compte-tenu des contextes et des cadres conceptuels différents dans lesquels il s'exprime. L'analyse de la problématisation menée par Harvey pour démontrer la circulation sanguine et dépasser l'obstacle de l'irrigation permet de déterminer les nécessités établies. Une nécessité est définie comme « un construit nouveau sur la base d'un raisonnement actuel, alors qu'une contrainte serait un déjà-là convoqué dans un tel raisonnement » (Lhoste & Peterfalvi 2009, p. 81). L'espace de contraintes-nécessités de la figure 1 synthétise la problématisation menée par Harvey (Pelé 2023).

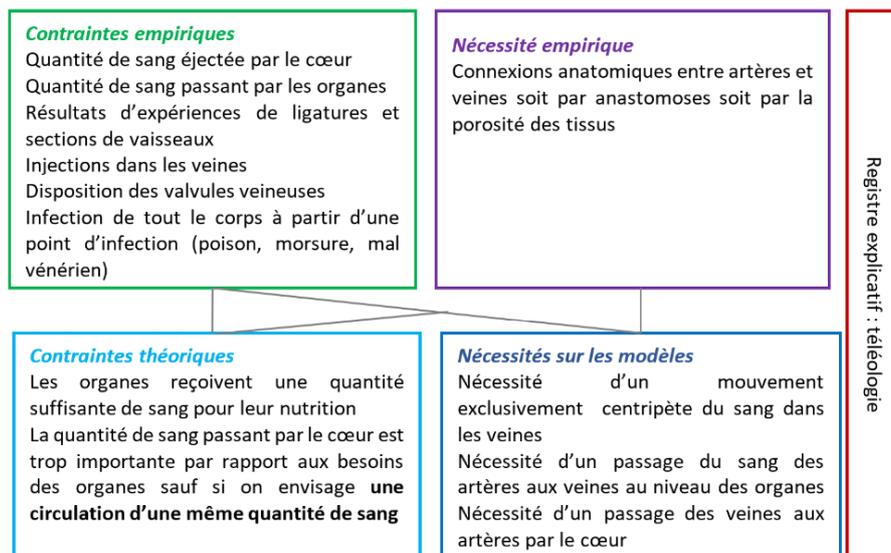


Figure 1 : Espace contraintes-nécessités de la problématisation de Harvey sur la circulation sanguine

Dans les programmes, la circulation sanguine est présentée comme une fonction nutritive systémique dont l'organisation permet d'assurer en permanence et

simultanément l'apport de dioxygène et de nutriments aux cellules constituant les organes. Cette compréhension de la circulation sanguine est éloignée de celle de Harvey où un certain nombre d'aspects fonctionnels ne sont pas encore compris. Le rôle nutritif du sang est commun dans la sphère historique comme dans les programmes. Par ailleurs, la problématisation de Harvey témoigne des nécessités que les élèves doivent établir pour construire un savoir raisonné sur la circulation sanguine : la nécessité d'un retour du sang par les veines, la nécessité d'une mise en mouvement du sang par le cœur, et celle d'un passage du sang des artères aux veines. Les éléments historiques ayant permis de construire ces nécessités nous semblent donc intéressants à sélectionner car nous pouvons émettre l'hypothèse qu'ils pourront jouer le même rôle d'inducteur de problématisation chez les élèves. Il s'agit de la prise en compte de la quantité de sang éjectée par le cœur, montrant l'impossibilité d'une accumulation du sang dans les organes, et des expériences de ligatures et de sections de vaisseaux montrant le sens de circulation dans les veines et les artères.

Le choix d'un dialogue historique reconstruit

Le choix de présenter la controverse sous forme d'un dialogue historique reconstruit permet une liberté d'adaptation du savoir historique en occultant certains aspects du contexte historique non pertinents pour les élèves comme le rôle prépondérant donné au foie à l'époque de la découverte de la circulation sanguine. Pour concevoir notre dialogue, nous avons sélectionné et analysé quatre sources primaires :

- L'ouvrage de Harvey, *De motus cordis* (1628) ainsi que ses *Deux dissertations anatomiques* (1649) adressées à Riolan ;
- Les publications de Riolan, *Les Œuvres anatomiques* (1629) et le *Manuel anatomique et pathologique* (1661) contenant un discours de Riolan remettant en cause la circulation proposée par Harvey.

La contemporanéité des deux médecins du XVII^e siècle et leurs échanges permettent de trouver des extraits pertinents sur la controverse entre circulateurs et irrigateurs en mettant en perspective les différents points de vue et l'importance des débats entre pairs. Cela permet aux élèves de se questionner sur ce qu'implique un modèle circulateur ou un modèle irrigateur et de réfléchir à leur propre modèle explicatif. Par ailleurs, la réflexion sur les arguments développés pour valider ou invalider un modèle est au cœur d'une problématisation. Il ne s'agit pas de rechercher la bonne solution mais de déclencher la recherche de raisons par les élèves par le biais d'inducteurs potentiels de problématisation dont l'une des caractéristiques est la fonction argumentative.

Nous avons fait le choix de conserver les protagonistes de l'époque et non de partir sur une fiction complète afin de rendre l'information historique visible pour les élèves. Le dialogue est construit en se référant aux trois rôles discursifs (Orange, Lhoste & Orange Ravachol, 2008) portés par les trois protagonistes :

- Harvey, proposant une thèse ;
- Riolan, la réfutant et en proposant une autre ;
- le médiateur qui joue le rôle de tiers prenant en charge la problématique et assurant la régulation des échanges.

La sélection des extraits ayant servi de base à l'écriture du dialogue s'est portée sur leur potentiel de problématisation. Pensés comme des inducteurs de problématisation potentiels et devaient donc répondre à la triple fonction cognitive, épistémique et argumentative. Le tableau 1 présente pour chaque partie du dialogue en quoi elle est un inducteur potentiel c'est-à-dire comment elle permet aux élèves de développer leur problématisation en les amenant à positionner, de construire ou de résoudre le problème. L'ensemble du dialogue est consultable dans l'annexe 1.

Partie du dialogue	Contenu	Inducteur potentiel
1	Le médiateur précise le sujet, les mouvements du sang. Riolan expose le modèle irrigateur et Harvey le réfute et propose un modèle circulateur.	Positionnement du problème : les élèves peuvent identifier le problème discuté et les deux solutions en discussion.
2	Harvey expose le calcul de la quantité de sang éjectée par le cœur pour réfuter le modèle irrigateur.	Construction du problème : les élèves peuvent à partir du calcul effectué établir l'impossibilité du modèle irrigateur.
3	Riolan propose le modèle de flux et de reflux. Harvey expose les résultats d'expériences de sections de veines et d'artère. Explication sur les valvules veineuses.	Construction et résolution du problème : les élèves peuvent établir le sens des mouvements du sang dans les vaisseaux sanguins et construire la nécessité d'un mouvement à sens unique dans les vaisseaux sanguins.
4	Discussion entre Harvey et Riolan à propos du problème du passage du sang par les poumons. Réfutation de la présence de pores dans la paroi interventriculaire.	Construction et résolution du problème : les élèves peuvent construire la nécessité d'un sens unique du sang dans le cœur.

5	Riolan interpelle Harvey sur le problème du passage du sang des artères aux veines. Harvey propose des hypothèses mais admet qu'il n'a pas encore la solution.	Positionnement d'un nouveau problème : comment s'effectue la communication artérioveineuse ?
---	---	--

Tableau 1 – Les inducteurs potentiels de problématisation présent dans le dialogue

L'utilisation du dialogue : de l'inducteur potentiel à l'inducteur réel en classe

Les deux enseignantes ont été libres d'utiliser le dialogue comme elles le souhaitent, la seule demande étant d'observer un débat problématisant en classe. Le tableau 2 résume les modalités pédagogiques choisies par chacune.

Enseignante	Modalités de travail des élèves	Partie du dialogue utilisée
P1	Débat collectif autour d'un recueil de conception des élèves et du dialogue	Parties 2, 3 et 5 pour construire et résoudre le problème
P2	Alternance de débat collectif et de travail de groupe puis réalisation d'une maquette de la circulation établie.	Partie 1 pour positionner le problème et partie 2 construire et résoudre le problème

Tableau 2 : modalités d'utilisation du dialogue dans deux classes de cycle 4

Les choix différents réalisés par les deux enseignantes intègrent des problématisations de la circulation des élèves (Pelé 2023). Le dialogue, tout en permettant un travail sur les différents modèles des mouvements du sang, peut s'envisager dans une pluralité d'utilisation. Mais a-t-il joué son rôle d'inducteur ? Sans visée l'exhaustivité, nous présentons quelques situations où certaines parties du dialogue ont pu favoriser le développement de la problématisation des élèves.

Dans la classe de P2, la partie 1 du dialogue joue le rôle d'inducteur de positionnement du problème. À partir de celui-ci, plusieurs élèves formulent le problème de la séance « quel est le trajet du sang dans le corps ? » (occ. 52, 57, 66, 67, 73, 77, 79). Mais c'est aussi un inducteur de construction de problème quand les élèves identifient deux solutions possibles :

-
- « Harvey il pense que euh / que le sang il est expulsé du cœur les artères et est conduit jusqu'aux organes et ensuite il repart dans les veines » (Arwen, occ. 39) ;
 - « si j'ai bien compris euh je pense que lui [Riolan] euh il pense que le sang ne revient pas au cœur » (Clément, occ. 41).

Dans la classe de P1, après une phase de débat autour de trois modèles issus d'un recueil de conceptions, l'enseignante leur propose la partie 3 du dialogue correspondant aux expériences de sections de veines et d'artères. Elle leur demande : « alors si on coupe une artère donc ça c'est une artère si je coupe une artère hop le sang va sortir de quel côté ? trouvez-moi l'info dans le texte oui Enora » (S2, occ. 33). Les élèves vont ainsi déterminer « le chemin qu'emprunte le sang » (Adam, S2, occ. 40) et après avoir identifié que « les veines elles servent à aller vers le cœur » (Yacine, S2, occ. 46), Djuba invalide le modèle aller-retour, « le sang il peut pas faire un aller-retour dans heu dans la même dans le même tuyau » (S2, occ. 52). Le dialogue joue ici le rôle d'inducteur de construction du problème en permettant aux élèves d'établir la nécessité d'un sens unique de déplacement du sang dans les vaisseaux. Mais c'est également un inducteur de résolution du problème car il conduit les élèves à invalider le modèle aller-retour.

Conclusion

Basé sur deux enquêtes didactique et historique, le dialogue conçu joue son rôle d'inducteur classe avec les élèves en leur permettant de développer leur argumentation et de construire des nécessités. Les deux séances analysées sont très différentes et montre que tout en visant des objectifs didactiques précis, le dialogue laisse une liberté pédagogique aux enseignantes dans son utilisation. Mais le choix du moment où l'enseignant propose l'inducteur est crucial : il doit résonner avec l'activité cognitive des élèves. C'est une condition indispensable pour devenir un inducteur réel faisant levier à la problématisation des élèves.

Bibliographie

- de Hosson, C. (2011). L'histoire des sciences : Un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique. [Habilitation à diriger des recherches, Université Paris Diderot].
- Fabre, M. (1999). Situations-problèmes et savoir scolaire. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.fabre.1999.01>

-
- Guedj, M. (2005). Utiliser des textes historiques dans l'enseignement des sciences physiques en classe de seconde des lycées français : Compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 26(1), 75-95.
- Harvey, W. (1628). *La circulation du sang : Des mouvements du cœur chez l'homme et chez les animaux*. Traduction par C. Richet, Paris: G. Masson.
- Harvey, W. (1649). *Deux dissertations anatomiques sur la circulation du sang*. Traduction par C. Richet, Paris: G. Masson.
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : L'exemple du concept de nutrition. *Aster*, (49), 79-108. <https://doi.org/10.4267/2042/31130>
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum : A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation - pour l'Ère nouvelle*, 38(3), 69-94.
- Orange, C., Lhoste, Y., & Orange Ravachol, D. (2008). Argumentation, problématisation et construction de concepts en classe de sciences. Dans *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage* (INRP, pp. 75-116). Lyon.
- Pelé, M. (2023). *Pratiques enseignantes et problématisation de la circulation sanguine via l'histoire des sciences* [Thèse de doctorat, Université Paris Cité].
- Riolan, J. (1629). *Les Œuvres anatomiques*. Paris: Denys Moreau.
- Riolan, J. (1661). *Manuel anatomique et pathologique, ou Abrégé de toute l'anatomie et des usages que l'on en peut tirer pour... La guérison des maladies*. Paris: Gaspar Metvras.

Annexe

DIALOGUE FICTIF ENTRE WILLIAM HARVEY ET JEAN RIOLAN

William Harvey est un médecin anglais du 16^{ème} siècle qui a travaillé sur le trajet du sang dans l'organisme. Jean Riolan, médecin français, était l'un de ses principaux opposants. Basé sur leurs livres où ils se citent mutuellement, ce dialogue imagine une rencontre entre ces deux grands médecins pour discuter de leurs conceptions du mouvement du sang dans l'organisme.

1^{ère} partie

Médiateur : Nous sommes réunis aujourd'hui pour parler du sang et de son mouvement dans l'organisme.

Riolan : Le sang, ce liquide présent dans tous les vaisseaux du corps humain, nourrit en permanence les organes. Il est absolument indispensable à leur fonctionnement.

Harvey : Oui, le mouvement du sang nourricier est fondamental pour le bon fonctionnement des organes du corps humain.

Médiateur : Et comment ce sang nourricier est-il mis en mouvement ?

Riolan : Ce sont les contractions du cœur qui envoie à tout moment le sang dans les vaisseaux sanguins que sont les artères et les veines. Ainsi, il existe un flux sanguin permanent qui part du cœur et qui irrigue les organes.

Harvey : Cher confrère, je réfute cette idée d'irrigation. Le sang, expulsé du cœur, passe par les artères et est conduit jusqu'aux organes mais ensuite il repart par les veines pour retourner au cœur. Il existe un mouvement circulaire en permanence entre le cœur et les organes.

Riolan : Mais c'est impossible !

Médiateur : Attendez, Monsieur Riolan. Écoutons les arguments de Monsieur Harvey avant de réfuter son propos.

2^{ème} partie

Harvey : Prenons un cœur humain d'un adulte. Il contient environ 56 g de sang et réalise environ 1000 contractions en une demi-heure, non ?

Riolan : Oui, cela me semble correct.

Harvey : Calculons alors la quantité de sang sortant du cœur par l'aorte en une heure : il en sort 112 kg. En une journée, cela revient à 2688 kg de sang qui sont éjectés du cœur.

Médiateur : Mais ce sont des quantités très importantes. Comment le corps peut-il contenir autant de sang ?

Harvey : C'est tellement important que tous les vaisseaux du corps humain ne peuvent en contenir autant. Si tel était le cas, les artères arrivant aux organes seraient gorgées

de sang et risqueraient d'éclater. La seule solution est que le sang reparte des organes par les veines et retourne au cœur. Ainsi en 24h, le même sang passe du cœur aux organes et des organes au cœur dans ce grand mouvement circulatoire.

3ème partie

Riolan : Mais pourquoi imaginer une circulation ? Il est tout à fait possible d'envisager un flux dans un sens et un reflux dans l'autre sens que ce soit dans les artères ou les veines.

Harvey : Si on admet un flux et un reflux, le mouvement du sang dans un sens contrarie le mouvement du sang dans l'autre sens. Le sang s'agite alors dans un va et vient inutile.

Médiateur : Effectivement, c'est logique.

Harvey : De plus, quand on coupe une artère, un jet de sang très puissant en jaillit. Un reflux contre cette force est impossible.

Riolan : Mais quand on sectionne une veine, le sang coule de façon beaucoup plus calme. Il est tout à fait possible d'envisager un reflux. Car si le sang veineux se déplace du cœur aux organes, je peux admettre qu'il existe un mouvement dans l'autre sens, si les veines sont vides par exemple. Mais cela reste exceptionnel.

Harvey : Mais non Riolan, vous n'êtes pas sérieux. Si vous coupez une veine entre le cœur et la main, le sang sort toujours du côté de la main, jamais du côté du cœur. Cela montre bien que le sang se déplace dans les veines de la main vers le cœur. Au contraire, si on coupe une artère entre le cœur et la main. Le sang sort toujours du côté du cœur.

Médiateur : C'est très intéressant. Le sang circule donc du cœur vers les organes dans les artères et des organes au cœur dans les veines.

Riolan : Je peux admettre qu'une partie du sang des gros vaisseaux retourne au cœur et circule mais j'en doute fortement pour les petits vaisseaux qui irriguent les organes. Ceux-ci ont besoin de se nourrir du sang.

Harvey : Mais il n'est pas nécessaire que tout le sang des vaisseaux reste sur place pour qu'une partie soit assimilée par les organes. La grande majorité peut repartir par les veines. De plus il existe à l'intérieur des veines, des valvules. Ce sont des membranes qui peuvent se fermer pour bloquer le passage du sang. Ces valvules

veineuses se ferment si le sang veineux retourne vers les organes. Elles empêchent le reflux du sang vers ceux-ci.

Médiateur : C'est remarquable. Dans ce cas, le sang des veines ne peut pas revenir en arrière : il se déplace obligatoirement vers le cœur.

4ème partie

Riolan : Je ne sais pas, je ne sais pas... Et les poumons, vous n'avez rien dit des poumons. Vous allez bientôt me dire que le sang circule dans les poumons au lieu de passer par la paroi des deux ventricules du cœur comme le croyaient les médecins de l'Antiquité.

Médiateur : Depuis quelques années, beaucoup de savants ont réalisé des dissections et ils doutent qu'un passage soit possible entre les deux ventricules du cœur : personne n'a observé ces fameux pores dans la paroi.

Riolan : Ce n'est pas parce que le sang ne peut pas passer directement entre les deux ventricules qu'il passe par les poumons.

Harvey : Mais c'est une possibilité. Regarder l'intérieur d'un cœur. Des valvules sont aussi présentes à l'intérieur et elles imposent là aussi un sens de circulation. Une fois arrivé dans le cœur par les veines, le sang ne peut en repartir que par les artères. Et l'artère qui part du ventricule droit va directement dans les poumons. Il existe également une veine qui rapporte le sang des poumons au cœur gauche.

Riolan : Mais si on admet le passage du sang par les poumons entre les deux ventricules du cœur, il faut aussi admettre l'autre circulation entre les organes et le cœur.

Harvey : Vous avez raison Riolan ! Il existe une circulation entre le cœur et les poumons d'une part, et entre le cœur et les organes d'autre part.

Médiateur : Il y a donc une double circulation du sang.

Harvey : Oui, il y a une double circulation du sang dans le corps humain.

5ème partie

Riolan : Mais tout n'est pas résolu, comment le sang peut-il passer des artères aux veines au niveau des organes ?

Harvey : J'imagine qu'il existe des connexions entre les vaisseaux ou des pores dans les tissus des organes qui permettent au sang de passer des artères ou veines.

Riolan : Mais l'avez-vous vu ? Pouvez-vous le prouver ?

Harvey : Non ce ne sont que des hypothèses. Les vaisseaux sont si petits au niveau des organes qu'il est difficile de voir leur organisation.

Médiateur : Mais vos explications précédentes ne prouvent rien alors.

Harvey : Je ne suis pas d'accord. Certes il reste des difficultés mais cela ne veut pas dire que le reste est faux. Mes arguments restent valides. Et tout médecin qui a effectué des dissections sait qu'il existe une grande communication entre les artères et les veines au niveau des organes. Il faut donc observer encore, chercher encore et un jour nous saurons comment se fait cette communication.

Problématisation à partir d'une bande dessinée sur l'évolution

Maud Pelé

*Univ Paris Est Creteil, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille,
Univ Rouen, LDAR, F-94010 Creteil, France*

Contexte de la recherche

Le projet international Erasmus+ ECOSCOMICS a pour objectif de produire une série de bandes dessinées scientifiques, *Les Grandiloquents*, à des fins d'enseignement et d'apprentissage. Porté par l'association française Stimuli, ce projet réunit des chercheurs en didactique et des auteurs de bandes dessinées issus de onze institutions appartenant à cinq pays différents. Écrite de façon collaborative par des auteurs de bandes dessinées (scénariste et dessinatrice) et des chercheurs en didactique, elle vise à établir une correspondance entre le récit et les objectifs didactiques (Maron, Bordenave & Govin 2019). Dans cet épisode, deux adolescents visitent un muséum d'histoire naturelle et sont intrigués par la présence du squelette d'un mammifère terrestre, le Pakicetus, parmi les ancêtres des cétacés. Cette communication analyse l'utilisation de l'épisode en France dans une classe de seconde.

Cadres théoriques et problématique

Apports épistémologiques

Pour comprendre les mécanismes à l'origine de l'évolution des cétacés, la bande dessinée s'appuie sur la présentation de deux modèles historiques : le transformisme de Lamarck et la sélection naturelle de Darwin. Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) a proposé une théorie de l'adaptation des êtres vivants sous la pression de l'environnement (Kampourakis & Zogza 2007). Les besoins d'un animal déterminent la manière dont il utilise son corps et l'effet de l'utilisation ou du non-usage entraîne le développement de certaines parties du corps et le dépérissement d'autres (loi de l'usage et de la désuétude). Les caractères acquis sont transmis à la descendance et les êtres vivants se complexifient avec le temps (loi de la transmission des caractères acquis). Pour Charles Darwin (1809-1882) la sélection naturelle est le mécanisme

principal à l'origine de l'évolution des êtres vivants (Mayr 1982). Les organismes d'une population présentant une variabilité, ceux qui sont les mieux adaptés à l'environnement ont une plus grande probabilité de survie que ceux qui le sont moins, laissant un plus grand nombre de descendants. Les organismes les mieux adaptés sont donc sélectionnés par l'environnement et transmettent leurs caractéristiques héréditaires à leurs descendants. Au fil du temps, ce processus conduit à la diversification des organismes. Plusieurs études sur les conceptions alternatives (Bishop & Anderson 1990 ; Demastes, Settlege Jr., & Good 1995) relèvent la présence importante d'un transformisme chez les élèves. Bien que les contextes historiques et scolaires soient fortement différents et que le transformisme des élèves soit parfois éloigné du lamarckisme (Kampourakis & Zogza 2007), un travail autour de ces deux modèles historiques semble fécond pour engager les élèves dans une problématisation des mécanismes de l'évolution des espèces.

Problématisation et changement conceptuel

La bande dessinée doit permettre la compréhension des mécanismes de l'évolution des espèces. C'est un changement conceptuel qui est visé par une reconstruction active des conceptions des élèves grâce à une prise de conscience de leurs limites explicatives (Strike & Posner 1982 ; Vosniadou & Skopeliti 2014). Lors d'un travail de problématisation, en articulant registre empirique et registre des modèles, les élèves imaginent des possibles, des impossibles ainsi que les conséquences de ces possibles et de ces impossibles (Fabre 1999 ; Orange 2005). Ainsi un travail de problématisation des élèves à partir des modèles historiques présentés dans la bande dessinée doit leur permettre de réfléchir à leur propre modèle explicatif et d'en mesurer les limites. La modélisation d'un espace de contraintes et des possibles permet de représenter la dynamique et la cohérence de la construction de problème menée par la classe et de visualiser les arguments qui ont permis le changement conceptuel des élèves.

Problématique et questions de recherche

Notre problématique s'intéresse au potentiel de problématisation de la bande dessinée. Elle se décline en deux questions de recherche :

- QR1 : Quelles traces d'un changement conceptuel des élèves peut-on observer dans la problématisation des mécanismes de l'évolution réalisée par les élèves à partir de la bande dessinée ?
- QR2 : Quels sont les éléments de la bande dessinée qui ont favorisé le changement conceptuel des élèves ?

Nous formulons l'hypothèse qu'un débat problématisant autour de la bande dessinée permet une réflexion des élèves sur leur modèle explicatif et peut les conduire à un changement conceptuel ainsi qu'à une compréhension des mécanismes de l'évolution des espèces.

Méthodologie

Cette bande dessinée a été testée dans deux demi-groupes d'une classe de seconde. Dans un premier temps, l'enseignante en a réalisé une lecture collective jusqu'à la découverte du squelette du mammifère parmi les ancêtres des baleines. Elle a ensuite réalisé un recueil des conceptions des élèves en leur demandant d'expliquer comment l'évolution de ce mammifère avait conduit à l'apparition des baleines. Lors du cours suivant, les élèves ont d'abord échangé en groupe sur des extraits de leurs conceptions avant de continuer à lire la bande dessinée et d'échanger collectivement sur les différentes propositions. La séance a été observée, filmée et transcrite. Le corpus est constitué des productions des élèves, de la transcription et d'un questionnaire sur la bande dessinée complété par les élèves à la fin de la séance. Ce dernier visait à recueillir les impressions des élèves sur la bande dessinée notamment sur les éléments qui avaient pu les aider à comprendre la théorie de l'évolution. À partir de la transcription des moments de débat, les propositions des élèves ont été catégorisées comme contraintes, c'est-à-dire des idées admises collectivement et non discutées, ou comme nécessités c'est-à-dire des concepts nouveaux issus du raisonnement mené (Lhoste & Peterfalvi 2009). Une synthèse de la problématisation menée a ensuite été réalisée sous forme d'un espace des contraintes et des possibles.

Principaux résultats

Analyse des conceptions des élèves

Les premières analyses des conceptions (N=31) des élèves montrent que ceux-ci ont quasiment tous un modèle transformiste. Un seul élève fait intervenir des différences morphologiques entre les pattes des Pakicetus pouvant être à l'origine de la disparition des pattes. Deux élèves mentionnent que certains Pakicetus ont pu avoir une meilleure reproduction mais sans établir de lien explicite avec la transmission de caractères. Aucun élève ne mentionne la sélection naturelle alors que c'est une notion qui a été initiée au collège. Quatre élèves évoquent un temps long pour expliquer l'évolution de Pakicetus (nombreuses générations, plusieurs milliers ou millions d'années). Enfin six élèves mentionnent la reproduction comme un élément intervenant dans l'histoire

évolutive du groupe des baleines mais en l'incluant dans une adaptation de l'espèce à son milieu.

Analyse de la problématisation des élèves

Nous présentons ici la problématisation réalisée dans le second demi-groupe de la classe. Dans ce demi-groupe, l'analyse des conceptions montre dans un premier temps un consensus de l'ensemble des élèves pour une transformation des espèces sous l'effet de l'environnement. Cependant, la lecture d'une première partie de la BD présentant les modèles de Lamarck et de Darwin a permis d'envisager d'autres possibilités, comme l'a clairement exprimé un élève : « Au début, on pensait que c'était à cause de l'environnement que les espèces s'adaptaient. Mais on voit qu'il y avait deux hypothèses de deux scientifiques. Enfin, l'un pensait que c'était dû au hasard et l'autre, du coup, à l'environnement » (occ. 90). Cela conduit les élèves à discuter des mécanismes à l'origine de la disparition des pattes et notamment de la place des mutations, comme le montre cet extrait de la transcription.

151	Mais c'est pas, ils ont pas eu plus de pattes arrière du jour au lendemain
152	Oui, mais...
153	Parce que s'il est dans l'eau, en fait, c'est pas le fait qu'il soit dans l'eau qui a provoqué qu'il n'ait plus de pattes, C'est peut-être que le fait qu'il n'avait plus de patte mais il était dans l'eau donc ça l'a avantagé. Et cette mutation, elle a perpétué dans son groupe d'individus. Je pense pas que c'est parce que tu es dans l'eau hop tu n'as plus de pattes. Je ne pense pas que cela marche dans ce sens là.
154	Oui, mais justement, vu qu'il était dans l'eau, il a dû s'adapter par le biais de mutation.
155	Oui, mais du coup, c'est pas l'eau qui a fait la mutation.
156	Bah si.
157	Parce que s'il était sur terre, il n'aurait pas eu besoin de muter.
158	Mais la mutation elle aurait pu surgir sur terre.
159	Non, je ne vois pas pourquoi il aurait besoin de nageoires.
160	Il n'aurait pas pu avoir besoin de nageoire sur Terre.
161	Je ne suis pas d'accord avec lui là.

Deux modèles possibles sont discutés : la possibilité d'une mutation provoquée par le nouvel environnement aquatique et celle d'une mutation pouvant apparaître aléatoirement quel que soit le milieu de l'être vivant. Nous avons retrouvé chez plusieurs élèves l'idée que c'est l'environnement qui provoque la mutation et donc le changement chez l'individu. Mais la discussion a conduit certains élèves à développer d'autres arguments et à identifier :

- La nécessité d'un temps long : « En fait, pour moi, ce qui me dérange avec le terme "force intérieure et transforme les individus". pour moi, ça fait un peu penser à comme si chaque individu personnellement pouvait se modifier. Alors

qu'en réalité, c'est faux parce qu'il faut des milliers d'individus et des milliers d'années pour qu'il y ait une modification possible. Et puis en plus, je pense que l'évolution, c'est quand même très génétique » (E12, occ 187).

- La nécessité de plusieurs générations : « Bah l'évolution, elle n'est pas consciente, ce n'est pas dans un but précis que l'on change, c'est aléatoire. Et ce n'est pas à l'échelle d'un individu mais c'est sur plusieurs générations » (E7, occ 196).
- La nécessité d'une population pour transmettre un nouveau caractère apparu par mutation : « Et c'est une génération, c'est plusieurs descendants qui possèdent les caractéristiques nécessaires qui va les transmettre à cette génération. » (E2, occ. 231).

La figure 1 présente un espace des contraintes et des possibles qui permet de visualiser les éléments du registre empirique et du registre des modèles mobilisés par les élèves. Les mises en tension sont signalées par des doubles flèches.

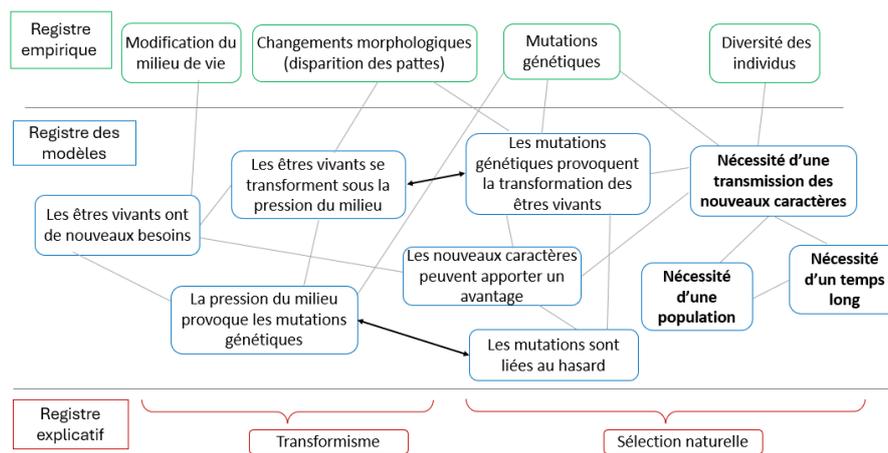


Figure 1 – Espace des contraintes et des possibles de la problématisation des mécanismes de l'évolution réalisée par la classe

L'analyse de la problématisation menée par le premier demi-groupe présente des similitudes avec celle décrite ici. Dans les deux cas, les élèves ont mobilisé les deux mêmes registres explicatifs, le transformisme et la sélection naturelle. La séance se termine par la validation du modèle de la sélection naturelle, mais le changement conceptuel n'a pas été réalisé que par la moitié de la classe, comme le montre l'analyse des questionnaires. Certains propos révèlent un changement conceptuel conscient,

comme E4 qui indique : « La BD m'a aidé à comprendre l'évolution. Je pensais qu'une espèce évoluait pour s'adapter à son environnement. Je ne pensais pas que l'évolution relevait du hasard ». D'autres élèves, en revanche, sont restés sur leur modèle initial comme E11 qui indique qu'une « ne veut pas se transformer parce qu'il n'y a pas de pression de l'environnement ».

Les leviers au changement conceptuel dans la bande dessinée

Dans les deux demi-groupes, la bande dessinée a participé à l'émergence des conceptions initiales des élèves, élément indispensable pour permettre un changement conceptuel. Cependant, on peut identifier des fonctions différentes de cette bande dessinée. Dans le second demi-groupe, les élèves étaient initialement d'accord pour proposer un modèle transformiste de l'évolution des espèces. C'est la lecture de la bande dessinée, et notamment le débat entre Lamarck et Darwin, qui a conduit certains élèves à une autre solution possible. La BD a ici permis d'installer le conflit cognitif et d'engager les élèves dans un changement conceptuel possible. Dans le premier demi-groupe, un élève a proposé spontanément un modèle qui se rapproche de la sélection naturelle. Le conflit cognitif est ainsi présent dès le début de la séance. La lecture de la BD a alors permis de développer l'argumentation des élèves, soit quand ils revenaient sur les deux modèles historiques en discussion, soit quand ils essayaient de transférer le modèle de la sélection naturelle sur le cas d'Alice et de la petite porte¹.

Conclusion

L'analyse de l'utilisation de la bande dessinée dans les deux demi-groupes de seconde montre qu'elle possède un potentiel problématisant et permet le changement conceptuel d'une partie des élèves. Cependant, la confrontation entre les deux modèles historiques n'a pas suffi à provoquer ce changement chez tous les élèves. La prise en compte du phénomène aléatoire des mutations est un élément qui a permis à certains élèves de modifier leurs conceptions initiales. D'autres élèves, en revanche, ont intégré ces aspects génétiques dans leur modèle transformiste initial. La sélection naturelle est un phénomène complexe à comprendre, notamment en raison de la prise en compte du hasard, qui est contre-intuitif. Cela peut expliquer les difficultés rencontrées. Nous pensons compléter cette recherche en réalisant une nouvelle expérimentation avec une autre classe en réalisant des entretiens avec les élèves pour

¹ Dans la dernière partie de la bande dessinée, les personnages qui mettent en scène *Alice au pays de Merveille* de Lewis Carroll s'interrogent sur l'évolution de la descendance d'Alice confrontée à une petite porte.

comprendre plus finement les raisons qui les engagent ou non dans un changement conceptuel.

Bibliographie

- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- Demastes, S. S., Settlage Jr., J., & Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 535-550. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320509>
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.fabre.1999.01>
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2007). Students' Preconceptions About Evolution: How Accurate is the Characterization as "Lamarckian" when Considering the History of Evolutionary Thought? *Science & Education*, 16(3), 393-422. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9019-9>
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT: L'exemple du concept de nutrition. *Aster*, (49), 79-108. <https://doi.org/10.4267/2042/31130>
- Maron, V., Bordenave, L., & Govin, B. (2019). Co-construction et expérimentation d'une bande dessinée numérique pour la classe : Les Grandiloquents, épisode sur la gravitation. *Tréma*, (51), 1-32. <https://doi.org/10.4000/trema.5215>
- Mayr, E. (2002). *What evolution is*. London : Phoenix.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation—Pour l'Ere nouvelle*, 38(3), 69-94.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231-240. <https://doi.org/10.1080/0140528820040302>
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2014). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science & Education*, 23(7), 1427-1445. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9640-3>

La médiation implicite des savoirs dans la bande dessinée franco-belge classique

Pascal Robert (1)

(1) Enssib, laboratoire Elico

La question de la médiation des savoirs renvoie le plus souvent à une posture explicite de la part des auteurs de l'acte de médiation, quel qu'en soit le support et/ou la forme. C'est d'ailleurs ce que la bande dessinée contemporaine revendique volontiers : devenir un des vecteurs de la médiation des savoirs, que ce soit par le truchement d'une approche documentaire de l'actualité politique (au sens large), d'une reconstitution documentée du passé ou d'une vulgarisation de la science ou des humanités. Cette « bande dessinée du réel » produit, à la suite notamment des travaux pionniers de Joe Sacco aux États-Unis ou de ceux d'Etienne Davodeau en France, tout un courant assez large et diversifié désormais de bandes dessinées qui cherchent à se saisir de l'actualité politique (à l'exemple de celles de M. Sapin), économique (à l'instar du *Choix du chômage* (Futuropolis 2021)), techno-scientifique (comme *La Bombe* (Glénat 2020)) ou écologique (*Les algues vertes* (Delcourt 2019)). On peut également y raccrocher une volonté de raconter l'histoire au plus près du travail des historiens actuels avec *L'histoire dessinée de la France* (22 volumes prévus co-édités par La revue dessinée et La Découverte). Il en va ici d'un travail de *médiation explicite* du savoir. Seul ou en binôme avec un journaliste ou un scientifique (de sciences dures ou de sciences molles), l'auteur de bande dessinée se fait passeur de savoirs. Ce qui peut aller jusqu'à proposer une véritable logique de vulgarisation (avec la physique quantique) ou encyclopédique (avec la *Petite bibliothèque dessinée des savoirs* (Le Lombard)). Quoi qu'il en soit la démarche de médiation est voulue, assumée et revendiquée (ce que nous verrons dans un premier point).

Or, il existe, notamment dans le domaine de la bande dessinée franco-belge classique ce que l'on peut appeler une *médiation implicite* des savoirs, qui n'était peut-être pas moins pertinente à sa manière. Implicite, parce qu'elle se glissait dans le récit de fiction sans en troubler la logique. Cette médiation est à la fois bien présente sans être explicitement revendiquée. Pour le dire autrement elle ne se présentait pas comme telle, mais sur le mode du « sans en avoir l'air ». Toute son efficace rusée reposait justement sur cette forme d'invisibilité relative. Ce qui se traduisait également par la possibilité de repérer deux niveaux de lecture : l'un qui renvoyait seulement aux « aventures de » et l'autre à l'évocation de la thématique en question. Ce deuxième

niveau, qui s'adressait à de grands adolescents ou à de jeunes adultes favorisait le processus de légitimation de la bande dessinée. Cette médiation s'accompagnait souvent d'un soupçon de logique subversive liée à la prise de distance humoristique. Elle s'encastre ainsi dans les aventures d'Astérix, de Tintin ou de Spirou par exemple sans donner l'impression d'être plaquée de manière artificielle. Autrement dit, elle est utilisée de facto par les auteurs comme moyen de mettre en scène telle ou telle question de société y compris techno-scientifique sans passer par la logique de la fiche encyclopédique qui viendrait en quelque sorte rompre le déroulement du récit. Il s'agit d'une sorte de *métaphore* en bande dessinée qui permet de parler de la réalité contemporaine à travers les aventures de tel ou tel héros (ce que nous découvrirons au deuxième point).

Nous donnerons quelques exemples dans un troisième point. Ce que nous pouvons décliner en l'état actuel des choses autour de quatre logiques métaphoriques, de quatre types de transport de sens. Un transport de sens qui s'effectue entre hier et hier lorsque les auteurs projettent des personnes ayant réellement existé dans une bande dessinée censée se situer à peu près à la même époque (Lucky Luke)¹. Transport de sens entre aujourd'hui et hier lorsque les auteurs projettent des questions d'actualité dans un univers fictionnel supposé ancien (à l'exemple d'Astérix). Transport d'anticipation (d'aujourd'hui à demain) entre aujourd'hui et un possible qui n'advient qu'ultérieurement, à l'instar de l'alunissage de Tintin et consorts dès 1954 alors même que les Américains ne se poseront sur la lune qu'en 1969. Transport de sens, enfin, d'aujourd'hui à aujourd'hui (quel qu'en soit le moment temporel) lorsque les auteurs projettent des questions politiques contemporaines comme celle de la dictature dans le scénario d'aventures qui se situent sensiblement à la même époque (à l'exemple, dans Spirou, de la dictature de Zantafio en Amérique latine et celle de Peron en Argentine (entre 1946 et 1955) ou d'un régime dictatorial en Asie dans un album, *Le prisonnier du Bouddha* (1961), qui se passe manifestement en Chine).

Médiation d'un savoir, médiation d'un questionnement, médiation d'une réflexion, les auteurs quelque part s'engagent, optent au plus fort pour une prise de position qui stimule l'esprit critique (Franquin), et le plus souvent pour une mise en scène documentée (Tintin) ou à l'humour subversif (Astérix) de questions vives qui traversent la société (la technoscience, l'urbanisme, la manipulation etc.)². Cette bande

¹ Les aventures de Tintin ont toutes été publiées par Casterman, celles d'Astérix scénarisées par Goscinny par Dargaud, celles de Spirou par Dupuis, celles de Lucky Luke scénarisées par Goscinny par Dargaud.

² Ce ne sera pas le lieu ici, mais il pourrait être intéressant de s'interroger sur les conditions éditoriales d'un tel geste. Il semble a priori, mais encore une fois l'enquête reste à pratiquer, que l'on trouve peu de choses dans les années 60 sur la médiation explicite du savoir en bande dessinée ; si ce n'est, au plus, un peu d'histoire plutôt anecdotique du type *les belles histoires*

dessinée reste une bande dessinée de divertissement mais qui ne s'inscrit plus de manière totalement exclusive dans un univers fictionnel qui serait en quelque sorte protégé du réel. Retour si l'on veut du réel au sein même de la fiction mais sur un mode fictionnel. Un réel camouflé en fiction qui peut dès lors produire cet effet de médiation implicite du savoir ou a minima de questionnement réflexif. Ce qui offre la possibilité de proposer deux niveaux de lecture : celui qui est tout à fait traditionnel des aventures de X ou Y et/ou celui de ces objets dérivés du réel et qui deviennent le moteur de la fiction.

Nous analyserons un peu plus en détails quatre exemples symptomatiques. Ainsi, les deux albums de Tintin consacrés au voyage sur la lune présentent, de facto, surtout dans le premier tome, une véritable découverte -notamment sous la forme d'une visite commentée par le Pr Tournesol- de ce que l'on a pu appeler la « Big science ». Hergé présente de facto cette Big Science bien avant qu'elle ne soit nommée ainsi, puisque ce ne sera pas avant les réflexions d'Alvin Weinberg en 1961, bientôt suivies par celle de Derek Price en 1963. Cette science lourdement équipée, qui est aussi une technoscience, exige des fonds importants, la mobilisation d'une pléthore d'hommes et de femmes aux multiples compétences scientifiques, techniques et administratives ainsi qu'une organisation complexe. C'est alors mettre en scène, par le récit, sans prétendre à l'adoption explicite d'une démarche encyclopédique, un type de savoir qui relève de la sociologie des techniques et de la science.

Franquin donne à voir la relation étroite que les dictatures du XX^es ont noué avec les médias, notamment dans cette planche du *Dictateur et le champignon* (1956) entièrement dévolue au discours que prononce le dictateur Zantafio, fortement influencé dans sa gestuelle par Hitler et Mussolini ainsi que par le film de Charlie Chaplin, *Le Dictateur*. Mais le son est coupé et personne n'a rien entendu. Voilà, au détour du récit, une belle leçon critique et quelque peu subversive des médias et de la dictature politique qui en use. Remarquons que cet album, qui s'inspire manifestement du *Dictateur* de Charles Chaplin (1938) se situe entre les deux grands livres de l'époque consacrés au totalitarisme, celui de H. Arendt, *Les origines du totalitarisme* (1951³), et celui de R. Aron, *Démocratie et totalitarisme* (1965). Autrement dit, il s'inscrit bien dans l'esprit du moment.

Dans *Le domaine des dieux* (1971), Goscinny et Uderzo proposent à leurs lecteurs une histoire qui renvoie assez directement à la question des pratiques abusives de la

de l'*Oncle Paul*. Sinon ce type d'apport semble passer plus par du rédactionnel (consacré aux voitures de course ou à l'espace par exemple).

³ Dont le troisième volume (*Le totalitarisme*) n'est publié en français qu'en 1972 par les éditions du Seuil sous le titre *Le système totalitaire*.

promotion immobilière. C'est ainsi mettre en lumière, comme aurait pu le faire une enquête journalistique, mais sur le mode du récit, des manières de faire pour le moins douteuses, qui se soucient peu du tissu urbain existant, ni des habitants ni même des propriétaires ou des locataires à venir. Leçon de sociologie critique de la vie quotidienne et apprentissage, par le récit, d'un regard critique sur la société. Soulignons que les deux grandes œuvres du moment sur la ville sont publiées sensiblement à la même époque, que ce soit *Le droit à la ville* (1968) d'Henri Lefebvre ou *La question urbaine* (1972) de Manuel Castels. Les mêmes auteurs de bande dessinée, toujours dans une forte sensibilité aux tendances de leur temps, en viennent avec force à traiter de la manipulation à travers le personnage du *devin* qui ne fait que donner aux gens ce qu'ils veulent entendre et par là leur ment sur la réalité, souvent fortement décalée. Critique du jeu pervers avec la crédulité des gens lorsque l'on flatte leur égo, que l'on suscite leur désir ou que l'on joue avec leurs envies et frustrations.

Dans le domaine de l'Histoire le même Goscinny croise volontiers les histoires de Lucky Luke avec celle des USA. On y découvre alors le développement du chemin de fer et celui de l'enclosure des prairies, la forte personnalité d'une femme comme Calamity Jane, l'installation du télégraphe ou l'impressionnante ruée vers l'or etc. L'humour offre un autre regard sur le récit, qui s'il reste imaginaire, se fonde dans ce décor historique qui, lui, demeure relativement fidèle à la réalité documentée par les historiens. L'album est en ces cas là souvent muni d'une illustration de l'époque qui présente le personnage (ainsi qu'un court texte pour l'album consacré à Sarah Bernhardt) ou la situation (l'attaque des chariots par exemple) mise en scène dans l'album.

On pourrait multiplier les exemples, mais nous venons de voir que, aussi bien dans le domaine de la sociologie des sciences, de la politique et des médias, de la sociologie du quotidien, de l'histoire, ces histoires très classiques de la bande dessinée franco-belge en viennent à proposer une médiation qui ne se dit pas explicitement, qui ne s'exhibe pas comme telle, mais qui est pourtant bien réelle. Une *médiation implicite* des savoirs dont toute l'efficacité réside justement dans cet implicite, dans le fait qu'elle passe inaperçue dans et par le récit, portée par lui, sans verser dans la page encyclopédique perpendiculaire en quelque sorte à la logique du récit de fiction. Autrement dit, le récit offre à cette médiation un véhicule d'autant plus efficace qu'il l'emporte dans son propre flux, lui transmettant alors sa légèreté autant qu'elle lui offre en retour son intelligence des choses.

Bibliographie (bandes dessinées)

- Collombat, B & Cuvillier, D. (2021). *Le choix du chômage*, Futuropolis.
- Alcante, D & Bollée, L-F. (2020). *La Bombe*, Glénat.
- Léraud, I & Van Hove, P. (2019). *Les algues vertes*, Delcourt.
- Franquin (1961), *Le prisonnier du Bouddha*, Dupuis.
- Gosciny & Uderzo (1971), *Le domaine des dieux*, Dargaud.
- Franquin (1956), *Le dictateur et le champignon*, Dupuis.
- Hergé (1953), *Objectif Lune*, Casterman.
- Hergé (1954), *On a marché sur la lune*, Casterman.

Bibliographie (hors bandes dessinées)

- Arendt, H. (1951(EU)/1972(F)). *Les origines du totalitarisme, Le système totalitaire*. Le seuil.
- Aron, R (1965). *Démocratie et totalitarisme*, Gallimard.
- Bourdieu, S. (2012). *Le reportage en bande dessinée dans la presse actuelle : un autre regard sur le monde*. *Contextes*, 11.
- Castels, M. (1972). *La question urbaine*. Maspero.
- Dabitch, C. (2009). *Reportage et bande dessinée*, *Hermès*, 54, 91-98.
- Lefebvre, H. (1968). *Le droit à la ville*. Anthropos.
- Le Foulgoc, A. (2009). *La BD de reportage : le cas Davodeau*, *Hermès*, 54, 83-90.
- Miallier, A. (2019). *La bande dessinée de reportage dans la revue XXI : l'expression de la subjectivité de l'auteur au travers de sa représentation graphique*. Mémoire M1, journalisme, Sciences po Lyon.
- Mitaine, B. (Dir) (2021). *Scoop en stock*. Editions Georg.
- Robert, P. (2021). *Eloge du différé. Sémiotique de la résistance au flux médiatique opérée par la bande dessinée de Reportage*, In *Scoop en stock*. Editions Georg.
- Robert, P. (2018). *La bande dessinée, une intelligence subversive*. Papiers. Presses de l'Esssib.
- Rouvière N. (2012). *Bande dessinée et enseignement des humanités*. UGA.

Production de « suites diagrammatiques » pour raconter des expériences.

L'écriture et le dessin chez les élèves des cycles 2 et 3

Éric Tortochot (1), Magali Coupaud (2), Alice Delserieys Pedregosa (3)

(1), (2), (3) UR 4671 ADEF, Aix-Marseille Université, FED 4238 SFERE Provence, Ampiric, Pôle pilote de formation des enseignants et de recherche pour l'éducation

Introduction

Lorsque les élèves racontent la science en images et textes sous la forme de bande dessinée, ils développent des savoirs scientifiques valides mais incomplets. Ils semblent apprendre en sciences par le récit mais s'arrangent avec le savoir savant pour raconter avec efficacité (de Hosson et al., 2019). Dans une recherche précédente (Tortochot et al., 2022), nous avons montré comment des collégiens « instrumentent » leur activité à l'aide d'outils cognitifs opératifs pour rendre compte de leur compréhension des règles d'un jeu de plateau portant sur des concepts complexes de hasard et d'évolution du vivant. Les outils cognitifs opératifs sont utilisés à bon escient dans la plupart des cas, parfois au détriment de l'exactitude des savoirs qu'ils essaient de véhiculer. Qu'en est-il alors quand des élèves des cycles 2 et 3 doivent raconter les expériences qu'ils mènent en classe sur un carnet d'expérimentation tout en apprenant à écrire, investiguer, dialoguer, négocier ?

Contexte et cadre théorique

Une approche STEAM : apprendre et comprendre la démarche scientifique dans des ateliers multiniveaux interdisciplinaires

L'étude porte sur l'activité de récit menée par 145 élèves des cycles 2 et 3 (CP - CM2) dans une école élémentaire d'un quartier populaire hors REP de Marseille. Deux ateliers multi-niveaux et transdisciplinaires, en arts, technologie, sciences, co-conçus avec des enseignantes, leur sont proposés : un atelier sur l'image animée (avec la création d'un thaumatrope et d'une bande animée) et un autre sur l'objet technique « zootrope ». Les élèves rendent compte chacun des étapes de leurs démarches d'investigation et de résolution de problèmes articulés à des pratiques artistiques avec des notes écrites et graphiques dans un carnet papier d'expérimentation et, parfois, en réalisant des maquettes. Le projet pédagogique est fondé sur l'approche « STEAM » en éducation (Sciences, Technologie, Ingénierie [Engineering], Arts et Mathématiques) qui favorise l'innovation mais aussi la transformation des pratiques (MacDonald et al., 2020). Pour y parvenir, les imbrications disciplinaires doivent être pensées selon des moyens et des objectifs appropriés. Pour que le raisonnement scientifique, en tant que connaissance, passe par des mécaniques de vulgarisation, il faut trouver des moyens de favoriser le passage des concepts pragmatiques (entendus comme obstacles épistémologiques) vers les concepts scientifiques (Vergnaud, 2008).

Écrire et dessiner à la fois pour raconter la science que l'on fait

Le dessin et l'écrit combinés peuvent être une aide. Ainsworth et al. (2011) considèrent que les dessins en sciences aident à 1) améliorer l'engagement en classe, 2) apprendre à représenter la science, 3) raisonner, 4) développer des stratégies d'apprentissage, 5) communiquer. Cela nécessite un effort d'abstraction qui pousse l'apprenant à préciser davantage ses idées (Brooks, 2009) mais aussi à rendre ses idées visibles et accessibles (Tortochot et al., 2024) pour partager des informations qu'il serait difficile d'expliquer autrement. Ce constat se rapproche de l'usage des illustrations scientifiques dans les apprentissages pour identifier et mémoriser des savoirs spécifiques (de Hosson et al., 2019 ; Bordenave & de Hosson, 2022). Comme un dessinateur de BD, quand des élèves racontent la science par le dessin, ils peuvent exclure toute formalisation scientifique au risque d'une information scientifique incorrecte (Ibid.). Parce que les dessins représentent des artefacts incomplets, ils permettent de développer des concepts pragmatiques qui complètent, s'opposent à, ou dialoguent avec, les concepts scientifiques (Vergnaud, 2008).

Les « suites diagrammatiques » : outils cognitifs opératifs

Les images et/ou les textes créés par les élèves sont opératifs (Tortochot et al., 2024). Les images opératives ont pour finalité de s'adresser à des interlocuteurs qui ne retiendront qu'un type d'informations parce qu'ils n'ont pas besoin de tout savoir de la complexité de ce qui est représenté : les élèves produisent des sortes de « théâtres de machines », c'est-à-dire une association texte-image pour transmettre des modèles de machines (Métailié & Vérin, 2018) qui n'atteignent pas les conditions de la validation scientifique, technologique (Dolza & Vérin, 2004). Quand images et textes opératifs sont associés, on parle de « suites diagrammatiques » comme « une image dynamique chargée de potentiel qu'il s'agit de faire fonctionner pour en tirer de l'information » (Beaubois, 2022, p. 209). Dans ces dernières, les savoirs, tant théoriques que pratiques, sont « réduits en art et méthodes, [...] en vue de faciliter l'action » (Dolza et Vérin, 2004, p. 30). Les outils cognitifs opératifs « prennent en charge une partie de l'activité cognitive des utilisateurs et contribuent ainsi à la réalisation de la tâche » (Rabardel, 1995, p. 70).

La question de recherche peut être formulée ainsi : qu'est-ce que les diagrammes entendus comme traces dynamiques de récits dans l'activité d'apprentissage nous disent de ce que les élèves apprennent dans une approche STEAM par investigation et comment les élèves utilisent ces diagrammes ?

L'hypothèse est que les élèves cherchent à compenser leur difficulté à exprimer verbalement des idées complexes, par le dessin. Les élèves peuvent avoir deux manières de travailler : 1) délaissé le dessin au profit de l'écrit pour rendre compte de leur nouvelle connaissance ; 2) articuler au mieux textes et dessins pour raconter les expériences.

Méthodologie

L'étude s'appuie sur une analyse sémio-cognitive des traces laissées : brouillons, annotations, reformulations, écrits et représentations intermédiaires. Le but de l'analyse sémio-cognitive (Lebahar, 2007) est de confronter le dessin et le texte par des outils de la sémiotique linguistique et graphique afin d'identifier l'énonciation ou la traduction des concepts utilisés par les élèves (Tortochot et al., 2024) ainsi que la catégorisation des savoirs acquis par les élèves (Kampeza & Delsérieys, 2020). L'analyse doit pouvoir déceler aussi les différences entre les concepts pragmatiques et les concepts scientifiques. Les textes et dessins sont analysés séparément et conjointement (voir annexe). Nous avons établi une grille de lecture des carnets (voir annexe) dans laquelle nous étudions d'une part le texte (vocabulaire courant, scientifique, technique et genre descriptif, argumentatif, informatif), d'autre part,

l'articulation et le lien entre textes et dessins (natures : hypothèse, dispositif, retour sur expérience, conclusion) et, enfin, les types d'images réalisés (illustration, diagramme ou maquettes). Séparément, les textes énoncent les concepts pragmatiques plus ou moins éloignés des concepts scientifiques et les images informent sur le degré de complexité et de précision des expériences scientifiques ou des processus techniques abordés pendant l'atelier. Conjointement, les textes et les images informent sur l'articulation entre les concepts pragmatiques développés et les modalités d'expression de ces concepts. De ce point de vue, nous proposons de regarder :

- les utilisations ou mobilisations des savoirs sur l'image animée, sur la persistance rétinienne ;
- les obstacles rencontrés dans les idées, récits et représentations graphiques ;
- les sources de savoirs utilisées par les élèves dans les carnets: le monde quotidien, la pensée commune, des objets de savoirs scientifiques.

Résultats

Dans cette perspective génétique, l'analyse des écrits permet d'identifier des idées d'élèves en accord avec la pensée scientifique sur l'image animée grâce à une lecture épistémique des savoirs conceptuels ou idées de la pensée commune et obstacles mobilisés dans l'activité écrite et dessinée. En ce sens, les premiers résultats montrent des stratégies d'adaptation aux contraintes de l'écrit et du dessin utilisés simultanément en vue de communiquer des informations sourcées et des idées complexes associées aux étapes des démarches d'investigation. Voici trois exemples extraits des 145 carnets d'expérimentation scientifique réalisés par des élèves de cycle 2 (Figure 1).

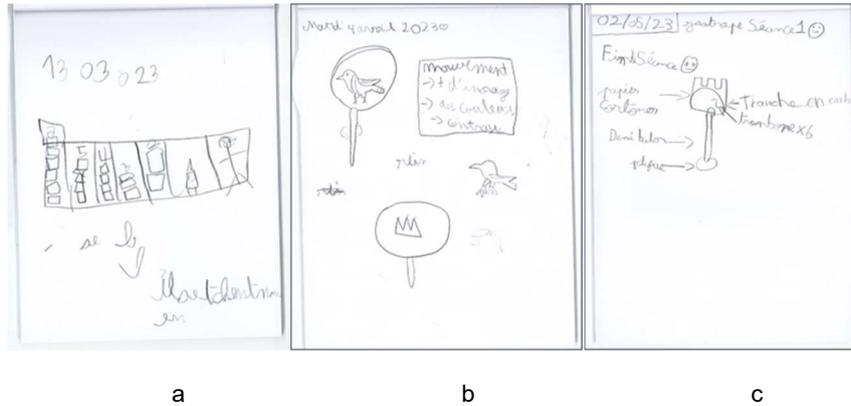


Figure 1 : extraits de 3 carnets d'expérimentation (présentation a. d'un projet de bande animée, sur papier, format A5, b. du principe du thaumatope, c. du zootrope par schéma et nomenclature

La bande animée est représentée dans son principe de succession d'images qui présentent une transformation dans le temps de cubes en « bonhomme » (Fig. 1a). Le texte maladroit précise ce que le dessin sommaire semble ne pas raconter puisque la bande animée ne doit être regardée que dans la dynamique du mouvement du zootrope.

Sans apprentissage spécifique du dessin technique, les élèves agencent textes et images de façon à communiquer des idées complexes qui reposent autant sur des savoirs pragmatiques (les résultats de l'expérience sur la persistance rétinienne) que sur des savoirs scientifiques validés par la communauté des experts (Fig. 1b).

Les élèves ont navigué entre des supports écrits (notice de fabrication) qui leur proposent des représentations normées des objets, et l'observation de l'objet qu'ils ont réalisé et manipulé, avec des imperfections ou des caractéristiques uniques, et un usage dynamique (Fig. 1c). Souvent limités par leurs compétences graphiques et lexicales, les élèves trouvent des solutions pour produire des traces qui évoquent la fabrication de l'objet et son utilisation dynamique avec les concepts physiques sous-jacents qui expliquent cette dynamique.

Discussion / conclusion

Les carnets d'expérimentation sont l'adaptation des carnets de laboratoire. Ils peuvent aider à répondre à cinq questions principales qui structurent la démarche

d'investigation : 1) ce que je cherche (questions) ; 2) ce que je propose (hypothèses) ; 3) ce que je fais (expériences) ; 4) ce que j'observe (résultats) ; 5) ce que je déduis (conclusion). Les résultats montrent que les concepts scientifiques peuvent être difficilement associés à l'une de ces questions. Il n'est pas possible non plus d'identifier une structure de type démarche d'investigation en l'absence des cinq points. Toutefois, les élèves élaborent des stratégies qui caractérisent les suites diagrammatiques comme des théâtres de machines.

Parmi les perspectives possibles, nous avons envisagé un usage plus collectif du carnet afin de ne pas léser les élèves qui n'ont ni écriture, ni dessin à leur disposition pour exprimer une idée. La possibilité de les faire travailler en petits groupes avec des pairs plus âgés est une forme d'adaptation à la réalité observée. D'autre part, l'usage d'un carnet numérique prêt à l'emploi et structuré selon la démarche décrite plus haut est une possibilité également de comparer la manière dont les élèves travaillent le récit scientifique avec d'un côté des carnets papier et de l'autre des carnets numériques.

Bibliographie

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 333(6046), 1096-1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Beaubois, V. (2022). *La zone obscure. Vers une pensée mineure du design*. it: éditions.
- Bordenave, L., & de Hosson, C. (2022). Les savoirs de sciences au risque de la bande dessinée. In C. Houdement, C. de Hosson, & C. Hache (Eds.), *Approches sémiotiques en didactique des sciences* (pp. 93-138). ISTE.
- Brooks, M. (2009). Drawing, Visualisation and Young Children's Exploration of "Big Ideas". *International Journal of Science Education*, 31(3), 319-341. <https://doi.org/10.1080/09500690802595771>
- de Hosson, C., Bordenave, L., Daures, P.-L., Décamp, N., Hache, C., Horoks, J., & Kermen, I. (2019). Quand l'élève devient auteur.e : analyse didactique d'ateliers BD-sciences. *Tréma*, 51, <https://doi.org/10.4000/trema.4895>
- Houdement, C., de Hosson, C. & Hache, C. (2022). *Approches sémiotiques en didactique des sciences*. ISTE.
- Kampeza, M., & Delsérieys, A. (2020). Acknowledging drawing as a mediating system for young children's ideas concerning change of state of matter. *Review Of Science, Mathematics And ICT Education*, 14(2), 105-124. <https://doi.org/10.26220/rev.3512>

-
- Lebahar, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture. Désir, pertinence, coopération et cognition*. Lavoisier.
- MacDonald, A., Wise, K., Tregloan, K., Fountain, W., Wallis, L., & Holmstrom, N. (2020). Designing STEAM Education: Fostering Relationality through Design-Led Disruption. *International Journal of Art & Design Education*, 39(1), 227-241. <https://doi.org/10.1111/jade.12258>
- Métailié, G., & Vérin, H. (2018). Ces étranges machines extrême-occidentales. Le Qi qi Tu Shuo, une invention livresque. *Artefact*, 8, 15-47. <https://doi.org/10.4000/artefact.1874>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin
- Tortochot, É., Coupaud, M., Cheneval-Armand, H., Brandt-Pomares, P., Castéra, J., Coiffard Marre, C., Jegou, C., Marchi, S., Rotenberg, M., & Delsérieys-Pedregosa, A. (2022, 15 juin 2022). *Dessiner et raconter le hasard et l'évolution du vivant dans le jeu Darwinium, en collège* Telling Science, Drawing Science / Sciences en récit, Science en image, Angoulême. <https://tsds2021.sciencesconf.org/378951>
- Tortochot, E., Delsérieys, A., & Coupaud, M. (2024, 2024-10-02). *Écriture et dessins pour aider à raisonner chez les élèves des cycles 2 et 3. Quand les traces révèlent des diagrammes pour exprimer des idées complexes* Colloque « Traces et écritures à et pour l'école », Maxéville, Nancy, France. <https://hal.science/hal-04748303>
- Vergnaud, G. (2008). De la didactique des disciplines à la didactique professionnelle, il n'y a qu'un pas. *Travail et apprentissages*, 1, 51-57. <https://doi.org/10.3917/ta.001.0051>

Preservice Elementary Teachers' Views towards integrating comics into teaching

Bianor Valente (1), Joana Torres (2), Cláudia Faria (3), Paulo Maurício (1)

(1) Escola Superior de Educação de Lisboa, CI&DEI, Instituto Politécnico de Lisboa, (2) Instituto Europeu de Estudos Superiores, (3) Instituto de Educação da Universidade de Lisboa

Despite the growing body of research suggesting the benefits of integrating comics into teaching practices, research on teachers' attitudes towards using comics in education is scarce. The aim of this study was to examine comic book reading habits and attitudes of preservice elementary teachers regarding the use of comics in education. The results revealed a lack of comic book reading habits: 37% indicated they have never engaged with this medium, and among those who have, the majority have not read any comic in the past year and only 16% had read science comics. Moreover, preservice teachers recognized the educational benefits of comics, such as engagement and contextualizing complex concepts, but also noted challenges like potential oversimplification and distraction for students with learning difficulties. The study highlights the need for strategies to enhance comic book reading habits and their effective integration into education.

Introduction

Numerous researchers have sought to define the essence of comics. Some definitions focus solely on the medium itself, distinguishing between form and content (McCloud 1993 ; Eisner 2008). While these definitions vary, most agree that comics fundamentally consist of pictures arranged in a sequence and that text, while common, is not essential (Prat 2009). McCloud (1993) aligns with this notion by defining comics as «juxtaposed pictorial and other images in deliberate sequence, intended to convey information and/or to produce an aesthetic response in the viewer» (p. 20), emphasizing comics' versatility in embracing diverse genres, styles, and themes. Other definitions delve into aspects related to content, with many highlighting narrativity as a defining characteristic. For instance, Carrier (2000) suggests that

comics is «a narrative sequence with speech balloons» (p. 4). However, Meskin (2007) suggests that while narration is common in comics, it shouldn't be seen as essential, but rather as a standard feature, given that other art forms, predominantly narrative, aren't inherently narrative. Nevertheless, Pratt (2009) argues that even when some comics lack a narrative structure, the predominant phenomenology of reading comics involves the pursuit of stories, thereby reinforcing the notion that comics are primarily a narrative medium.

Thus, while some authors prioritize essential features, others emphasize standard characteristics commonly associated with comics. For this study, the variety of elements typically found in comics, though not always obligatory, such as narrative, drawing, and dialogue are acknowledged. This approach embraces the medium's complexity, fostering a richer understanding of its potential.

This study investigates the attitudes of preservice elementary teachers in Portugal toward the use of comics in education, aiming to identify challenges, opportunities, and strategies for their effective integration.

Comics and their use in education

In recent decades, comics have gained widespread recognition as a legitimate form of art and literature in many countries (Lopes 2006 ; Humphrey 2020). Moreover, their use in education has gathered increasing attention due to their potential to enrich learning experiences. Several arguments support the integration of comics into education. Morrison, Bryan, and Chilcoat (2002) present three main reasons for using comics in education: i) given that popular culture plays a significant role in the lives of most students, incorporating comics can help bridge the gap between their experiences inside and outside of school; ii) comics, with their visual nature, provide an effective medium for developing students' critical media skills; iii) the inherent popularity of comics within popular culture makes them inherently appealing and engaging to students. Yang (2003) further emphasizes the strengths of comics, noting their popularity, visual appeal, and motivational qualities. Additionally, Yang identifies two more strengths: permanence and intermediary nature. The permanence of comics refers to their static visual medium, which contrasts with the time-bound and transitory visuals of film and animation. This permanence grants students autonomy over their learning pace. Furthermore, comics can serve as an intermediate step to difficult disciplines and concepts. They have proven successful in addressing literacy issues and scaffolding learning across various disciplines, including history and science.

In the field of science education, comics have emerged as valuable tools for enhancing conceptual learning. Studies indicate that compared to traditional written materials, the use of comics not only improves comprehension but also enhances memory retention of scientific content (e.g. Aleixo & Sumner 2017). Additionally, comics not only have the potential to spark interest in, foster enjoyment of, and cultivate positive attitudes toward science (e.g., Hosler and Boomer 2011), but they can also promote self-identification as scientists, particularly among students who may initially lack a strong science identity (e.g., Spiegel et al. 2013).

Teachers' attitudes towards integrating comics into teaching

Despite the growing body of research suggesting the benefits of integrating comics into teaching practices, the attitudes of educators are crucial in determining their adoption. Without recognition of the pedagogical value of comics by teachers, their integration into the teaching and learning process is unlikely (Aleixo et al. 2021).

Research on teachers' attitudes towards using comics in education is scarce. However, there are noteworthy exceptions. For example, a survey conducted by Lapp et al. (2012) with 60 elementary teachers revealed that although there was general support for comics to enhance literacy, their utilization was hindered by factors such as a lack of instructional models, limited availability of graphic novels in the classroom, and teachers' own comfort level with the genre.

Recently, Aleixo et al. (2021) conducted an exploratory qualitative study investigating teachers' perspectives on the use of comic books in education. The findings suggested that teacher attitudes toward employing comics in educational settings fall into three broad categories: i) Comics are primarily viewed as an entertainment medium aimed at children and are not associated with educational purposes; ii) If used in education, comics are perceived primarily as aids for lower-ability pupils requiring additional support, serving as resources reserved for atypical, struggling, or lower-level students; iii) While teachers generally support the idea of incorporating comics into schools, their actual utilization is minimal due to the scarcity of readily available, high-quality resources that teachers can easily incorporate into their teaching practices. This notion highlights the potential for comic books to represent a 'missed opportunity in education', as they have yet to realize their full pedagogical potential.

Study goals

Despite the growing interest in the educational potential of comics, research in this field remains relatively limited, particularly in specific contexts such as Portugal. This study aims to address this gap by exploring the attitudes of preservice elementary teachers regarding the use of comics in education as well as factors that may mediate these attitudes. By examining the attitudes of preservice teachers, this research seeks to elucidate the opportunities and challenges associated with integrating comics into the educational practices and to identify strategies for promoting their effective use.

Methodology

Context of the study

The study was developed prior to the testing of a webcomic about evolution developed within the ECOSCOMICS project. ECOSCOMICS is an Erasmus+ project that aims to provide to the European science education community original and motivating teaching resources in form of a series of eight scientific webcomics named «The Megatroupers». Each webcomic constitutes an episode of the series, and it will focus on different key scientific concepts and models (Maron, Bordenave & Govin 2019).

Research approach

A convenient sample of 118 preservice elementary teachers participated in this study. Participants were enrolled in three different Portuguese higher education institutions. Data collection employed an online questionnaire comprising open and closed questions concerning comics reading habits and attitudes towards the integration of comics in education. Prior to participation, all participants provided oral consent. Questionnaires were administered anonymously.

Descriptive statistics was performed to describe the preservice elementary teachers reading habits and attitudes. Moreover, qualitative data were coded and then grouped and analyzed (Milles & Huberman 1994).

Results and discussion

The findings reveal that the majority of preservice elementary teachers (62,7%) reported having read comic books, while 37,3% indicated they have never engaged with this medium. The absence of comic books at home, along with a preference for engaging in other activities during free time, are the most cited reasons for never having read comic books. Additionally, some individuals reported not loving this medium and having difficulties reading images and text simultaneously.

Among those who reported having read comics, a significant majority (77%) had not read any comic books in the past year. The remaining students had read between 1 to 3 books (20,3%) or more than 3 books (2,7%) during this period. These results indicate that the surveyed future teachers do not exhibit regular comic book reading habits. This observation is further supported by the notable number of respondents who were unable to recall the title of the last comic book they read (28,4%). Among those who could recall, there was a diverse range of titles, although a predominant genre emerged, notably adventure and comedy. Moreover, among those who reported having read comics, only a minority (16,2%) mentioned reading science comics. The fact that comic books have the potential to make science more engaging and accessible was reported as the main reason for reading this type of comics.

Like any type of book, comic books have their own unique language. The difficulty some preservice teachers report - disliking reading and looking at images simultaneously - is noteworthy. In a recent study exploring the reading preferences of students across different academic disciplines at Portuguese higher education institutions, just 17% favored comic books, while 28% expressed a dislike for this medium (DGEEC, 2023). However, specific data regarding preservice teachers is not available.

In this point it is worth noting that in Portugal, despite growing recognition of comics' artistic and literary value, they remain limited in mainstream literature and education. This is quite different from other countries where comics are widely accepted as legitimate literature. For example, in Japan, manga enjoys widespread popularity across all age groups and interests (Ito, 2005), while in France and Belgium, comics are recognized as an integral part of national culture and identity (Groensteen 2007; 2013). This cultural discrepancy affects how comics are perceived and produced (Brienza 2010) and could partially account for the low levels of comic book reading habits among the surveyed pre-service teachers.

Regarding the perspectives of future teachers about the role of comic books in science education, there seems to be a high consensus. The overwhelming majority believes that comic books can be an asset in the teaching and learning process.

According to future teachers, there are several factors that can facilitate student learning when using comic books. Many students appreciate the engaging and enjoyable nature of comics, citing them as a dynamic and interactive medium for learning. The presence of visually appealing artwork in comics is seen as a significant advantage, as it can captivate and stimulate students' interest. Comics are also valued for their ability to contextualize complex concepts and make them more relatable through the use of characters and everyday situations. In addition, some acknowledge the visual aspect of comics as beneficial for memory retention, facilitating easier recall of information for students as well as the capability to foster critical thinking skills, as they present information in a format that encourages interpretation and analysis.

However, negative aspects are also noted. Future teachers reported concerns about: i) students associating comics solely with schoolwork, potentially diminishing their enthusiasm for reading; ii) the challenges in interpreting the visual and textual elements of comics, especially for students with learning difficulties; iii) students having difficulty distinguishing between fictional and real elements of the story; iv) the potential distracting effect of the storyline specially for students with more difficulties; v) the potential oversimplification of disciplinary content.

It is noteworthy that some limitations mentioned had not been previously recorded in the literature. For example, some future teachers view an aspect widely regarded as an advantage—the presence of both text and image—as a limitation. These views may stem from limited exposure to the medium itself.

A potential area for future research would be to explore how the introduction of comics during initial teacher education shapes early perceptions, and how these views are subsequently influenced and refined through practical classroom experience.

Bibliographie

Aleixo, P. A., & Sumner, K. (2017). Memory for biopsychology material presented in comic book format. *Journal of Graphic Novels and Comics*, 8(1), 79–88. <https://doi.org/10.1080/21504857.2016.1219957>

-
- Aleixo, P., Matkin, D., & Kilby, L. (2021). What do teachers think about the educational role of comic books?: A qualitative analysis. *Studies in Comics*, 11(2), 387–404.
- Brienza, C. (2010). Producing comic culture : a sociological approach to the study of comics. *Journal of Graphic Novels and Comics*, 1(2), 105–119.
- Carrier, D. (2000). *The Aesthetics of Comics*. Pennsylvania State University Press.
- DGEEC (2023). *Inquérito aos hábitos de leitura dos estudantes do 1.o ciclo do ensino superior: principais resultados*. DGEEC.
- Eisner, W. (1985). *Comics & Sequential Art*. Poorhouse Press.
- Groensteen, T. (2007). *The System of Comics*. University Press of Mississippi.
- Hosler, J., & Boomer, K. B. (2011). Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science?. *CBE life sciences education*, 10(3), 309–317. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-07-0090>
- Humphrey, A. (2020). The Pedagogy and Potential of Educational Comics. *International Journal of Comic Art*, 22(2).
- Ito, K. (2005). A History of Manga in the Context of Japanese Culture and Society. *The Journal of Popular Culture*, 38(3), 456–475.
- Lapp, D., Wolsey, T. D., Fisher, D., & Frey, N. (2012). Graphic Novels: What Elementary Teachers Think about Their Instructional Value. *Journal of Education*, 192(1), 23-35. <https://doi.org/10.1177/002205741219200105>
- Lopes, P. (2006). Culture and Stigma : Popular Culture and the Case of Comic Books. *Sociological Forum*, 21(3), 387–414.
- Maron, V., Bordenave, L. & Govin, B. (2019). ‘Co-construction et expérimentation d’une bande dessinée numérique pour la classe: les Grandiloquents, épisode sur la gravitation’. *Tréma* [En ligne] 51.
- McCloud, S. (1993). *Understanding Comics. The invisible art*. HarperCollins Publishers.

-
- Meskin, A. (2007). Defining Comics ? *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 64(4), 369–379.
- Miles, M.B. & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Morrison, T. G., Bryan, G., & Chilcoat, G. W. (2002). Using Student-Generated Comic Books in the Classroom. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45(8), 758–767.
- Pratt, H. J. (2009). Narrative in Comics. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 67(1), 107–117.
- Spiegel, A. N., McQuillan, J., Halpin, P., Matuk, C., & Diamond, J. (2013). Engaging teenagers with science through comics. *Research in Science Education*, 43(6), 2309–2326.
- Yang, G. (2003). Comics in education. Available from : <https://www.geneyang.com/comicsedu/>

Quand les super-héros rencontrent les sciences. Aporie ou levier didactique ?

Florence Vigneron

LIRDEF

Introduction

Depuis trois ans, l'association Instant Science en Occitanie propose des animations « Instant Cult », intégrant la pop culture. Parmi ces actions, « La science des super-héros » sensibilise les collégien·ne·s aux questions environnementales. Les élèves doivent créer un·e super-héro·ïne capable de lutter contre des catastrophes environnementales¹. Cette communication explore la place des savoirs scientifiques dans cette médiation, en analysant comment les médiatrices facilitent l'appropriation de ces savoirs à travers la fiction du super-héros. Cette question est centrale pour la médiation dans la mesure où l'appropriation de la proposition culturelle (Jorro & Al Khatib) questionne aussi celle du « message scientifique ».

Recherche en didactique et médiation (état de l'art)

À partir des années 70-80, « les didacticiens des sciences s'emparent des lieux de culture scientifique » (Cohen-Azria, 2011). Des questionnements sur la place des savoirs scientifiques investissent les CCSTI² indépendamment ou non du milieu scolaire. Plus récemment, bien que la recherche en didactique des sciences soit encore très axée sur l'école, elle a rapidement étendu son champ d'investigation à d'autres institutions du savoir scientifique (Molinatti, 2007 ; Simonneaux & Jacobi, 1997 ; Triquet, 2007). Les questions mises au travail dans ces contextes d'éducation dite « non formelle » rejoignent en partie celles que posent l'éducation scientifique scolaire. Par exemple lorsqu'il s'agit de caractériser la manière dont les contenus de

¹ La description complète des ateliers est accessible au lien suivant :

<https://www.instantscience.fr/actualite/la-science-des-super-heros-un-projet-scolaire-pour-combattre-les-catastrophes-environnementales/>

² Centre de culture scientifique technique et industrielle (par exemple la Cité des sciences à Paris ou la Casemate à Grenoble, muséums d'histoire naturels, etc.)

savoirs s'articulent avec les exigences scénographiques d'une exposition muséale (Achiam & Marandino, 2014, Cohen-Azria, 2021), de comprendre les conditions sémiotico-narratives d'une bande dessinée (Bordenave & de Hosson, 2022), d'étudier la forme du discours de médiateurs scientifiques (Dessart, 2019), ou d'examiner comment circule et se transforme l'information scientifique dans les interactions entre le médiateur et son public (Goujon, 2016). Dans un esprit proche des travaux de Goujon (2016), nous nous intéressons à la manière dont les médiatrices de « La science des super-héros » soutiennent la prise en compte des savoirs scientifiques par les élèves à travers la création de super-héros en réponse à des catastrophes environnementales.

Délimitation théorique et question de recherche

Nous considérons l'action de médiation étudiée comme un système complexe (Morin, 1990) en prise avec une multiplicité de dimensions. Parmi celles-ci, les savoirs scientifiques et la fiction associée à la figure du super-héros sont deux aspects que nous analysons à travers le prisme de l'étayage.

Selon Bruner, l'étayage renvoie aux « moyens mis en œuvre pour réduire les degrés de liberté dans l'exécution d'une tâche afin que l'enfant puisse se concentrer sur la compétence difficile qu'il est en train d'acquérir » (Bruner, 1978, p. 19 — notre traduction). Pour Saillot (2015), il remplit six fonctions principales : l'enrôlement du sujet dans la tâche, la réduction de la difficulté, le maintien de l'orientation, la signalisation des caractéristiques déterminantes, le contrôle de la frustration et la démonstration, qui concourent à rendre possible « la résolution par l'enfant de problèmes que celui-ci ne saurait accomplir tout seul » (*Ibid.*). Rapportés à l'enseignement des sciences, les étayages peuvent prendre plusieurs formes : ressources, expériences, questions, aides à la visualisation. Ils soutiennent le découpage et le suivi de la tâche. (Marzin-Janvier 2015, p. 95)

Pour comprendre les étayages des médiatrices dans la mise en lien entre les savoirs scientifiques et la fiction, nous considérons certaines spécificités des récits de super-héros. Selon Reynolds (1994), le super-héros est une figure mythologique moderne dotée de pouvoirs surhumains, investie d'une mission morale, et incarnant une dualité identitaire : vie publique ordinaire et existence héroïque secrète. Locke (2005) souligne l'ambivalence du super-héros face à la science et à la technologie, souvent perçue comme des « agents magiques », à la fois source de pouvoir et de danger.

Dans notre étude, les super-héros évoluent dans un univers postapocalyptique, où la science-fiction sert à rendre les concepts scientifiques plus accessibles en stimulant l'imaginaire et la réflexion critique (Triquet & Bruguière, 2014). Elle permet aussi de

rendre visibles des réalités inaccessibles et de réfléchir aux conséquences des actions humaines (Gough, 1993 ; Lehoucq, 2024). Comme le souligne Fitzgerald (2019), les super-héros des comics peuvent faciliter l'appropriation de concepts scientifiques complexes et explorer des scénarios compatibles avec des problématiques scientifiques (les mutants, la radioactivité, etc.).

Nous étudions les étayages des médiatrices pour faciliter l'appropriation des savoirs scientifiques par les élèves, leur intégration dans les super-héros et l'articulation entre ces savoirs et l'imaginaire du super-héros.

Méthode de recueil et d'analyse des données

	SÉANCE 1 (2H)	SÉANCE 2 (2H)	SÉANCE 3 (2H)	SÉANCE 4 (2H)	SÉANCE 5 (2H)	SÉANCE 6 (2H)	
COLLÈGE 1 2022	DOCUMENTS DE PRÉPARATION DES MÉDIATRICES						QUESTIONNAIRE POUR LES MÉDIATRICES
	ENREGISTREMENTS AUDIO						
	TRANSCRIPTIONS						
COLLÈGE 2 2023	DOCUMENTS DE PRÉPARATION DES MÉDIATRICES						QUESTIONNAIRE POUR LES MÉDIATRICES
	ENREGISTREMENTS VIDÉOS						
	TRANSCRIPTIONS						

Figure 1 : Recueils de données (2022 et 2023)

L'étude s'appuie sur les données recueillies lors de deux mises en œuvre du dispositif de médiation en classes de cinquième à Toulouse (2022-2023). Les interactions médiatrices-élèves, enregistrées et analysées avec Transana, ont permis d'identifier les types d'étayages. Nous nous sommes concentrées sur deux catastrophes : « tsunamis de plastique » et « effondrement des colonies d'abeilles ».

Nous avons identifié les types d'étayages proposés par les médiatrices³. Nous avons ensuite dénombré ces étayages en fonction des tâches proposées. En fonction des tâches, nous avons observé l'appropriation des catastrophes et la création de super-

³ Nous avons fait le choix des « nature d'étayages » au fur et à mesure de l'analyse des données sur *Transana avec* : Enrôlement à la tâche : ET, Maintien de l'orientation : MO, Signalisation des caractéristiques déterminantes : SCD, Contrôle de la frustration : CF, Démonstration : D ; et les natures d'étayages (questionnements, exemplifications, acquiescement, contradiction, encouragements, apport d'informations nouvelles, propositions, reformulations, rappel des « règles »)

héros, afin de déterminer si les étayages facilitaient l'intégration des savoirs scientifiques.

Enfin, nous avons examiné si les étayages observés se reflétaient dans la création finale des super-héros, soit les illustrations et l'histoire proposées par les élèves. Les fiches synthétiques (en annexes) détaillent les super-héros conçus, les aspects scientifiques, techniques, les enjeux éco-citoyens, et les références pop culture qui ont influencé leurs créations.

Éléments d'analyse des données

Dans l'extrait suivant, les élèves du groupe 1 (2023) découvrent la catastrophe contre laquelle leur super-héros devra lutter : « les tsunamis de plastique ». Ils doivent associer des mots liés à cette catastrophe, guidés par la médiatrice CMM.

100. TWE : On n'a pas trop compris euh [montre du doigt le papier avec la catastrophe] [...]
109. CMM : Alors un tsunami, c'est à quel endroit déjà ? → questionnement
110. TWD : La mer
111. CMM : Ouais, tout à fait, donc on va pouvoir noter ça (...) → acquiescement
112. TWD : Venez on prend une ville genre Barcelone
113. CMM : Alors ça, ça viendra après, pour le moment on essaie de comprendre / qu'est-ce que c'est comme catastrophe ok ? Et quel impact ça peut avoir, pourquoi c'est grave ? → contradiction puis nouveau questionnement / reformulation

Ici, les interventions de CMM visent à clarifier la nature de la catastrophe pour les élèves. Les échanges alternants questionnement et acquiescement relèvent des étayages de type SCD, MO et CF. On retrouve des interventions similaires lors de la découverte de l'« effondrement des colonies d'abeilles » (groupe 2 en 2023). Ce temps d'appropriation est l'occasion pour les médiatrices d'apporter de nouveaux savoirs aux élèves (SCD). Pendant la tâche de création du super-héros, les interventions sont plus souvent de type propositionnel et relèvent d'étayages de type CF :

194. CMM : Vous avez eu quoi comme idée ? → **questionnement**
 195. TWD: Le ménage
 196. CMM : Le ménage ? Ah pour aspirer le plastique ! → **reformulation**
 206. TYD : En fait là on est bien, mais là après on sait pas quoi faire de // du plastique quand il l'a / euh absorbé
 211. CMM : Est-ce que ça peut pas être / je sais pas moi, envoyé à un endroit où // à un endroit où il y a peut-être besoin de plastique → **proposition**

Résultat

Que ce soit lors de la tâche « association de mots » ou « création du super-héros », l'activité des élèves est soutenue par une présence proactive des médiatrices scientifiques qui permet le maintien de l'orientation prévue pour chacune des tâches comme l'illustre les figures 2 et 3.

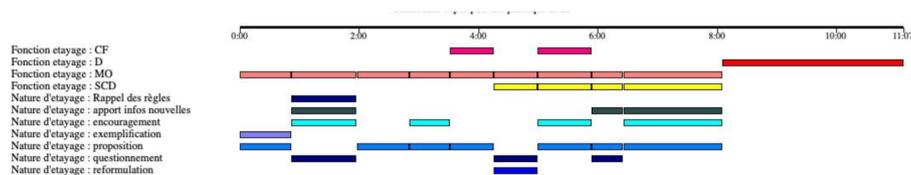


Figure 2 : Étayages lors de la tâche « association de mot » — groupe « tsunami de plastique 2023 »

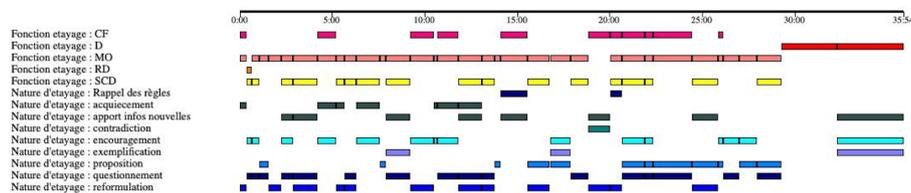


Figure 3 : Étayages lors de la tâche « création du super héros » — groupe « effondrement des colonies d'abeilles 2023 »

Or, leurs interventions n'ont pas la même portée du point de vue des savoirs scientifiques. En particulier, la tâche de création du super-héros reporte l'activité cognitive des élèves vers un schéma de résolution par annulation de la catastrophe ou de sa cause (« aspiration » des déchets plastiques, disparition des pesticides par activation d'un « bouton »). Ces solutions résistent aux efforts des médiatrices pour encourager des explications scientifiques légitimes, limitant l'intégration des savoirs. Pendant cette phase, les étayages sont majoritairement propositionnels (cf. annexes).

Cette dynamique entraîne des interventions contre-étayantes (Bucheton & Soulé, 2009) où les médiatrices vont « faire à la place des élèves » en leur apportant des idées (« Est-ce que c'est un bouton ? Est-ce que c'est un filtre ? » non pas pour qu'ils les utilisent *eodem modo* (« le but c'est que ce soit votre idée »), mais pour les aider à abandonner cette tendance à attribuer un pouvoir magique d'élimination. Malgré cela, ces interventions ont peu d'impact, les élèves restant fidèles à leurs idées initiales, finalement validées.

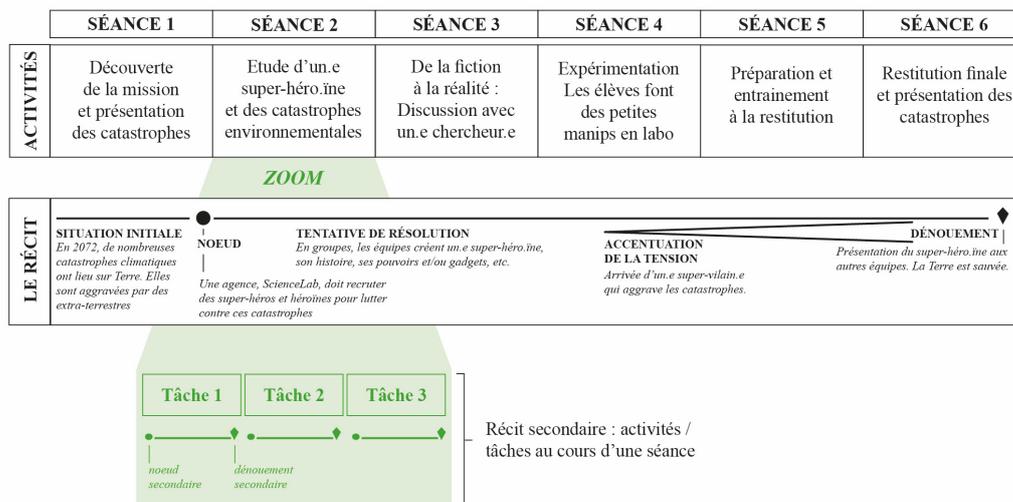


Figure 4 : Récit proposé par les médiatrices au cours des séances

Le récit postapocalyptique structure la médiation « La Science des super-héros », jouant à la fois comme fil conducteur et outil d'étayage. Selon Bruner (1991), la pensée narrative facilite l'apprentissage en offrant un cadre engageant et compréhensible. Le schéma narratif, similaire à une fable (cf. figure 4), suit plusieurs étapes : présentation de la mission, catastrophe climatique, résolution et sauvetage par les super-héros créés par les élèves.

Nous comparons les interactions des séances avec les résultats finaux des élèves. Les fiches synthétiques en annexes, qui détaillent les super-héros créés, montrent une influence marquée de la culture des comics américains, une trame narrative souvent marquée par une histoire tragique, et un intérêt pour le biomimétisme. Ces éléments, issus de l'imaginaire adolescent, sont parfois enrichis par les médiatrices. Toutefois, les savoirs scientifiques intégrés dans les créations des élèves reflètent surtout les idées proposées par les médiatrices via des étayages propositionnels.

Interprétation

Les résultats s'expliquent par la nature même de la figure du super-héros, qui encourage une pensée magique, où la résolution d'un problème passe par son élimination. La création du super-héros offre peu (voire pas) de possibilités de résolution fondées sur autre chose que son super-pouvoir (ou super-gadget) ce qui, d'un point de vue didactique, constitue finalement une forme d'aporie. Et les interventions des médiatrices se révèlent insuffisamment étayantes pour permettre aux élèves de mobiliser les savoirs travaillés lors de la phase d'appropriation de la catastrophe. De fait, les élèves doivent faire face à deux contraintes un peu contradictoires : l'une, engageant des humains « ordinaires » confrontés à des catastrophes environnementales et disposant d'un répertoire limité de possibles engageant des actions préventives sur un temps long ; l'autre, des héros extraordinaires ayant par essence la capacité à supprimer la catastrophe de manière immédiate.

Un pont entre les deux contraintes pourrait être trouvé dans le fait que bien souvent les élèves imaginent un humain ordinaire occupant des fonctions soit scientifique, soit ayant des préoccupations directes avec le changement climatique (comme l'architecte qui construit des bâtiments écoresponsables, ou le scientifique qui a créé une potion aspirant le plastique, cf. annexes).

Ces représentations fictives des sciences ne transmettent pas nécessairement des savoirs scientifiques, mais elles facilitent l'acculturation aux sciences en explorant des concepts sociaux et culturels liés à la culture scientifique. Elles reflètent comment certaines images de la science et des techniques, comme le laboratoire ou la blouse du savant (Locke, 2005), influencent l'image populaire de la science, illustrant les tensions entre enchantement et désenchantement, ainsi que les préoccupations autour de la place de la science dans la société.

Limites de l'étude

Cette étude, basée sur un échantillon limité de groupes et de catastrophes, réduit la portée des résultats. Pour confirmer ces tendances et affiner les conclusions, il serait utile d'élargir l'analyse à d'autres groupes et catastrophes. De plus, comparer les classes de 5^{ème} avec celles de 3^{ème} permettrait d'évaluer si des élèves plus âgés intègrent mieux les savoirs scientifiques.

Bibliographie

- Achiam, M., & Marandino, M. (2014). A framework for understanding the conditions of science representation and dissemination in museums. *Museum Management and Curatorship*, 29 (1), 66-82. <https://doi.org/10.1080/09647775.2013.869855>
- Allard, M. (1999). Le partenariat école-musée : Quelques pistes de réflexions. *ASTER*, 29, 27-40. <https://doi.org/10.4267/2042/8727>
- Bordenave, L., de Hosson, C. (2022). Les savoirs de sciences au risque de la bande-dessinée, in C. Houdement, C. de Hosson, C. Hache (eds), *Approches sémiotiques en didactique des sciences*, 93-137. Londres : ISTE éditions. <https://doi.org/10.4000/trema.4895>
- Bruner, J. S. (1978). The role of Dialogue in Language Acquisition. In A. Sinclair, R.J. Jarvelle, & W. J. M. Levelt (Eds.), *The Child's Concept of Languages*. Springer-Verlag.
- Bruner, J. S. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Retz.
- Chaumier, S., & Mairesse, F. (2013). *La médiation culturelle*. A. Colin.
- Cohen-Azria, C. (2011). Sorties avec l'école dans les musées de sciences : quels statuts pour le visiteur scolaire ?. *Recherches en didactiques*, 11, 97-110. <https://doi-org.ezpum.scdi-montpellier.fr/10.3917/rdid.011.0097>
- Cohen-Azria, C. (2021). Circulation des contenus scientifiques et visite scolaire au musée : entre mises en exposition et mises en mots. *Recherches en didactique*, 31, 13-45. <https://doi.org/10.3917/rdid1.031.0013>
- Dessart, F. (2019). *Récit et médiation scientifique « sur le terrain » en géologie : une approche épistémologique et didactique de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie in situ*. [thèse de doctorat]. Université Claude Bernard Lyon.
- de Hosson, C., Bordenave, L., Daures, P. L., Decamp, N., Hache, C., Horoks, J., & Kermen, I. (2019). Quand l'élève devient auteur : analyse didactique d'ateliers BD-sciences. *Tréma*, 51, 114-140. <https://doi.org/10.4000/trema.4895>
- Fitzgerald, B. W. (2019). Exploring the electromagnetic spectrum with superheroes. *Physics Education*, 54(1), 015019. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaf17b>
- Guespin-Michel, J. (2018). *Complexité, dialectique et émancipation*. Éditions du Croquant.
- Gough, N. (1993). Narrative inquiry and critical pragmatism: Liberating research in environmental education. Dans R. Mrazek (dir.), *Alternative paradigms in environmental education research* (p. 175–196). Troy, OH: The North American Association for Environmental Education.

-
- Goujon, C. (2016). Devenir du savoir source dans la médiation scientifique. Un modèle de la circulation des eaux souterraines à la Fête de la science. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 13, 71-101. <https://doi.org/10.4000/rdst.1321>
- Jorro, A., & Al Khatib, J. (Éds.). (2018). *Les gestes professionnels comme arts de faire : Éducation, formation, médiation culturelle*. Presses Universitaires du Septentrion.
- Lehoucq, R. (2024). Utiliser la science-fiction pour partager les sciences. *ReS Futuræ*, 23. Publié en ligne le 20 juin 2024. <https://doi.org/10.4000/11wpe>
- Locke, S. (2005). *Fantastically reasonable : Ambivalence in the representation of science and technology in super-hero comics*. <https://doi.org/10.1177/0963662505048197>
- Marzin-Janvier, P. (2015). Étayer la conception expérimentale par des environnements informatiques : études en génétique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 12, 87-112. <https://doi.org/10.4000/rdst.1135>
- Molinatti G., Girault Y. (2007). La médiation muséale des neurosciences : quatre expositions récentes sur le cerveau. *Culture & Musées*, 10, 97-123. <https://doi.org/10.3406/pumus.2007.1442>
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. ESF éditeur.
- Reynolds, R. (1994). *Super Heroes: A modern mythology*. University Press of Mississippi.
- Saillot, E. (2015). Analyse des pratiques d'étayage de professeurs des écoles en situation d'aide personnalisée : contribution à la modélisation d'une posture professionnelle. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 34, 121-137. <https://doi.org/10.4000/dse.1209>
- Simonneaux, L., & Jacobi, D. (1997). Language constraints in producing prefiguration posters for a scientific exhibition. *Public Understanding of Science*, 6, 383-408. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/6/4/005>
- Triquet, É. (2007). Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée. *Aster*, 44 (1), 107-133. <https://doi.org/10.4267/2042/8782>
- Triquet, É., et Bruguière, C. (2014). Album de fiction, obstacles sur la métamorphose et propositions didactiques. *RDST*, (9). Publié en ligne le 29 septembre 2016. <https://doi.org/10.4000/rdst.898>

Effondrement des colonies d'abeilles 2022



Personnalité : Courageuse, généreuse, protectrice, confiante, mais à tendance à s'énerver rapidement.

Costume : Elle porte un uniforme avec des motifs égyptiens. Ses grandes ailes dorées en forme d'alvéoles et son costume couleur parchemin lui permettent de se fondre dans le décor. Elle a aussi des vagues dans les cheveux.

Super-pouvoirs : Invoque des tempêtes de sable, pulvérisation de miel, invocation de scarabées et d'abeilles, rentre dans les esprits des animaux et insectes, transformation en abeille.

Faiblesse : les pesticides.

Équipement : bouclier en forme d'alvéole, septre pour contrôler les animaux, Ceinture avec projection de disques et de miel pour neutraliser ses ennemis.

Adversaire et fin de l'histoire : Glifozee, un scientifique fou qui utilise un frelon pour l'attaquer. Elle utilise un insecticide, invoque des coléoptères et le blesse gravement. Glifozee lui jette un frelon dans les jambes, Wonderbee l'assomme. Il se rend compte qu'il n'a aucune chance et ils deviennent amis.



Glifozee (création d'Instant Science)

Nom du Super-Héros : Wonderbee

Groupe d'élèves : Les Mystérieux

Origine : Wonderbee, alias Laura Nkozi, a été attaquée par une colonie d'abeilles mutantes porteuses d'une maladie en rentrant de l'université. Après cette attaque, elle est hospitalisée et commence à développer des pouvoirs liés aux abeilles. Elle se transforme en créature mi-humaine, mi-abeille. Son identité inspirée de l'Égypte antique est également liée à ses origines égyptienne (information variable...).

Identité réelle : Laura Nkozi, 20 ans, originaire de Tanzanie (ou Égypte selon les versions des élèves), étudiante en architecture écoresponsable.

Espèce : Mi-humaine, mi-abeille.

Caractéristique physique : 1m76, métisse

Fiche Synthétique : Origine, enjeux liés aux savoirs et références

Contraintes imposées par les médiatrices
Mythologie / Origine : Égypte antique.



Savoirs et enjeux écologiques

- Biomimétisme :

- Camouflage : Wonderbee peut se fondre dans le décor grâce à ses ailes dorées en forme d'alvéoles. Cela évoque le biomimétisme, une approche où des scientifiques et ingénieurs imitent les systèmes naturels pour résoudre des problématiques humaines. Ici, le camouflage se réfère à la capacité des insectes (phasmes ou papillons) à se fondre dans leur environnement pour se protéger des prédateurs.

- Ecoconception : Certains architectes s'inspirent des termites, qui construisent des structures complexes en alvéoles permettant de réguler la température et l'humidité à l'intérieur. (Par exemple le bâtiment : Eastgate Centre au Zimbabwe). Cela fait écho à l'ambition de Wonderbee de devenir architecte écoresponsable, en se basant sur des modèles naturels. (Ce concept a été évoqué par l'entomologue lors de la séance 3).

- Bouclier en alvéole : Le bouclier de Wonderbee est inspiré des structures en alvéoles des ruches réputées résistantes.

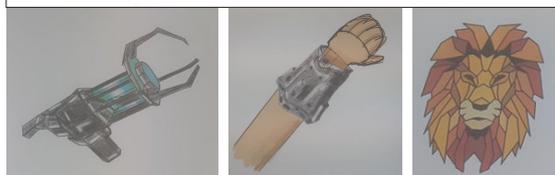
- Mutation et maladies : Les colonies d'abeilles sont affectées par des maladies virales et des parasites qui déciment leurs populations. Cela a un impact direct sur la biodiversité et la pollinisation, essentielles pour la production agro-alimentaire. La FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) met en garde contre l'impact des pesticides, qui sont également une des principales causes de la disparition des abeilles et des autres insectes pollinisateurs.

Références fictionnelles

- Histoire : La transformation de Wonderbee via une mutation après avoir été attaquée par des abeilles mutantes rappelle les origines de nombreux super-héros, notamment les X-Men ou Spider-Man, qui acquièrent leurs pouvoirs suite à des changements génétiques ou des expositions à des agents biologiques.

- Pouvoirs : Bien que Wonderbee ne contrôle pas les insectes via la technologie comme Ant-Man, ses pouvoirs sont plus proches de ceux d'Aquaman ou Poison Ivy, qui communiquent directement avec les animaux marins ou les plantes sans utiliser de technologies.

Tsunami de Plastique 2022



Nom du Super-Héros : Skhelmet

Groupe d'élèves : Skell Maker

Origine / Mythologie : Skhelmet, née en 2037, vient de la planète Irya. Sa mission est de sauver son peuple en ramenant les déchets de la Terre pour les convertir en nourriture et en ressources. Le peuple de sa planète mange des déchets et lui a transmis un pouvoir unique pour accomplir cette mission.

Identité réelle (alias) : Iris Iryake, 26 ans, dessinatrice.

Espèce : Iriake, une espèce extraterrestre originaire de la planète Irya.

Caractéristiques physiques : Non précisé.

Personnalité : Gentille, courageuse, extravagante, et puissante.

Costume : Elle porte un masque de lion argenté et un long manteau.

Super-pouvoirs : Elle peut attirer les déchets grâce à un pouvoir transmis par son peuple.

Super-équipements :

- Bracelet multi-fonction
- Pistolet anti-gravité : Il permet de téléporter les objets pour collecter des déchets.
- Masque de lion pour cacher son identité

Adversaires : Les Seven X, un groupe de super-vilains

Fin de l'histoire : Pas d'information



Les Seven X (création d'Instant Science)

Fiche Synthétique : Origine, enjeux liés aux savoirs et références

Contraintes imposées par les médiatrices

Origine: extra-terrestre

Mythologie : Déesse Sekhmet, la déesse égyptienne de la guerre et de la guérison, souvent représentée avec un masque de lion.

Écocitoyenneté et ingénierie techniques

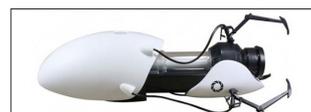
- Conversion du plastique : Le fait que le peuple de Skhelmet considère le plastique comme une source de nourriture peut faire référence à des technologies de bioconversion des plastiques, où des enzymes et des bactéries dégradent le plastique. Par exemple, la bactérie *Ideonella sakaiensis* est capable de décomposer le plastique PET (Cai Z, Li M, Zhu Z, et al., 2023). Cette bioconversion s'inscrit aussi dans des recherches qui visent à convertir les déchets en énergie.

- Technologies anti-gravité : Inspirée par la gestion des déchets spatiaux, l'anti-gravité pourrait rappeler les projets comme ClearSpace, qui développe des technologies pour capturer les débris en orbite.

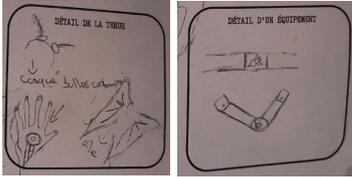
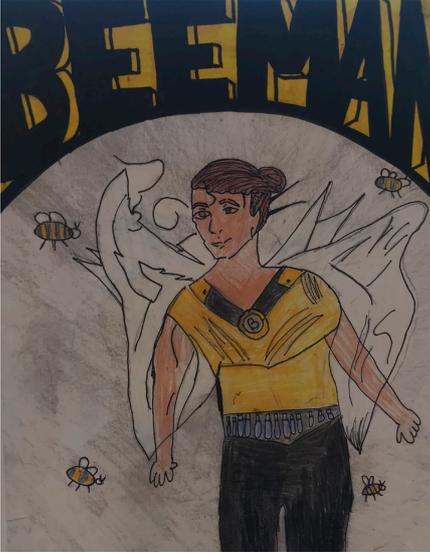
Références fictionnelles

- Équipement : Le pistolet anti-gravité de Skhelmet, capable de téléporter des objets, rappelle le Portal Gun du jeu vidéo Portal, qui permet au joueur de créer des portails pour se déplacer instantanément.

- Masque de lion : Le masque de lion de Skhelmet fait penser au masque de panthère de Black Panther. Black Panther, avec ses technologies avancées et son lien à Bastet, la divinité principale du Wakanda, présente un parallèle similaire avec Skhelmet, qui utilise des technologies futuristes tout en étant liée à la mythologie de Sekhmet.



Effondrement des colonies d'abeilles 2023



Nom du Super-Héros : BeeMan

Groupe d'élèves : Totally Spies

Origine : La famille de BeeMan a été contrainte de quitter sa planète en raison de la disparition des abeilles. Cette catastrophe écologique a entraîné la disparition des végétaux et une famine, forçant sa famille à s'exiler. Une fois sur Terre BeeMan se rend compte qu'une catastrophe similaire est à venir. Il reçoit ses pouvoirs d'un dieu aztèque, Quetzalcóatl, et peut se transformer en abeille.

Identité réelle (alias) : Zak Nefati, garagiste et vendeur de voitures, «d'origine» mexicaine.

Espèce : Inconnue

Caractéristiques physiques : un œil marron et un bleu

Personnalité : Gentil, intelligent, calme, amical, et fort

Costume : Lorsqu'il se transforme, BeeMan porte un costume jaune et noir avec des ailes et des antennes, rappelant les abeilles, et il porte une pierre autour du cou, donnée par le dieu aztèque.

Super-pouvoirs : Super vision pour identifier les nids de frelons. Contrôle des abeilles, lui permettant de les regrouper pour générer de la chaleur et faire exploser ses ennemis (frelons).

Équipement : Ceinture avec des boutons qui produisent des bulles pour enfermer les frelons. Fioles d'antidotes accrochées à sa ceinture pour se protéger ou soigner ses alliés. Casque pour contrôler les abeilles.

Adversaire : Glefozee, un scientifique fou, persuadé de la supériorité des frelons.

Fin de l'histoire : Pas d'information



Glefozee (création d'Instant Science)

Fiche Synthétique : Origine, enjeux liés aux savoirs et références

Contraintes imposées par les médiatrices

- Origine : Extra-terrestre
- Mythologie : Quetzalcóatl (dieu du vent, de la vie, de la végétation et de la nature dans la mythologie aztèque).

Savoirs et enjeux écologiques

- Des savoirs relatifs au biomimétisme : Le biomimétisme désigne l'inspiration des systèmes naturels pour résoudre des problématiques humaines. Dans le cas de BeeMan, cela se manifeste par sa ressemblance physiologique avec les abeilles (ailes, costume noir et jaune), et ses pouvoirs inspirés du comportement défensif des abeilles asiatiques. Celles-ci entourent un frelon et élèvent la température en se frottant entre elles jusqu'à ce qu'elle devienne létale pour le frelon.

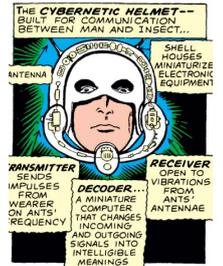
- Biodiversité et pollinisation : L'histoire de BeeMan reflète des menaces pour la biodiversité, particulièrement les abeilles : la pollinisation. La disparition des abeilles est une menace grave pour les écosystèmes agricoles et la sécurité alimentaire mondiale, comme le souligne la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). Le super-vilain Glefozee, dont le nom fait écho au glyphosate, incarne la menace des pesticides, l'une des principales causes de la disparition des abeilles.

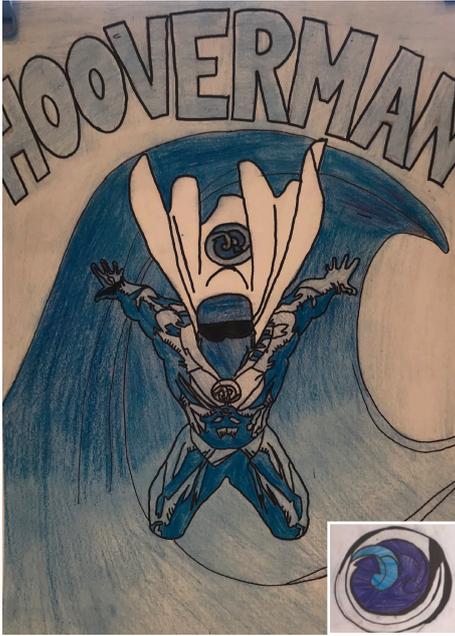
Références fictionnelles

- Histoire : Comme Superman, BeeMan est contraint de quitter sa planète pour échapper à une catastrophe écologique. Il incarne également un rôle protecteur sur Terre, préservant la biodiversité de menaces semblables à celles qui ont détruit son monde.

- Technologie de contrôle des insectes : Le casque de BeeMan, qui lui permet de contrôler les abeilles, fait référence à Ant-Man dans l'univers Marvel, où le héros utilise un casque technologique pour communiquer et manipuler les fourmis.

- Ceinture avec des gadget : La ceinture de BeeMan, remplie de gadgets utiles pour ses combats, rappelle celle de Batman, connue pour contenir divers outils adaptés à des menaces spécifiques.





Nom du Super-Héros : Hoover Man

Groupe d'élèves : Les Caporales

Origine : Hoover Man est un scientifique qui vivait aux États-Unis jusqu'à ses 18 ans. Ses parents ont disparu dans un tsunami de plastique il y a 10 ans. Il travaille dans un laboratoire sur un projet de recyclage du plastique. Un jour, il renverse accidentellement une potion recyclante de plastique sur sa main droite, ce qui le transforme en super-héros. Après un temps où il n'arrive pas à contrôler ses nouveaux pouvoirs, il finit par les maîtriser rapidement.

Identité réelle (alias) : Wayamdji Bamar Laborentin, 22 ans, franco-algérien.

Caractéristiques physiques : Grand, sportif, yeux bleus, avec une cicatrice sur la main droite à cause de la potion.

Personnalité : Gentil, curieux, sportif, intelligent, malin, humble, généreux, indulgent, tenace, courtois.

Costume : Une combinaison bleu océan et blanche, avec des gants bleus et des bottes blanches. Un masque bleu qui couvre son visage, et son logo sur le torse est un mélange entre un tsunami et une flèche de recyclage.

Super-pouvoirs : Hoover Man peut aspirer le plastique et le transformer en énergie renouvelable, qu'il utilise pour aider les populations pauvres en Algérie. Il nettoie également les mers en absorbant les déchets plastiques.

Adversaires : Les Seven X, un groupe de super-vilains qu'il combat à l'aide de techniques de combat.

Fin de l'histoire : Hoover Man retrouve finalement ses parents qui étaient emprisonnés depuis des années sur l'océan.



Les Seven X (création d'Instant Science)

Fiche Synthétique : Origine, enjeux liés aux savoirs et à l'écocitoyenneté et références

Contraintes imposées par les médiatrices
Origine / mythologie : Laboratoire

Savoirs et enjeux écologiques

- Perte des parents dans un tsunami de plastique : Métaphore de la surconsommation de plastique, évoquant le 7e continent, un amas de déchets flottants dans les océans.

- Lien avec la surconsommation : Impact du plastique sur les océans : biodiversité menacée, microplastiques présents dans les aliments, destruction de l'écosystème marin.

Écocitoyenneté et ingénierie techniques

- Transformation du plastique en énergie renouvelable
- Symbole de la flèche de recyclage
- Initiatives réelles : Projets tels que The Ocean Cleanup, Seabin Project, et The Great Bubble Barrier.

Références fictionnelles

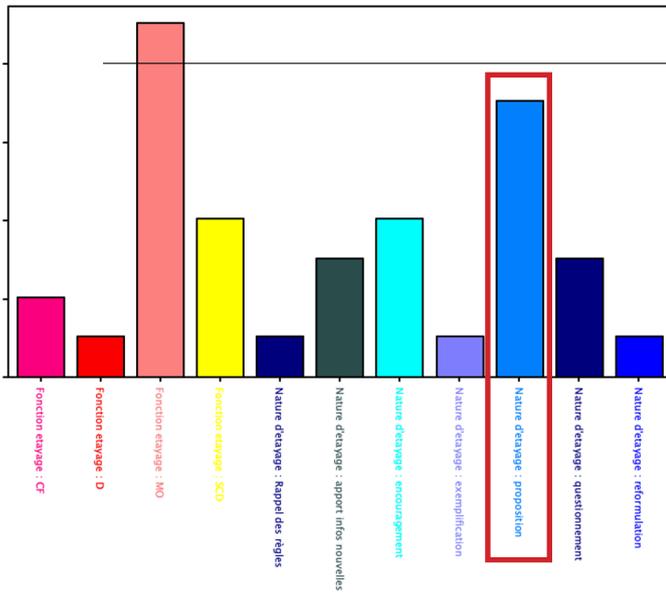
- Origine du personnage : La transformation de Hoover Man dans un laboratoire fait écho à celle des 4 Fantastiques, un groupe de héros ayant acquis leurs pouvoirs après un incident scientifique. Le costume de Hoover Man rappelle également l'uniforme des 4 Fantastiques.

- Super-Vilains : Les Seven X rappellent, dans le nom, les Sinister Six de Spiderman, un groupe de super-vilains formant une équipe

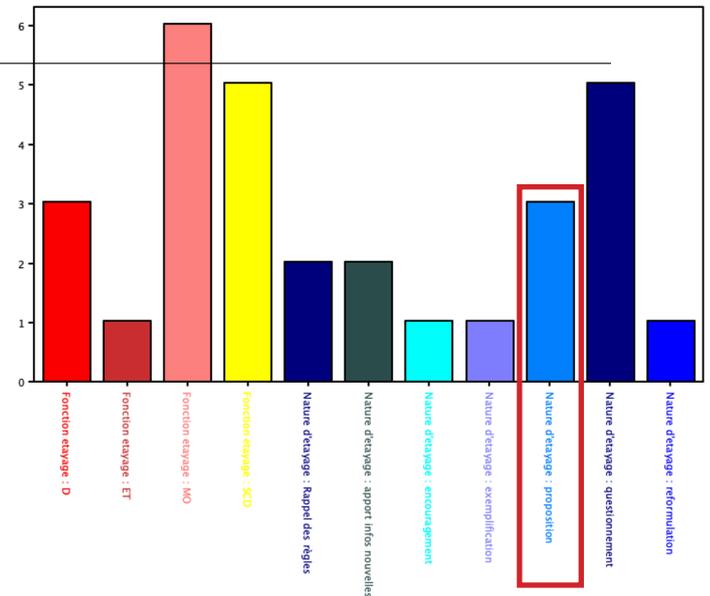
- Référence Visuelle : Inspiration du Surfer d'Argent ou de Spider Man pour la position et le costume de Hoover Man



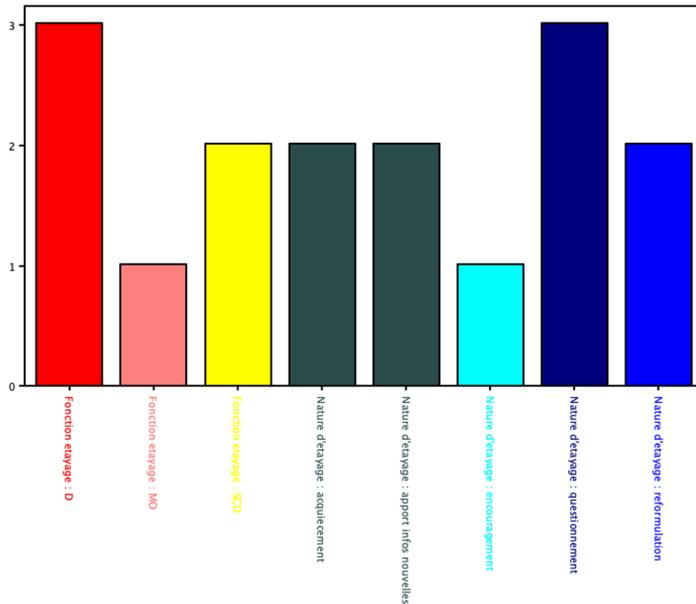
Collection: super pouvoir plastique 2023



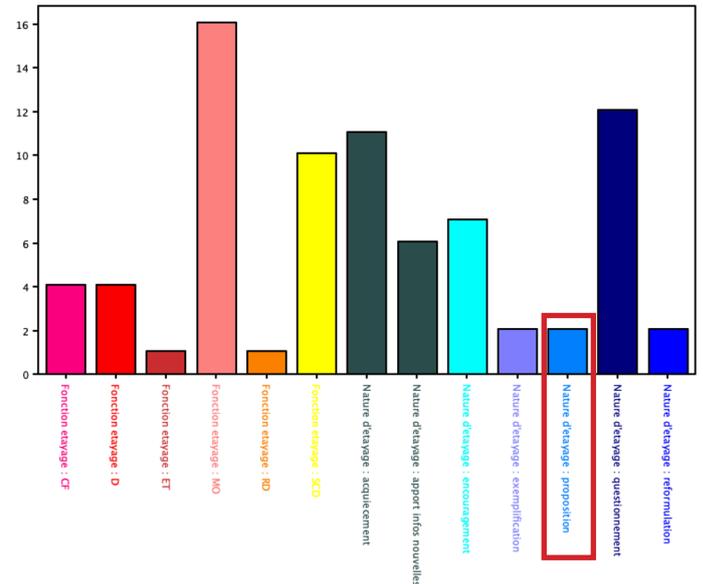
Collection: super pouvoir abeille 2022



Collection: brain storming abeille 2023



Collection: brain storming plastique 2023



Comparaison des étayages en fonction des tâches en 2022 et 2023

Focus sur les étayages de type « proposition » de la part des médiatrices. La récurrence de ce type d'étayage est principalement observée lors des tâches de « création de super-héros », tandis qu'elle est beaucoup moins présente, voire absente, lors des tâches de type « brainstorming ».

Choisir une situation de résolution de problème en physique : quels critères privilégier ?

Séverine Derolez (1), Karine Bécu-Robinault (1)

(1) ENS de Lyon, CNRS, Université Lumière Lyon 2, ICAR, 5191, 69007, Lyon, France.

Introduction

Ce travail s'inscrit dans un projet collaboratif associant des chercheuses en didactique et des enseignants de sciences physiques du second degré (collège et lycée) dont le fonctionnement s'apparente à la DBR (Design-Based Research Collective 2003). L'objectif est de développer des situations de résolution de problèmes intégrant des résultats de la recherche et des savoirs enseignants issus de la pratique. Initié en 2016, les productions issues du projet ont évolué de séances « clé en main » à un guide pour aider à la conception de nouvelles situations. Par cette contribution au colloque TSDS#4, nous souhaitons apporter un éclairage sur les raisons motivant le choix d'une situation problème et des ressources associées depuis les origines de ce projet.

Cadre théorique et d'analyse des situations

Éléments théoriques mobilisés pour la conception de situations

Les situations de résolution de problèmes en physique occupent une place de choix dans les enseignements au lycée comme au collège (MEN 2019, 2020). Dans notre projet les ressources conçues se composent d'une situation, d'une question qui doit conduire les élèves à définir le problème de physique à résoudre et de documents complémentaires fournissant des indications chiffrées et des éléments de modèles. Notre attention actuelle est tournée vers la formalisation d'un guide à destination des enseignants, pour concevoir de nouvelles situations, à partir des ancrages théoriques des chercheuses (modélisation, représentations sémiotiques et récit). Ce guide intègre aussi les résultats des recherches conduites sur les premières situations

conçues (Derradj, Boivin-Delpieu et Bécu-Robinault 2018 ; Derolez et Bécu-Robinault 2019 ; Bécu-Robinault 2022).

Ainsi, la liste d'items guidant l'élaboration de situations nouvelles précise que la situation peut être fictionnelle, qu'elle doit être décrite de manière suffisamment précise pour que les élèves saisissent les éléments de l'histoire et leur combinaison. La solution du problème est un dénouement à la péripétie de l'histoire décrite dans la situation. Il convient de formuler la situation uniquement en termes d'objets ou d'événements, sans faire référence au modèle physique nécessaire à la résolution du problème. La résolution doit pouvoir s'appuyer sur une variété de représentations sémiotiques et plusieurs cheminements doivent être possibles.

La créativité dans la conception des situations

Nous avons souhaité nous intéresser à l'activité de conception de résolution de problème en physique du point de vue de la créativité des enseignants, en miroir de celle des élèves, lorsqu'ils mobilisent collectivement le guide de conception fourni par la recherche (Derolez et Bécu-Robinault à paraître). La créativité est un enjeu actuel dans la formation des enseignants (Bonnardel et Didier 2020). De ce fait, nous avons souhaité mettre en relation certains items de notre guide de conception avec trois caractéristiques de la créativité telles que décrites dans la littérature.

Tout d'abord, la créativité, en tant que capacité à produire quelque chose de nouveau et adapté au contexte dans lequel elle se manifeste (Sternberg et Lubart 1998) requiert originalité et efficacité (Runco et Jaeger 2012). Cette définition permet d'envisager la créativité des enseignants comme étant liée à leur aptitude à rédiger des descriptions de situations qui ne présentent pas les apprêts usuels de situations étudiées en classe de physique. L'item du guide précise que cette description doit donner une certaine liberté aux élèves concernant l'identification et la mobilisation des concepts permettant de répondre aux questions posées (C-A).

Rieben (1978) définit la créativité comme « un processus permettant d'abord d'être réceptif aux problèmes, d'identifier les difficultés, de poser puis tester des hypothèses afin de communiquer des résultats ». Poirier Proulx (1999) précise que l'absence de cheminement évident vers une solution est un élément essentiel. La variété des cheminements est liée à la possibilité d'élaborer et vérifier une diversité d'hypothèses. Nous avons rapproché cette caractéristique de l'item du guide de conception, qui invite les enseignant-e-s à anticiper et décrire la variété de cheminements et de solutions, tant du point de vue de la forme que des contenus

Enfin, Bernier (2022) précise que dans les activités suscitant la créativité comme dans la résolution d'un problème, l'imprégnation de la situation, *via* un examen détaillé de l'ensemble des éléments mis à disposition est nécessaire. Cette caractéristique est à mettre en relation avec notre item indiquant que la description du contexte doit être suffisamment détaillée pour permettre de vérifier l'adéquation des solutions possible au contexte (C-C).

Question de recherche

Notre communication vise à mettre en évidence comment les enseignants choisissent l'ensemble des éléments qui seront mis à disposition des élèves pour leur proposer cette situation de résolution de problème ? Quels sont les éléments qui favorisent ou contraignent la créativité des enseignants lors des choix opérés collectivement ?

Méthodologie et analyses

Dans le cadre du projet, les enseignants ont pu travailler soit en groupe mêlant enseignants de collège et de lycée, soit en sous-groupes de niveaux. Ces groupes étaient accompagnés par des chercheuses qui ont explicité dès les premières réunions les fondements théoriques des items du guide de conception. Toutes les réunions ont été enregistrées. Afin de garder une trace des productions et donner accès à chacun à l'ensemble des ressources mobilisées au fil des réunions, nous avons utilisé un tableau collaboratif multimédia en ligne.

Afin de conduire cette recherche, nous avons choisi de combiner plusieurs types de données : les activités produites collectivement depuis 2018 (textes et ressources multimédia associés aux situations fournies aux élèves, documents complémentaires), ainsi que les enregistrements et transcriptions des réunions de conception (23 au total) de ces activités : Star Wars (2018-2019 ; propagation du son), Rhino-TCL (2021-2022 ; énergie et mouvements), Gravity (2022-2023 ; mouvement et gravitation), Monde sans fin (2023-2024 ; puissance et énergie). L'ensemble de ces données a été analysé du point de vue des 3 caractéristiques de la créativité décrites précédemment.

Détails et analyses des situations sélectionnées pour concevoir les activités de résolution de problème

A partir des transcriptions et du visionnage des enregistrements des réunions nous avons cherché à identifier la genèse du thème de la situation ainsi que la nature du

média support de l'activité en classe. Puis nous cherchons dans les discussions comment émerge le choix de la question adressée aux élèves, les documents complémentaires pour aider à la résolution du problème. L'examen de l'ensemble des réunions permet de mettre en évidence les modifications successives permettant d'aboutir à une version qui fait consensus au sein du groupe. Notre analyse vise à mettre en évidence comment ces choix sont opérés au regard des caractéristiques de la créativité.

Un premier examen des enregistrements révèle une diversité de la genèse des situations, tant dans le choix des médias que dans la formalisation du thème travaillé que dans le rôle des partenaires. Cette diversité est le reflet du fonctionnement collaboratif du projet, au sein duquel chacun des partenaires est contributeur, la seule règle étant que le contexte du problème relève du monde quotidien des élèves.

Concernant la situation Star Wars les discussions sur le thème et le choix du média visent à habiller les documents et objectifs d'apprentissages décidés en amont. Le choix se porte sur le film Star Wars, situation fictionnelle originale et adaptée aux objectifs (C-A) en raison de la polémique sur la propagation du son. Un enseignant précise : « Ce qui m'intéressait c'est qu'ils cherchent. Qu'ils trouvent pas à la limite je m'en fou... mais qu'ils cherchent quelque chose ». Cette intervention traduit la volonté d'inciter les élèves à tester une variété d'hypothèses et donc de cheminements (C-B). L'extrait de film est très court et ne fournit pas suffisamment de détails pour initier le processus de résolution. Les enseignants ont pallié cette absence de densité du récit par de nombreux documents complémentaires (C-C).

La RP Rhino-TCL est une idée originale, extraite d'une expérience vécue par un enseignant (caractéristique A) : « Un jour, en me promenant dans le centre, j'ai vu un tram jaune qui passe avec marqué [...] Un tram égal 40 rhinocéros. Donc j'ai pas réfléchi encore réellement à cette RP, mais je pense que ça doit être quelque chose lié à l'énergie cinétique ».

La multiplicité des cheminements possibles est rapidement mise en lien avec les objectifs d'apprentissages pour le collège et le lycée et la difficulté à rendre les chapitres sur "l'énergie" attrayants pour les élèves (C- A et B). Pour les enseignants l'affiche est suffisante pour comprendre la situation : les chercheuses vont inciter les enseignants à densifier le récit autour de la photo-situation, rappelant un des critères issus du guide de conception. Le texte final sur lequel le groupe s'accorde reste minimal mais contextualise l'image avec un acteur (la ville de Lyon) qui poursuit un objectif (sensibiliser la population aux dangers du tram) dans un lieu (Lyon), avec une temporalité (novembre 2021) et un antagoniste (l'agence de communication de Sytral) correspondant à la caractéristique C.

Différents extraits de Gravity ont été proposés par les chercheuses en raison de son prétendu réalisme scientifique souvent mis en avant dans les médias. Les enseignants ont ensuite choisi un extrait de manière à pouvoir répondre à des objectifs d'enseignements communs au collège et au lycée. L'originalité de cette situation tient à la mise en tension entre un discours médiatique consensuel sur ce film (y compris par Thomas Pesquet) et la critique scientifique qu'il est possible d'en faire (C-A). Comme les questions posées restaient nombreuses et risquaient de conduire à des cheminements pas toujours en lien avec les objectifs visés, l'extrait initialement proposé a été segmenté de manière à écarter les éléments trop difficiles à interpréter ou pouvant induire des questions en dehors de la thématique définie (C-B). Au fil des réunions l'intrigue a été fréquemment re-discutée du point de vue de la physique afin de mettre en relation les objets (personnages, satellites, débris, etc.) et les événements (mouvements, chutes, actions, etc.). Cela a conduit à intégrer du texte au montage de l'extrait vidéo (C-C).

Plus récemment, et après un échec à trouver une situation pertinente à partir d'un autre film (Retour vers le futur), nous avons choisi de travailler à partir d'une ressource de type bande dessinée avec une thématique proposée par l'une des chercheuses, à savoir le réchauffement climatique. Le choix des enseignants s'est très rapidement porté sur « le monde sans fin » (Jancovici et Blain 2022) en raison de son succès médiatique (C-A). Après lecture par l'ensemble du groupe, le choix de cette BD comme situation initiale a été rapidement remis en question car les auteurs imposent un cheminement pour répondre aux questions qu'ils soulèvent (C-B).

Les enseignants ont finalement opté pour une situation issue d'un site de fake-news (C-A), une vignette de la bande dessinée étant utilisée au titre de ressource complémentaire pour compléter les informations données par le site (C-C).

Discussion et conclusion

L'analyse des choix des situations et des ressources associées montre que les caractéristiques de la créativité sont bien mobilisées par les enseignants.

Les enseignants du projet choisissent des situations originales non habituellement étudiées en classe de physique (C-A). Ces situations sont en lien avec la vie quotidienne des élèves (extraits de film, bande dessinée, campagne publicitaire). Les discussions en groupe permettent de s'assurer que le choix du cheminement soit en lien avec les objectifs d'apprentissages et que ce choix ne soit pas imposé par la formulation de la question (C-B). Les choix opérés concernant la description de la situation visent à densifier le récit de façon à ce que les élèves puissent facilement mobiliser tous les éléments utiles à la résolution (C-C). En général, les décisions

prises collectivement au sein du groupe sont en adéquation avec les caractéristiques de la créativité telle que nous l'avons décrite. Il reste à comprendre pourquoi ces caractéristiques ne sont que faiblement mobilisés lorsque les enseignants travaillent en autonomie (Derolez et Bécu-Robinault à paraître).

Bibliographie

- Bécu-Robinault, K. (2022). Multimodalité et modélisation pour enseigner et étudier la physique. Dans C. Hache, C. Houdement, C. de Hosson (dir.), *Approches sémiotiques en didactique des sciences*, (p.173-244). ISTE Éditions.
- Bernier A. (2022). Définir la créativité comme un processus d'élaboration de sens en éducation. *Revue Internationale Du CRIRES : Innover Dans La Tradition De Vygotsky*, vol. 6, no 3, p. 3-22.
- Bonnardel N. & Didier J. (2020). Activités de conception créatives : nouvelles perspectives dans la formation des enseignants. Dans N. Bonnardel et J. Didier (dir.), *Didactique de la conception* (p.53-69). Éd. de l'UTBM/Lausanne : Haute École pédagogique du canton de Vaud.
- Derolez, S. et Bécu-Robinault, K. (2019). Influence des éléments fictionnels de scénarisation dans la résolution de problèmes en physique au collège. In *Telling Science, Drawing Science*, 15-17 Mai 2019, Angoulême.
- Derolez, S. et Bécu-Robinault, K. (à paraître). Respecter le cadre pour développer la créativité des élèves et des enseignants ? Le cas de la résolution de problème en physique. RDST n°29, *recherches en didactique des sciences et des technologies*.
- Derradj, C. Boivin-Delpieu, G. & Bécu-Robinault, K. (2018). Conditions d'avancée des savoirs dans une résolution de problème. Dixièmes rencontres scientifiques de l'ARDiST, Saint-Malo. <https://resolutions.hypotheses.org/162>
- Design-Based Research collective (2003). Design-Based Research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, vol. 32, no 1, p. 5-8.
- Jancovici J-M. & Blain C. (2021). *Le Monde sans fin, miracle énergétique et dérive climatique*. Dargaud.
- MEN (Ministère de L'Éducation nationale) (2019). Bulletin officiel du ministère de l'Éducation nationale, spécial n°8 du 25 juillet 2019.
- MEN (Ministère de L'Éducation nationale) (2020). Bulletin officiel du ministère de l'Éducation nationale, n°31 du 30 juillet 2020.
- Poirier Proulx L. P. (1999). *La résolution de problèmes en enseignement : cadre référentiel et outils de formation*. De Boeck Supérieur.

-
- Rieben L. (1978). *Intelligence et pensée créative*. Delachaux et Niestlé.
- Runco M. A. & Jaeger G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, vol. 24, no 1, p. 92-96.
- Sternberg R. J. & Lubart T. I. (1998). The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms. Dans R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (p.3-15). Cambridge University Press.

Retours d'expérience

Vers l'engagement d'élèves de CM2 dans une démarche de médiation scientifique à travers un atelier BD

**Severine Alvain (1), Alice Delegrange (2), Aurélie Dessailly (3),
Christine Vandromme (4), Romane Albrun (4)**

1 : Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG) - UMR 8187 Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille, Université Littoral Côte d'Opale

2 : Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG) - UMR 8187 Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille, Université Littoral Côte d'Opale, INSPE

3 : Illustratrice indépendante

4 : Ecole Lalo-Clément de Lille, Rectorat de l'académie de Lille

Introduction

Depuis plusieurs années des échanges sur la durée entre des classes et des membres de laboratoires de recherche sont organisés dans la région Hauts-de-France. Ces projets ont pour point de départ une rencontre, suivie d'échanges réguliers sous forme de visites, de messages ou de visioconférences. L'objectif est d'accompagner les élèves dans la réalisation d'une "œuvre" qu'ils présentent eux-mêmes en fin d'année lors d'une restitution, en présence des personnels de la recherche, d'autres classes, de parents, d'élus, de médias... Dans le cadre de ces projets, différents formats "créatifs" sont donc mis en place, avec le soutien de l'Académie de Lille. Un accompagnement des classes est proposé à travers le partage d'un "Carnet d'exploration scientifique" collaboratif qui recense les supports déjà réalisés dans toute leur diversité et les moyens nécessaires pour les mettre en œuvre (<https://lescollembolsetci.wixsite.com/collembolles>). Au fil du temps, des souhaits de préparer des "planches de BD" sont apparus dans les classes. Parallèlement, les laboratoires de recherche développent des projets de partage de leurs travaux, par

exemple dans le cadre des programmes "Sciences Avec et Pour la Société". C'est dans ce contexte que nous avons choisi de concilier ces demandes en proposant d'expérimenter la réalisation de BD par les élèves pour aider les chercheurs à partager leurs travaux de recherche. Pour cela nous nous sommes inspirés de nos projets passés et de l'expertise de l'association "Stimuli" (De Hosson, 2019; Bordenave 2016). C'est ainsi qu'une expérience, inspirée des "Ateliers BD-Sciences", a été menée durant l'année 2023/2024 et est partagée ici.

Choix de l'établissement et du sujet

Afin de mener ce projet nous avons proposé à une école élémentaire, déjà engagée dans les échanges sur l'année, de nous accompagner. Il s'agit d'une école lilloise accueillant un public d'une grande hétérogénéité sociale. Une enseignante de CM2 et sa collègue (qui intervient à mi-temps dans la classe) ont été enthousiasmées et ont accepté de tenter l'aventure avec une classe de 22 élèves. Parallèlement, l'équipe s'est mise en quête d'acteurs de la recherche intéressés par le projet et deux chercheuses d'un laboratoire d'océanologie ont accepté de participer. Le moment était alors venu de présenter le sujet de recherche en classe et d'expliquer l'importance de partager les connaissances avec le public.

Préparation des élèves en amont des ateliers

Certains élèves de la classe choisie avaient déjà suivi des cours à propos des notions de la BD en CM1. Ils en lisent également tous lors du "quart d'heure lecture" proposé le midi. Le format ne leur était donc pas inconnu. Les élèves ont cependant tous pu découvrir, ou revoir, les étapes nécessaires de conception d'une BD à travers les "Fiches conseils" que le festival d'Angoulême met à disposition dans le cadre du concours scolaires : personnages, scénario, découpage, story-board, décors, angles de vue, crayonnés, encrage, lettrage, mise en couleur...

Durant la même période, une rencontre avec les chercheuses spécialistes du plancton marin a été organisée. Elles sont venues dans la classe, avec une présentation conçue pour les élèves, et ont échangé avec eux durant deux heures. De nombreuses questions ont été posées et cela a permis aux enfants de découvrir la diversité et les rôles du phytoplancton (végétaux) et du zooplancton (animaux). Un projet de recherche portant sur l'impact des microplastiques sur le milieu marin a également été présenté. La notion de taille microscopique et l'importance du plancton dans les chaînes alimentaires ont été approfondies. Nous nous sommes assurées que ces informations étaient bien comprises via un processus de questions / réponses en fin d'échange. Puis

nous avons confié la mission suivante aux élèves : "Un zooplancton avale par erreur un morceau de microplastique... imaginez la suite". Les élèves disposaient alors de 5 semaines pour préparer les histoires avec leurs enseignantes, avant 2 journées d'ateliers-BD. Le choix a été fait de répartir les élèves dans 5 groupes. Parallèlement, l'école s'est procuré du matériel de dessin de qualité (crayons de couleur et stylo à encre de chine) afin d'assurer un équipement homogène des groupes. L'usage de ces outils perçus comme "professionnels" a été relevé par les élèves qui y ont vu un gage de confiance et de motivation "*c'est ça qu'ils utilisent les gens qui font des vraies BD ?*", "*il va falloir qu'on dessine bien alors !*".

Déroulement des deux journées d'ateliers

La partie de l'équipe chargée d'animer l'atelier BD (une des deux chercheuses, habituée des projets de médiation, et une illustratrice, ancienne enseignante en primaire) avait émis le souhait de recevoir les idées de scénario en amont. Cette demande n'a pu être assurée mais le jour J les groupes d'élèves avaient tous écrit un premier jet d'histoire. Les deux journées d'atelier se sont alors déroulées ainsi :

- *Matinée du jour 1* : lecture des scénarios par chaque groupe à l'oral, retours à chaud, échanges sur la pertinence vis-à-vis du sujet, discussions sur les incompréhensions et éléments à garder ou non sur deux planches etc. Les groupes ont ensuite proposé des synopsis et un texte détaillé. Cette étape a nécessité plus ou moins l'aide selon les groupes, mais les trames initiales des histoires n'ont pas été modifiées.
- *Après-midi Jour 1* : réflexion sur les titres, les représentations des personnages et décors, études graphiques (après la phase de réflexion du matin, les participants ressentaient le besoin de se projeter sur le papier !). Les animatrices ont ensuite dédié deux heures en soirée pour préparer des propositions de découpages des scénarios qu'elles avaient découverts le matin.
- *Matinée Jour 2* : choix des découpages de scénarios, discussions entre les élèves pour "répartir leurs histoires dans les cases", réalisations des storyboard puis tracés des contours des cases sur les feuilles de dessin A3.
- *Après-midi Jour 2* : répartition des tâches pour les élèves "dessinateurs" et "dessinatrices", premiers crayonnés au brouillon, validation par les adultes, crayonnés sur les planches définitives avec le matériel "professionnel". En fin d'après-midi, la majorité des crayonnés étaient finis et l'encre débutait.



Figure 1 : Exemples de moments partagés lors du projet (rencontre avec les chercheuses, recherche graphique, crayonnés définitifs) (12/2023)

A la suite de ces deux journées, les élèves ont pu terminer l'encre et la mise en couleur lors de 2 ou 3 séances d'arts plastiques avec leurs enseignantes. Une des animatrices de l'atelier est retournée sur place une matinée pour s'assurer que les éléments colorés ayant un impact sur la compréhension des histoires soient bien réalisés. Devant l'implication des élèves, nous avons choisi de leur proposer d'envoyer leurs créations au concours "BD Scolaires" d'Angoulême, ce qui fut fait en février.



Figure 2. Quelques extraits des planches des 5 groupes d'élèves de CM2.

Retour sur l'expérience

- Intégration du sujet de recherche* : les échanges avec les chercheuses semblent avoir permis d'assurer une bonne compréhension du sujet et de l'enjeu du partage. L'ensemble des scénarios comprenaient les éléments clés en lien avec la mission confiée : monde marin, notion de très petite taille, places des éléments dans la chaîne alimentaire, origine et impact du microplastique, diversité du plancton, observation en mer, matériels utilisés... Le passage à l'étape "dessin" n'a pas posé de soucis particuliers, les représentations imagées étant en accord avec les scénarios prévus, sans modifier le message.

-
- *Usage des codes de la BD* : Les élèves n'ont pas hésité à utiliser des représentations imaginaires ou des métaphores pour mettre en scène leurs histoires (villes sous-marines, usages de moyens de transports, dialogues entre les espèces, planctons en costumes...). La représentation de personnages "humains", associée à l'origine du microplastique ou aux acteurs de la recherche, est venue spontanément, de même qu'une fin plaçant les planctons en position de "manifestant" pour envoyer un message (au lecteur ?) dans 2 des 5 projets. Les usages de plans variés, d'éléments indiquant le mouvement ou des émotions sont retrouvés dans l'ensemble des propositions, en soutien au récit. La diversité des représentations des planctons, en lien avec la diversité présentée par les chercheuses, a été l'objet de discussions entre élèves, sans que nous ayons à le proposer, chaque groupe souhaitant intégrer des planctons différents des autres. Les messages principaux partagés par les chercheuses se retrouvent mis en scène dans chacune des créations.
 - *Préparation et mise en place des scénarios* : dans le cadre d'un projet qui choisirait de reproduire cette expérience, en laissant la possibilité de proposer cinq scénarios différents dans une classe, on note l'importance de la mise à disposition des idées d'histoire aux animatrices en amont des ateliers. En effet, la découverte tardive des scénarios a un peu retardé la mise en œuvre et la fin des planches le second jour. Une solution pourrait être d'être plus "directif" mais les participantes ont trouvé les propositions multiples intéressantes pour recueillir la diversité de perception des élèves et leur permettre d'être tous impliqués.
 - *Réalisation des planches* : nous avons dû gérer une difficulté non anticipée pour le tracé des cases sur les planches A3. Si des élèves étaient totalement à l'aise avec les consignes (données sous forme d'exemples) d'autres ont dû être aidés. Ce projet a été l'occasion de repérer des difficultés en lien avec les compétences "*mesures et grandeurs*" et cela a été retravaillé ensuite en "*aide personnalisée*". Nous avons choisi d'impliquer l'ensemble des élèves dans les étapes sauf pour la partie "dessin". Ceci pour des raisons pratiques mais aussi en réponse aux difficultés de certains élèves dans ce domaine. Cependant, chacun a pu participer à mesure de ses moyens et les planches sont des œuvres communes, signées par tous. Les élèves ont dû faire preuve d'écoute, se répartir les tâches et identifier les talents de chacun. Ils ont dû argumenter leurs propositions pour convaincre camarades et adultes, ce qui a permis de travailler les compétences psychosociales (Tessier 2023) et un parallèle a été fait avec les étapes des travaux de recherche. L'oral a été au cœur de cet exercice (échanges avec les chercheuses, lecture, discussions,

vidéos). L'écrit a également été travaillé pour préparer les scénarios, de même que le vocabulaire de la thématique.

- *Préparation des restitutions* : des interviews des élèves ont été réalisées par une enseignante. Ces images témoignent d'un fort intérêt pour l'exercice. Les élèves y décrivent de façon fluide qui étaient les adultes présent et les motivations du projet. Ils indiquent qu'on leur a demandé d'inventer une histoire pour partager un sujet de recherche sur le plancton (en précisant que c'est "*vraiment tout petit, on peut pas le voir à l'oeil nu*") et qu'ils ont travaillé en groupe pour écrire l'histoire, le découper en storyboard pour "*aider à remettre les cases en ordre sur le papier*", s'entraîner à dessiner etc. Ces retours sont extrêmement riches et il sera intéressant de les généraliser à chaque étape et pour l'ensemble des participants (adultes compris).

A l'issue de cette expérience, les participants ont témoigné de leur souhait de renouveler l'expérience. Le projet sera ajouté au carnet inspirant collaboratif. Les planches seront présentées par les élèves lors de la restitution en fin d'année, dans un site culturel de Lille puis dans les locaux du service Culture de l'Université. Ce sera l'occasion d'échanger avec d'autres acteurs sur l'usage et la place de la BD et son potentiel pour accompagner les rencontres autour de sujets de recherche.

Bibliographie

- Bordenave L., Daurès, P.-L., Décamp N., Hache C., Horocks J. et de Hosson C. (2016). De l'exposé scientifique à la planche de bande dessinée : analyse de productions d'apprentis dessinateurs dans le cadre du projet SARABANDES. *Colloque TSDS2016, Cité internationale de la bande dessinée et de l'image, Angoulême, 24 et 25 novembre 2016.*
- De Hosson C., Bordenave L., Daures P.-L., Décamp N., Hache C., Horocks J. et Kermen I. (2019). Quand l'élève devient auteur.e : analyse didactique d'ateliers BD-Sciences. *Tréma, Montpellier, 10.4000/trema.4895. Hal-02102984.*
- Tessier D. Conférence Université de Montpellier,
<https://podeduc.apps.education.fr/video/28461-conference-approche-integree-des-competences-psychosociales-a-lecole-damien-tessier-151123>.

Besoin d'*Un tout petit coup de main* pour enseigner la masse ?

Utilisation d'un album jeunesse aux cycles 1 et 2

Camille Antoine (1,2) , Yasmine Bentahila (2,3), Virginie Edane (2,3), Cécile Jalabert (2,3), Delphine Justo (2,3), Corinne Michun (2,3), Simon Modeste (2,4), Valérie Munier (1,2)

(1) Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université de Montpellier, Université Paul Valéry Montpellier 3, (2) LÉA GALIM'Hérault , IFÉ, (3) Académie de Montpellier, Ministère de l'Éducation Nationale, (4) Institut Montpelliérain Alexander Grothendieck, Université de Montpellier, CNRS, UMR5149

Introduction

De nombreux travaux ont montré l'intérêt didactique de l'utilisation d'albums dans l'enseignement des sciences pour permettre l'émergence d'un questionnement scientifique sur la base d'allers-retours entre mondes fictionnel et réel (Bruguière & Triquet, 2014 ; Soudani et al., 2015) ou le développement de compétences mathématiques transversales (Moulin & Hache, 2019 ; Poisard et al., 2015) telles que la schématisation.

À l'interface entre mathématiques et physique, le domaine « grandeurs et mesures » est porteur d'enjeux d'apprentissage importants et suscite des difficultés pour les élèves (Munier & Passelaigue, 2012). Or, pour ce domaine, il existe des potentialités spécifiques du support album, liées notamment à la dialectique texte-image (Antoine & Modeste, 2022, Antoine et al., 2023).

Ce texte de retour d'expérience est issu du travail d'un groupe de recherche collaborative (Desgagné et al., 2001) constitué de cinq professeures des écoles et de trois chercheurs·ses en didactique des sciences et des mathématiques. Notre problématique partagée est : l'utilisation d'albums jeunesse peut-elle être un levier pour favoriser la conceptualisation des grandeurs et de leur mesure chez les élèves de la grande section au CE1 ? Nous travaillons plus spécifiquement sur la grandeur masse en élaborant une séquence d'enseignement à partir de l'album *Un tout petit*

*coup de main*¹, selon un principe itératif de co-construction et d'expérimentations de la séquence.

L'objet de cette communication est de présenter cette séquence ainsi que les effets que nous avons pu identifier sur les apprentissages des élèves à l'issue de deux années d'expérimentation.

Présentation de la séquence d'enseignement

Potentiel didactique d'*Un tout petit coup de main* pour l'enseignement de la masse

Un tout petit coup de main raconte l'histoire d'un éléphant et d'une souris qui veulent jouer à la balançoire à bascule malgré leur différence de masse. Divers animaux viennent s'asseoir du côté de la souris pour l'aider, en vain, jusqu'à ce que la balançoire bascule, à la fin de l'album, à l'arrivée d'un coléoptère.

Outre les potentialités qu'offre cet album de fiction réaliste (Soudani et al., 2015) pour travailler sur le codage mathématique et la modélisation (Moulin & Decroix, 2022), il apparaît qu'*Un tout petit coup de main* présente un fort potentiel didactique pour l'enseignement et l'apprentissage de la masse en cycles 1 et 2 (Antoine & Modeste, 2022). En effet, la masse est au cœur de l'intrigue. Elle est à la fois l'élément déclencheur (Souris et Éléphant ne peuvent jouer ensemble) et un élément contribuant au dénouement de l'histoire : la masse étant une grandeur additive, l'arrivée successive de plusieurs animaux du côté de la souris permet peu à peu d'approcher et de dépasser la masse de l'éléphant. Par la multiplicité des animaux mis en scène, l'album permet également de travailler sur les distinctions entre masse et « taille » et entre masse et quantité, sources de difficultés pour les élèves.

Nos précédentes recherches (Antoine et al., 2023) montrent également l'intérêt de la dialectique texte-image pour travailler sur les enjeux langagiers liés à la formulation de comparaisons de grandeurs, nécessitant une forme syntaxique complexe (par exemple : A est plus lourd que B). En effet, un album se discute, ce qui engendre une activité langagière forte chez les élèves. Dans cet album, le texte entretient un rapport de redondance (Van der Linden, 2006) avec les illustrations détaillées occupant souvent une double page. La balançoire à bascule (« bascule ») est à la fois décrite et représentée sous différents angles. En ce sens, cet album peut favoriser les

¹ *Un tout petit coup de main*, A. Tomper et L. Munsinger, École des loisirs, 1997

activités de représentation et de schématisation d'un dispositif de comparaison de masses.

Une séquence basée sur la modélisation de l'album

En appui sur la progression préconisée par la recherche (Passelaigue, 2011) et les programmes, la séquence comprend quatre moments clés : découverte de l'album, modélisation de l'intrigue avec une bascule, « sortie » de l'album avec l'introduction de la balance de Roberval, puis travail sur la mesure pour le cycle 2.

Elle démarre par une séance de découverte du vocabulaire de l'album avant sa lecture, en s'inspirant de la méthode Narramus (Roux-Baron et al., 2017). Cette étape, nécessaire à la compréhension globale de l'album, suscite intérêt et questionnement des élèves. La lecture s'organise ensuite en étapes avec un recueil de dessins d'anticipation qui amène les élèves à formuler des hypothèses sur l'état de la bascule après l'arrivée de chaque animal.

La modélisation du récit intervient après la lecture complète de l'album. Nous avons fabriqué du matériel spécifique pour reproduire la bascule et les animaux de l'histoire (figure 1). Cette modélisation permet la « vérification » du récit en le rejouant étape par étape. Une attention est portée à la résolution de l'intrigue avec l'arrivée du coléoptère (une toute petite masse qui fait « basculer l'éléphant »).

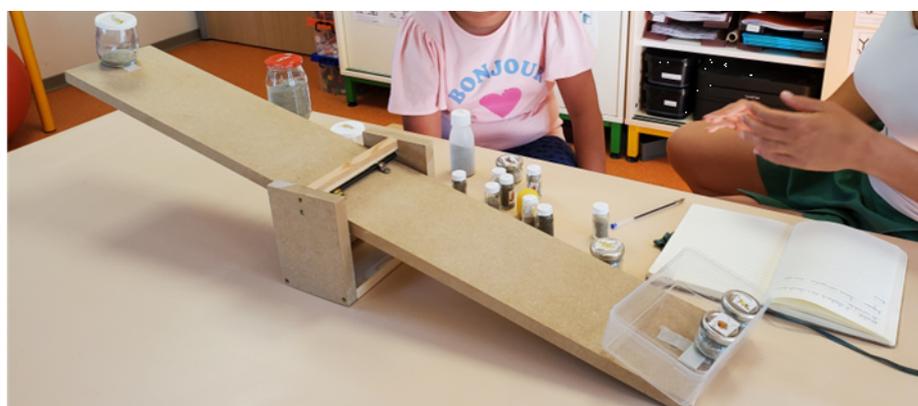


Figure 1 : *Matériel conçu pour la séquence.*

Plusieurs ateliers d'expérimentations sont ensuite proposés aux élèves : tests d'hypothèses sur les masses émises par les élèves, tests de l'invariance de l'ordre d'arrivée des animaux, comparaison des masses d'animaux, etc. Ensuite, sont

institutionnalisés les formulations langagières de comparaison de masses ainsi que le rôle du dispositif de bascule pour comparer des masses.

L'introduction de la balance de Roberval, en montrant que les deux dispositifs sont équivalents, amène à une sortie progressive de l'album. Ce nouvel instrument est utilisé pour comparer les masses d'objets de la classe, les classer par masse et travailler sur la distinction masse-volume. En cycle 2, la séquence se poursuit avec un travail sur la mesure (avec des unités arbitraires puis conventionnelles) tandis qu'en cycle 1, la lecture d'un autre album (*Un éléphant sur la balançoire*) permet un réinvestissement et l'approfondissement de la notion d'équilibre.

Sur la base des retours d'expérience de la première année, nous avons identifié la nécessité de porter une attention particulière aux enjeux liés au langage (vocabulaire et formulations), à la schématisation (passage du dessin au schéma, identification des trois états possibles de la bascule) et aux propriétés de la grandeur masse. La deuxième année, nous avons ainsi formalisé des évaluations intermédiaires afin de mesurer les réussites et les difficultés des élèves autour de ces enjeux.

Effets sur les apprentissages des élèves

Nous présentons maintenant les apprentissages effectifs des élèves, en portant une attention particulière aux apports de l'album. Nous nous focalisons sur les aspects motivationnels favorisant l'entrée dans le questionnement scientifique, sur l'exploration par les élèves de la grandeur masse, sur le travail de schématisation, et sur les résultats de l'évaluation intermédiaire. Nous illustrons nos observations par des productions d'élèves.

Un levier motivationnel pour explorer la grandeur masse

Cet album motive les élèves qui s'attachent aux personnages. La situation vécue par l'éléphant et la souris leur est familière et la structure « en randonnée » tient les élèves en haleine : l'éléphant et la souris vont-ils pouvoir jouer sur la bascule ? Comme nous l'avons envisagé, la chute inattendue, avec l'arrivée du coléoptère, ravit les classes à chaque fois.

La lecture, en étapes, est cohérente avec la structure de l'album. Les élèves sont amenés à exposer leurs raisonnements et à les confronter avec les réponses apportées par l'album, ce qui facilite l'émergence des conceptions des élèves (notamment erronées) au sujet de la masse. Cette structure favorise également un rituel

d'appropriation du vocabulaire et un travail sur les formulations de comparaison de masse, en appui sur les états possibles de la bascule.

La diversité des animaux et leur ordre d'arrivée incitent les élèves à explorer et à s'approprier différentes facettes du concept de masse. Leur curiosité les amène à formuler de nombreux questionnements et le dispositif technique leur permet de mener leurs propres expérimentations (comparaison de différents groupes d'animaux, recherche d'équilibres – figure 2).



Figure 2 : Schéma d'un élève représentant un équilibre obtenu lors d'une expérience.

De la représentation d'une balançoire à bascule à la schématisation d'une balance

La tâche réitérée d'anticipations et de dessins de la suite de l'histoire associée aux représentations visuelles offertes par les illustrations permettent aux élèves de passer progressivement d'un dessin figuratif à des schémas de la bascule adaptées à la problématique soulevée par l'histoire (figure 3).



Figure 3 : Progression des dessins d'un même élève, après rencontre avec les représentations proposées par l'album.

Les schématisations portent essentiellement sur la simplification du dispositif (un trait droit pour la planche, un triangle ou un trait vertical pour le pivot, les éléments superficiels de la balançoire, comme les poignées, disparaissent peu à peu). Les élèves trouvent dans cette simplification un gain de temps et une lisibilité accrue vis-à-vis de l'enjeu de déterminer « si ça bascule ou pas ».

Pour faciliter la transition entre le dessin et le schéma à main levée, en particulier en cycle 1, une étape intermédiaire peut consister à proposer du matériel facilitant les représentations (vignettes des animaux, bandelettes de papier pour la planche, gommettes triangulaires pour le pivot...).

Apprentissages, au prisme de l'évaluation intermédiaire

L'évaluation intermédiaire consiste à s'assurer des premiers acquis relatifs à la notion de masse. Elle vérifie individuellement la compréhension et l'utilisation du vocabulaire, l'interprétation et l'anticipation des états de la bascule, ainsi que l'association d'un schéma à une situation décrite (figure 4). Les situations sont proposées en dehors de l'album, afin de s'assurer que les connaissances construites seront utilisables dans d'autres contextes dans la suite.

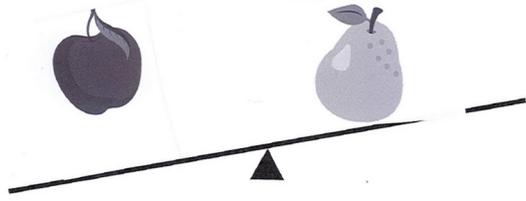
<p>Tâche 1</p> <p>Face à une situation de la bascule en déséquilibre avec deux bouteilles identifiées par des gommettes, déterminer quelle bouteille est la plus lourde.</p>	<p>Consigne et exemple d'une réponse d'élève pour la tâche 3</p> <p>La pomme est plus lourde que la poire. Colle-les sur la bascule au bon endroit.</p> 
<p>Tâche 2</p> <p>En soupesant deux bouteilles identiques de masses différentes, identifier quelle est la plus lourde et anticiper l'état de la bascule si on pose une bouteille de chaque côté.</p>	
<p>Tâche 3</p> <p>A partir d'une situation décrite verbalement de différences de masses entre deux objets du quotidien, compléter un schéma correspondant à la situation.</p>	

Figure 4 : description des trois tâches de l'évaluation intermédiaire.

Les résultats montrent une réussite globale aux différentes tâches proposées. Ils attestent que les élèves se sont approprié le dispositif technique comme outil permettant de comparer des masses. Ils mettent en évidence des progrès dans les compétences de schématisation.

Pendant l'évaluation, nous avons également observé que les situations de l'album servent de référence aux élèves, y compris pour des situations décontextualisées. Par exemple, dans une tâche où l'on doit soupeser deux masses et anticiper l'état de la bascule si on en place une de chaque côté, une élève raisonne ainsi : cette masse est la plus lourde, c'est comme l'éléphant, elle sera donc en bas et l'autre en haut. Ainsi l'album constitue un ancrage dans la mémoire des enfants et un ensemble de situations auxquelles pourra se référer la classe.

Discussion et perspectives

Les situations d'apprentissage du concept de masse, en prenant appui sur l'album *Un tout petit coup de main*, placent d'emblée les élèves dans un contexte complexe et riche de sens. Cette complexité favorise la problématisation de ce concept et le questionnement des élèves.

Le travail sur cette séquence nous a permis de vérifier et d'explorer le potentiel didactique de cet album, mais aussi d'affiner nos objectifs d'enseignement et d'identifier des points de vigilance qui guident les pratiques enseignantes (relatives au langage notamment).

Désormais, la question se pose : comment diffuser le fruit de notre réflexion et de ces deux années expériences à d'autres enseignant·es pour qu'ils puissent s'en emparer en l'adaptant à la réalité de leurs classes et à leurs pratiques ?

Bibliographie

- Antoine, C., & Modeste, S. (2022). Albums de littérature jeunesse et mathématiques : Quels potentiels pour l'enseignement et l'apprentissage des grandeurs et de la mesure ? *Telling Science, Drawing Science* 3, Angoulême, France. <https://tsds2021.sciencesconf.org/405116/document>
- Antoine, C., Modeste, S., & Munier, V. (2023). Utiliser des albums jeunesse pour l'enseignement des grandeurs et de la mesure : Une expérimentation en classe de CP avec l'album *La très grande princesse*. *Grand N*, 111, 41-68.
- Bruguière, C., & Triquet, E. (2014). Album de fiction, obstacles sur la métamorphose et propositions didactiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 9, 51-78. <https://doi.org/10.4000/rdst.898>

-
- Desgagné, S., Bednarz, N., Lebuis, P., Poirier, L., & Couture, C. (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation : Un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(1), 33-64. <https://doi.org/10.7202/000305ar>
- Moulin, M., & Decroix, A.-A. (2022). « Coder un album » pour modéliser en science. *Telling Science, Drawing Science* 3, Angoulême, France. <https://tsds2021.sciencesconf.org/378184/document>
- Moulin, M., & Hache, C. (2019). Codage d'album et activité mathématique? *Actes du colloque Telling Science, Drawing Science#2*, 5.
- Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*, 38, 106-147. <https://doi.org/10.4000/trema.2840>
- Passelaigue, D. (2011). *Grandeurs et mesures à l'école élémentaire : Des activités de comparaison à la construction des concepts, le cas de la masse en CE1* [Thèse de doctorat]. Université Montpellier 2.
- Poisard, C., D'Hondt, D., Le Corf, L., & Hili, H. (2015). Albums de littérature jeunesse et mathématiques. L'exemple des albums codés : Typologie, savoirs et tâches. *Grand N*, 95, 23-38.
- Roux-Baron, I., Cèbe, S., & Goigoux, R. (2017). Évaluation des premiers effets d'un enseignement fondé sur l'outil didactique Narramus à l'école maternelle. *Revue française de pédagogie*, 201, 83-104. <https://doi.org/10.4000/rfp.7284>
- Soudani, M., Héraud, J.-L., Soudani-Bani, O., & Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 135-160. <https://doi.org/10.4000/rdst.1013>
- Van der Linden, S. (2006). *Lire l'album*. l'Atelier du poisson soluble. <https://univ.scholarvox.com/book/88831428>

Communiquer sa recherche en BD : enjeux de la bande dessinée de recherche-création « Regarde le ciel et réfléchis – controverse s(c)olaire »

Estelle Blanquet (1), Philippe Baryga (2), Léonie Perolat (3)

(1) et (2) INSPÉ de l'académie de Bordeaux, (3) Université Bordeaux
Montaigne

Introduction

Notre retour d'expérience propose de relater la démarche qui nous a conduit à la réalisation d'une bande dessinée (27 pages) rendant compte de notre recherche associant les didactiques des sciences et des arts présentée lors de TSDS2 (Blanquet, Baryga & Picholle, 2019). Cette bande dessinée intitulée « Regarde le ciel et réfléchis – Controverse s(c)olaire » (Baryga, Blanquet & Perolat, 2024) sera mise à la disposition des participants au colloque et tous les extraits ci-dessous en proviennent.

Cadre théorique dans lequel s'inscrit la recherche dessinée

Nous nous inscrivons dans une lignée de recherche dessinée aujourd'hui clairement identifiée que Nicolas Labarre définit comme « une tentative d'extension du genre de l'écriture universitaire, qui envisage la production de savoir sous une forme multimodale, comprenant une importante composante graphique » (Labarre, N. ; Bardiaux-Vaïente, M.-G., 2017, 7). Il s'agit d'utiliser et d'optimiser le potentiel de l'image séquentielle, sa faculté à raconter, situer, détailler une recherche.

Serge Tisseron avec sa thèse (1975) est le premier à avoir effectué une recherche académique en médecine sous forme de BD avec une vocation pédagogique : elle est destinée aux étudiants en médecine qui n'ont alors aucune formation sur l'histoire de la psychiatrie. Beaucoup plus récent et d'une grande influence, *Unflattening* de Nick Sousanis (2017) semble avoir dynamisé le renouvellement des formes de l'écriture

universitaire et marque le moment durant lequel une pratique marginale devient visible, reconnue et reproductible (Labarre, N. ; Bardiaux-Vaïente, M.-G., 2017, 8). Tout comme Tisseron, il utilise le langage de la BD comme moyen terme où illustrations, textes, schémas et métaphores se retrouvent pour dialoguer.

La balance entre récit de soi et reportage, selon Labarre et Bardiaux-Vaïente, signale le point de jonction entre roman graphique et recherche dessinée. À la grande différence des travaux de Tisseron, Sousanis et Parker (2021), qui ont dès le départ été pensés en BD, l'équilibre entre image et texte penche parfois délibérément vers le texte, conséquence du fait que des versions écrites préexistent à leur version BD. Le *visual scholarship* — où les équivalents d'articles scientifiques sont disponibles dans toute leur diversité de forme, de choix narratif et de format comme sur le site de la revue *Sequential*¹ — montre l'intérêt grandissant pour la recherche dessinée. Notre arrière-plan scientifique s'appuie également sur les communications qui ont eu lieu lors des précédents colloques *TSDS*. En synthétisant et avec toutes les limites que cela comporte :

- pour traiter un sujet avec des images, il faut qu'il ait un potentiel visuel fort (Joulian, 2019, 76-81) ;
- la conception d'une BD de recherche requiert de prendre en compte le potentiel de la BD : rapport au temps, représentation des situations, des émotions, usage de métaphores visuelles ou de la contradiction entre texte et image dans un but critique ou poétique ;
- il existe une différence fondamentale entre une BD qui illustre une recherche et une recherche pensée dès le départ sous une forme visuelle ;
- si la visualité introduite dans la recherche peut mettre à mal le langage universitaire conventionnel en le confrontant à des registres qui lui sont étrangers, la recherche enrichie visuellement peut conserver les caractéristiques exigeantes de l'écrit de recherche : densité syntaxique, richesse référentielle, dont chaque auteure doit inventer les équivalents visuels.

Enjeux et contexte de la création de notre bande dessinée

Nous présenterons la façon dont Léonie Perolat, étudiante en Master MEEF 2° degré arts plastiques engagée dans un mémoire de recherche avec l'un des auteurs, s'est emparée des contraintes de la recherche dessinée pour percevoir et restituer une recherche-action menée (Blanquet & Baryga, 2022, Blanquet, 2021 & 2023) en

¹ <https://www.sequentialjournal.net/index.html>

s'appuyant sur la bande dessinée Rahan, « Le Secret du Soleil » (Lécureux, R. ; Chéret, A., 1969). Notre objectif était de tester s'il lui était possible, en utilisant la narration graphique dans une approche apparentée à la recherche-crédation, de restituer non seulement les situations mais aussi les émotions nombreuses qui ont circulé pendant la séquence menée en classe et pendant la présentation de la recherche en colloque, les stratégies pour représenter des émotions en BD étant bien connues (Mc Cloud, 2011 ; Maupeu, 2021). Même si les chercheurs ont constaté et repéré les moments où ces émotions étaient le plus perceptibles *in situ*, aucune analyse systématique n'a été menée.



Illustration 1 : présentation des chercheurs

La didacticienne des sciences, qui a amené les questions de recherche du projet initial (en particulier l'appropriation de la relativité du mouvement par les élèves dans le contexte Terre/Soleil), et le didacticien de l'art, qui s'intéresse aux usages du dessin et de la bande dessinée dans les apprentissages (ill. 1), ont fourni à l'étudiante les vidéos de la séquence, les dessins réalisés par les élèves ainsi que leurs propres témoignages. Ils lui ont explicité les enjeux didactiques du travail réalisé en sciences et en arts et l'ont accompagnée dans son cheminement. Un des objectifs qui lui a été fixé était de montrer ce que peut la narration graphique pour restituer, à défaut de mesures objectives dans cette situation précise, les émotions en jeu pendant le déroulement de la séquence et de la restitution en colloque, tout en conservant la clarté et la lisibilité de la recherche en sciences de l'éducation. Débutante dans la création de BD, cette étudiante a relevé le défi dans un temps limité. Quels choix a-t-elle réalisés dans la sélection des moments présentés et quelles modalités a-t-elle choisies pour remplir le cahier des charges ?

Choix plastiques et narratifs



Illustration 2 : insertion d'une planche de Rahan

La recherche à restituer s'appuie sur l'aventure de Rahan « Le Secret du Soleil » (ill. 2) qui a servi de déclencheur pour lancer une démarche d'investigation scientifique dans des classes de cycle 3 et tester les réactions des élèves en les confrontant directement à un modèle analogique rendant compte de l'alternance jour/nuit et du déplacement du Soleil dans le ciel du point de vue d'un observateur sur la Terre.

L'acceptation de la relativité du mouvement dans le contexte Terre/Soleil soulève en effet des difficultés spécifiques et conduit souvent les personnes sondées (Blanquet & Picholle, 2019) à nier le déplacement du Soleil dans le ciel (95%) alors qu'une simple observation permet pourtant de constater que, vu de la Terre, le Soleil change bien de position dans le ciel au cours de la journée (ill. 3).

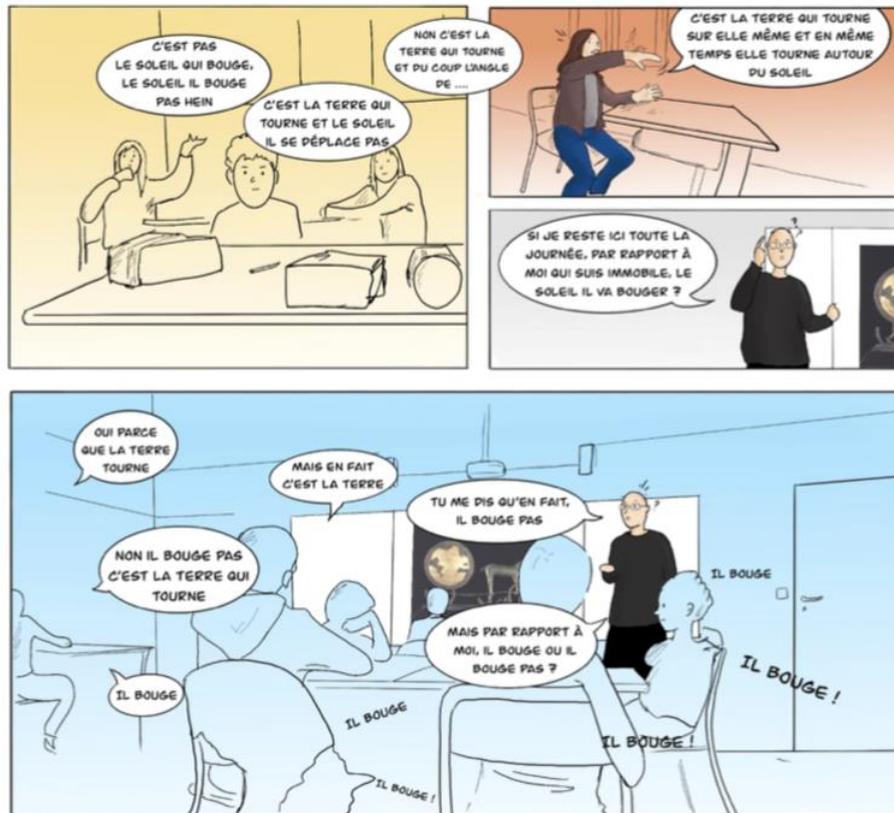


Illustration 3 : restitution d'une ambiance de classe

Les exemples de recherche dessinée précités ont informé son travail graphique. Plasticienne, elle n'avait jusque-là réalisé aucune bande dessinée et a dû inventer tout à la fois, à la tablette numérique, un langage graphique et un dispositif de mise en page plus souple que les cases habituelles, lui permettant davantage de retouches, qu'elle appelle « composition flottante » : le principe en est de créer les cases sans gaufrier préétabli et de les placer aléatoirement au fur et à mesure de l'histoire, pour donner ainsi un aspect, selon les propres dires de Léonie Perolat, « peu habituel et désordonné ». Selon les modifications apportées en cours d'élaboration, chaque case peut être repositionnée grâce à la souplesse de l'outil numérique.



Illustration 4 : restitution des tournures verbales incertaines

Son intérêt pour les sciences dures et ses échanges avec les deux didacticiens lui ont permis de à notre sens de saisir rapidement les enjeux de la controverse autour de la relativité du mouvement. Plutôt que de synthétiser les propos oraux, elle a tenu à respecter les tournures verbales incertaines des élèves (et parfois des enseignants) : « juste euh, je comprends pas c'est quoi ça là » (ill. 4).

**POUR D'AUTRES, IL EST PLUS FACILE DE FAIRE DES
BÊTISES QUE D'ESSAYER DE COMPRENDRE.**



**C'EST L'ARRIVÉE DES ENSEIGNANTS ET SURTOUT LES
EFFORTS DE MONSIEUR TORTOSA QUI VONT PERMETTRE
AUX ÉLÈVES DE COMPRENDRE LA MANIPULATION**



Illustration 5 : réalités de la classe

Associée à la représentation attentive des postures corporelles dynamiques des élèves, cette volonté d'exactitude verbale garantit autant que possible que la situation relatée est restituée dans son authenticité, sans lissage par les chercheurs (ill. 5). Il est aussi apparu que les moments de compréhension des élèves pouvaient se manifester en des gestes concrets : un élève qui pense est un élève qui agit (ill. 6).



Illustration 6 : des gestes pour comprendre

On peut ainsi constater que certains élèves comprennent de travers, ou que l'activité ne les intéresse pas. Malgré ce scrupule à restituer la vérité, les trois auteures ont bien dû supposer qu'une part de fiction (Berger, J. ; Mohr, J., 1981) avait pu se glisser dans la narration. Dans la mesure où une dimension émotionnelle se fait jour parfois, il n'est pas à exclure par exemple que la subjectivité et les états d'esprit des auteurs au moment du colloque aient pu biaiser leur témoignage.

C'est toutefois un enjeu de cette bande dessinée de montrer le rôle que jouent les émotions dans un dispositif pédagogique, que ce soit en classe avec des élèves ou dans le cadre académique du colloque.

Suivant les avancées de Tisseron, Sousanis et Parker, l'étudiante a intégré les planches de BD produites par les élèves et celles de Rahan à ses propres planches (ill. 7) : la bande dessinée comme dispositif de restitution permet ainsi d'homogénéiser les composantes d'une recherche à l'importante dimension visuelle.



Illustration 7 : analyse des planches d'élèves

Considérés comme les données brutes de la recherche du didacticien des arts sur les usages du dessin et de la bande dessinée dans les apprentissages, les travaux d'élèves supportent une double analyse : du point de vue plastique et narratif par le didacticien des arts, et du point de vue didactique et épistémologique par une didacticienne des sciences. Il faut noter que la BD est originellement en couleurs, et que le traitement des nuances de couleurs permet d'articuler avec clarté ce qui ressort de la narration principale et ce qui est de l'ordre de la production d'élèves. La BD qui sera mise à disposition a fait le choix économique du noir et blanc, ce qui permet une réflexion plus pointue sur les questions strictement plastiques que soulève la BD de recherche.

L'analyse *a posteriori* des choix réalisés par l'étudiante à qui une totale liberté a été laissée pour identifier les moments à représenter (même si nous lui avons proposé des moments qui nous avaient semblé les plus représentatifs de la circulation d'émotions dans la classe) montre que ce ne sont pas les moments pour lesquels nous avons identifiés le plus d'émotions intenses (confrontation entre enfants des idées par exemple) qu'elle a choisi de représenter mais plutôt des moments où le collectif était impliqué. Les émotions passent par ailleurs moins par les expressions du visage que

par la gestuelle (Mc Cloud, 2011), une explication pouvant en être sa maîtrise des outils graphiques en cours d'acquisition.

À l'inverse, une créatrice graphiste experte (e.g. Morgane Parisi) se focalisera plus sur la description d'un visage pour représenter les émotions d'un personnage (ill. 9). Il nous apparaît donc que les critères mobilisés par l'étudiante novice en BD en particulier pour représenter les émotions et les moments de cognition sont :

- de représenter des vues d'ensemble afin d'ancrer le lecteur dans un environnement pédagogique crédible ;
- de ne pas dessiner de personnage dans le détail (pas de plan serré sur un visage) pour privilégier les interactions (ill. 5, ill. 8) ;
- d'insister sur la gestuelle d'ensemble et de personnages spécifiques (ill. 4, ill. 8) ;
- de jouer sur la netteté des dessins et la mise en couleur plus marquée (pour la version en couleurs) de certains personnages pour encourager le lecteur à focaliser son attention ;
- de restituer les ambiances sonores, en particulier les paroles qui se chevauchent (ill. 3).



Illustration 8 : controverse lors du colloque



Illustration 9 : commentaire dessiné de Morgane Parisi

Conclusion

Les parti-pris adoptés lors de la création de la BD nous montrent qu'il a été possible d'utiliser le langage de la bande dessinée dans notre contexte de recherche universitaire. Cette BD, bien sûr perfectible, a permis de représenter des facettes du métier de chercheur : les parcours des chercheurs en amont de l'action décrite ; les interrelations entre collègues ; à quoi ressemble un terrain, une école, une salle de classe ; comment se passe un colloque. Elle permet également de restituer des données verbatim, avec le choix de ne pas lisser les extraits audio par exemple. Quand on fait des recherches en milieu scolaire, on constate qu'il est bien plus chaotique que ce que la lecture d'un article conventionnel pourrait laisser transparaître. Or il y a un sens à restituer cet aspect chaotique, car c'est là que résident les difficultés propres à l'enseignement, mais aussi l'énergie qui lui est indispensable, et la BD est un format qui permet de restituer en partie cet aspect.

Enfin, la BD permet de mettre en scène les controverses sans lesquelles il n'y a pas de sciences. Une controverse n'est pas qu'intellectuelle. Il s'y mêle une composante émotionnelle que l'image peut restituer, et en particulier le récit iconographique qu'est la bande dessinée, qui historiquement a pour vocation de susciter des émotions en représentant des émotions. Il ne s'agit pas d'abandonner la rigueur scientifique, qui suppose de la distance et de la neutralité. Il s'agit d'ajouter à cette rigueur, en les articulant clairement, ces considérations personnelles, contextuelles, chaotiques et

émotionnelles. Et nous pensons que les passer sous silence, justement, constituerait un manque de rigueur préjudiciable, en tout cas dans notre domaine des sciences de l'éducation.



Bibliographie

- Berger, J. ; Mohr, J. (2014), *Une autre façon de raconter*, Brugge : Die Keure.
- Baryga, P., Blanquet, E. et Perolat, L. (2024). Regarde le ciel et réfléchis, controverse s(c)olaire “, article et BD de 29 pages, in Fugier, P., Ghedamsi Lecorre, I., Lecorre, T., Mabilon-Bonfils, B. (dir) *Carnets de Laboratoire AC-2*, 43-50. *Que fabrique la science ? Construction(s) et Réception(s) de la science*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10932983>, Strasbourg : EDBH.
- Blanquet, E. (2023). Des pirogues comme le Soleil ? Points de vue et *estrangement* visuel dans « Le Secret du Soleil » de Roger Lécureux & André Chéret in Baryga, P., Blanquet, E., Picholle, É.(dir.), *Lecture d'image et estrangement visuel*. Nice : Somnium, col. *Enseignement et science-fiction*.
- Blanquet, E., Baryga, P. (2022). Rahan scientifique : enquête épistémologique sur un héros de la culture populaire. *Strenae, numéro spécial Pif Gadget*. 20-21 / 2022, <http://journals.openedition.org/strenae/9309> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/strenae.9309>
- Blanquet, E. (2021). La fiction pour associer enseignement de l'astronomie et de la relativité du mouvement : Rahan et *Le Secret du Soleil*“. *Cahiers Clairaut*, n°176

-
- Blanquet, E., Baryga, P. & Picholle, É. (2019). *Le Secret Du Soleil : Un Pas De Côté Pré-Copernicien Avec Rahan*, in De Hosson C., Bordenave L., Daurès P.-L., Décamp N. (Dir), *Telling Science Drawing Science 2*. Paris, France : IREM, 2019, ISBN : 978-2-86612-392-5. <https://tsds2019.sciencesconf.org/>
- Blanquet, E. & Picholle, É. (2019). *Emergence Of Conformist Thinking Under Strong Paradigmatic Pressure: The Case Of (Galilean) Relativity*. https://www.researchgate.net/publication/337772092_Emergence_of_conformist_thinking_under_strong_paradigmatic_pressure_The_case_of_Galilean_relativity
- De Chassey, É. (2011). *Pour l'histoire de l'art*, Arles : Actes Sud.
- Joulian, F. (2019). « Une autre façon de raconter : Retour sur expérience » in De Hosson C., Bordenave L., Daurès P.-L. & Decamp N. (dir.) *Telling Science Drawing Science 2*, Paris : IREM.
- Labarre, N. & Bardiaux-Vaïente, M.-G. (dir) (2017). « La bande dessinée, langage pour la recherche », *Essais hors série*, Bordeaux : École doctorale Montaigne-Humanités.
- Maupeu, P. (2021). « Bande dessinée et rhétorique des émotions », *Plasticité* [En ligne], n°3. Mis en ligne le 08 juillet 2021, consulté le 03 octobre 2024. URL : <http://interfas.univ-tlse2.fr/plasticite/459>
- Mc Cloud, S. (2011). *L'Art invisible*, Paris : Delcourt.
- Parker, M. (2021). *Teaching artfully*, San Diego : Clover Press.
- Peb & Fox (2018). *Ma thèse en 2 planches*, Les Ulis : EDP Sciences.
- Robin O. & Leblanc B. (2021). *Dessine ta science/Draw your science*, Sherbrooke : UDS.
- Sousanis, N. (2017). *Le déploiement*, Arles : Actes Sud.
- Tisseron, S. (1975). *Contribution à l'utilisation de la bande dessinée comme instrument pédagogique : une tentative graphique sur l'histoire de la psychiatrie*, thèse de doctorat, Lyon : université Claude Bernard.
- Weber, S. & Mitchell C. (2004). « Visual artistic modes of representation for self-study » In Loughran J. ; Hamilton M. ; LaBoskey V. ; Russell T. (dir), *International handbook of self-study of teaching and teacher education practices* (Vol. 12 pp. 984-986) Springer International Handbooks of Education.

Communication scientifique en licence de sciences de la vie

Alice Di Fabio (1), Pierre Kerner (2,3), Benjamin Uzan (4), Patrick Laurenti (5)

(1) Laboratoire de Didactique André Revuz – Université Paris Cité, Univ Paris Est Créteil, CY Cergy Paris, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-75013 Paris, France, (2) Institut Jacques Monod – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7592, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7592 – France, (3) Université Paris Cité – UFR Sciences du Vivant – France, (4) Unité de Biologie Fonctionnelle et Adaptative – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France, (5) Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

Introduction

La création de l'Unité d'Enseignement (UE) libre Culture Biologique Numérique (CBioNum) de l'UFR Sciences du Vivant d'Université Paris Cité est l'aboutissement d'une double réflexion pédagogique et sociétale. À l'heure où une partie de la population et notamment de la jeunesse fait acte de « sécession avec le consensus scientifique » (Kraus et al. 2023, p. 7), les institutions universitaires peuvent jouer un rôle essentiel en promouvant des outils et méthodes pour lutter contre la désinformation. L'UE CBioNum, proposée en L1 et L2 depuis 2016 et valorisée par le Prix de l'innovation pédagogique numérique IN2017, y contribue pleinement.

Présentation de l'UE CBioNum

L'organisation et le contenu de cette UE s'articulent autour d'un projet de communication scientifique sous forme d'« un blog de vulgarisation scientifique contenant des billets, des vidéos et des podcasts [et d']un événement public qui restitue l'ensemble de ces productions. » (Kerner & Laurenti, 2016). Regroupés en quadrinôme, les étudiant·e·s choisissent leur sujet et rédigent un billet de blog après avoir effectué une recherche bibliographique. Ils doivent également élaborer une vidéo ou une conférence orale publique.

Les modalités de travail s'appuient sur le modèle académique de revue par les pairs : les étudiant·e·s participent à plusieurs cycles de relectures et de vérification des faits, entre elleux mais aussi avec leurs enseignant·e·s et des collaborateur·rice·s extérieur·e·s (journalistes, vulgarisateur·rice·s, etc.). Un tel processus de cycles de "revue par les pairs" brise de surcroît le schéma de la note unique issue d'une relation verticale avec les enseignant·e·s et permet de prendre en compte les améliorations successives des productions (figure 1).

Plusieurs partenariats ont ainsi été mis en place avec les associations de vulgarisation Papier-Mâché et le Café des Sciences qui développent des sites d'information scientifique dont la diffusion des contenus est soumise à la révision par les pairs.

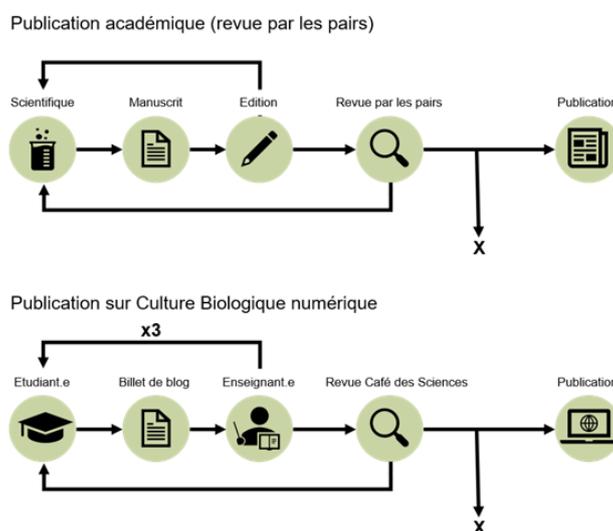


Figure 1 : Parallèle entre la pratique de revue par les pairs du monde académique et le processus de vulgarisation dans l'UE CBioNum. A la différence du processus de publication académique, il y a plusieurs cycles de relecture qui visent à augmenter la qualité de la production des étudiant·e·s de l'UE CBioNum. Seuls les manuscrits / billets de blog ayant atteint le niveau d'exigence escompté seront publiés (x indique la non publication)

L'UE CBioNum est innovante par plusieurs aspects : les étudiant·e·s sont acteur·rices de leur apprentissage (Collis & Moonen 2006) ; le principe de « revue par les pairs » va dans le sens d'« une pédagogie qui encourage les étudiant·e·s à contribuer à l'apprentissage des autres et à valoriser les contributions des autres » (Denny et al. 2008) ; les étudiant·e·s peuvent aiguïser « leur esprit critique et de synthèse tout en

multipliant les occasions de développer d'importantes compétences affectives, sociales, de communication et de jugement » (Søndergaard & Mulder 2012).

Une enquête sur la démarche d'écriture des étudiant·e·s

Les savoirs mis en jeu, qui constituent le matériau de base de l'activité de médiation à laquelle les étudiant·e·s prennent part, sont extraits de leurs espaces habituels de transmission (Bordenave & de Hosson 2019) puis réorganisés, éventuellement reformulés afin d'être restitués sous une forme différente adaptée à la communication scientifique. C'est donc dans une démarche d'écriture que les étudiant·e·s s'engagent. Quelle circulation des savoirs est à l'œuvre dans cette démarche ? Quels sont les choix scientifiques et scénaristiques des étudiant·e·s ? Quelles en sont les conséquences sur le procédé d'écriture ?

C'est dans le but d'éclairer ces questions qu'une enquête a été menée par la co-autrice de cette communication, sollicitée par les enseignants de l'UE CBioNum et co-auteurs de cette communication, pour mener une évaluation de la pertinence des modalités de cette UE au regard de l'apprentissage des étudiant·e·s, dans le cadre d'un projet d'élargissement du modèle de vérification des faits et de revue par les pairs à l'échelle d'Université Paris Cité (Projet d'Alliance de Comité de Lecture – ACoLe). Cette enquête est en cours. Elle a démarré en janvier 2024 et doit se poursuivre jusqu'à la fin du semestre.

Contexte de l'enquête et données recueillies

Les 19 étudiant·e·s inscrit·e·s à l'UE sont réparti·e·s en cinq groupes dont les sujets sont rassemblés dans le tableau 1.

Groupe	Sujet
Salade	Rôle de la symbiose chez les phytophages
Dracofeu	Autour des végétaux pyrophytes
Sucrettes	Homéostasie glucidique
Nymphes	Sexualisation et sexualité
Plastique	Structure, fonctions et évolution des plastes chez les eucaryotes

Tableau 1 : *Sujets choisis par les étudiant·e·s en fonction de leur groupe*

Deux questionnaires ont été soumis aux étudiant·e·s, à cinq semaines d'intervalle et trois entretiens avec des binômes d'étudiant·e·s ont été réalisés. Le premier questionnaire, proposé entre le cours 3 et le cours 4 de l'UE, cible les raisons du choix de cette UE libre, les raisons du choix du sujet, les questions que se sont posées ou se posent encore les étudiant·e·s sur leur sujet, l'avancement de leur travail et si la manière de travailler dans l'UE leur convient. Ce questionnaire interroge également les étudiant·e·s sur leur consommation personnelle de contenus de vulgarisation scientifique. Le second questionnaire, proposé lors du cours 7 de l'UE, demande aux étudiant·e·s les mots-clés de leur sujet, les informations qu'ils souhaitent faire passer dans leur billet et ce qu'ils retirent de l'atelier de Peer-Review (relecture par les pairs) du cours 4.

Premiers résultats

Une UE plébiscitée

Les réponses aux deux questionnaires nous apprennent que les étudiant·e·s choisissent cette UE pour la vulgarisation à laquelle ils sont sensibilisé·e·s et qu'ils sont satisfait·e·s de leur travail dans cette UE malgré l'importante charge de travail.

L'impact de l'objectif de vulgariser

On constate qu'une adaptation du contenu scientifique à un public non expert est à l'œuvre. On le voit notamment dans la recherche d'une explication du mot symbiose ou le choix du terme herbivore plutôt que phytophage. Le choix systématique de l'analogie avec la reproduction humaine procède également de cette adaptation.

La réalisation de la production finale constitue la principale préoccupation des groupes, qui montrent une volonté affirmée de rendre attrayant le sujet par le choix du format, tout en ayant le souci de préserver la pertinence et la cohérence des informations scientifiques transmises. On en conclut qu'il existe une forte imbrication du fond et de la forme.

Dans le second questionnaire, les étudiant·e·s sont amené·e·s à revenir sur l'atelier Peer-Review au cours duquel ils ont relu un billet de blog d'un autre groupe. On note qu'à l'issue de ce travail, une réflexion s'engage sur la quantité d'informations scientifiques et leur accessibilité. L'importance des dessins est signalée. En outre, l'atelier permet aux relecteur·rice·s une prise de recul sur l'avancement de leur propre travail.

De la réception d'informations à l'appropriation du savoir

Pour deux groupes, on repère une cohérence, dans leurs réponses aux deux questionnaires, entre les questions initiales et les informations à faire passer dans le billet de blog :

- Groupe Dracofeu : de « Qu'est-ce qu'un végétal pyrophyte ? » on arrive à la définition de pyrophytes, la distinction entre pyrophytes actifs et passifs, leur action sur la faune et la flore.
- Groupe Nympe : de « Quelle diversité y a-t-il dans les modes de reproduction des eucaryotes ? Qu'est-ce que la sexualisation ? », on aboutit à la présentation des spécificités d'espèces d'oiseaux et de l'hippocampe.

Ce constat indique une acquisition de connaissances dans la mesure où les membres de ces groupes affirment ne pas avoir de connaissances très approfondies sur leur sujet au démarrage du travail.

Par ailleurs, pour trois groupes, on note dans leurs réponses au deuxième questionnaire une distinction entre les mots-clés du sujet et les informations à faire passer dans le billet de blog (tableau 2). C'est le cas des groupes Salade, Dracofeu et Nymphes. On a là l'indicateur d'une appropriation du savoir caractérisée par la reconnaissance de la notion (mot-clé) et sa définition et/ou ses propriétés. Au contraire, les réponses du groupe Sucrettes montrent un manque de recul sur les contenus scientifiques étudiés.

Groupe	Mots-clés du sujet	Informations à faire passer
Salade	symbiose, herbivores, microbiotes, digestion, coévolution	Les herbivores ne digèrent pas complètement les végétaux. Ils sont aidés par les micro-organismes. Il existe une symbiose entre eux et les micro-organismes.
Dracofeu	pyrophytes, forêt amazonienne, eucalyptus	Définition des plantes pyrophytes Exemples de pyrophytes Différences entre pyrophytes actifs et passifs Action des pyrophytes sur la faune et la flore Certains arbres ont besoin de feu pour se développer.
Sucrettes	homéostasie glucidique, hibernation de l'ours, diabète, régulation de la glycémie	Définition de l'homéostasie Glycémie Hibernation Anatomie de l'ours Diabète
Nymphes	sexualité, sexualisation, espèces animales	Quels sont les différents modes de procréation dans le règne animal ? Quelles différences avec l'humain ? La sexualité est très diverse dans le monde animal, il n'y a pas de norme. Sexualisation des oiseaux et des hippocampes
Plastique	plastés, plantes, photosynthèse	Tous les types de plastés. Leurs fonctions Les liens entre eux Les différents stades de différenciation des plastés

Tableau 2 : Réponses à deux items du 2e questionnaire

Enfin, le choix d'une trame narrative fondée sur une spécificité du sujet atteste également d'une appropriation du savoir. Celle-ci est caractérisée par l'identification d'un élément pertinent du savoir transmis. C'est le cas du groupe Dracofeu qui fait le choix d'une enquête policière où des suspects (les pyrophytes) vont se succéder, ce qui leur permet de présenter les différents végétaux successivement. De la même façon, le groupe Salade, en illustrant son billet avec un échange entre une vache et un termite, met en évidence ce qui distingue ces herbivores.

Vers une approche réflexive

De ces données, on tire également des éléments d'évaluation de la manière de travailler des étudiant·e·s, ce qui amène les enseignants de l'UE vers une approche réflexive. Pour commencer, un suivi des réponses des étudiant·e·s entre les deux questionnaires permet de relever différents parcours cognitifs. Le groupe Dracofeu commence par la recherche de définitions autour des végétaux pyrophytes puis le travail s'oriente vers la mise en histoire de leur billet, laissant momentanément de côté le contenu scientifique. Au contraire, le groupe Nymphes trouve progressivement des réponses aux questions qui se posaient au départ, ce qui leur permet de faire évoluer leur propos vers la mise en valeur de la diversité des sexualisations et modes de reproduction. Enfin, le groupe Plastique se focalise entièrement sur le billet, sa mise en forme et les choix scénaristiques, et occulte complètement le sujet traité dans les réponses au questionnaire.

De plus, cette analyse met en évidence diverses manières d'aborder le contenu scientifique. Le groupe Sucrette a une approche morcelée, dans laquelle chaque membre du groupe effectue des recherches sur un point précis, ce qui ne leur permet pas d'avoir une vue d'ensemble de leur sujet. Il en résulte une difficulté à élaborer un récit pour le billet. Une approche articulée autour d'un point commun, comme pour le groupe Nymphes, permet à ce groupe d'approfondir un travail collectif de synthèse des apports des uns et des autres. Enfin, l'approche progressive du groupe Salade leur permet d'avancer par des mises en relation successives : lien entre la digestion de la vache et des insectes, cas du panda et lien avec l'évolution.

Un troisième point concerne la nature des informations scientifiques que les étudiant·e·s transmettent dans leur billet. Elles peuvent être de nature descriptive – définition des plantes pyrophytes – ou explicative – les herbivores ne digèrent pas complètement les végétaux, ils sont aidés par les micro-organismes.

De cette approche réflexive, on retient quelques pistes pour davantage guider les étudiant·e·s dans leur travail. Les tâches telles que : délimiter le contenu scientifique du sujet, sélectionner les informations, adapter le contenu au public visé, renforcer le

rôle de l'atelier Peer-Review pour en exploiter toutes les potentialités, pourraient être identifiées explicitement et faire l'objet de consignes plus précises. Une autre voie pourrait être creusée autour d'un travail spécifique permettant de décorrélérer, dans une certaine mesure, le traitement du contenu scientifique et la mise en histoire dans le billet.

Conclusion et perspectives

Les premiers résultats de l'enquête menée auprès des étudiant·e·s de l'UE CBioNum donnent de premières indications permettant de caractériser leur démarche d'écriture. Tout d'abord, le constat est que le savoir est bien présent dans le processus de médiation, que l'adaptation du contenu scientifique à un public non expert est à l'œuvre, que l'atelier de Peer-Review permet la métacognition et que le fond – les informations scientifiques – et la forme – le format choisi pour le billet de blog – sont fortement imbriqués. Par ailleurs, on relève chez certains groupes, des indicateurs de l'acquisition de connaissances d'une part et d'autre part, de l'appropriation du savoir, marquée par la distinction entre l'identification d'une notion et sa définition et/ou ses propriétés. En outre, dans le cadre d'une analyse réflexive menée avec les enseignants, des pistes peuvent être envisagées pour mieux identifier les tâches des étudiant·e·s et redéfinir les objectifs pédagogiques et d'apprentissage visés afin de guider les étudiant·e·s à chaque étape.

L'enquête se poursuit et sera répliquée auprès d'étudiant·e·s d'une UE obligatoire de communication scientifique de Master. Au-delà de l'impact sur l'apprentissage en termes de savoir scientifique, ce sont aussi la sensibilisation aux facteurs inhérents à la publication d'articles et l'acquisition d'une exigence déontologique pour toute communication destinée au grand public qui sont des objectifs à atteindre pour les étudiant·e·s, et autant de pistes à investiguer. Enfin, ce travail pourrait s'inscrire dans le cadre d'une étude exploratoire en didactique des sciences ciblant les savoirs et leur appropriation, leur transmission, leur mise en scène.

Bibliographie

- Bordenave, L., & de Hosson, C. (2019). Actes de la 2e édition du colloque Telling science, drawing science, Science en écrit, science en images : Quand les sciences de la nature et les sciences de l'homme se mettent en scène 15, 16 et 17 mai 2019, Cité internationale de la bande dessinée et de l'image, Angoulême (France). IREM de Paris.
- Collis, B., & Moonen, J. (2006). The Contributing Student: Learners as Co-Developers of Learning Resources for Reuse in Web Environments. In D. Hung & M. S. Khine (Éds.), *Engaged Learning with Emerging Technologies* (p. 49-67). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3669-8_3
- Denny, P., Luxton-Reilly, A., & Hamer, J. (2008). Student use of the PeerWise system. *Proceedings of the 13th annual conference on Innovation and technology in computer science education*, 73-77. <https://doi.org/10.1145/1384271.1384293>
- Kerner, P., & Laurenti, P. (2016). CBioNum | Bionum. <https://bionum.u-paris.fr/cbionum/>
- Kraus, F., Lee Bouygues, H., & Reichstadt, R. (2023, janvier 12). La mésinformation scientifique des jeunes à l'heure des réseaux sociaux. Fondation Jean-Jaurès. <https://jean-jaures.org/publication/la-mesinformation-scientifique-des-jeunes-a-lheure-des-reseaux-sociaux/>
- Le Café des Sciences. <https://www.cafe-sciences.org/>
- Papier-Mâché. <https://papiermachesciences.org/>
- Søndergaard, H., & Mulder, R. A. (2012). Collaborative learning through formative peer review : Pedagogy, programs and potential. *Computer Science Education*, 22(4), 343-367. <https://doi.org/10.1080/08993408.2012.728041>

Retour d'expérience : Planches de sciences

Agnès Renaut – Thomas Fontaine (1)

(1) Lycée Saint-Exupéry – La Rochelle, MEN

Planches de sciences est un concours mis en place par la Délégation Académique à l'Action Culturelle (DAAC) de Poitiers pour le service inter-académique des DAAC de Bordeaux Poitiers Limoges. Le but est de promouvoir les sciences et la culture scientifique par le biais de la Bande Dessinée dans les établissements du secondaire de la région. Un enseignant-chercheur vient faire une conférence à des élèves de lycées qui, avec l'appui d'un auteur professionnel, réalisent une communication scientifique sous la forme de planches de BD avec un cahier des charges à respecter. La classe peut envoyer maximum huit planches réparties dans les trois catégories du concours : le vrai du faux, ma conf en BD et les sciences s'inventent. Le lycée Saint Exupéry de La Rochelle, dans lequel nous enseignons, y participe depuis maintenant deux ans. Cette présentation a pour but de partager le projet, de l'élaboration en tant qu'enseignants et la restitution par les élèves sur un temps de dix semaines.

Le mode de participation au projet est disponible en ligne². Il permet de visualiser les enjeux de l'exercice.

¹Agnès RENAUT, enseignante en lettres classiques, Thomas FONTAINE, enseignant en mathématiques.

² <https://planchesdesciences.fr/edition-2023/>

Comment participer à « Planches de Sciences 2024 »?

Les élèves de la classe participant à ce concours doivent rencontrer un auteur de BD et un chercheur ou technicien, spécialiste d'un domaine. Les élèves réaliseront une planche de BD, par groupe ou individuellement, dans la limite de 8 envoyées pour le concours.

Pour l'édition 2024, 3 thèmes sont proposés avec pour chacun un format qui lui est dédié :

Le vrai du faux
Visant à casser des idées reçues ou des fausses informations qui circulent, sur un ton décalé et/ou humoristique à l'image des productions CURIEUX ([/www.curieux.live](http://www.curieux.live)). FORMAT : des vignettes carrées -10 au maximum- avec le titre du sujet sur la 1ère vignette.

Ma conf' en BD
S'appuyant sur la présentation ou l'échange avec le spécialiste, une petite partie du contenu de l'exposé sera présenté : soit sous forme de témoignage sensible de la rencontre, soit sous forme de mise en image du contenu. FORMAT : format A4 (l'original peut être dessiné en A3) ou des vignettes carrées -10 au maximum- avec le titre du sujet sur la 1ère vignette.

Les sciences s'inventent
Une fiction sur un thème scientifique. FORMAT : format A4 (l'original peut être dessiné en A3) ou des vignettes carrées -10 au maximum- avec le titre du sujet sur la 1ère vignette.

Les établissements qui souhaitent bénéficier d'une aide, peuvent déposer leur candidature dans le cadre des appels à projets EAC accessibles dans leurs académies respectives :

Figure 1 : page d'accueil du site *Planches de sciences*

En amont du projet, il faut avoir des collègues volontaires et l'accord du personnel de direction. En effet, la bande dessinée est de mieux en mieux perçue comme outil pédagogique mais il reste encore des personnes convaincues du contraire. Trouver un enseignant-chercheur motivé par le projet n'est pas forcément des plus évidents. Cependant, la proximité de l'Université de La Rochelle (ULR) avec le lycée est un plus pour établir des contacts. En outre, le fait que M. Fontaine ait été étudiant à ULR est un plus certain. Grâce à cela, nous avons travaillé avec Monsieur Cyrille OSPÉL³, lecteur passionné de BD et enseignant très impliqué dans la promotion des mathématiques en milieu scolaire. La recherche d'un auteur de BD souhaitant travailler en milieu scolaire est une gageure supplémentaire. Heureusement pour le projet, c'est le cas de Sébastien Rocca⁴ (Lamisseb) auteur notamment des albums *Et Pis Taf!* et illustrateur pour le journal régional *Sud Ouest*. Notons que, les collègues

³Cyrille OSPÉL, directeur du département de mathématiques de l'université de La Rochelle

⁴Sébastien ROCCA, auteur de bande dessinée <https://lamisseb.com>

qui souhaiteraient participer à « planches de sciences » et qui n'ont pas forcément pu trouver des contacts, les personnels académiques sont facilitateurs.

Avant la présentation du projet aux élèves, une réunion entre l'enseignant-chercheur, l'auteur de BD et les professeurs de lycée a eu lieu dans les locaux de l'établissement pour prendre contact et pour choisir un sujet pour la conférence. Le but est de définir un sujet accessible pour les non-matheux et représentable graphiquement. La première année, la conférence était « la cryptographie : une histoire du chiffre ». La seconde année : « de la sphère au plan : une variété de cartes ».

Proposer un projet alliant une conférence universitaire et les programmes officiels de seconde peut sembler très délicat. En effet, les sujets de recherches universitaires sont rarement compatibles avec les référentiels pédagogiques de lycée, et ce, quelque soit la discipline envisagée.

C'est donc à l'enseignant de mathématiques de faire le lien entre les éléments de la conférence et les parties du programme de seconde, comme par exemple l'arithmétique avec la cryptographie ou encore les systèmes de coordonnées et la géométrie classique.

De même, le recours à la Bande dessinée et la participation à un projet scientifique sont, a priori, éloignés des attentes du programme de français en seconde, année où les élèves sont initiés aux épreuves de baccalauréat. Cependant, les programmes officiels de seconde n'exclut pas les pratiques littéraires et artistiques plurielles puisqu'il est dit, dès le préambule, qu'il faut « améliorer les capacités d'expression et de compréhension des élèves (...) par la pratique fréquente et régulière d'exercices variés de lecture, d'écriture et d'expression orale » mais aussi « faire lire les élèves et leur permettre de comprendre et d'apprécier les œuvres, de manière à construire une culture littéraire commune, ouverte sur les autres arts, sur les différents champs du savoir et sur la société » (Ministère 2019). Tels sont les apports du projet « planches de sciences » puisqu'il permet aux élèves de seconde de faire l'expérience de la création littéraire et artistique sous contraintes. Tout d'abord, ils mènent une réflexion sur la narratologie par le travail de découpage d'un récit et/ou d'un résumé scientifique en cases, par les choix d'organisation du récit (recours aux ellipses, aux analepses...). En outre, ils sont amenés à s'interroger sur la réception de leur création par le lecteur, ce qui débouche sur une prise de conscience du travail à mener sur l'écriture (choix des registres de langues, du niveau de langue, travail de définition...) et sur l'emploi du dessin (choix des plans, des angles de vue, etc...).

La classe porteuse de projet n'est pas une classe volontaire : les élèves découvrent lorsque l'on présente le projet qu'ils y sont inscrits et que de la participation individuelle dépend la réussite collective du projet. Il est important de savoir quels

rapports ont les élèves avec la lecture en général et la BD en particulier. Il faut les rassurer sur le fait qu'il n'est pas nécessaire de savoir dessiner pour participer au projet. La prise d'initiative en public et sous le regard des pairs est compliquée quel que soit l'âge et d'autant plus à l'adolescence. De plus, une différence notable existe entre être un lecteur de BD et créer une planche de BD, ce dont les élèves prennent conscience assez rapidement.

Un créneau dans l'emploi du temps a été aménagé par l'administration. Grâce à cela, du temps de co-enseignement est possible avec la classe afin de mettre en œuvre le projet. C'est sur ce temps que le chercheur et l'auteur se sont d'abord présentés car cela semblait important que chaque intervenant puisse expliquer leur métier respectif. D'autre part, l'auteur a accepté d'être présent lors de la conférence de mathématiques afin d'aider les élèves dans la compréhension de la conférence afin d'éviter que les erreurs de compréhension se transforment en incohérences graphiques, lorsque le chercheur n'est plus là.

La première étape de la médiation scientifique est de démystifier le travail d'un enseignant-chercheur et de créer un lien entre le monde de la recherche et un public de non-initiés.

Un debriefing avec les élèves est réalisé dès la séance suivante avec les professeurs du lycée et le dessinateur afin de s'assurer de la bonne compréhension de chacun. L'appropriation du contenu scientifique est spécifique à chacun, mais la mise en commun permet une homogénéisation des savoirs. Cette étape permet de mesurer l'utilité du projet dans le sens où les élèves apprennent par cette démarche et sont capables de restitutions.

Ensuite, l'auteur Sébastien Rocca explique les différentes étapes de la réalisation d'une planche de BD : écriture d'un scénario et/ou story board, découpage des planches, crayonnage léger, lettrage et colorisation éventuelle. Afin de les aider, Sébastien propose aux élèves d'écrire deux idées de pitch d'une phrase chacune, par exemple « La réponse à la grande question sur la forme de la Terre », « Créer une dispute entre des personnages cartes pour démontrer grâce à cette dispute qu'aucune carte n'est parfaite ». La finalité n'est pas de trouver une histoire dès le début mais de réfléchir à ce que l'on peut extraire simplement de la conférence, de transmettre ce que l'on a compris et de voir si cela peut tenir en une planche.

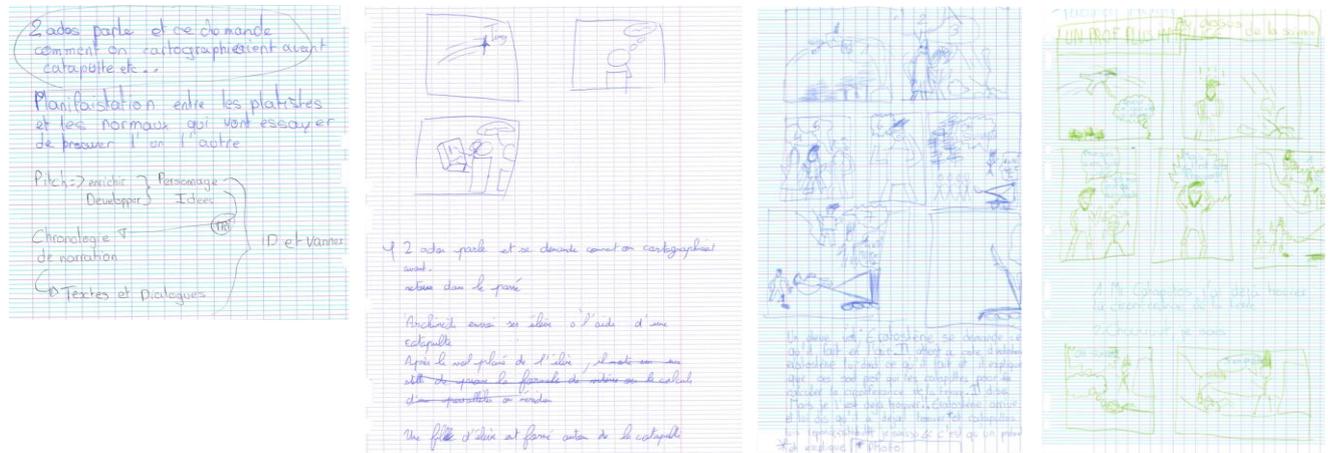


Figure 2 : Exemple 1 d'élaboration de la prise de note vers le storyboard



Figure 3 : Exemple 1 d'encrage et de colorisation

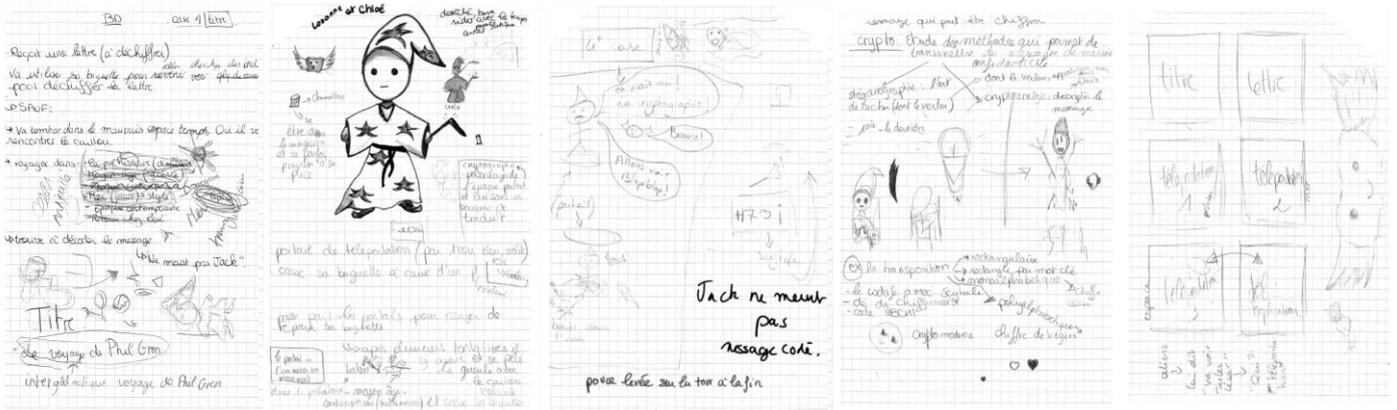


Figure 4 : Exemple 2 d'élaboration de la prise de note vers le story board

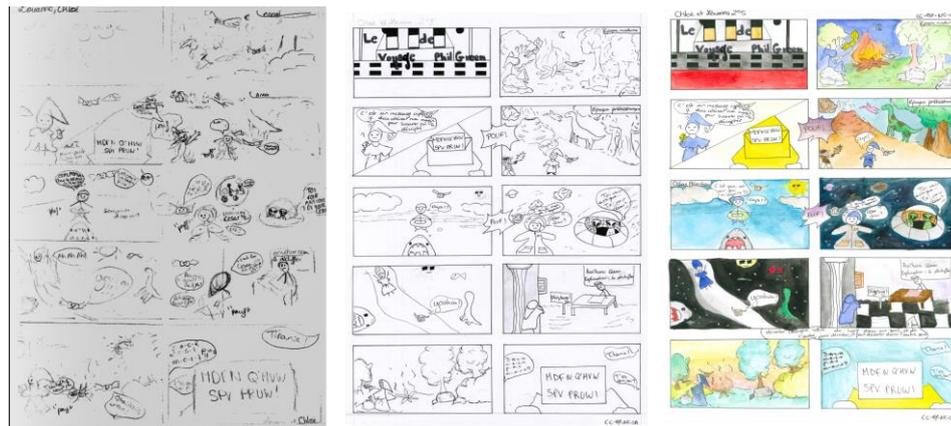


Figure 5 : Exemple 2 de crayonnage, d'encrage et de colorisation

Le concours prévoit que huit planches au maximum par établissement peuvent être envoyées. Il a donc fallu élaborer une grille d'évaluation permettant de départager l'ensemble des planches réalisées : seize la première année et quinze la seconde. Nous avons voulu une grille la plus objective possible dans ses items bien que l'évaluation soit personnelle. Chaque élève va attribuer une note pour chaque item, sous forme d'affirmation : 4, tout à fait d'accord ; 3, plutôt d'accord ; 2, plutôt pas d'accord ; 1, pas du tout d'accord. Il n'y a pas de fait aucune valeur refuge neutre : l'élève a forcément un avis et cela l'oblige à s'interroger sur la planche et son contenu. Par

exemple, pour l’item « J’ai compris le contenu scientifique de la planche », il ne peut clairement pas y avoir de position neutre puisqu’un sentiment de compréhension émerge ou pas chez l’élève. Cette grille et cette démarche d’évaluations connues des élèves dès le début du projet leur permettent de développer un recul réflexif sur leurs postures et leurs démarches artistiques et littéraires. Aussi bien en tant que créateurs que lecteurs, ils deviennent juges et développent leur regard critique. En effet, ils doivent mobiliser des savoirs qui permettent d’analyser une réalité complexe afin de mettre en relation des variables et de formuler des hypothèses et réajuster le cas échéant comme l’explique Philippe Perrenoud (Perrenoud 2004).

La première année, seuls les élèves de la classe ont voté. Malgré des critères objectifs, le spectre du vote de popularité ne peut être enlevé. De plus, les élèves peuvent aussi manquer de recul sur la lisibilité et/ou les difficultés de compréhension parce qu’ils ont eux-mêmes assisté à la conférence et participé au processus de création. Par conséquent, ils suppléent aux manques d’explication et comprennent davantage les implicites qu’un lecteur naïf. En d’autres termes, la réflexivité pédagogique est-elle uniquement affaire d’andragogie ? Afin d’éviter ces écueils et répondre à cette question, l’année suivante, nous avons fait voter une classe supplémentaire, des terminales spécialité maths ne participant pas au projet.

	Bonhomn.	Cesar pa	Cryptogra	Cyri
Je trouve que l'histoire est cohérente	3	4	4	3
J'ai compris le contenu scientifique de la planche	4	4	4	2
je lis clairement les bulles	3	4	4	4
la lecture de la planche est facile	3	4	4	4
L'histoire m'a plu	3	3	4	2
Je trouve que le titre est en rapport avec l'histoire	2	3	4	4
J'ai identifié le contenu scientifique facilement	3	4	4	4
La planche me semble terminée	4	4	4	4
La planche me plaît	2	3	4	3
	83	97	100	82

Figure 6 : Grille d’évaluation par élève

Notons que les résultats ne montrent pas d’écarts significatifs entre les choix des deux groupes, ce qui valide l’objectivité de la méthodologie d’évaluation. De plus cela permet de mettre en évidence une bonne appropriation du contenu scientifique de la conférence ainsi qu’une médiation efficace aussi bien de la part de l’enseignant chercheur que de la part des élèves.

Une fois que les huit planches sont sélectionnées, il ne reste plus qu'à les mettre en ligne sur le site qui centralise les travaux des élèves par année. Cela nécessite de scanner l'ensemble des productions, de renseigner le nom des dessinateurs, la catégorie choisie, ainsi que l'enseignant-chercheur et l'artiste qui ont accompagné les élèves. Ce site est toujours consultable et permet de filtrer par lycée, auteur, conférencier, etc.

Battle of Maps



Établissement : Lycée Saint-Exupéry (La Rochelle)

Professeurs : T. FONTAINE et A. RENAUT

Auteur : Sébastien Rocca (Lamisseb)

Scientifique : Cyrille Ospel

Élèves : Jade MICOUD – Nathanaël POUJADE

- Artiste : [Sébastien Rocca](#)
- Scientifique : [Cyrille Ospel](#)
- Classement : [Ma conf en BD](#)
- Etablissement : [Lycée Saint-Exupéry](#)

Figure 7 : *exemple de recherche selon le filtre auteur sur le site*

Par la suite, les élèves sont allés présenter leurs travaux à des étudiants de master de formation initiale pour les futurs enseignants en mathématiques. Ils ont pu exprimer librement leurs démarches et implications, expliquer le contenu choisi ainsi que la forme de communication privilégié, factuelle ou humoristique. L'objectif de médiation scientifique est ainsi pleinement atteint, dans le sens où les élèves deviennent à leur tour formateurs et vulgarisateurs. Les futurs enseignants ont pu échanger aussi bien avec les élèves qu'avec les enseignants sur la faisabilité et l'acceptabilité de ce projet. Un échange se fait sur les points de blocages et les leviers de mise en œuvre au sein de la classe et dans un établissement scolaire, ainsi que sur les valeurs scolaires et pédagogiques mises en jeux.

Chaque année, le projet Planches de sciences a permis aux professeurs du lycée impliqués dans le projet de voir les élèves dans un autre contexte et d'échanger avec eux différemment.

La première année, les élèves ont participé au projet dans un contexte de harcèlement scolaire au sein de la classe, ce qui a fortement perturbé la mise au travail.

En revanche, lors des deux sessions, le projet permet une implication de la plupart des élèves. Des élèves réfractaires aux mathématiques et aux projets d'écriture, voire en décrochage scolaire, y ont trouvé une source de motivation. Ainsi rares sont ceux qui refusent le projet et qui restent hermétiques à la plupart des supports et approches pédagogiques envisagés.

Une adhésion encore plus grande aurait sûrement été possible avec une gratification de la part de la région ou de l'académie : par exemple, du matériel pour dessiner, des bons pour des BD. En effet, pour l'instant, la récompense est un diplôme en pdf que les enseignants doivent imprimer.

Ce retour d'expérience a pour but de démontrer l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité d'un tel projet (Tricot *et al.* 2003). Il s'agit de s'interroger d'abord sur son efficacité pédagogique. En effet, permet-il aux personnes visées d'apprendre ? Ensuite, il propose un exemple concret de projet BD et répond à la question suivante : est-ce facile à mettre en œuvre ? Enfin, il permet à des enseignants intéressés par une telle mise en œuvre de discuter de sa pertinence : le projet est-il compatible avec les valeurs, la culture et l'organisation scolaires dans lesquelles on veut l'insérer ?

Nous avons pu voir en action les réponses aux deux premières questions lors de l'échange avec les étudiants. En effet, les élèves n'ont alors pas eu besoin de leurs enseignants pour expliquer à de futurs professeurs les contenus, les choix de cadrages, d'esthétisme ou la narratologie envisagée. Ils ont donc bien appris puisqu'ils sont capables de restitutions autonomes. Enfin, nous sommes totalement convaincus de l'acceptabilité du projet par des collègues, avec une administration et des partenaires à l'écoute, proactifs et motivés.

Bibliographie

Ministère de l'Éducation nationale (2019). Programme de français de seconde générale et technologique. *Bulletin officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019* <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901575A.htm>

Perrenoud P. (2004). L'analyse de pratiques en formation initiale des enseignants : développer une pratique réflexive sur et pour l'action. *Éducation permanente n° 160*, pp. 35-60

Tricot A., Plégat-Soutjis F., Camps JF., Amiel A., Lutz G., Morcillo A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Strasbourg, France. pp.391-402. <https://edutice.hal.science/edutice-00000154v1>

Retour d'expérience sur la mise en récit d'un texte historique : quelles difficultés, quels leviers ?

Sandra Javoy (1), Aude Legroux (2)

(1) Université d'Orléans, Université Paris Cité, Univ Paris Est Créteil, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-75013 Paris, France, (2) Université d'Orléans, France

Contexte et objectif

La question de l'utilisation de l'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique n'est pas nouvelle (Hulin, 1984), notamment comme moyen d'acquisition d'un savoir, dans l'hypothèse où l'exposition historique pourrait contribuer à l'appropriation individuelle et collective de ce savoir (de Hosson & Schneeberger, 2011). Des études (Fillon, 1991 ; Maurines & Beaufils, 2011) indiquent que l'utilisation d'un texte historique, par le vocabulaire usité, les tournures de phrase et l'absence de schémas, peut constituer une difficulté à son exploitation par les élèves. Dans cette communication, nous étudions la mise en récit d'un texte scientifique tiré de l'histoire des sciences, par des étudiants de 3^e année de licence scientifique inscrits dans un Parcours Préparatoire au Professorat des Ecoles (PPPE). L'objectif est d'identifier lors de cette mise en récit les difficultés rencontrées et les leviers potentiels.

Cadre pédagogique

Les « PPPE » s'adressent à des étudiants souhaitant devenir Professeurs des Ecoles (PE). Ces parcours visent le renforcement des fondamentaux des disciplines scolaires de l'école primaire et une découverte du métier via des stages en établissement. En plus de ces objectifs communs à tous les PPPE, le contenu de la formation suivie ici par 24 étudiants vise l'acquisition de connaissances et compétences en sciences de la nature dans le but de former des PE disposant d'une culture scientifique, mais aussi pour leur permettre une éventuelle réorientation vers un master Information et Médiation Scientifique et Technique. Ainsi, en 3^e année de licence, les étudiants suivent des enseignements d'initiation à la médiation et à la communication scientifique par la découverte de certains types de médias et l'appropriation d'outils adaptés à la création de supports de communication. Lors de l'année universitaire 2023-2024, les étudiants ont eu à mettre en récit sous forme d'un texte dialogué, puis

d'une BD et enfin sous forme de saynètes, un texte scientifique de Lavoisier et Seguin (1789) intitulé « Premier mémoire sur la respiration des animaux ».

Présentation synthétique du texte support

Le texte, d'une vingtaine de pages, peut être découpé en 5 parties. Dans un premier temps, Lavoisier et Seguin présentent les connaissances préétablies par eux-mêmes et d'autres scientifiques qui ont permis d'étudier le phénomène de respiration, notamment la composition de l'air. Ils présentent ensuite les analogies entre les phénomènes de respiration et de combustion : consommation de dioxygène, formation de dioxyde de carbone¹ et d'eau et dégagement de chaleur qui permet le maintien de la température corporelle dans le cas de la respiration. A partir d'expériences réalisées sur des cochons d'Inde (3^e partie), les deux scientifiques montrent que le diazote de l'air n'intervient pas dans la respiration et que la consommation de dioxygène n'est pas impactée par une modification de la composition de l'air inspiré. A partir d'expériences réalisées sur Seguin lui-même (4^e partie), ils parviennent à estimer la consommation moyenne de dioxygène pour un être humain au repos et établissent que cette consommation augmente lorsque la personne est exposée au froid, lors de la digestion ou lors d'un effort physique. Ils précisent que la consommation moyenne dépend des individus (âge et état de santé notamment) et de la nature de leur activité (physique ou intellectuelle). Les auteurs ouvrent alors (5^e partie) une réflexion sur la portée de leurs conclusions au regard de la condition humaine et de la santé.

Les savoirs scientifiques présents dans ce texte sont abordés dès le cycle 2, puis approfondis dans le secondaire et ont été revus en 1^{re} ou 2^e année de « PPPE » ; nous faisons l'hypothèse que cela devrait favoriser l'appropriation du texte et sa mise en récit par les étudiants.

Déroulé et attendus

Avant une première séance en classe, le texte a été communiqué aux étudiants, avec un travail individuel à réaliser visant à en faciliter sa lecture : relier certains termes scientifiques usités à l'époque de Lavoisier aux termes contemporains (comme par exemple, gaz au lieu de fluide aériforme ou dioxygène plutôt qu'air vital) et rechercher les équivalences entre les unités de mesures mentionnées par les auteurs et les actuelles. Pour les accompagner dans la lecture du texte, concernant les analogies entre les phénomènes de combustion et de respiration, les étudiants devaient aussi écrire l'équation d'une réaction de combustion d'un hydrocarbure et l'équation de la réaction de respiration cellulaire d'une cellule hétérotrophe. Ils devaient également donner la composition de l'air et rechercher la consommation moyenne d'air d'un adulte au repos et sa quantité moyenne de dioxyde de carbone et d'eau expirés, en vue

¹ Lors de la combustion de composés hydrocarbonés

de comparer ces valeurs à celles déterminées par Lavoisier et Seguin. Enfin, les étudiants devaient rédiger un résumé du texte.

La première séance en classe a débuté par quelques apports scientifiques et historiques autour du texte de Lavoisier et Seguin, en lien avec le travail individuel demandé. Des groupes de 4 ou 5 étudiants ont ensuite été constitués pour construire un dialogue entre « Antoine » (i.e. Lavoisier) et « Marguerite » (questionnant Antoine sur ses travaux sur la respiration), à partir du texte support (une des 5 parties du texte par groupe d'étudiants). Un début de dialogue a été suggéré pour chaque partie du texte afin de lancer les étudiants dans l'écriture individuelle du dialogue (entre la 1^{re} et la 2^e séance en classe), puis collective après mise en commun des idées de chacun (pendant les 2^e et 3^e séances en classe).

Avant la mise en BD du texte, les étudiants ont suivi une conférence où différentes planches de BD scientifiques leur ont été présentées. L'objectif était de les sensibiliser aux différents types de narration possible (biographique, réaliste, fictionnelle) et aux différentes représentations possibles d'un scientifique et d'un savoir (dessin, texte, bulles, légendes, anthropomorphisation, changements d'échelles ...). Accompagné par une illustratrice d'ouvrages, chaque groupe d'étudiants a ensuite réalisé 2 à 5 planches de BD. Les étudiants étaient libres de repartir de leur écrit dialogué ou d'utiliser un autre type de narration et de présentation des savoirs.

Les groupes d'étudiants ont enfin été accompagnés par un metteur en scène pour la mise en saynètes de leur écrit dialogué via des répliques semi-improvisées.

Méthodologie d'analyse

Pour identifier les difficultés rencontrées et leviers potentiels lors de la mise en récit du texte historique, nous analysons les réponses des étudiants à un questionnaire transmis en fin de semestre (22 répondants). Il leur a été demandé :

- Ce qui les avait le plus et le moins intéressé parmi toutes les interventions autour de la médiation scientifique puis plus spécifiquement parmi les activités autour du texte historique, depuis le travail préliminaire individuel jusqu'à sa mise en saynètes, et les raisons ;
- Dans quelle mesure le travail réalisé autour du texte historique leur avait permis de mieux comprendre certaines notions scientifiques associées aux phénomènes de combustion et de respiration et de préciser à quelle étape de la formation, les connaissances scientifiques et les raisons.

Principaux résultats

De toutes les interventions autour de la médiation scientifique, c'est celle autour de la mise en saynètes qui a été la plus appréciée par les étudiants (19/22), suivie de l'activité autour de la BD (13/22). Les principales raisons évoquées sont : le lien avec

leur futur métier (dans le cas de la mise en saynètes, par rapport à la prise de parole en public et la gestion du stress et des émotions), l'originalité de ces activités par rapport aux enseignements habituels et l'appétence pour le théâtre ou le dessin.

Parmi les activités autour du texte historique, l'étape de son appropriation individuelle a été la moins appréciée (18/22) ; 14 étudiants indiquent avoir été en difficulté pour s'approprier le texte en raison de sa longueur et parce qu'il était « compliqué à comprendre ». Seulement 2 étudiants indiquent être parvenus à s'approprier le texte dès le travail préliminaire grâce à des recherches complémentaires relevant de leur propre initiative. Pour 7 étudiants, c'est en se focalisant individuellement sur une seule partie du texte qu'ils déclarent être parvenus à mieux l'appréhender ; pour 8 étudiants, c'est grâce à la confrontation en sous-groupe de ce qu'ils avaient compris du texte lors de la rédaction du dialogue. Enfin, pour 5 étudiants, ce n'est qu'à partir de la mise en BD, voire la mise en saynètes du texte qu'ils indiquent l'avoir véritablement compris ; ils le justifient par la nécessaire vulgarisation des connaissances pour les rendre accessibles. Près de la moitié des étudiants précise que les saynètes ont facilité leur compréhension des parties du texte qu'ils n'avaient pas travaillées en sous-groupe et cela dans une ambiance « drôle », « dynamique », « attrayante » qui favorisait l'implication de tous, comme en témoignent ces différents extraits de réponse :

« en regardant nos camarades et en apprenant beaucoup par le rire, dans une ambiance assez inhabituelle, [...] on apprend quelque chose [...] permet d'aborder les apprentissages différemment »

« activité enrichissante et amusante [...] qui permettait d'utiliser le texte de Lavoisier et Seguin d'une autre manière »

« rendre [le texte] accessible pour tous et rendre attrayant un tel sujet »

« rendre vivant un texte qui me paraissait monotone, pas attrayant [...] nous avons appris à le rendre vivant en faisant parler les atomes et les animaux par exemple. Grâce à cette activité, j'ai redécouvert ce texte de manière positive »

« On comprend encore mieux le texte, on se l'approprie encore plus, ainsi le texte qui était quand même assez dur devient tout de suite drôle »

Parmi les savoirs scientifiques découverts ou mieux compris par les étudiants, grâce à l'ensemble de ce travail autour du texte de Lavoisier et Seguin, les plus mentionnés sont :

- L'existence d'analogies entre combustion et respiration, lien qui ne leur avait, semble-t-il, jamais été présenté pendant leur cursus et qui peut s'expliquer par un enseignement, en France, par discipline, sans pont explicite entre les disciplines scientifiques ;

-
- Le fait que la digestion, une diminution de la température extérieure et les efforts physiques entraînent une augmentation de la consommation de dioxygène et ce qui caractérise une combustion, connaissances pourtant abordées durant leur cursus scolaire.

Plus étonnant encore, une étudiante ne semblait pas connaître la composition de l'air.

Conclusion et perspectives

La longueur (associée à un manque d'intérêt et d'engagement initial de la part de certains étudiants) et la nature historique du texte semblent avoir été les principaux freins à son appropriation par les étudiants et cela bien que le texte aborde des connaissances vues durant leur cursus et malgré le travail préliminaire qui visait la remobilisation de ces connaissances. En se focalisant sur un extrait du texte et en partageant avec d'autres leur compréhension, les étudiants indiquent être parvenus à se l'approprier pour sa mise en écrit dialoguée. La mise en BD et surtout la mise en saynètes qui ont permis de « faire des sciences autrement » semblent avoir eu un fort impact motivationnel et avoir aussi favorisé la consolidation de connaissances scientifiques.

Ce retour d'expérience sera enrichi par une analyse des productions des étudiants, afin d'identifier les savoirs du texte retenus par les étudiants, la manière dont ils sont présentés et le degré de vulgarisation.

Nous envisageons la réitération de l'expérience, en intégrant l'étape de remobilisation des connaissances scientifiques en classe entière par des activités de groupe avant transmission du texte qui sera par ailleurs raccourci pour ne retenir que les passages qui nous semblent les plus pertinents pour sa mise en récit.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement Laurence Bordenave, Florie Hénonin et Quentin Délépine pour leurs interventions autour de la BD et la mise en saynètes.

Bibliographie

de Hosson, C., & Schneeberger, P. (2011). Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 9-20. <https://journals.openedition.org/rdst/363>

Fillon, P. (1991). Histoire des sciences et réflexion épistémologique des élèves. *ASTER. Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 12, 91-120. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1991_num_12_1_966

-
- Hulin, N. (1984). L'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique. *Revue française de pédagogie*, 66, 15-27. https://www.persee.fr/doc/rfp_0556-7807_1984_num_66_1_1578
- Lavoisier, A.-L., & Seguin, A. (1789). Premier mémoire sur la respiration des animaux. Dans C. Richet (dir.), *Lavoisier, la chaleur et la respiration 1770-1789* (édition de 1892, p. 66-89). G. Masson. Accessible à <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k96334027.r=lavoisier%20seguin%201892?rk=42918>.
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 271-305. <https://journals.openedition.org/rdst/444>.

Médiation scientifique et artistique grâce à un musée universitaire itinérant : retour d'expérience

Valérie Marchal-Gaillard (1,2), Diego Jarak (1,3), Arthur Hunaut
(1)

(1) *La Rochelle Université*

(2) *CREAD EA 3875*

(3) *PolICEMIES*

Introduction

L'intérêt didactique des musées universitaires est actuellement valorisé, car ils remplissent également des fonctions culturelles importantes pour la société dans son ensemble. Partager la science et en faire un objet de culture constitue un enjeu majeur auquel le musée universitaire peut répondre.

L'impulsion récente donnée aux universités par la labellisation Sciences Avec et Pour la Société (SAPS) offre aujourd'hui de nouvelles perspectives à l'action culturelle dans le domaine des sciences et techniques. Or, si l'art et la science sont deux manières de percevoir et d'interpréter le réel, ils enrichissent tous deux notre appréhension et notre compréhension du monde au-delà ou en-deçà du connu, du visible. Par son approche transversale et transdisciplinaire, l'interaction entre artistes, chercheur·euse·s, acteurs culturels et société fait bouger les lignes, invite à transformer les pratiques de chacun, et à créer les conditions du partage des connaissances et des savoirs.

L'objet de ce texte est de présenter un retour d'expérience sur le NANOmusée, musée développé par La Rochelle Université dans le cadre du label Science avec et pour la société, et issu d'un dialogue entre art et science.

Objectifs du projet

Au musée, il y a d'abord l'émotion, source première d'une curiosité et d'un intérêt facilitant les apprentissages. Le rôle du musée universitaire peut alors permettre cette médiation en provoquant la rencontre entre des chercheur·euse·s, leurs objets de recherche, et des artistes interprétant les recherches universitaires qui leur sont soumises.

L'enjeu du NANOmusée est de créer un relais facilitant une approche scientifique et culturelle, afin d'accompagner davantage les publics éloignés dans un parcours tourné vers l'art et la science. Assez logiquement, à la question « Comment faire venir des publics qui ne viennent pas ? », la réponse « en allant les chercher ou en sortant de nos murs » paraît presque aller de soi. Dans le cas du NANOmusée de La Rochelle Université, le choix s'est porté sur le déplacement du musée lui-même. Il s'agit en effet d'un dispositif mobile, modulaire et éco-conçu.

Les scolaires éloignés des offres culturelles forment le public prioritaire du musée itinérant, répondant aux recommandations du Ministère de l'Éducation nationale pour les établissements scolaires de faire appel à des partenaires extérieurs, notamment pour l'organisation des projets interdisciplinaires. Le partenariat apparaît en effet « comme un mode de fonctionnement privilégié en éducation à l'environnement, car il est conforme à sa philosophie de partage de connaissances, de confrontation d'idées et de synergie dans l'action » (Bidou 2002). Il s'agit avant tout de mettre les élèves au contact de « la science en train de se faire » en établissant des ponts avec des objectifs pédagogiques et des savoirs scolaires. Au sein des missions de l'université, les actions de coopération ont comme objectifs de proposer des clés pour la compréhension du monde vivant, de sensibiliser les jeunes à la démarche scientifique et d'offrir aux citoyens les moyens de comprendre les enjeux des choix scientifiques et techniques qui auront des implications socio-économiques de plus en plus marquées.

À partir du moment où la mobilité du musée universitaire est caractérisée et où le public scolaire éloigné est identifié comme cible prioritaire, il reste à définir la faisabilité et les modalités de réalisation de ce projet hors les murs.

Démarche du projet

Inauguré en avril 2023, le NANOmusée est un dispositif issu du dialogue entre artistes et chercheur·euse·s des différents laboratoires de l'Université, afin de comprendre les enjeux environnementaux en zone littorale. Les six modules qui le composent permettent de découvrir, par le biais du sensible, un sujet scientifique portant sur la

thématique du Littoral Urbain Durable et Intelligent (LUDI), spécialisation de recherche de La Rochelle Université.

L'unité de base du musée est un cube de dimensions standards, qui s'assemble aux autres cubes grâce à des pièces de jonction réalisées en impression 3D, pour former des modules. Chaque module présente un sujet de recherche, interprété par un ou plusieurs artistes sous forme d'une œuvre. Sculpture, vidéo, œuvre sonore, aquarelle, diorama en papier, livre interactif : les expériences et médiums sont divers pour interpeler et susciter la curiosité du visiteur (voir figure 1).



Figure 1 : *Photo de la première version du NANOMusée dans son ensemble, en avril 2023*

Il s'agit de composer avec les sensibilités de chaque artiste, tout en respectant le message que le ou les chercheur·euse·s souhaitent faire passer. Chaque artiste bénéficie d'une résidence à l'université, afin d'échanger avec les chercheur·euse·s sur leur étude et de découvrir leur environnement de travail. La proposition artistique doit également répondre au cahier des charges imposé par l'itinérance du musée : facilité de montage et le démontage, solidité et légèreté. La traduction de l'information scientifique en objets artistiques constitue véritablement un pari : de nombreux allers-retours sont nécessaires avant de parvenir à un consensus.

Les modules du NANOMusée sont autonomes, indépendants les uns des autres, ce qui permet de composer une exposition entre un et six modules, et ainsi de s'adapter aux contraintes d'espaces des lieux qui accueillent le musée itinérant.

Après la livraison de la première version du NANOMusée en avril 2023, plusieurs déplacements ont été réalisés dans une variété de lieux et d'évènements, afin de tester les outils et modalités de médiation auprès de différents publics. Le poids de cette première version, et les difficultés de montage et démontage de ses modules ont incités l'équipe de La Rochelle Université à rédiger un cahier des charges plus contraignant pour les designers et les artistes, afin de réaliser une seconde version du NANOMusée plus facilement transportable.

Retour d'expériences

Les premiers déplacements du NANOMusée

Entre avril 2023 et avril 2024, la première version du musée a été déplacée, pour tout ou partie, dans des lieux publics situés dans des quartiers et villages de Charente-Maritime. Plusieurs classes, de la maternelle au CM2, ont alors pu découvrir certains modules, en bénéficiant d'une médiation scientifique et d'un document préparatoire à la visite à destination des enseignants.

Pendant cette première période de déploiement, l'équipe de La Rochelle Université a conçu des guides à destination des enseignants de Cycle 3, afin de leur proposer des pistes pédagogiques en sciences en lien avec les programmes scolaires. L'objectif était de permettre aux enseignants de mieux s'approprier les modules du musée en amont et en aval de leur(s) visite(s), afin de ne pas limiter l'exploitation des sujets de recherche à la seule visite ponctuelle du musée.

Gros plan sur une installation de longue durée

L'équipe a vu dans la livraison simultanée de ces guides pédagogiques et de la deuxième version du NANOMusée au moment de la rentrée scolaire 2024 l'occasion de les tester auprès du public scolaire, en proposant une installation de longue durée dans une école primaire d'un quartier prioritaire de La Rochelle (voir figure 2).



Figure 2 : Installation de plusieurs modules du NANOMusée dans le hall d'entrée de l'école Lavoisier

L'idée d'une résidence mêlant les disciplines scolaires du français, des arts plastiques, des sciences et de l'éducation au développement durable a alors émergé d'un travail réflexif en collaboration avec les conseillères pédagogiques départementales en arts plastiques et en sciences et éducation au développement durable. La résidence de dix semaines a débuté le 10 septembre 2024 à l'école Lavoisier, et a intégré des formations sur des projets en interdisciplinarité par les conseillères pédagogiques et pour les huit enseignant·e·s de l'école, ainsi que plusieurs interventions organisées par l'équipe du NANOMusée. L'objectif était de mettre en avant, par différentes approches, l'articulation possible entre art et science autour du musée mobile. Ont été proposés aux enseignants : pour le module Alguier la présentation d'un alguier du 19^e siècle, source d'inspiration de l'artiste Gwen Le Gac et une intervention sensorielle et gustative autour des algues avec Ingrid Fruitier-Arnaudin, chercheuse impliquée dans la réalisation du module (voir figure 3), et pour le module Fenêtres sur mer, des ateliers de pratique artistique avec Anouck Boisrobert (artiste ayant réalisé le module). La visite du NANOMusée, guidée par des élèves pour leurs parents, devait clore cette résidence.



Figure 3 : *Interventions proposées dans le cadre de la résidence*

Cette résidence de longue durée et à proximité de l'université a été l'occasion de mettre en place un protocole d'évaluation du déploiement du musée dans cette école. Son objectif est d'examiner des hypothèses qui sous-tendent la conception et l'usage du NANOMusée, et d'analyser les effets escomptés lors de cette installation.

En collaboration avec Amélie Monfort, post-doctorante dans la Chaire Participations Médiation Transition Citoyenne de La Rochelle Université, l'équipe du NANOMusée a établi une méthodologie de recueil de données basée sur des entretiens avec les différentes parties prenantes (conseillères pédagogiques, directrice de l'école, enseignant·e·s), des observations de séances menées par les enseignant·e·s et des observations lors des interventions proposées par l'université (voir figure 4).



Figure 4 : Séance avec une classe de CP-CE1 autour du module Alguier

Nous cherchons à répondre à la question suivante : dans quelle mesure l'usage du dispositif NANOmusée (intégrant à la fois les modules mais aussi l'ensemble des outils d'accompagnement) est-il adapté aux besoins pédagogiques des enseignants de l'école Lavoisier ? Nous interrogeons les attentes initiales des acteurs à l'origine de l'installation (conseillères pédagogiques et directrice), la réception du dispositif par les enseignants et l'utilisation des différents outils pour son exploitation pédagogique. Le recueil de données étant en cours, nous ne pouvons pas à ce jour aller plus loin dans sa présentation.

Limites et perspectives

Il est important de souligner que ce genre de projet porte de manière récurrente le point de vue d'André Malraux, pour qui l'accès à l'art pourrait se limiter à un problème d'éloignement géographique qui trouverait une solution grâce au transport des œuvres vers les publics éloignés. Néanmoins, Bourdieu, Darbel et Schnapper (1966) ainsi que nombre d'auteurs après eux, ont montré que l'accès à la culture ne dépendait pas de la seule mise en contact avec des objets culturels. L'accès à l'art suppose un terreau familial, scolaire ou social, un habitus (Bourdieu 1980) qui le permette. Afin de ne pas limiter le projet NANOmusée à la seule appréciation d'une visite ponctuelle par le public scolaire, et afin de contribuer – même modestement – à l'acculturation artistique et scientifique des élèves, nous avons estimé nécessaire

d'enrichir notre projet d'outils pédagogiques à destination des enseignants. Nous espérons que l'évaluation du déploiement du NANOMusée dans l'école nous aidera à déterminer si ces outils d'accompagnement peuvent permettre une appropriation du musée par les enseignants et son intégration dans leur démarche d'enseignement.

Par ailleurs, le projet NANOMusée vise à s'inscrire dans la logique des communs de la connaissance, en s'engageant dans une démarche de réplique. Cela se concrétise par la documentation et la mise à disposition sur une plateforme open-source du processus de fabrication (alphabet des pièces imprimées en 3D et plan des découpes en bois) et des outils de médiation. Dans le cadre de l'essai du NANOMusée et des supports méthodologiques du projet au niveau national, nous interrogeons actuellement la délimitation même du dispositif. Les structures souhaitant répliquer le NANOMusée doivent-elles présenter des recherches scientifiques, ou peuvent-elles adapter le dispositif à des projets non apparentés à la recherche ?

Bibliographie

- Bidou, J.-E. (2002). Nouveaux publics, nouveaux partenaires... *Education relative à l'environnement*, 3. <https://doi.org/10.4000/ere.6554>
- Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Les Editions de Minuit.
- Bourdieu, P., Darbel, A. & Schnapper, D. (1966). *L'amour de l'art : les musées européens et leur public*. Les Editions de Minuit.

Fantastique acoustique : Un magazine dessiné décrivant l'importance et l'étendue de la recherche en acoustique au Québec.

Olivier Robin (1)

(1) Université de Sherbrooke, 2500 boulevard de l'université, Sherbrooke (QC)
J1K2R1, CANADA

Cette communication décrit les étapes suivies durant la création d'une bande dessinée visant à décrire l'importance et l'étendue de la recherche en acoustique au Québec. Le contexte général est tout d'abord rappelé. Nous décrivons ensuite la méthode choisie pour la mise en place de ce recueil. Des questionnaires non dirigés permettent également de résumer les points de vue des personnes étudiantes et des bédésistes participants au projet. Nous terminons cette communication par une description de la stratégie choisie pour augmenter la portée de ce recueil vers le grand-public.

Introduction

L'acoustique : un bref survol

L'acoustique est un domaine d'étude scientifique essentiel qui a un impact significatif sur notre vie. Elle nous aide à comprendre comment le son (au sens général, y compris les infrasons, les ultrasons et les vibrations) est généré, se propage, interagit avec différentes structures ou matériaux, et finalement affecte notre environnement. L'acoustique audible est concrètement utilisée pour concevoir et optimiser des systèmes visant à réduire la pollution sonore ou à améliorer le confort et la qualité acoustiques dans diverses industries, notamment la musique et le cinéma, la construction ou même les transports (automobile, aérospatiale et ferroviaire). La recherche sur les ultrasons a également contribué au développement d'outils qui trouvent des applications dans les domaines industriel et médical, sachant que la recherche en acoustique concernant la santé humaine couvre un large éventail de

sujets allant de la phonation à l'audiologie. Il faut inclure dans ces thèmes l'acoustique sous-marine et la bioacoustique, l'étude de la production, de l'émission et de la réception des sons par les animaux dans la nature. Enfin, certains de ces sujets pourraient s'étendre au-delà des frontières de la planète Terre puisque les enregistrements du microphone du rover Persévérance sur Mars ont récemment permis la première caractérisation de son environnement acoustique. Sans fournir d'autres exemples de ses domaines et de ses applications, il apparaît que l'acoustique est une discipline assez vaste en termes de domaines d'application et de disciplines concernées (Robin et al., 2024).

Cependant, cette discipline est souvent perçue comme étant principalement liée à la musique ou à l'architecture (*quelqu'un joue d'un instrument acoustique - une salle de concert a une excellente acoustique*). Pourtant, dans notre vie quotidienne et notre environnement, les bruits et les signaux sonores sont omniprésents. Un véhicule en fonctionnement fait du bruit, et va souvent émettre un signal sonore pour indiquer qu'il recule. Un four micro-ondes tout comme un moniteur cardiaque nous donnent aussi des informations sous forme sonore. De plus, le bruit, ou encore la pollution sonore, génère du stress et constitue la deuxième source de pollution au Canada en importance après la pollution atmosphérique (ce classement est similaire en Europe et dans de nombreuses régions du globe). La législation sur la limite d'exposition au bruit en milieu de travail a évolué en 2023 au Québec, avec une réduction de 5 décibels du niveau admissible sur huit heures. Cette réduction amène des enjeux importants qui sont mal compris car le décibel reste une unité difficile à expliquer. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, au niveau mondial, 1,5 milliard de personnes sont atteintes d'une déficience auditive plus ou moins prononcée suite à une exposition au bruit. Le niveau de bruit dans l'environnement augmente depuis les 40 dernières années, et cela a des impacts notables sur la santé physique et psychologique de la population. Cela est aussi vrai pour la faune marine car le bruit généré dans les océans par l'activité humaine augmente. Non seulement les domaines et les champs d'application de l'acoustique peuvent être facilement mal compris par le grand public, mais aussi par les personnes étudiantes, ou encore les personnes enseignantes en sciences ou de manière plus large, les scientifiques. Cela peut avoir des effets négatifs sur la perception de l'importance de l'acoustique et sur la manière dont elle est enseignée. Il devient fondamental de mieux communiquer ces enjeux vers le grand public, et décrire la recherche qui est menée au Québec pour répondre à toutes ces problématiques.

C'est dans ce contexte que le projet bilingue 'Fantastique acoustique-Fantastics acoustics' a été initié. Son objectif est de sensibiliser la population à la recherche en

acoustique, à fédérer des laboratoires issus de quatre universités québécoises¹ autour d'un projet commun de communication scientifique et à former les personnes étudiantes sur cet aspect, finalement peu enseigné dans le milieu universitaire.

La bande dessinée et la communication scientifique : un bref survol

Un nombre croissant de recherches indique que les arts ont un impact positif sur le transfert d'informations en donnant la priorité au domaine affectif de l'apprentissage, plutôt qu'au domaine cognitif (Lesen, Rogan and Blum, 2016). Cela correspond à une focalisation sur l'engagement émotionnel et l'attitude plutôt que sur la compréhension et l'application, et ce sont des approches qui sont généralement mises en avant dans l'enseignement des sciences. En d'autres termes, l'art peut toucher les gens autrement que par la seule science. Par exemple, les visualisations artistiques suscitent généralement plus d'émotions que les visualisations scientifiques, en particulier lorsque le public n'est pas spécialisé. Il est intéressant de souligner qu'aucune différence de crédibilité perçue entre les représentations artistiques et abstraites n'a été constatée dans un certain nombre d'études, même lorsque des données concernant des sujets polarisants - tels que le changement climatique - devaient être expliquées (Li et al., 2023). En utilisant différentes formes d'art, les scientifiques peuvent rendre les informations scientifiques plus compréhensibles et plus attrayantes pour le public. De manière générale, de nombreuses publications soulignent la nécessité pour les scientifiques et les institutions de penser différemment la dissémination de la recherche (Ross-Hellauer, 2020) en utilisant une approche de narration scientifique (Jones, 2020).

La bande dessinée, longtemps perçue comme une littérature enfantine et souvent reléguée au jeune public, est considérée comme le neuvième art (terme surtout utilisé pour la bande dessinée franco-belge). La bande dessinée est également envisagée comme un outil efficace de diffusion et d'explication de la science. Depuis les années 1940 et malgré des critiques régulières, la bande dessinée est généralement considérée comme une ressource pédagogique précieuse en classe (Morel et al., 2019 ; Scavone 2019 ; Robin, Leblanc et Dumais, 2021) mais aussi pour la vulgarisation scientifique et dans le domaine plus large de la « pensée visible ou visuelle ». Les exemples de manuels scolaires utilisant le prisme de la bande dessinée sont de plus en plus nombreux et portent sur de nombreux sujets, parmi lesquels l'économie (Klein et Bauman, 2010), la génétique (Schultz, 2009), la biotechnologie (Renneberg & Berkling, 2017), ou encore l'électricité (Fujitaki & Trend, 2009). Les bandes dessinées

¹ Université de Sherbrooke (Sherbrooke, QC, Canada), École de Technologie Supérieure (Montréal, QC, Canada), McGill University (Montréal, QC, Canada), Institut des sciences de la mer - Université du Québec à Rimouski (Rimouski, QC, Canada).

scientifiques portant sur des thèmes plus généraux sont de plus en plus courantes dans les bibliothèques et librairies (Hosler, 2000 ; Doxiadis et al., 2010 ; Harder, 2015). Globalement, la BD tend d'ailleurs à évoluer vers une forme académique complète et légitime (Hureau, 2019), avec des mémoires de maîtrise (Parker, 2021) ou des thèses (Sousanis, 2015) publiées sous ce format. En présentant une histoire de manière séquentielle tout en combinant textes et images, la bande dessinée est maintenant considérée comme l'un des outils les plus pertinents pour améliorer l'accessibilité des résultats des travaux de recherche au public et permettre d'humaniser des données (Farinella, 2018a ; Farinella, 2018b ; McDermott, 2018 ; Scavone, 2019). Elle touche aussi des domaines plus spécialisés. Les bandes dessinées de données (*data comics*) se développent et sont utilisées pour enseigner la visualisation de données (Bach, 2017). Plusieurs exemples récents appliqués à l'acoustique peuvent être cités (Jaouen et Robin, 2022 ; Robin et al., 2024). Enfin, la bande dessinée a eu un rôle émergent en tant qu'outil de santé publique durant la pandémie de COVID-19, avec des retombées concrètes en termes de transfert d'informations (Kearns & Kearns, 2020).

Démarche suivie pour la construction du recueil

Composition des équipes

Pour refléter la variété des sujets et la variété des personnes impliqués, il a été décidé d'impliquer huit bédéistes du Québec (soit un ou une pour chaque sujet, afin de diversifier les styles utilisés et ainsi illustrer la multiplicité des points de vue et des sujets traités). Huit équipes étudiantes ont été associées à ces bédéistes pour produire des bandes dessinées de trois pages et un corpus associé (comprenant des références et des vidéos). Aucune consigne ou contrainte au niveau du contenu à traiter ou de l'axe choisi n'ont été données, si ce n'est de raconter une histoire de recherche en trois pages. Les équipes ont travaillé en toute autonomie. Seule une validation au niveau scientifique a été effectuée avant finalisation des travaux.

Structure du recueil

Il a été décidé de suivre une séquence narrative comprenant deux blocs de 4 pages par établissement (deux sujets chaque). Pour chaque sujet traité, une première page permet de présenter les équipes multidisciplinaires et le sujet (voir Figure 1). Les trois pages suivantes présentent ce que nous avons nommé 'l'histoire de recherche' (voir Figure 2). Une page explicative fournit enfin une explication plus globale sur le thème de l'acoustique correspondant (dans ce cas, l'environnement sonore, voir Figure 3).

UN BRUIT DE FOND QUI EN DIT LONG

HISTOIRES
D'INÉGALITÉS
SONORES

Se réveiller en pleine nuit à cause du bruit d'une déneigeuse qui recule ou d'une moto qui met un grand coup d'accélérateur, ça vous est déjà arrivé ?

Avez-vous déjà ressenti le besoin de vous échapper du vacarme quotidien des villes ?

Si oui, c'est peu surprenant : la majorité des personnes habitant en ville sont exposées à des niveaux de bruit dangereux. Mais nous ne sommes pas toutes et tous égaux devant le bruit : une personne a plus de chances d'y être exposée si elle a de faibles revenus et/ou si elle est racisée.

Ces personnes ont tendance à habiter à proximité d'aéroports ou d'autoroutes, par exemple, et à occuper des professions plus exposées, telles qu'en usine ou dans la restauration. En plus, on n'a pas tous le temps ni l'opportunité de faire une pause dans un parc ou de trouver une pièce calme chez soi pour se ressourcer.

Voyagez au cœur de l'expérience sonore quotidienne de trois personnes issues de milieux différents.

Membres de l'équipe

Étudiant.e.s de l'Université McGill

- Christopher Trudeau
- Valérian Fraisse
- Cynthia Tarlao



Bédéiste

- Marina Leon



Figure 1 : Exemple de page de présentation des équipes et du sujet traité.

UN BRUIT DE FOND QUI EN DIT LONG

HISTOIRES
D'INÉGALITÉS
SONORES



Figure 2 : Extrait d'une des histoires de recherche (Marina Leon)

La leçon de Kylfa et Salomon

L'ENVIRONNEMENT SONORE

KYLFA, POUR VOUS SERVIR !

SALOMON, C'EST MOI !

AAAAAH ! QUE NOUS SOMMES BIEN ICI SALOMON.

PAS UN BRUIT !

PARLE POUR TOI !

DEPUIS TOUT À L'HEURE, J'ENTENDS CETTE PETITE MOUCHE QUI ME DÉRANGE AVEC SON BRUIT ...

CE SON M'EST PLUTÔT AGRÉABLE.

BZZZZZ

AH MAIS MOI ELLE NE ME DÉRANGE PAS DU TOUT, CE S'ERA MON REPAS DE TOUT À L'HEURE.

TECHNIQUEMENT SI, OU PLUTÔT, IL N'Y A PAS DE DIFFÉRENCE PHYSIQUE ENTRE EUX. UN SON ET UN BRUIT PEUVENT AVOIR :

- LA MÊME AMPLITUDE (MÊME FORCE)
- LA MÊME FRÉQUENCE (MÊME NOTE)

UN SON DEVIENT UN BRUIT LORSQU'IL PRODUIT UNE SENSATION AUDITIVE DÉSAGRÉABLE OU GÊNANTE.

BZZZ BZZZ BZZZ BZZZ HABA

LA DIFFÉRENCE ENTRE SON ET BRUIT VA DÉPENDRE DU CONTEXTE, DES PERSONNES CHACUN VA AVOIR SA PROPRE PERCEPTION.

PAR EXEMPLE, LES SONS QUE NOUS FAISONS CHEZ NOUS NE NOUS DÉRANGENT PAS.

MAIS

QUAND NOTRE VOISINAGE LES PERÇOIT ILS SERONT ALORS CONSIDÉRÉS COMME DES BRUITS.

FOI DE MOUCHE, JE ME VENGERAI !

ET SI ON FAIT DES SONS CHEZ NOUS PENDANT QUE QUELQU'UN EST AU TÉLÉPHONE POUR SON TRAVAIL, ON VA NOUS DIRE D'ARRÊTER.

ALORS QUE CES MÊMES SONS JOUÉS À UN AUTRE MOMENT SERONT TRÈS AGRÉABLES.

LA DIFFÉRENCE ENTRE SON ET BRUIT DÉPEND AUSSI DU MOMENT. DANS LA JOURNÉE, UN VÉHICULE QUI FAIT BIP BIP DANS LA RUE EN RECULANT POUR NOUS PRÉVENIR NE NOUS DÉRANGERA PAS BEAUCOUP.

EN PLEINE NUIT, À PROXIMITÉ D'HABITATIONS, IL VA RÉVEILLER LES HABITANTS ET CRÉER BEAUCOUP DE GÊNE.

LE BRUIT EST SOUVENT UTILISÉ QUAND UN ENSEMBLE DE SONS N'A PAS D'HARMONIE EN RELATION AVEC LA MUSIQUE. LE MOT CACOPHONIE EST SOUVENT UTILISÉ DANS CE CAS.

MAIS ALORS ? SI ON UTILISE UNIQUEMENT DES MESURES DE NIVEAU EN DÉCIBELS, EST-CE QUE L'ON PEUT FAIRE LA DISTINCTION ENTRE UN SON ET UN BRUIT ?

TRAFIC TV ASPIRATEUR

NON, PAS COMPLÈTEMENT. POUR BIEN COMPRENDRE NOTRE ENVIRONNEMENT SONORE, DES SPÉCIALISTES TRAVAILLENT DANS LE DOMAINE DE LA PSYCHOACOUSTIQUE.

LE TERME "PAYSAGE SONORE" A D'AILLEURS ÉTÉ POPULARISÉ PAR LE CANADIEN MURRAY SCHAFER IL Y A ENVIRON 40 ANS.

C'EST MOI !

Figure 3 : Exemple d'une des planches explicatives (La leçon de Kylfa et Salomon).

Évaluation croisée du travail : point de vue des personnes étudiantes et des bédéistes

Les tableaux 1 à 4 présentent les réponses obtenues à un questionnaire non dirigé envoyé aux personnes étudiantes (7 personnes répondantes, tableaux 1 et 2) et aux bédéistes (5 personnes répondantes, tableau 3 et 4). Ce questionnaire visait à mieux cerner les contraintes temporelles ou techniques (temps consacré à l'activité, ce qui a été simple, ce qui a été complexe), et évaluer l'engagement généré sur le volet de la communication scientifique

Les principales observations qu'il est possible de formuler au vu des résultats obtenus sont les suivantes :

- Le temps global, ainsi que le nombre d'échanges consacrés au projet, sont très variables, avec un rapport de deux et plus entre la plus basse et la plus haute valeur (que ce soit le temps passé, ou le nombre d'échanges) ;
- Participer à ce type de projet apparaît majoritairement simple pour toutes les personnes concernées ;
- Ce qui apparaît le plus complexe pour les personnes étudiantes est de créer une histoire (voir Tableau 1), alors que du point de vue des bédéistes, c'est de comprendre le sujet en tant que non-spécialiste de ce dernier (voir Tableau 3) ;
- Sur le volet des retombées, toutes les personnes participantes s'accordent sur le côté positif de l'expérience et le désir de la renouveler. De plus, la majorité des réponses montrent que les personnes pensent avoir développé des compétences dans le domaine de la communication (ou vulgarisation) scientifique, et le désir de mener de nouvelles initiatives dans ce domaine est unanime.

Combien de temps avez-vous consacré à ce projet? (en multiples de 5h, ex: 10h, 15h, 20h...)	Combien de fois avez-vous échangé avec la ou le bédéiste de votre équipe pour la réalisation du projet?	Est-ce que participer à ce projet vous a paru :	En quelques mots, qu'est-ce qui a été le plus facile à faire dans ce projet?	En quelques mots, qu'est-ce qui a été le plus complexe à faire dans ce projet?
15	3 ou 4 en teams et beaucoup par mail	Très simple	La discussion avec la Bédéiste	Faire rentrer le tout en 3 pages !
Entre 15 et 25h	Entre 5 et 10 fois.	Plutôt simple	La mise en relation avec la bédéiste	Brainstormer le scénario des bds
15h	2 réunions + échanges d'une dizaine de courriels	Plutôt compliqué	La traduction	Créer une vraie histoire, pas une présentation didactique du sujet
20h	Échange quasi quotidien durant 4-6 semaines	Très simple	Draft des dialogues	Les détails de la scénarisation
25h	une fois en présence et sinon de nombreux échanges courriels	Plutôt simple	s'adapter au format de la bande dessiner pour vulgariser	trouver un sujet pertinent scientifiquement qui peut être expliqué en 3 planches de BD
10h	2 fois par visio-conférence et ensuite par mail quelques fois	Plutôt simple	Trouver le sujet et les éléments importants à partager	Comment bien vulgariser et raconter l'histoire
20	C'était plutôt une collègue qui s'occupait des échanges.	Plutôt simple	Trouver un sujet	Concevoir la longueur/ampleur de l'histoire (c-à-d, combien de cases par page, combien de concepts par case...). Mais en travaillant avec les bédéistes c'était quand même pas trop difficile.

Tableau 1 : Questions posées aux personnes étudiantes concernant la réalisation des bandes dessinées (temps, facilités, complexités) et réponses fournies.

En quelques mots, quelle est la principale retombée de ce projet sur vos activités liées à votre projet de recherche à la maîtrise ou au doctorat/post-doctorat?	Aviez-vous mené des actions de communication scientifique avant ce projet?	Pensez-vous avoir acquis des compétences pour mener des actions de communication scientifique après ce projet? Si oui, lesquelles?	Pensez-vous mener d'autres actions de communication scientifique dans le futur?
Une expérience de vulgarisation, un premier pas dans le monde de la BD	oui avec bistrobrain	je pense avoir appris différentes manières de vulgariser mon projet de thèse + avoir appris à me mettre dans la situation de spectateur avec les autres projets	oui !
Très bon outil de communication	Non à part des conférences et présentations	un petit peu	oui !
Bon support de communication	Oui	oui, c'est différent quand on s'adresse à un public inconnu donc plus large et sans pouvoir connecter directement le propos à leur expérience puisque inconnue, on a vraiment essayé de créer une histoire et c'était vraiment intéressant de voir combien d'efforts en plus ça prend	oui
Connaissance du monde de la BD et +1 expérience en vulgarisation scientifique (mon doctorat n'est pas du tout en acoustique)	Oui (article, radio, balado, affiche, présentation)	Oui, ce que j'appellerai la "synthèse visuelle", c'est trouver habilement l'équilibre entre une représentation visuelle accessible avec du contenu scientifique complexe mais essentiel.	Oui
avoir un meilleur recul sur le "degré de vulgarisation" dans mes présentations	oui	je n'ai pas très bien compris que ce qu'on entend par actions de communication. Mais j'ai acquis des compétences en vulgarisation et j'ai surtout vu qu'il existait de nombreux supports à notre disposition	oui ! j'aimerais beaucoup !!
Grâce à ce projet, j'ai d'autant plus envie de vulgariser ma science auprès des plus jeunes, par exemple en participant à "océanographes dans vos classes" pendant la semaine de l'océan	Non pas dans le but de vulgariser. En revanche j'ai déjà communiqué plusieurs fois mes recherches dans des congrès	Oui, ce projet m'a conforté dans l'idée de participer aux océanographes dans vos classes.	Oui
Ça me permet de vulgariser ma recherche.	Non	Oui, surtout: conceptualisation d'une histoire courte; meilleure compréhension du format BD.	Oui

Tableau 2 : Questions posées aux personnes étudiantes sur les retombées du projet sur leur recherche et leur intérêt pour la communication scientifique, et réponses obtenues

Combien de temps avez-vous consacré à ce projet? (en multiples de 5h, ex: 10h, 15h, 20h...)	Combien de fois avez-vous échangé avec la partie étudiante de votre équipe pour la réalisation du projet?	Est-ce que participer à ce projet vous a paru :	En quelques mots, qu'est-ce qui a été le plus facile à faire dans ce projet?	En quelques mots, qu'est-ce qui a été le plus complexe à faire dans ce projet?
25-30h	Plus d'une quarantaine	Plutôt simple	Le dessin, la couleur.	Les textes pour aider à la vulgarisation
40-50h	3 rencontres teams, plusieurs échanges courriels	Plutôt simple	Le dessin	Parfois, la communication
20h	1	Plutôt simple	Trouver l'angle	Le découpage des infos
Environ 25h-30h	3 ou 4 fois.	Plutôt compliqué	La collaboration était vraiment intéressante, et a amené le projet à un autre niveau!	La quantité de retours (traduction, corrections), et la compréhension du sujet (pour bien me l'approprier).
40	2 fois	Plutôt simple	La mise en image des concepts, la communication a été très facile et la construction du scénario aussi	Juste le temps de réalisation des planches qui est plus long que ce que j'avais initialement prévu

Tableau 3 : Questions posées aux bédéistes concernant la réalisation des bandes dessinées (temps, facilités, complexités) et réponses obtenues

En quelques mots, quelle est la principale retombée de ce projet sur vos activités de bédéiste?	Aviez-vous mené des actions de communication scientifique avant ce projet?	Pensez-vous avoir acquis des compétences pour mener des actions de communication scientifique après ce projet? Si oui, lesquelles?	Pensez-vous mener d'autres actions de communication scientifique dans le futur?
L'envie de participer à davantage de collectifs de ce genre	Jamais auparavant	Absolument, je crois savoir comment communiquer davantage et demander des précisions plus pointues	Assurément, si on m'en offre l'opportunité
De magnifiques échanges et faire partie d'une merveilleuse communauté	Non, mais j'en rêvais!	J'ai une meilleure compréhension de la vulgarisation scientifique et comment la transposer en image pour accompagner l'information de façon à la fois ludique et pertinente	Définitivement, j'ai communiqué avec d'autres intervenant dans le milieu scientifique pour pouvoir participer à d'autres projets semblables
Une expérience de plus en vulgarisation scientifique	Oui	Rien de concret, mais de l'expérience en plus	Oui
Je me suis beaucoup familiarisée avec la vulgarisation scientifique (et j'espère avoir l'opportunité de participer à des initiatives similaires).	Une seule!	Oui! Je pense que j'arriverais à mieux cerner les attentes d'une personne qui m'arriverait avec un projet similaire.	Oui, j'aimerais beaucoup! C'était une magnifique expérience, et je pense que la bande dessinée est un médium parfait pour la vulgarisation!
C'est ma première publication papier	Oui	Je ne sais pas si j'ai appris des nouvelles choses mais comme à chaque nouveau projet, on progresse forcément	Oui

Tableau 4 : Questions posées aux bédéistes sur les retombées du projet sur leur travail et leur intérêt pour la communication scientifique, et réponses obtenues

Stratégies pour augmenter la portée du recueil

La portée du recueil a été augmentée par son utilisation dans des cadres variés, et ce pour aller à la rencontre du public et engager le dialogue (voir Figure 4). Un format de type magazine (couverture souple) a été utilisé pour tous ces cas. Citons un festival de bande dessinée (Festival BD de Montréal, 2024), un festival de vulgarisation scientifique (Festival Eurêka! Montréal, 2024), ou encore des visites de laboratoires (Festival des Harmonies, Sherbrooke, 2024). Le recueil a également servi de document de référence pour un cours d'introduction à l'acoustique pour l'Université du Troisième Âge (2024, Université de Sherbrooke). Un site internet a également été mis en place qui permet d'aller chercher des informations supplémentaires, sous d'autres formats (<https://www.fantastiqueacoustique.net/>). Enfin, le volume bilingue est imprimé avec couverture rigide distribué gratuitement aux bibliothèques des universités ou des municipalités pour augmenter la diffusion et assurer un archivage.



Figure 4 : Quelques photographies des activités grand-public réalisées avec le recueil : (a) Juliette Pierre, bédéiste, au festival de BD de Montréal ; (b) Olivier Doutres, professeur, au festival de BD de Montréal ; (c) Deux participants au festival des Harmonies durant une visite de laboratoire ; (d) Le kiosque de la faculté de génie de l'université de Sherbrooke durant le festival Eurêka !

Remerciements

Ce projet a bénéficié d'un financement des Fonds de Recherche du Québec (volet Dialogue, Octroi no 337 363). De nombreuses personnes ont été impliquées dans ce projet, dont la liste est donnée ci-dessous.

Bédéistes / artistes impliqué.e.s :

- Histoires dessinées de recherche : Catherine Bard, Simon Bergeron (ESBÉ), Sandra Breault, Ariane Cloutier, Madeleine Guastavino, Marina Leon, Jordane Maynard, Juliette Pierre ;
- La leçon de Kylfa et Salomon : Pierre Frampas – Avec l'assistance d'Heimana Alberola pour les couleurs ;
- Roue de l'acoustique : Marsi ;
- Illustration de couverture : Pascal Lemieux.

Personnes étudiant.e.s ou membres du corps professoral impliqué.e.s :

- Tamara Krpic (coordonnatrice étudiante du projet), Alexis Carrion, François Proulx, Olivier Robin (Université de Sherbrooke) ;
- Michel Demuynck, Lucie Gallerand, Thomas Dupont, Olivier Doutres, Jérémie Voix (Ecole de technologie supérieure) ;
- Valérien Fraisse, Christopher Trudeau, Cynthia Tarlao, Catherine Guastavino (McGill University) ;
- Cécile Perrier de la Bathie, Coralie Bernier-Breton, Pierre Cauchy, Guillaume St-Onge (ISMER - Université du Québec à Rimouski).

Le montage et le graphisme ont été réalisés par Nadia Zouaoui. La gestion globale du projet, son édition et les scénarii de la leçon de Kylfa et Salomon ont été réalisés par Olivier Robin.

Bibliographie

- Bach, B., Riche, N., Carpendale, S., and Pfister, H. (2017). The emerging genre of data comics. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 37(3), 6–13.
- Doxiadis, A., Papadimitriou, C. H., Papadatos, A., & Di Donna, A. (2010). Logicomix: An epic search for truth. *Mathematical intelligencer*, 32(3), 51-52.
- Farinella, M. (2018a). The potential of comics in science communication. *Journal of science communication*, 17(1), Y01.
- Farinella, M. (2018b). Science comics' super powers. *American Scientist*, 106(4), 218.
- Fujitaki, K., & Trend, C. L. (2009). *The Manga Guide to Electricity*. No Starch Press.
- Harder, J. (2015). *Alpha. Knockabout*, London.
- Hosler, J. S. (2000). *Clan apis*. Active Synapse.
- Jaouen, L., & Robin, O. (2022). Explaining and teaching acoustics through comics, interactive web pages, and video games. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 152(2), 745-753.
- de Hosson, C., & Elias, F. (2021). La théorie des deux mondes, un outil d'analyse d'une pratique enseignante innovante à l'université: le cas de l'enseignement de la physique par l'escalade. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, 185-210.
- Kearns, C., & Kearns, N. (2020). The role of comics in public health communication during the COVID-19 pandemic. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 43(3), 139–149.
- Klein, G., & Bauman, Y. (2010). *The cartoon introduction to economics: Volume One: Microeconomics (Vol. 1)*. Macmillan.
- Lesen, A. E., Rogan, A., & Blum, M. J. (2016). Science communication through art: objectives, challenges, and outcomes. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(9), 657-660.
- Li, N., Villanueva, I. I., Jilk, T., Van Matre, B. R., & Brossard, D. (2023). Artistic representations of data can help bridge the US political divide over climate change. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 195.
- Morel, M., Peruzzo, N., Juele, A. R., & Amarelle, V. (2019). Comics as an educational resource to teach microbiology in the classroom. *Journal of microbiology & biology education*, 20(1), 10-1128.
- Parker, M. (2021). *Teaching artfully*. Clover Press.

-
- Renneberg, R., & Berkling, V. (2017). *Biotechnology in cartoons*. Springer.
- Robin O., Leblanc B., Dumais, N. (2021). Teaching Science Communication with Comics for Postgraduate Students, *Frontiers in Communication* 6.
- Robin, O., & Plante, C. (2022). An illustrated tutorial for logarithmic scales and decibels in acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 152(5), 2880-2892.
- Robin, O., Simard, M., Potel, C., & Bruneau, M. (2024). History and variations of Lindsay's wheel of acoustics: From a nested pie chart including words to a drawn acoustics world. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 156(1), 1-11.
- Ross-Hellauer, T., Tennant, J. P., Banelyte, V., Gorogh, E., Luzi, D., Kraker, P., et al. (2020). Ten simple rules for innovative dissemination of research. *PLoS Comput. Biol.*, 16, e1007704.
- Scavone, P., Carrasco, V., Umpiérrez, A., Morel, M., Arredondo, D., and Amarelle, V. (2019). Microbiology can be comic. *FEMS Microbiology Letters*, 366, fnz171.
- Schultz, M. (2009). *The stuff of life: A graphic guide to genetics and DNA*. Hill and Wang.
- Sousanis, N. (2015). *Unflattening*. Harvard University Press.

Mathematics communication through comics: « Alicia's mysterious conjecture »

Constanza Rojas-Molina

CY Cergy Paris Université

We report on a recent collaboration between two mathematicians to create a comic about mathematics around the topic of the Collatz Conjecture (also called Syracuse conjecture). The comic, whose main characters are teenagers, is intended for an audience at the level of high school (15 years and up) and adults, although a younger audience can read it in the company of an adult to help explain the mathematical content. The comic centers around the mathematical notions of conjecture, theorem, and proof, and is complemented with mathematical culture, like biographies of scientists, mention of applications of mathematics in modern scientific advances, and discussions on how research in mathematics is carried out today. The story also shows the ecosystem around mathematical learning, like the relationship of teenagers with their family, with their friends and their teachers, and the impact (and associated trauma) of mistakes in the mathematical endeavor.

Introduction

« Alicia's mysterious conjecture » (La misteriosa conjetura de Alicia, in Spanish, see Fig 1), is a 30-page comic collaboration between two mathematicians, Alberto Mercado and Constanza Rojas-Molina, both active researchers in fundamental mathematics, one working at a university in Chile, the other at a university in France. The comic was published in March 2024 by the project ACIP in Chile, funded by the Chilean Research Agency (ANID). Its central topic is the Collatz Conjecture (also called Syracuse Conjecture), which states that, starting with any integer number, following a rule to obtain another number depending on the first number being even or odd, and iterating this procedure, one eventually gets to the numbers 4, then 2 and then 1. This conjecture is an active field of research¹ which in the story of this comic

¹ <https://www.quantamagazine.org/mathematician-proves-huge-result-on-dangerous-problem-20191211/>

allows us to introduce the notion of *conjecture*, as opposite to *theorem*, and the idea of mathematical *proofs*.

The comic was translated to French during the residence *Mathémartistes* that took place in November 2023 at the University of Angers, with funding from the region Pays de la Loire, Institut Universitaire de France and the Université d'Angers. The final French adaptation² was finished in October 2024 with the same funding.

Alberto Mercado is a mathematician working on inverse problems and is also a writer: he writes theater plays and biographies of mathematicians, focused on math outreach. Constanza Rojas-Molina is a mathematician working on disordered quantum systems and is also an illustrator: she uses comics and sketchnotes to do math outreach. The comic « Alicia's mysterious conjecture » is an adaptation of the theater play « 4,2,1 » by Alberto Mercado, about the Collatz Conjecture. The theater play has been played in mathematics Festivals in Chile³. The collaboration to adapt the theater play into comic started as part of the outreach activities of the project ACIP, a project on mathematics research from Chile, funded by the Chilean National Research Agency, ANID. Rojas-Molina was approached by Mercado, as member of the project ACIP,

to adapt his theater play into comic format. It took the authors, Mercado and Rojas-Molina, two years to complete the script, as the comic format required a complete revision of the story. While the main lines remained the same, the comic format gave the authors the opportunity to give a more detailed context to the story, develop the characters and explore their learning ecosystem. The story follows Sofía, a teenager who discovers an old notebook from her mother, with whom she has a tense relationship. In the notebook, Sofía's mother introduces a long-standing open problem about *orbits* of numbers (the $3n+1$ problem, another term for the Collatz Conjecture) and claims to have solved it. Sofía and her friend and classmate, Nicolás, start looking for answers with their teachers and they embark on an adventure where they learn about theorems and conjectures, the applications of mathematics, how mathematics research is done, and the truth behind



Figure 1: *Comic La misteriosa conjetura de Alicia.*

² <http://crojasmolina.com/illustration/comic-acip/>

³ <https://www.companialacoraje.com/montajes/cuatro-dos-uno/>

the old notebook. Sofia discovers a secret from her mother's past related to her failure as a mathematics bachelor student.

The comic does not only introduce (1) mathematical notions, but also discusses how (2) mathematical progress is achieved and how researchers work, and how (3) the learner's ecosystem affects their view of mathematics. As a by-product of the comic format, the authors explored the visualization of the mathematical concepts introduced in the story. All these aspects are detailed in the following sections.

Mathematical concepts and the mathematical culture

Mathematical comics, or comics where the main topic is mathematics, appear as a tool to communicate mathematics to the general audience already in the second half of XX c. ⁴ We can find comics that are content oriented, as in the work of (Gonick & Smith 1993) or narrative oriented, as in the biographies of mathematicians (Doxiàdis et al. 2009; Milani 2023). Our comic "Alicia's mysterious conjecture" aims at combining content and narrative in different layers, so that the comic can be read by the target audience autonomously without help or be used in a class with the help of an instructor. In its 30-pages A5 format, our comic is inspired by the work (Octavia et al. 2013), published in Paris. Their comic was addressed to a more adult audience, with a very research-oriented specific topic (Navier-Stokes equations), as an instrument of mathematics communication. The comic "Alicia's mysterious conjecture", on the other hand, has a twofold purpose: in one reading it can be considered as an instrument of mathematics communication, as it covers several basic topics the audience is familiar with and adds content on biographies of mathematicians and on how research is done in mathematics. In a second reading, there are notions and visualizations that involve advanced mathematics that can be used for discussions with instructors, for ex: the notion of orbits in dynamical systems, Monte-Carlo method, Game Theory, Fixed Point theorems, computers in mathematical proofs, computation of spaceships trajectories. In this sense, the comic can be also considered as an instrument to be used in a classroom, in a mathematics or science class. This comic

What is the difference between a Conjecture and a Theorem? Have all mathematics been discovered by the Greeks? Who participates in mathematical progress? What is the Collatz Conjecture? These and more are the questions the comic tries to answer or at least hint at. The comic shows that there are still mathematical statements that remain open and are the subject of active research, that new mathematics are

⁴ <https://www.florilege-maths.fr/mathematiques-et-bandes-dessinees/>

discovered still today, and that it is an international discipline with a diverse community. Among others, the comic introduces:

- The Collatz Conjecture or $3n-1$ problem, in detail, giving examples:
- Fermat's Theorem: an example of a mathematical statement that remained a conjecture for around 300 years, until British mathematician Andrew Wiles was able to prove it in 1995.
- Fields of research in mathematics: Probability, Dynamical Systems and orbits, Optimal control.
- Biographies of mathematicians and scientists: this shows the diversity of the scientific community, and how scientific progress is built on the work of several people through history.
- Scientific advances in which Mathematics plays an important role (for example, GPS, mobile phones, medical images).

Visualization of scientific concepts

In the comic format, images are the main conveyor of information, complemented with a limited amount of text, while in the theater format, dialogues and body language are the drivers of the narrative. This difference was the first challenge to overcome in the adaptation of the play into comic format and in the collaboration between the authors, Mercado, writer, and Rojas-Molina, illustrator. The second challenge was the visualization of scientific notions introduced in the story, like Probability, orbits, GPS, medical imaging, etc. Often it is a single image that completes the dialogue to introduce a scientific notion, due to either space constraints (30 pages in A5 format) or to keep the focus on certain topics and avoid distractions from the main narrative. This led to several discussions among the authors on how best to represent certain ideas. For example, the concept *quantum computer* (Fig 2): quantum objects have already been represented in comics. It would be interesting to see how the idea of quantum objects has been treated in the comics literature in history, but we limit ourselves to refer to recent well-known work in the comics medium: in (Damour and Bruniet 2016), quantum objects are represented as a shifted superposition of two basic colors, a metaphor of the superposition of states characteristic to quantum systems, see Fig 3; in the work of (Schafer 2019) they are represented as a superposition of two images, following the traditional image of Schrödinger's Cat, see Fig 4. Quantum superposition has also been represented as a superposition of different states by making the image blurry between two defined pictures, and adding lines representing

speed, as in the work of Jorge Cham⁵ in Fig 5, conveying the idea of several images between the two extreme images. In the comic “Alicia’s mysterious conjecture” we represent the superposition of quantum states using several shifted copies of contour lines, without relying on the colors, as there is only one visualization of this quantum system. Moreover, the lines coming from the screen, that represent the orbits of numbers, are much more abundant in the quantum computer than in the supercomputer, conveying the idea of the superior computation capacity of the former. This visualization of a quantum computer, put next to the term *supercomputer* (a classical system) shows that quantum computers are different, but the reader does not

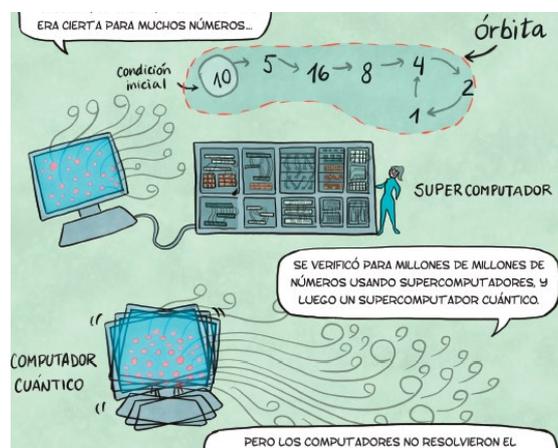


Figure 2: *Depiction of supercomputer and quantum computer.*

need to know the notion of superposition of states to understand the difference. The authors expect the comic will serve as didactic material for the classroom, a space where teachers can take advantage of the visualization and discuss the idea of quantum systems and superposition of states explain that the choice of drawing is not only to differentiate the quantum from the classical computer.

Other mathematical concepts have been visualized appealing to language the audience is familiar with, like tossing a coin to model a random outcome in Probability Theory, see fig 6. Here, we take advantage of the fact that Probabilities are well studied at high school in both Chile and France, where the comic is being distributed, and that coin tossing is the most known example of random experiment. In the case of visualizing the orbits in the Collatz conjecture, we cannot appeal to well known images, therefore we appeal to size comparison to convey the message that according to a basic rule that

⁵ Jorge Cham, Project Quantum Jumps in the blog Quantum Frontiers - A blog by the Institute for Quantum Information and Mattee, Caltech, US
<https://quantumfrontiers.com/2013/06/11/quantum-matter-animated/>

is applied depending on the starting number, initial condition, being even or odd, and a question mark to convey the idea that the exact number is not known as it depends on the initial condition, see fig. 7.

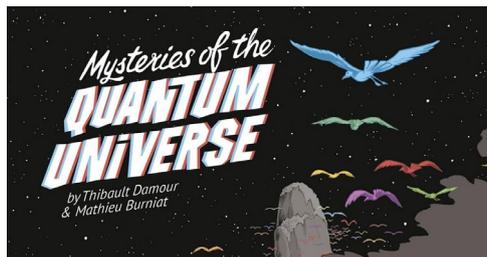


Figure 3: Cover (detail) of the comic *Mysteries of the Quantum Universe*, by Damour and Burniat, Ed. Dargaud 2016



Figure 4: Cover (detail) of the comic *Mysteries of the Quantum Universe*, by Damour and Burniat, Ed. Dargaud 2016

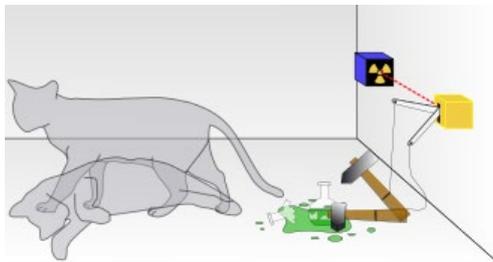


Figure 4: Illustration of the article *Schrödinger's Cat*, Wikipedia (accessed October 2024)

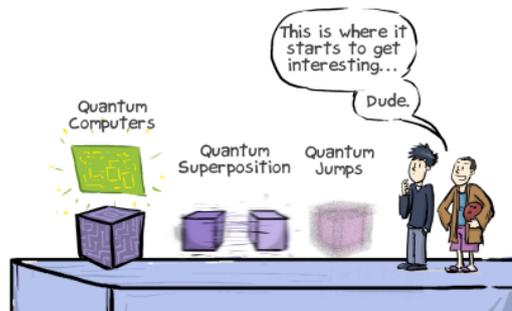


Figure 5: From Jorge Cham's *Quantum Jumps* project



Figure 6: *The coin toss as example of probabilistic process*

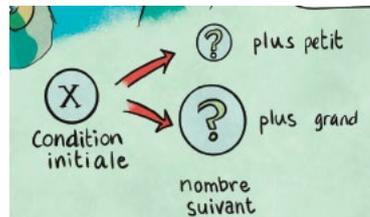


Figure 7: *Visualization of Initial condition and the next number that results from the application of the rule to an unknown number.*

The ecosystem of mathematical learning

Learning is not an isolated activity, and there is a whole ecosystem supporting the learning process of an individual. This ecosystem includes the direct family of the learner, their friends, their teachers, and everyone with whom the learner interacts in their learning process. In this comic, the authors give examples of these interactions in the form of the relationships between Sofia, the main character, and her family, friends and teachers, and how they influence her in her path to get answers about the $3n-1$ problem. For example, we see how she confides in her classmate and friend Nicolás to share her questions about the mysterious mathematical problem she has found, how they both embark in trying to decipher the problem, accompany and support each other, and how she interacts with her mathematics teachers. We note the see the tense relationship between Sofia and her mother, who dislikes Sofia extracurricular activities. Later in the story we learn that the mother pursued math in the past, but made an error in her bachelor thesis, which was a traumatic experience and made her leave the discipline and put away her notebook. Near the end of the story, Sofia identifies the error in her mother’s notebooks, and adds, “It is an interesting mistake, because it is the solution to another problem, the $3n-1$ problem”. Indeed, mistakes are necessary in the learning experience and often lead to other discoveries. Mistakes are related to the reasons why people get to dislike or to be afraid of mathematics⁶, and therefore are a relevant issue in the discussion of science communication and science education.

⁶ Jiménez, L. Why do people give up on mathematics? Stories from social networks (in preparation, 2023) From the project <https://shorturl.at/9LAVu>

The story in “Alicia’s mysterious conjecture” moves away from the usual use of two characters, where a character acts as learner, or mentee, and the other character, as teacher or mentor. In the two-character formula, the transmission of scientific knowledge is done via questions by the mentee and explanations by the mentor. In contrast, in “Alicia’s mysterious conjecture”, both Sofía and Nicolás dialogue about a mathematical problem, learn from each other, taking in turns the role of mentee and mentor, and seek help together addressing their teachers. When they address their math club teacher, Sofía explains the problem, with Nicolás adding information. This change of dynamic moves the story forward with many interactions, which makes it more realistic and closer to what one expects from a learning process, where the learner is affected by its environment. In the case of mathematics, this emphasizes the fact that mathematics is not done in isolation but can be a collaborative effort.

Impact evaluation

The first printing of the comic (in Spanish) took place in Chile in March 2024 with 1000 copies that were distributed among high-school students in the Valparaíso area, corresponding to the region of action of the U. T. Federico Santa María. Copies were given to students during the local Day of Mathematics (March 14). The comic authors have informally gathered very positive feedback from the readers and teachers.

In November 2024 an impact evaluation study was carried out in two public high-schools in Bayeux, France. The study consisted of a pre-reading survey, the reading of the comic (only title page and pages with the story) and a post-reading survey. There were 121 answers in the pre-reading survey, distributed among several class groups, and 91 answers in the post-reading survey. This loss was evenly distributed among the levels of classes, so the representation of different levels was little affected. There were 4 levels represented in this study: the last year of collège (secondary school), troisième (14-15 years old), and all levels of lycée (high school): seconde (15-16 years old), première (16-17 years old), and terminale (17-18 years old).

In the pre-reading survey, the readers were asked to position themselves regarding their level at school: troisième (11 answers), seconde (43 answers), première (16 answers), terminale (21 answers), their interest in comic books (ranging from regular to occasional readers) and how they perceive mathematics (interesting /not, difficult/easy, have/don’t have applications, beautiful). Among lycée students slightly more than half (55.7%) read comics occasionally (sometimes), the rest is distributed among readers that read regularly and don’t read at all. The situation is different for collège students, where the majority (60%) reads regularly, and the rest are mostly occasional readers. Among lycée students, a majority considers mathematics

interesting (65,1%) but difficult (54,7%), with many applications (42,5%). Among collège students, a vast majority consider mathematics interesting (80%), easy (60%) and with many applications (40%). In all, we have a population of students that have a positive attitude toward mathematics and do not read comics regularly. It is to be noted that the classes corresponding to the last two years of lycée is in the mathematics track (*spécialité mathématiques*).

Knowledge acquisition: The post-reading survey asks students to select the statement that corresponds to the Collatz conjecture and to indicate if it is the work of one person or of many. Among lycée students, a vast majority (88.8%) selects the correct statement of the Collatz Conjecture and the fact that several people worked on it. Among collège students, 63.6% selects the correct statement of the Collatz Conjecture, while 90.0% select correctly the fact that several people worked on it.

Comparing concepts before and after reading the comic: The pre- and post-reading surveys ask the students to select a statement that describes a theorem, and one that describes a conjecture. In the pre-reading survey among lycée students, a vast majority (83%) indicates correctly that a theorem is a statement that has a proof (that is true because it can be deduced from other known principles). In the post-reading survey this percentage rises to 91,3%. While in the pre-reading survey only 47,2% of lycée students indicate correctly that a conjecture is a statement that is expected to be true but whose proof is not known, this percentage rises to 73,8% in the post-reading survey. In the pre-reading survey, 29,9% of lycée students believe a conjecture is a statement that is partially proven, which goes down to 16,3% in the post-reading survey. Among collège students the situation is similar: before reading the comic, 73,3% of students select the correct description of theorem, which goes up to 81,8% after reading the comic. Before reading the comic, 26,7% select the correct description of conjecture, which goes up to 54,5% after reading the comic. Before reading the comic, 53,3% of students think a conjecture is a statement that is partially proven, which goes down to 36,4% in the post-reading survey.

We conclude that the comic has been effective in explaining the difference between conjecture and theorem and in explaining the Collatz conjecture.

Concluding remarks

With this comic, we aim at exploring different aspects of mathematics learning with a comic format. We rely on visualization and narrative to attract the reader with a story that has a strong human component and includes rigorous, albeit basic, mathematical content. The story invites a discussion on several aspects of mathematics, from mathematical concepts to how research is carried out today by

professional mathematicians, including how people with whom we interact approach mathematics. The comic is an effective tool to introduce new notions with basic mathematical notions and to reinforce concepts seen in class.

The collaboration between Mercado and Rojas-Molina can be considered as an expert-expert collaboration to produce an instrument for a non-expert audience. It presented a first challenge in adapting a theater script into a comic script, two very different formats, the first based on dialogues and visualization, the second based on visualizations and limited dialogues. The finished text benefited from a critical reading by comic writer Bernardita Labourdette, and the storyboarding process benefited from remarks by comic artist Marcela Trujillo during a workshop on graphic novels. The authors, Mercado and Rojas-Molina, both have experience in science communication done at public universities, and both engage in the topics of equity, diversity and inclusion. Their interests, both in mathematical research and as part of the mathematical community are inevitably reflected in this comic.

In recent years much emphasis is put in the evaluation of science communication tools, and a traditional methodology is using pre-and post-experience surveys to evaluate before and after the opinion of the subjects of a science communication experience, as done in this work. At the same time, the rise of data science in the last years means in practice that people are constantly being subject to surveys and data collection, which leads to respondent fatigue. Then, data acquisition could become a very hard problem. We need to navigate in this context when asking for participation from teachers and students. After the impact evaluation and informal exchange with the two high-school teachers that participated in the impact study, we believe the comic has potential to be considered as didactic material for the classroom, besides its main purpose as a science communication tool. On the other hand, it would be very interesting to explore the didactic potential of the comic as an instrument to be used in the classroom. For this, establishing a collaboration with didactics researchers is crucial to prepare didactic material for teachers and students and to design their evaluation.

In conclusion, we consider this comic to be an effective science communication tool, and its potential for mathematics didactics could have been explored in more detail with an iterative design process including the feedback from the potential users: high-school teachers and high-school students. Such processes are currently integrated in, for example, the science communication production of MIP Labor (Freie Universität Berlin), and the Erasmus+ project Ecoscomics. We believe that future endeavors on comics for mathematics communication would greatly benefit from such a design process to increase its uses in science communication and didactics. Regarding the comic “Alicia’s mysterious conjecture”, we expect to explore, a posteriori, its

potential as didactic material to be used in the classroom by developing supplementary material in the form of a “*cahier d’activités*”.⁷

Bibliography

- Damour, T & Bruniet, M. (2016) : Le Mystère du monde quantique, Ed. Dargaut, France 2016.
- Doxiadis, A. K., Papadimitriou, Ch., Papadatos, A., Di Donna, A. (2009) : Logicomix, Bloomsbury USA 2009.
- Gonick, L. & Smith W. (1993): The Cartoon Guide to Statistics, HarperPerennial 1993.
- Milani, A. (2023) : Sofia Kovalevskaïa – Vie et révolutions d’une mathématicienne géniale. Ed. Cambourakis, France, 2023. Traduit de l’italian.
- Octavia G., Rougerie N., Bouvard C. (2013) : L’équation du millénaire, Fondation de Sciences Mathématiques de Paris. Publication en ligne https://issuu.com/fsmp/docs/bd_equation_du_mill_naire_complet
- Volk, S. C. & Schäfer, M. S. (2024). Evaluations in science communication. Current state and future directions *JCOM* 23(06), 2024. <https://doi.org/10.22323/2.23060401>
- Schafer, L. (2019) : Quantix - La physique quantique et la relativité en BD, Ed. Dunod, France, 2019.
- Schafer, L. (2021) : Infinix -De l’infini cosmique à l’infini quantique en BD, Ed. Dunod, France, 2021.

⁷ The author is grateful to M. O. Longuet and Ms. F. Mezerette-Aubourg for their availability and their support implementing the impact evaluation study. We thank CY Cergy Paris Université – Cellule de diffusion for their support. We thank the residence Mathémartistes and U. of Angers for their support in the French edition of the comic.

Liste des auteurs

- Albrun Romane, 157–163
Alvain Severine, 157–163
Antoine Camille, 13–19, 164–172
- Baryga Philippe, 173–184
Bentahila Yasmine, 164–172
Blanquet Estelle, 173–184
Bordenave Laurence, 41–51
Bécu-Robinault Karine, 149–155
- Canac Sophie, 41–51, 85–95
Chirier Agathe, 32–40
Coupaud Magali, 120–126
Courdent Albine, 20–31
Crépin-Obert Patricia, 41–51
- De Hosson Cécile, 2–4, 32–51
Decroix Anne-Amandine, 52–61
Deganello Aurélie, 5–11
Dehestru Florence, 20–31
Delegrange Alice, 157–163
Delserieys Alice, 120–126
Derolez Séverine, 149–155
Dessailly Aurélie, 157–163
Dessart François, 62–71
Di Fabio Alice, 185–192
Décamp Nicolas, 41–51
- Edane Virginie, 164–172
- Faria Cláudia, 127–134
Figon Florent, 62–71
Fontaine Thomas, 193–202
Fortin Corinne, 41–51
Freedman Roger A., 72–77
- Gallagher Isabelle, 2–4
- Hunaut Arthur, 209–216
- Jalabert Cécile, 164–172
Jarak Diego, 209–216
Javoy Sandra, 41–51, 203–208
Justo Delphine, 164–172
- Kerner Pierre, 185–192
Kummer-Hannoun Pascale, 41–51, 78–84
- Laurenti Patrick, 185–192
Legroux Aude, 203–208
- Marchal Valérie, 209–216
Maurício Paulo, 127–134
Michelet Paul, 85–95
Michun Corinne, 164–172
- Modeste Simon, 164–172
Moulin Marianne, 52–61
Munier Valérie, 164–172
- Pelé Maud, 96–114
Perolat Leonie, 173–184
- Ramírez De Arellano Juan Manuel, 72–77
Renaut Agnès, 193–202
Robert Pascal, 115–119
Robin Olivier, 217–232
Rojas-Molina Constanza, 233–243
Roux Goupille Camille, 41–51
Régent-Kloeckner Myriam, 62–71
- Torres Joana, 127–134
Tortochot Eric, 120–126
Triquet Eric, 5–11
- Uzan Benjamin, 185–192
- Valente Bianor, 127–134
Vandromme Christine, 157–163
Vigneront Florence, 135–148

