



HAL
open science

L'incidence de la manipulation et du débat argumentatif en sciences sur le développement de l'esprit critique chez les élèves de cours moyen

Simon Bouchard

► **To cite this version:**

Simon Bouchard. L'incidence de la manipulation et du débat argumentatif en sciences sur le développement de l'esprit critique chez les élèves de cours moyen. Sciences de l'Homme et Société. 2023. dumas-04483248

HAL Id: dumas-04483248

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04483248v1>

Submitted on 29 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



Mémoire présenté par

Simon BOUCHARD

Soutenu le

21/06/2023, à Chartres

pour obtenir le diplôme du

Master

Métiers de l'Éducation, de l'Enseignement et de la Formation

Mention : 1^{er} degré

Discipline :

Sciences et technologie

L'incidence de la manipulation et du débat argumentatif en sciences sur le développement de l'esprit critique chez les élèves de cours moyen.

Dirigé par

M. Olivier DURAND (professeur certifié de physique-chimie)

Devant une commission d'examen composée de

M. Vincent BOUCHU (professeur des écoles maître formateur), président, enseignant de l'université d'Orléans

M. Olivier DURAND (professeur certifié de physique-chimie), directeur du mémoire, formateur

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le directeur de ce mémoire, M. Olivier DURAND, professeur de l'INSPE certifié de physique-chimie, pour son aide, sa disponibilité et ses orientations qui ont alimentées ma réflexion.

Je remercie également les membres du jury, M. Vincent BOUCHU, professeur des écoles maître formateur, et M. Olivier DURAND, pour l'intérêt qu'ils portent à mon travail à travers la lecture et l'évaluation de celui-ci.

Je saisis l'occasion d'adresser mes remerciements à l'ensemble des professeurs et intervenants de l'université d'Orléans, en particulier M. Yann LE BIHAN, professeur de l'INSPE habilité à diriger des recherches en sociologie, pour ses conseils méthodologiques, et M. Anthony MARSAN-ORDI, professeur de l'INSPE chargé de la culture et de l'usage du numérique, pour son aide dans ma prospection d'un logiciel d'analyse sémantique.

Je tiens aussi à remercier Mme Carine DEGACHE, professeur des écoles, pour son accueil, sa bienveillance, son implication et ses conseils dans la mise en œuvre de mon dispositif en classe.

Je remercie, enfin, mes parents et mes amis pour leur soutien, leur confiance et leurs encouragements ainsi que Elise POTHEAU pour son aide dans la rédaction et la relecture de ce mémoire.

Sommaire

TABLE DES FIGURES	5
INTRODUCTION	6
I – CADRE THEORIQUE	8
1 – MISE EN PLACE DE DEMARCHES SCIENTIFIQUES	8
1.1 – Pourquoi favoriser la manipulation ?.....	8
1.2 – Qu’est-ce que la démarche d’investigation ?	9
1.3 – Comment définir la notion d’esprit critique ?	11
2 – CONSTRUCTION DE L’ESPRIT SCIENTIFIQUE	12
2.1 – La problématisation et les obstacles.....	12
2.2 – Les notions de nécessités et de raisons	15
2.3 – La modélisation comme chemin vers l’abstraction	17
3 – DEVELOPPEMENT DE L’ESPRIT CRITIQUE EN SCIENCES.....	18
3.1 – Les sciences au service de l’esprit critique	18
3.2 – Débattre pour construire des savoirs scientifiques	20
3.3 – Critiquer objectivement mène à des savoirs raisonnés.....	22
II – CADRE METHODOLOGIQUE	24
1 – DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	24
1.1 – Question et hypothèses de recherche	24
1.2 – Méthode de recueil des données.....	24
1.3 – Choix des observables	28
2 – PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS	28
2.1 – RESULTATS DES DEUX PREMIERES SEANCES.....	28
2.2 – Résultats de la première séance de débat	32
2.3 – Résultats de la seconde séance de débat	36
3 – LIMITES DES RESULTATS	39
III – PARTIE PROFESSIONNALISANTE	41
1 – REINVESTISSEMENT DANS UN AUTRE CYCLE	41
1.1 – Cycle des apprentissages premiers	41
1.2 – Cycle des apprentissages fondamentaux	41
2 – REINVESTISSEMENT DANS UNE AUTRE DISCIPLINE	42

2.1 – Enseignement moral et civique.....	42
2.2 – Education artistique et culturelle	43
3 – AUTRES DISPOSITIFS POUR LE MEME OBJECTIF	44
3.1 – La diffusion d’une fausse information	44
3.2 – L’utilisation d’une grille d’observation	44
CONCLUSION	46
BIBLIOGRAPHIE	48
TABLE DES ANNEXES	50

Table des figures

Figure 1 : Interprétation linéaire de la démarche d'investigation (Orange, 2012)	10
Figure 2 : Schéma des interactions identifiées par le concept d'objectif-obstacle (Astolfi, 1989)	14
Figure 3 : Schéma de l'activité scientifique prenant en compte les trois registres (Orange, 2012)	15
Figure 4 : Tableau récapitulatif de la séquence menée en classe.	27
Figure 5 : Graphique de répartition des modes de représentation utilisés dans la description de l'objet.....	28
Figure 6 : Graphique de répartition des modes de représentation utilisés dans l'émission des hypothèses.....	29
Figure 7 : Graphique de répartition des différentes hypothèses de liaison entre la roue et la carte.....	31
Figure 8 : Histogramme des fréquences d'apparition des principales références.....	32
Figure 9 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "carte"	34
Figure 10 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "roue".....	34
Figure 11 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "support"	35
Figure 12 : Histogramme des fréquences d'apparition des principales références... ..	36
Figure 13 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "carte"	37
Figure 14 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "roue".....	38
Figure 15 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "support"	39

Introduction

Les enjeux liés à l'enseignement des sciences expérimentales à l'école sont multiples, notamment au cycle de consolidation puisqu'il établit le lien entre le primaire et le secondaire. Les élèves de cours moyen doivent suivre 78 heures de sciences et technologie par an. Au collège, ces disciplines se spécialisent et sont réparties en trois enseignements distincts : sciences de la vie et de la Terre, sciences physiques et chimie et technologie. Une des missions de l'école est donc d'aider efficacement les apprenants à éveiller leur esprit critique et à développer avec rigueur une certaine méthode scientifique.

La démarche d'investigation, privilégiée par l'ensemble des programmes et par le socle commun de connaissances, de compétences et de culture s'appuie sur le questionnement des élèves sur le monde ainsi que sur la résolution de problème. Or, la mauvaise interprétation des attentes liées à celle-ci par les enseignants entraîne une mise en œuvre délicate qui conforte une vision linéaire et stéréotypée des sciences à l'école. Une grande importance est accordée aux investigations empiriques au détriment de la construction de sens pour l'apprenant et d'un travail de recherche scientifique objectif.

Par conséquent, l'intérêt suscité par ces enseignements est faible et risque, à long terme, de mener à un déficit de vocation pour les métiers des sciences et technologie. La curiosité, l'esprit critique et la capacité à s'interroger et à argumenter en réponse à un problème ne sont pas suffisamment développés. Or, ce constat s'oppose aux intentions décrites dans la rubrique « sciences et technologie » du programme du cycle de consolidation actuellement en vigueur :

« La diversité des démarches et des approches (observation, manipulation, expérimentation, simulation, documentation...) développe simultanément la curiosité, la créativité, la rigueur, l'esprit critique, l'habileté manuelle et expérimentale, la mémorisation, la collaboration pour mieux vivre ensemble et le goût d'apprendre. » (BOEN N°31 du 30 juillet 2020, p 78).

C'est pourquoi, l'entreprise de ce travail de recherche a pour objectif de mesurer les effets de la manipulation de modèles et du débat argumentatif sur le développement de l'esprit critique qui s'opère en parallèle de l'acquisition de savoirs scientifiques chez les apprenants. Autrement dit, en quoi la manipulation et le débat en sciences permettent-ils de favoriser la construction de connaissances théoriques et de compétences objectives chez les élèves ?

Tout d'abord, seront abordés le principe de démarche scientifique et son interprétation dans le cadre scolaire puis, la construction de l'esprit scientifique au travers de différents mécanismes et, l'importance de faire preuve d'esprit critique dans l'acquisition de nouvelles connaissances.

Ensuite, le dispositif expérimental comprenant la question et les hypothèses de recherche, la séquence pédagogique mise en œuvre et les indicateurs de l'étude ainsi que, la description et l'analyse des résultats obtenus sans oublier les limites de ces derniers seront traités.

Enfin, seront respectivement envisagés de possibles réinvestissements dans les autres cycles constituant l'école primaire puis, dans d'autres disciplines d'enseignement et d'apprentissage que celui des sciences et pour finir, d'autres dispositifs articulant manipulation, débat et esprit critique.

Dans le développement à venir, le terme « sciences » désigne exclusivement les sciences expérimentales et exclue les mathématiques. Cette discipline fait partie intégrante du domaine scientifique mais constitue un objet d'études en elle-même au niveau de l'école, la didactique des mathématiques.

I – Cadre théorique

1 – Mise en place de démarches scientifiques

1.1 – Pourquoi favoriser la manipulation ?

Au cycle de consolidation, l'élève n'est pas encore capable de faire pleinement preuve de généralisation et d'abstraction, son raisonnement s'appuie sur des éléments concrets et sur son environnement proche. De ce fait, son rapport au monde « sensible » s'effectue à travers l'observation et la manipulation directe des objets qui l'entourent. Dans un intérêt de développement cognitif, l'enseignement des sciences et technologie se doit de proposer des activités qui recourent à l'utilisation de matériel tangible.

Selon Dias (2017), l'action occupe une place importante dans la construction d'un savoir scientifique : « Agir est un ingrédient essentiel pour un élève¹ dans un projet d'apprentissage, notamment lorsque celui-ci se situe dans un domaine scientifique. » Il opère une distinction entre manipuler : « mettre en actes des connaissances² » et agir : « mettre en actes ses connaissances³ ». Celle-ci réside dans la capacité de l'apprenant à s'approprier les savoirs et à les mobiliser face à une situation présentée.

En outre, les connaissances opératoires (actes) et les connaissances déclaratives (mots) sont en décalage, même si les deux sont complémentaires, les élèves sont davantage capables de faire que de dire. Ce qui suggère de proposer des situations d'apprentissage permettant de les mettre en actes afin de leur faire développer les compétences associées. C'est ce qu'indique De Vecchi (2010) :

« Le rôle de l'enseignant n'est pas seulement de faire intégrer des savoirs, mais aussi des compétences, souvent interdisciplinaires, dont on reconnaît de plus en plus l'importance aujourd'hui. Celles-ci ne s'élaborent pas à coup d'exercices d'application, mais plutôt à travers des démarches vécues. » (DE VECCHI, G., 2010, p. 73).

Une seconde distinction est effectuée entre manipuler : agir sans intention particulière sur le matériel à disposition en réponse à une demande et expérimenter : réaliser une action guidée par une volonté survenue dans un processus scientifique.

¹ DIAS T., *Manipuler et expérimenter en mathématiques : agir, réfléchir, faire des maths autrement*, p. 20.

² *Ibid.*, p. 20.

³ *Ibid.*, p. 22.

L'expérimentation ainsi décrite souligne le besoin d'effectuer des recherches et de mener des investigations afin d'inscrire la réflexion apportée aux actions concrètes dans une démarche qui se veut scientifique.

1.2 – Qu'est-ce que la démarche d'investigation ?

En 1996, le physicien Georges Charpak dirige l'opération « la main à la pâte » qui mènera au plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école⁴ et à la mise en avant de la démarche d'investigation dans les programmes scolaires. Le but de ce projet est de renforcer l'autonomie des élèves en privilégiant l'investigation et la construction de savoirs à partir des phénomènes naturels que les sciences tentent de comprendre et d'expliquer. Cette approche de type constructiviste place l'action de l'apprenant au cœur des apprentissages.

Houssaye (1988) remarque que dans la plupart des situations, un des trois éléments du triangle pédagogique⁵ est délaissé au profit des deux autres. Ainsi, la démarche d'investigation cherche à favoriser la relation « élève-savoir⁶ » (Houssaye, 1988), comme l'explique De Vecchi (2010) : « on les place en situation de se construire leurs propres savoirs⁷ à travers la démarche de recherche, d'invention. » De son côté, l'enseignant se prépare à étayer de manière pertinente en s'appropriant tout un ensemble de situations et d'outils pédagogiques qu'il pourra proposer à un moment donné.

La démarche d'investigation s'inspire de divers procédés employés dans les multiples formes de démarches scientifiques. C'est une succession d'étapes variées et variables chargée d'éveiller la curiosité des élèves en les invitant à se questionner sur le monde dans le but de mieux comprendre certains phénomènes naturels et de développer leur esprit. Au niveau de l'école primaire, les principaux moments composant cette démarche sont les suivants :

- Situation de départ choisie par l'enseignant ou par les élèves ;
- Recueil des conceptions initiales et construction de la problématisation ;
- Élaboration des hypothèses et des modalités d'investigation ;

⁴ « Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°23 du 15 juin 2000 - Enseignement élémentaire et secondaire. »

⁵ Concept attribué à Jean HOUSSAYE qui définit tout acte pédagogique comme la mise en relation entre trois sommets d'un triangle (savoir, enseignant, apprenant).

⁶ HOUSSAYE, J., HAMELINE, D.P. *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire*.

⁷ DE VECCHI, G., *Aider les élèves à apprendre*, p. 224.

- Investigations conduites par les élèves (observation, modélisation, expérimentation, recherche documentaire, etc...);
- Échanges argumentés sur les propositions produites ;
- Institutionnalisation, structuration des connaissances.

En sciences et technologie, d'autres démarches existent et aucune d'entre elles n'est à négliger. Le choix doit s'effectuer en fonction des compétences que l'enseignant souhaite faire acquérir, des ressources dont il dispose et des connaissances préalables que suppose l'activité envisagée. Faire systématiquement le choix d'entreprendre un enseignement fondé sur la démarche d'investigation peut s'avérer néfaste et transmettre aux élèves une représentation superficielle des sciences qui ne reflète pas la réalité.

Par ailleurs, Orange (2012) explique que le recours à la démarche d'investigation ressemble à une méthode qui vaudrait formation en elle-même. Son utilisation systématique risque de conforter une vision linéaire de l'apprentissage des sciences qui minimise le rôle des hypothèses. La figure 1 représente cette vision stéréotypée.

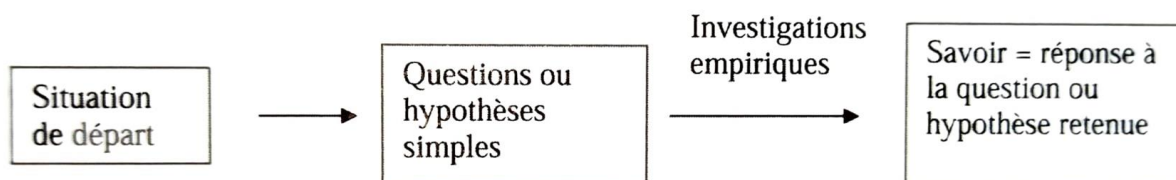


Figure 1 : Interprétation linéaire de la démarche d'investigation (Orange, 2012)

Les ambiguïtés liées à son interprétation « vont dans le sens d'une survalorisation des investigations empiriques⁸. » (Orange, 2012). Une telle vision d'apprentissage s'éloigne d'une démarche expérimentale hypothético-déductive qui repose sur le véritable esprit scientifique. Ce dernier ne se contente pas de constater l'influence de différents paramètres sans réflexion, ni recherche d'explication supplémentaire.

Cette approche des sciences par l'observation et l'expérimentation se rapproche d'une vision ancienne de l'enseignement de ces disciplines. Malgré sa contestation depuis de nombreuses années, la méthode caricaturée sous le nom

⁸ ORANGE, C., *Enseigner les sciences : problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*, p. 10.

d'OHERIC (observation, hypothèse, expérimentation, résultat, interprétation, conclusion) par Giordan (1978) semble encore très présente en classe et rigidifie la stratégie des élèves sans apporter de sens à son exécution.

Toutefois, Astolfi et Develay (1989) se veulent rassurant à ce sujet. La démarche d'investigation n'est pas assimilable à des « redécouvertes ». Il s'agit davantage d'un compromis cherchant à allier le temps didactique dont disposent les enseignants pour couvrir l'ensemble des programmes et la nécessité de donner du sens aux savoirs transmis aux élèves.

1.3 – Comment définir la notion d'esprit critique ?

Le développement de l'esprit critique est un des objectifs fondamentaux de l'école dans la mesure où il contribue à la formation du citoyen. Malheureusement, l'absence de consensus scientifique sur la définition de ce terme complexifie l'identification des enjeux qui lui sont liés. Cependant, certaines caractéristiques communes issues de la recherche permettent de comprendre cette notion de manière générale.

Selon Facione (2011) : « L'esprit critique est un jugement volontaire⁹ et réflexif qui se manifeste en considérant de manière raisonnée les preuves, le contexte, les méthodes, les standards et les conceptualisations afin de décider quoi croire ou quoi faire. » Le sujet décide de lui-même de faire usage de sa raison pour estimer le degré de confiance à octroyer aux données reçues et interroger la validité d'un jugement ou d'un fait. Cette mise à distance critique vient rompre avec l'idée de naïveté dont ferait preuve un individu disposé à croire ce qu'il perçoit sans recherche d'explication rationnelle supplémentaire. L'esprit critique est assimilé à une forme de doute méthodique, à un outil d'évaluation de la qualité d'une information utilisé dans la construction d'une explication raisonnée et dans la prise d'une décision en conséquence.

Une autre approche, plus opérationnelle et explicite sur la manière de faire preuve d'esprit critique est également développée. Elle se caractérise par un ensemble d'attitudes : « curiosité, autonomie, lucidité, modestie, écoute » et de capacités : « s'informer, évaluer l'information, distinguer faits et interprétations, confronter les

⁹ FACIONE, P. A., *Critical Thinking : What It Is and Why It Counts*.

interprétations, évaluer les interprétations¹⁰ » qui s'enrichissent mutuellement. Il est essentiel de sans cesse mobiliser ces savoir-être et savoir-faire car l'esprit critique ne représente pas un acquis mais une exigence psychologique à actualiser. Toutefois, cette formulation ne mentionne pas la nécessité de posséder des connaissances spécifiques à un sujet donné. Cette définition donne l'illusion que les attitudes et les capacités précédemment citées peuvent s'appliquer indépendamment du contexte une fois maîtrisées or, ce n'est pas le cas. L'exercice de l'esprit critique requiert de disposer au préalable d'un certain nombre de références sur lesquelles s'appuyer sinon il ne peut intervenir.

2 – Construction de l'esprit scientifique

2.1 – La problématisation et les obstacles

D'après Bachelard (1938), le fondement de l'esprit scientifique réside dans la capacité à se poser des questions. En effet, la construction du problème doit être prise en compte dans le processus d'apprentissage :

« L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. » (BACHELARD, G., 1938, p. 14).

Brousseau (1986) introduit l'idée de « dévolution du problème¹¹ » révélatrice de la nature paradoxale de la construction du savoir. Si l'enseignant fournit trop explicitement ses attentes, alors l'élève ne pourra pas les apporter car la tâche intellectuelle sera réduite à néant par la quantité d'explications et la révélation du contrat didactique. C'est pourquoi, Astolfi (1989) précise que l'enseignant doit repérer les variables didactiques qui provoquent, lorsqu'une action est menée sur elles, des adaptations de stratégies. En fonction des situations d'apprentissage proposées, l'élève va faire avancer la structuration de ses propres connaissances.

¹⁰ « Ministère de l'Éducation : Former l'esprit critique des élèves. »

¹¹ BROUSSEAU, G., *Recherches en didactique des mathématiques. Volume 7, n°2*, « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. », pp. 33-115.

Les solutions proposées face à un problème sont souvent éloignées du savoir visé sauf si celui-ci ne présente aucune difficulté et donc aucun apprentissage. Il y a un écart entre les conceptions initiales et l'objectif d'apprentissage. En raisonnant en termes d'obstacles épistémologiques, Bachelard (1938) informe que l'accès aux savoirs scientifiques peut être rendu difficile par les connaissances préalables issues de la vie quotidienne et des fausses représentations qui en découlent : « En fait, on connaît contre une connaissance antérieure¹², en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l'esprit même, fait obstacle à la spiritualisation. »

Cependant, le renversement des obstacles relève conjointement du registre empirique et du registre explicatif car ils sont tous les deux formés à partir des expériences vécues dans la vie quotidienne et dans les enseignements. Ainsi, ils organisent la façon de comprendre certains phénomènes scientifiques. Or, l'acquisition de nouvelles connaissances n'est pas suffisante pour bousculer les représentations et les obstacles potentiels qui les accompagnent, un changement conceptuel¹³ est nécessaire. Des outils ont été élaborés en réponse à cette problématique.

Dans les années 1980, Martinand (1986) introduit le concept d'objectif-obstacle¹⁴ à une époque où la didactique des sciences se développe en France et où la question des objectifs occupe le premier plan des recherches en éducation. Cette proposition consiste à fixer comme objectif le dépassement d'un obstacle qui semble réalisable à un instant donné de la scolarité. Tel que le fait remarquer Astolfi (2008), cette expression est un oxymore dont l'objectif désigne le but à atteindre et l'obstacle ce qui résiste et empêche l'accomplissement. L'idée n'est pas de définir séparément les objectifs et les obstacles mais « d'utiliser la caractérisation des obstacles¹⁵ comme un mode de sélection des objectifs. » Une explication des articulations en jeu dans ce concept est proposée sur la figure 2 ci-dessous.

¹² BACHELARD, G., *La formation de l'esprit scientifique*, p. 14.

¹³ ORANGE, C., *op. cit.*, p. 32.

¹⁴ MARTINAND, J.-L., *Connaître et transformer la matière*.

¹⁵ ASTOLFI, J.-P., *La saveur des savoirs : disciplines et plaisir d'apprendre*, p. 56.

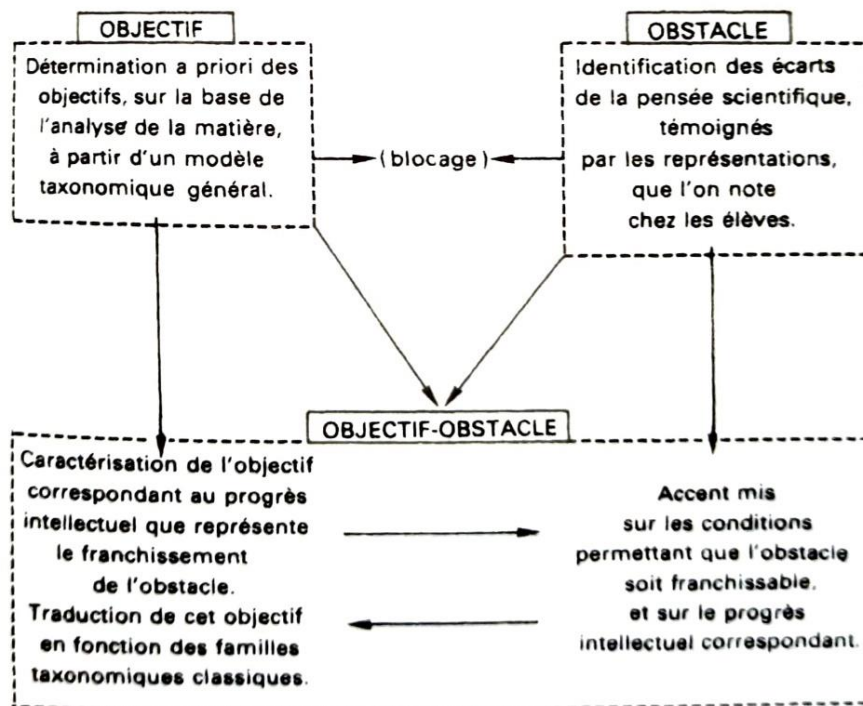


Figure 2 : Schéma des interactions identifiées par le concept d'objectif-obstacle (Astolfi, 1989)

La situation-problème est un procédé didactique qui permet de donner du sens aux activités, de provoquer les apprenants et de créer des conflits socio-cognitifs porteurs d'une forte dynamique d'apprentissage. D'après De Vecchi (2010) : « Aider les élèves¹⁶ à entrer dans un sujet, ce sera donc les perturber. »

Au sens strict, la situation-problème sert à confronter l'élève à un problème engageant mais qu'il ne peut résoudre en raison de ses connaissances actuelles qui l'empêchent d'accéder au savoir requis. Cette situation doit permettre aux élèves de constater par eux-mêmes la réussite ou l'échec de leur stratégie en réponse au problème présenté et donc au franchissement de l'obstacle. Elle se rapproche du concept d'objectif-obstacle, à ceci près qu'il s'agit d'une situation particulière et non d'un ensemble de situations qui doit amener au franchissement de l'obstacle.

Au sens large, la situation-problème correspond à la résolution d'un problème à partir d'une question qui a pour intention de conduire à l'acquisition d'un savoir. Il n'y a plus de lien avec les obstacles sauf en cas de confusion d'interprétation du terme avec celui de difficulté d'apprentissage. Cependant, les obstacles font partie intégrante de la didactique des sciences. Pour Popper (1985), les savoirs se construisent sur la

¹⁶ DE VECCHI, G., *op. cit.*, p. 162.

rencontre successive d'obstacles qui conduit à la formulation de problèmes toujours plus précis :

« Or ce que j'entends montrer, c'est qu'il convient de se représenter la science comme une démarche qui progresse à travers la formulation de différents problèmes pour en venir à des problèmes toujours plus fondamentaux. En effet, les théories scientifiques – qui visent l'explication – ne sont rien d'autre que des tentatives pour résoudre des problèmes scientifiques, c'est-à-dire des problèmes liés à la découverte d'explications. » (POPPER, K. R., 1985, p. 329).

2.2 – Les notions de nécessités et de raisons

L'imagination est présente et intervient en science. De ce point de vue, elle se rapproche du mythe mais Jacob (1981) souligne ce qui les différencie clairement l'un de l'autre : « La démarche scientifique¹⁷ confronte sans relâche ce qui pourrait être et ce qui est. » Il faut considérer le possible, le registre des modèles pour ainsi mieux comprendre le réel en confirmant et en réfutant des hypothèses par des actions empiriques, observations et expériences, mais aussi et surtout, par des interactions critiques avec d'autres scientifiques qui constituent un cadre épistémique (Piaget et Garcia, 1983) ou registre explicatif (Orange, 2012). Ces propos sont illustrés par le schéma de la figure 3. Par conséquent, les explications construites font sens dans une certaine vision du monde partagée par une communauté et structurante dans la façon d'aborder des problèmes scientifiques.

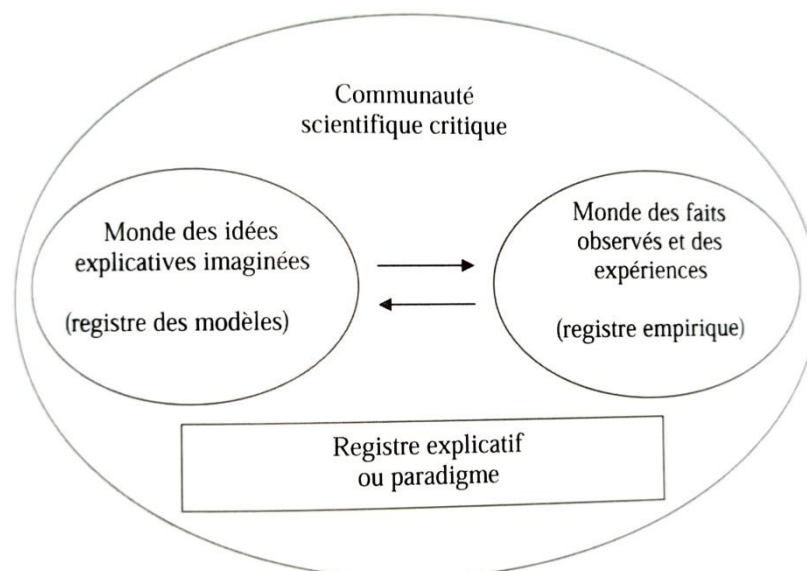


Figure 3 : Schéma de l'activité scientifique prenant en compte les trois registres (Orange, 2012)

¹⁷ JACOB, F., *Le jeu des possibles : essai sur la diversité du vivant*, p. 29.

L'esprit scientifique ne s'arrête pas à l'émission d'une idée et ne se limite pas aux simples faits, la mise en relation de ces trois registres souligne l'importance de l'analyse dans le processus de recherche. Pour Zimmermann *et al* (2017) : « Les experts, dans un domaine, ne se limitent en effet pas¹⁸ à pratiquer mais réfléchissent à leur pratique et acquièrent des connaissances théoriques qui vont au-delà de la pratique elle-même. »

D'après Orange (2012), la distinction entre mythe et science s'effectue au niveau de la délimitation du champ des possibles et dans le repérage des conditions de possibilité repérées et thématiques des solutions, ce qu'il nomme des « nécessités » :

« Premièrement, ce sont les nécessités qui font qu'un savoir est scientifique et qui le distinguent d'une opinion. Un savoir scientifique, en effet, ne peut aucunement être caractérisé par sa valeur de vérité. Nous avons vu qu'une expérience ou une observation ne pouvait pas prouver un modèle ou une théorie. » (ORANGE, C., 2012, p. 39).

Il définit également le terme de « raisons » :

« Les raisons (nécessités portant sur les modèles, principes explicatifs mobilisés) sont une partie essentielle des savoirs scientifiques qui ne peuvent se limiter à de simples propositions rendant compte de résultats de la science. » (ORANGE, C., 2012, p. 93).

Autrement dit par Bachelard (1938) : « Mais l'enseignement des résultats de la science¹⁹ n'est jamais un enseignement scientifique. » Les raisons contribuent à la construction des savoirs et par conséquent, à leur acquisition. Ne pas les considérer dans la résolution des problèmes revient à nier le cheminement de la réflexion et limite la pensée dans sa progression. Seule la « bonne » hypothèse est retenue, toutes les « mauvaises » tentatives et les conceptions initiales sont délaissées dans ce cas de figure.

Du point de vue épistémologique, les nécessités en sciences de la nature n'ont de valeur que dans leur application concrète. L'articulation des savoirs avec des recherches empiriques telles que les observations, les expérimentations ou les mesures est donc indispensable. C'est une étape inévitable de la démarche scientifique, d'où l'importance qui lui est accordée dans la démarche d'investigation et dans les programmes actuels du cycle de consolidation. Même si les nécessités

¹⁸ ZIMMERMANN, G., PASQUINELLI, E., FARINA, M., *Esprit scientifique, esprit critique : un projet pédagogique pour l'école primaire*, p.49.

¹⁹ BACHELARD, G., *op. cit.*, p. 234.

occupent une place essentielle dans les connaissances scientifiques, la structuration des explications de ces dernières sous forme de textes raisonnés est insuffisante. Les écrits ne sont pas eux-mêmes les savoirs mais ils sont indispensables dans l'acquisition de ces derniers.

Le caractère apodictique ne résulte pas uniquement du registre empirique mais de la mise en relation des données produites avec des explications construites, constituant ainsi le registre explicatif. L'apodicticité des savoirs scientifiques s'appuie sur des raisons qui intègrent les compétences nécessaires à l'analyse critique des solutions proposées à des problèmes. De plus, elle est transposable à l'enseignement des savoirs scolaires puisqu'elle permet d'acquérir des compétences critiques et scientifiques portant sur les savoirs en eux-mêmes. Selon Orange (2012) : « Dans le cas où on renonce²⁰ à faire acquérir des savoirs scientifiques, donc apodictiques, aux élèves, les compétences scientifiques ne peuvent prendre que des formes dégradées. » Si tel est le cas, l'apprentissage des sciences est réduit à une vision utilitaire des connaissances et au recours à une démarche empirique comme unique moyen de formation de l'esprit scientifique.

2.3 – La modélisation comme chemin vers l'abstraction

L'approche par le modèle est citée en didactique des sciences et se retrouve dans les programmes du cycle de consolidation malgré la difficulté liée à l'abstraction. D'après Martinand (1987), la modélisation facilite la représentation du caché et aide à penser le complexe. Toutefois, il ne faut pas se perdre dans l'analyse entre le niveau phénoménologique (empirique) des modèles construits sur l'étude des objets, des phénomènes et le niveau (théorique) des modèles construits sur ces référents. Pour Astolfi (1989), le principal problème didactique est de rendre visible aux élèves le caractère arbitraire du modèle et l'écart qui existe avec la réalité. Un modèle se veut proche du phénomène réel étudié mais n'est qu'un reflet formalisé de celui-ci, il est nécessaire de le soumettre à la critique scientifique, personnelle et extérieure

La modélisation est préconisée dans les programmes de l'école primaire et pour cause, ce procédé aide à mettre en relations des données, des notions et favorise le développement des capacités d'explication et d'anticipation tout en veillant à éviter de

²⁰ ORANGE, C., *op. cit.*, p. 125.

faire basculer le savoir scientifique dans le dogme, la croyance. Astolfi (1989) donne pour définition :

« Le modèle, construction abstraite qui met en relation systématique différents éléments, est une des formes les plus élaborées de la pensée scientifique, car il constitue la distanciation conceptuelle la plus grande vis-à-vis d'un objet d'étude. » (ASTOLFI, J.-P., 1989, p. 114).

L'abstraction des phénomènes et des concepts scientifiques permet, au-delà de leur intégration, de surpasser les obstacles générés par les conceptions initiales et les réponses hâtives formulées en réponse à un problème. Cette capacité encourage le développement de l'esprit critique. Les connaissances liées à l'objet d'étude éveillent le doute et interpellent dès lors qu'une théorie semble se rapprocher d'une croyance et s'éloigner d'un fait scientifique. Par ailleurs, Bachelard (1938) soutient que la pensée abstraite constitue un des fondements majeurs de l'esprit scientifique qui évite de céder à la naïveté du résultat immédiat : « Bref, le premier principe de l'éducation scientifique²¹ me paraît, dans le règne intellectuel, cet ascétisme qu'est la pensée abstraite. Seul, il peut nous conduire à dominer la connaissance expérimentale. »

Pour Astolfi (1989), la didactique impose d'anticiper le plus possible. Même si certaines stratégies initiales sont éloignées de l'objectif visés, les erreurs et les approximations alimentent la construction de savoirs, à condition d'ajuster le raisonnement en fonction de l'évolution de la problématisation. Ce principe de remédiation s'applique évidemment aux modèles. Il s'agit de s'en servir comme support à l'argumentation et de les modifier en conséquence pour continuer à faire progresser et structurer la réponse à la question.

3 – Développement de l'esprit critique en sciences

3.1 – Les sciences au service de l'esprit critique

La finalité de l'enseignement des sciences à l'école primaire est double, elle vise le développement de l'esprit scientifique, c'est-à-dire l'acquisition de compétences et d'outils utiles pour préciser et organiser ses capacités d'observation, d'explication, d'évaluation des informations, d'argumentation et de résolution de problèmes. De même que le développement de l'esprit critique, c'est-à-dire mobiliser les compétences acquises et les outils au moment opportun afin d'être davantage efficace

²¹ BACHELARD, G., *op. cit.*, p. 237.

et de mieux comprendre le monde, le but est d'agir avec discernement pour ne pas faire de conclusion hâtive. En outre, faire preuve d'esprit critique aide à prendre conscience et à se protéger de la désinformation qui accompagne la quantité gigantesque d'informations rencontrée au quotidien.

Astolfi (2008) affirme qu'au-delà des connaissances scientifiques, l'important est d'éveiller la curiosité des élèves, de les faire se poser des questions et de leur fournir des éléments les aidant à y répondre. Ces propos sont appuyés par ceux de Orange (2012) : « Pour nous, l'étude des œuvres²² (et les savoirs scientifiques en sont) n'a pas pour but une utilisation immédiate mais bien la formation de l'esprit. »

L'enseignement des sciences a donc un rôle à jouer dans la formation de l'individu en tant que citoyen éveillé et conscient des problématiques contemporaines du monde. Il permet d'acquérir une rigueur scientifique mais aussi de développer une certaine souplesse intellectuelle. C'est la créativité qui amène l'esprit scientifique à s'interroger et à se questionner sur le monde qu'ils observent. A partir de ce moment, des modes de raisonnement alternatifs sont recherchés et diverses solutions sont envisagées. Par la suite, ces investigations seront confrontées entre elles, à des textes et à des spécialistes de référence afin de les inscrire dans une démarche résolument scientifique et donc objective.

Comme le rappelle le socle commun de connaissances, de compétences et de culture : « il ouvre à la connaissance, forme le jugement et l'esprit critique, à partir d'éléments ordonnés²³ de connaissance rationnelle du monde [...] en distinguant ce qui est du domaine des opinions et croyances. » Au cours de l'histoire, les outils, les instruments, les méthodes utilisés pour appréhender les phénomènes naturels se sont perfectionnés dans le but de rendre la démarche scientifique toujours plus précise et fidèle à la réalité. En vue de pratiquer les sciences de manière pertinente et incontestable, il convient de prendre du recul sur la situation étudiée afin de s'interroger, de confronter et d'évaluer les différentes interprétations envisageables.

Un des moyens d'augmenter la capacité à résoudre des problèmes est de s'exposer à une grande variété de situations et d'effectuer une analyse réflexive de

²² ORANGE, C., *op. cit.*, p. 10.

²³ « Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°17 du 23 avril 2015 - Socle commun de connaissances, de compétences et de culture. »

chacune d'entre elles, ce que Zimmermann *et al* (2017) nomment « l'analyse posée²⁴ ». Ce processus de perfectionnement demande des efforts de réflexion et d'identification des caractéristiques longs et pénibles mais qui aboutissent à une forme d'expertise chez l'apprenant.

3.2 – Débattre pour construire des savoirs scientifiques

Tel qu'abordé précédemment, la démarche d'investigation est le procédé didactique privilégié dans la construction de savoirs en sciences et technologie. Même si elle fait référence aux échanges entre les élèves et aux débats, elle laisse de côté l'aspect des compétences critiques qui sont pourtant essentielles dans les savoirs scientifiques. Les débats scientifiques en classe, même s'ils ne permettent pas d'accéder aux savoirs à eux seuls, sont la condition de possibilité, ou nécessité, de tout savoir scientifique.

Cependant, Orange (2012) soutient que c'est un dispositif envisageable dans l'abord de toutes les notions d'apprentissage. Cet argument s'inscrit dans la lignée de Bachelard (1938) qui déclare que : « pour que la science objective²⁵ soit pleinement éducatrice, il faudrait que son enseignement fût socialement actif. » La construction d'un savoir nouveau est impossible si elle est dépourvue d'interaction sociale.

Le débat en sciences n'a de sens que s'il porte sur une problématique scientifique pertinente et que les argumentations produites en conséquence participent à la construction de cette problématisation. C'est pourquoi l'enseignant est responsable du choix de la question de départ d'après Orange (2012). Il doit la faire vivre à travers les échanges et orienter les débats, sans se l'accaparer afin de la laisser progresser.

Autre aspect à prendre en considération dans l'analyse des débats, celui des processus langagiers qui interviennent en amont et pendant des épisodes argumentatifs riches. Le premier est ce que Orange (2003) appelle la « construction et la négociation des schématisations²⁶ ». Il désigne les échanges entre participants qui permettent de fixer le sujet présenté et de s'assurer de la compréhension de sa

²⁴ ZIMMERMANN, G., PASQUINELLI, E., FARINA, M.. *Esprit scientifique, esprit critique : un projet pédagogique pour l'école primaire*, p. 49.

²⁵ BACHELARD, G., *op. cit.*, p. 234.

²⁶ ORANGE, C., *ASTER N°37*, « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. », pp. 83-107.

signification. Le second, introduit par Bakhtine (1984) puis repris par Jaubert et Rebière (2002) est la « secondarisation des énoncés²⁷ ». Il s'agit de l'évolution des argumentations qui les indépendent du débat en lui-même. Selon Orange (2012), ces processus sont indispensables dans une dynamique de débat argumentatif pour que celui-ci alimente la problématisation.

La mise en place de débats n'a pas comme unique intention de faire évoluer les conceptions initiales des élèves. Les échanges et les argumentations doivent servir à identifier les solutions possibles et à en détailler les conditions, les nécessités. Ils font partie intégrante des savoirs scientifiques dont il est initialement question. Néanmoins, la transposition des argumentations dans des contextes différents de celui de production ou la généralisation du modèle énoncé, passe inévitablement par le processus de secondarisation.

Orange (2012) souligne que la secondarisation fait intervenir un autre processus langagier également défini par Bakhtine (1978), « l'hétéroglossie²⁸ ». Le travail de mise à distance et d'objectivation qui caractérise la secondarisation nécessite, pour le locuteur, de plus ou moins articuler la pluralité des points de vue issus des différents discours traitant d'une même problématique.

Un modèle explicatif doit obligatoirement mener à l'élaboration d'une production écrite afin que celui-ci puisse faire l'objet d'une analyse critique. Dans le domaine scientifique, les formes de restitution les plus pertinentes sont souvent les tableaux, les schémas et les textes. Des aides peuvent être apportées aux élèves pour que les modèles proposés convergent vers la question de départ posée mais Orange (2012) fait remarquer qu'une aide est également une contrainte. L'enseignant doit donc veiller à laisser une liberté suffisante à la création de leurs propres explications pour obtenir de la variété dans les productions et pour qu'ils s'en emparent au cours du débat à suivre.

De plus, le débat n'a pas pour objectif d'aboutir à un consensus autour d'un modèle explicatif qui correspondrait au mieux à la question de départ. Au contraire, il

²⁷ BAKHTINE, M. M., AUCOUTURIER A., TODOROV T. P. *Esthétique de la création verbale.* ; JAUBERT, M., REBIERE, M., « Parler et débattre pour apprendre : comment caractériser un 'oral réflexif' ? » pp. 163-186 in CHABANNE J.-C., BUCHETON D. *Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire : l'écrit et l'oral réflexifs.*

²⁸ BAKHTINE, M. M., OLIVIER D., AUCOUTURIER M. P. *Esthétique et théorie du roman.*

s'agit de permettre une analyse objective de l'ensemble des modèles exposés afin de faire progresser la problématisation et de l'affiner en produisant des argumentations en faveur et en défaveur de certaines productions. L'enseignant régule les échanges de sorte que toutes les critiques liées au problème scientifique abordé puissent être exprimées dans le respect de chacun. Orange (2012) précise qu'il peut également intervenir pour demander des précisions aux intervenants mais en aucun cas pour donner son avis, c'est ce qui s'appelle la « réticence didactique ».

3.3 – Critiquer objectivement mène à des savoirs raisonnés

Au moment où des argumentations ont été produites, la problématisation et la construction des connaissances ne sont pas encore achevées. Les débats se limitent à l'élaboration des nécessités sur lesquelles reposent les modèles imaginés. En outre, un modèle explicatif ne peut se résoudre à exister dans à un contexte unique, celui de la classe en l'occurrence. Les diverses investigations doivent être confrontées de manière critique à des modèles scientifiques de références ainsi qu'au monde qu'elles tentent d'expliquer. C'est ce qu'avance Jacob (1981) : « A chaque étape, il lui faut s'exposer à la critique²⁹ et à l'expérience pour limiter la part du rêve dans l'image du monde qu'elle élabore. » En d'autres termes, la mise en relation de modèles avec des éléments théoriques et des données empiriques permet de concevoir des savoirs objectifs et partagés par une communauté.

Les discours conçus au sein d'un groupe doivent s'ouvrir à un regard plus vaste sinon, ils ne permettent pas la création de nouvelles connaissances vérifiables et objectives. La mise à l'écrit des argumentations est donc un impératif épistémologique. La science existe car des textes sont rédigés, ce sont des éléments essentiels qui définissent les nécessités de l'utilisation et de l'analyse critique des modèles produit dans un cadre épistémique précis. Le passage sous forme écrite fige les idées et les concepts développés à un instant donné de la réflexion afin de rendre compte de celle-ci, de faciliter sa diffusion, de permettre son exploitation et d'enrichir une culture scientifique transmissible dans le temps.

Pour Orange (2012), il existe deux conditions de possibilité de construction de savoirs scientifiques raisonnés résolument critiques. La première nécessité consiste à travailler sur des problèmes explicatifs qui articulent investigations empiriques

²⁹ JACOB, F., *op. cit.*, p. 29.

(observations, expériences) et construction d'explications (modèles). Par ailleurs, l'instauration de débats doit permettre aux élèves de produire des argumentations servant à défendre ou à contredire ces modèles. La seconde nécessité est de transposer sous forme écrite les argumentations afin de créer des raisons communes constituant les connaissances scientifiques. Ce texte doit rendre compte des raisons qui structurent les savoirs et délimitent les possibilités. De plus, il est primordial de le confronter à d'autres textes et à la critique de scientifiques extérieurs.

Dans la construction de connaissances raisonnées, le véritable esprit scientifique s'exerce dans l'analyse critique de la pratique menée et non dans la seule interprétation des résultats obtenus. Comme l'indique Bachelard (1938) :

« Notre travail ne peut être utile que s'il se place à l'instant où l'intuition se divise, où la pensée objective se rétracte et se précise, où l'esprit scientifique fait son effort d'analyse et de distinction et où il détermine l'exacte portée de ses méthodes. » (BACHELARD, G., 1938, p. 150).

Quel que soit le système explicatif, la subjectivité prédomine chez l'esprit novice ou non expert. Le recours à des instruments de mesure est prégnant dans les démarches scientifiques car il participe à la déconstruction de certains mythes. Cependant, il n'est pas suffisant et doit être accompagné d'analyses critiques qui questionnent l'individu sur sa stratégie et ses résultats. L'investigation instrumentale fait suite à la réflexion sur le problème, ce n'est pas le point de départ de celle-ci. Or, les conceptions initiales constituent le principal obstacle à l'atteinte d'objectivité dans les savoirs. Il y a donc un conflit entre les représentations préalables et les connaissances visées. A ce sujet, Astolfi (1989) précise que la coexistence de plusieurs modèles explicatifs est impossible : « La pensée scientifique³⁰ n'est pas cumulative, mais suppose souvent l'abandon de ses idées initiales. » Cette idée fait directement référence à Bachelard (1938) : « Il faut penser³¹ contre le cerveau.

³⁰ ASTOLFI, J.-P., DEVELAY M., *La didactique des sciences*, p. 108.

³¹ BACHELARD, G., *op. cit.*, p. 251.

II – Cadre méthodologique

1 – Description du dispositif expérimental

1.1 – Question et hypothèses de recherche

Le cadre théorique précédemment développé illustre la nécessité de recourir à des manipulations et des argumentations dans une démarche scientifique afin de construire des savoirs raisonnés. Ainsi, l'objectif est de mesurer l'influence de la manipulation et du débat dans la réflexion des apprenants en sciences expérimentales et dans le développement de leur esprit critique.

La question de recherche est donc la suivante : « **En quoi la manipulation de modèles expérimentaux et la mise en place de débats argumentatifs favorisent-elles l'acquisition d'une culture scientifique raisonnée ?** »

En réponse à cette problématique, nous supposons que la construction de modèles associée à des épisodes argumentatifs instigateurs de conflits socio-cognitifs contribue au développement des capacités d'interrogation, de réflexion et d'esprit critique chez les élèves. Cette hypothèse générale induit trois hypothèses opérationnelles :

- L'observation à elle seule est insuffisante à la compréhension et à l'explication d'un phénomène. L'articulation entre la construction de modèles et les investigations empiriques contribue au développement des connaissances scientifiques.
- L'instauration de débats favorise le développement de l'esprit critique chez les élèves. L'évaluation de l'évolution des discours indique la progression des réflexions de chacun.
- L'association de phases de construction de modèles et de débats argumentatifs implique les apprenants dans une démarche résolument scientifique et donc raisonnée.

1.2 – Méthode de recueil des données

L'expérimentation a été menée dans une classe de CM2, au sein d'un établissement urbain classé en réseau d'éducation prioritaire (REP) située dans l'agglomération d'une ville française moyenne. La classe est constituée de vingt-quatre élèves (treize filles et onze garçons) issus de contextes sociaux peu variés. Parmi eux,

il y a trois élèves maintenus (redoublants), deux élèves bénéficiant de l'aide mutualisée d'un accompagnant d'élèves en situation de handicap (AESH) et deux élèves bénéficiant d'un suivi dans un centre médico-psycho-pédagogique (CMPP). L'enseignante titulaire qualifie la classe d'agréable et de volontaire. A propos du niveau, elle constate une hétérogénéité importante.

Les données expérimentales ont été obtenues à travers l'application d'une séquence d'apprentissage s'appuyant sur les types de mouvements simples. Elle est constituée de six séances d'une durée de quarante-cinq minutes chacune environ. Sa construction est inspirée de la séquence d'investigation intitulée la « carte animée³² » qui proposée par la fondation la main à la pâte dans le cadre d'un de leurs projets pédagogiques.

Partie du programme abordée :			
Observer et décrire différents types de mouvements.			
<ul style="list-style-type: none"> - Décrire un mouvement et identifier les différences entre mouvements circulaire et rectiligne. 			
Compétences visées :			
<ul style="list-style-type: none"> - Exercer son esprit critique, faire preuve de réflexion et de discernement. - Maîtriser l'expression de sa sensibilité et de ses opinions, respecter celles des autres. - Comprendre, s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit. - Mener une démarche scientifique ou technologique, résoudre des problèmes simples. - Coopérer et réaliser des projets. 			
Séance n°	Matériel	Objectifs	Activités
1	Carte animée grand format, se référer à l'annexe A. Support, roue, carte, se référer à l'annexe A.	Formuler une question ou une problématique scientifique ou technologique simple. Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème.	Découverte de l'objet. Décrire individuellement la carte animée à l'écrit. Formuler collectivement une problématique à l'oral. Formuler individuellement des hypothèses sur le fonctionnement de l'objet à l'écrit. Définir le vocabulaire des éléments constituant l'objet.
2	Carte animée grand format.	Proposer une ou des hypothèses pour répondre à	Mettre en commun les hypothèses avec son groupe.

³² ZIMMERMANN, G., PASQUINELLI, E., FARINA, M., *op. cit.*, pp. 229-236.

	Feuilles format A3 (x5)	<p>une question ou un problème.</p> <p>Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis.</p> <p>Utiliser différents modes de représentation formalisés (schéma, dessin, croquis, tableau, graphique, texte).</p>	<p>Sélectionner les hypothèses les plus intéressantes a priori.</p> <p>Concevoir une affiche afin d'exposer les hypothèses à l'ensemble des autres groupes de la classe.</p>
3	<p>Carte animée grand format.</p> <p>Affiches réalisées par les élèves.</p> <p>Matériel d'enregistrement.</p>	<p>Expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit.</p> <p>Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis.</p> <p>Proposer des expériences simples pour tester une hypothèse.</p>	<p>Mettre en commun les hypothèses retenues avec l'ensemble des autres groupes de la classe.</p> <p>Débattre collectivement sur les hypothèses formulées.</p> <p>Regrouper les hypothèses qui se ressemblent.</p> <p>Déterminer les hypothèses à conserver et celles à écarter en justifiant et en argumentant ses choix.</p> <p>S'interroger sur la façon de tester les hypothèses.</p>
4	<p>Carte animée grand format.</p> <p>Supports, roues, cartes.</p> <p>Affiches réalisées par les élèves.</p>	<p>Choisir ou utiliser le matériel adapté pour mener une observation, effectuer une mesure, réaliser une expérience ou une production.</p> <p>Garder une trace écrite ou numérique des recherches, des observations et des expériences réalisées.</p>	<p>Construire des modèles expérimentaux à partir des hypothèses retenues.</p> <p>Observer et décrire le fonctionnement des modèles réalisés.</p> <p>Emettre des hypothèses explicatives sur les causes du non-fonctionnement d'un modèle.</p>
5	<p>Carte animée grand format.</p> <p>Modèles réalisés par les élèves.</p>	<p>Garder une trace écrite ou numérique des recherches, des observations et des expériences réalisées.</p>	<p>Manipulation de l'objet présenté.</p> <p>Comparer le fonctionnement des modèles réalisés avec le fonctionnement de l'objet présenté.</p>

	Affiches réalisées par les élèves.	Formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite. Interpréter un résultat, en tirer une conclusion.	Conclure sur la validité des hypothèses testées.
6	Carte animée grand format. Modèles réalisés par les élèves. Affiches réalisées par les élèves. Matériel d'enregistrement.	Expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit. Rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis.	Mettre en commun les modèles réalisés, les observations et les résultats de l'expérience avec l'ensemble des autres groupes de la classe. Débattre collectivement sur les modèles présentés et les explications données. Conclure sur le mécanisme interne de l'objet présenté.

Figure 4 : Tableau récapitulatif de la séquence menée en classe.

L'objectif est de faire s'exprimer les élèves sur leurs réflexions et leurs raisonnements à travers la formulation d'hypothèses. De plus, le recours à des épisodes de débats argumentatifs permet de confronter les différentes tentatives d'explications et ainsi, de faire évoluer les conceptions initiales de chacun. Les deux séances de débats sont entrecoupées d'une séance de manipulation consacrée à la création de modèles expérimentaux. En effet, la séquence a pour ambition d'amener les apprenants à comprendre que l'observation seule est insuffisante dans la recherche de compréhension et d'explication d'un phénomène scientifique. Il s'agit de s'interroger sur la structure interne d'un objet inconnu et d'essayer d'identifier le principe de fonctionnement de son mécanisme afin de repérer les différences entre mouvements circulaire et rectiligne. Le recours à la modélisation permet de faire le lien entre les apprentissages concrets et abstraits par l'intermédiaire d'un objet tangible. Les modèles constituent un outil d'aide à la transition d'un monde observé vers un monde compris.

Selon Orange (2012), accorder autant d'importance à la construction de modèles explicatifs qu'aux investigations empiriques donne davantage de valeur aux hypothèses. La réponse à la problématique identifiée au départ n'est pas apportée de manière linéaire. Elle s'obtient à travers l'exploration des possibles et la recherche des nécessités rendues possible par les aller-retours effectués entre les registres des

modèles et empiriques. La connaissance visée par la situation initiale mise en place n'est pas simplement transmise mais construite.

L'ensemble des séances a été mis en pratique pendant trois semaines consécutives, les jeudis et vendredis après-midi entre treize heures trente et quatorze heures trente, sur la période du 1^{er} au 16 décembre 2022.

1.3 – Choix des observables

Par rapport aux diverses hypothèses formulées en réponse à la question de recherche, les données ont été recueillies sous la forme de traces écrites et d'entretiens collectifs enregistrés à l'aide d'appareils numériques : téléphone et ordinateur. Les enregistrements audios ont ensuite été transcrits à l'écrit dans la perspective de l'analyse des résultats. Avec l'appui du logiciel d'analyse sémantique Tropes, des analyses quantitatives et qualitatives ont été réalisées sur les discours produits au cours des différentes phases de débats argumentatifs. La comparaison de ces productions orales à l'aide de données définies constitue un élément de validation ou d'infirmité des conjectures étudiées. L'étude statistique de la fréquence d'apparition de certains mots ainsi que le repérage de cooccurrences importantes entre plusieurs termes donnent des indications sur les doutes et la progression des réflexions apportées par les échanges collectifs. De même, l'analyse de la construction de certaines phrases et l'utilisation d'un vocabulaire précis mettent en évidence les cheminements de pensée des élèves.

2 – Présentation et analyse des résultats

2.1 – Résultats des deux premières séances

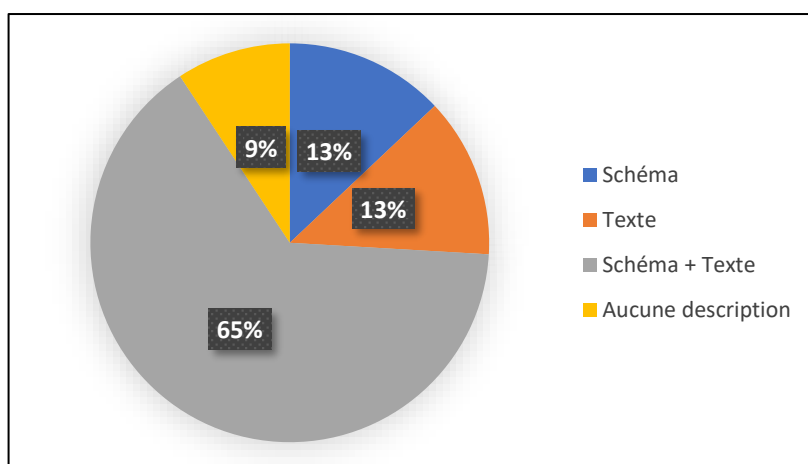


Figure 5 : Graphique de répartition des modes de représentation utilisés dans la description de l'objet

La catégorisation des descriptions selon les modes de représentation mis en œuvre témoigne d'une certaine conception de la manière de pratiquer les sciences à l'école. Aucune consigne n'a été donnée sur la forme de restitution des observations à adopter. Les résultats indiquent que 65 % des élèves ont fait le choix de réaliser un schéma et un texte pour décrire l'objet étudié. Ici, le terme « schéma » n'est pas employé au sens strict dans le but de simplifier la lecture et l'analyse. Il désigne l'ensemble des productions visuelles réalisées : simple dessin, dessin d'observation, schéma figuratif légendé, partiellement légendé et non légendé. A noter que 9 % de l'effectif n'a pas effectué la tâche. L'un des deux élèves concernés a directement procédé à une tentative d'explication du fonctionnement de l'objet sans passer par l'étape de la description. Compte tenu de son implication dans la suite de la séquence, il semblerait que cette anticipation sur la consigne suivante relève davantage d'une certaine curiosité et d'une volonté de comprendre plus que d'une incompréhension ou d'un oubli. En revanche, le second élève paraît être dans ce cas de figure et éprouver une forme de désintérêt.

Cette phase de découverte a rapidement interpellé les élèves qui ont commencé à s'interroger sur le contenu et le fonctionnement de l'objet présenté. Ainsi, une série d'échanges oraux a conduit à la mobilisation du vocabulaire spécifique à l'étude des mouvements et à la formulation collective de la problématique suivante : « Comment passer d'un mouvement circulaire à un mouvement rectiligne ? » L'investigation à mener porte sur la recherche d'éléments de réponse à cette question.

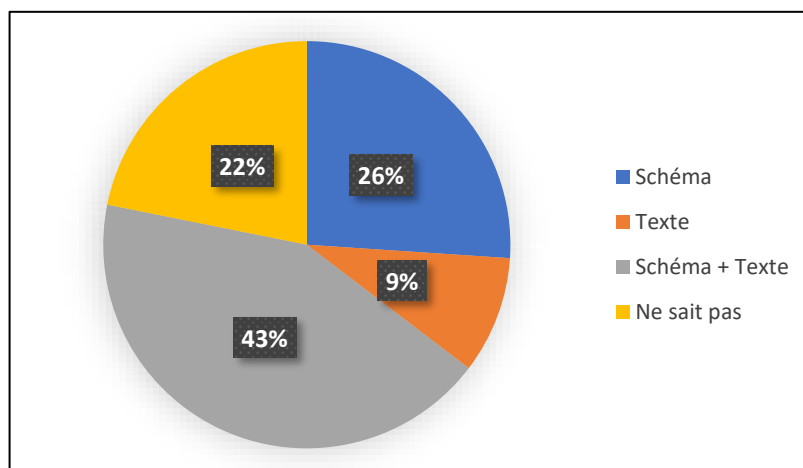


Figure 6 : Graphique de répartition des modes de représentation utilisés dans l'émission des hypothèses

Un changement de mode de restitution est observable au cours de cette phase d'émission d'hypothèses. Les résultats montrent que 43 % de l'effectif recourt à la production d'un schéma et d'un texte pour formuler une explication du phénomène observé. Le pourcentage de productions qui ne contient que du texte ne varie presque pas contrairement à celui qui ne met en jeu qu'un schéma, 26 % contre 13 % précédemment. Une explication de cette augmentation réside potentiellement dans une certaine habitude à être confronté à ce procédé dans l'enseignement des sciences à l'école. Ainsi, les élèves seraient susceptibles de penser qu'il s'agit de la meilleure, voire de l'unique façon de présenter une idée dans ce domaine disciplinaire. En outre, 22 % des apprenants ont manifesté leur incapacité à produire une hypothèse explicative à cet instant de la séquence. Tous ont indiqué qu'ils ne savaient pas sur leur copie sauf l'une d'entre eux qui n'a simplement pas répondu, sans doute par appréhension ou par effet de contrat didactique. Ces élèves ne sont pas dépourvus de conceptions initiales cependant, ils éprouvent peut-être des difficultés à exprimer leur pensée à cause d'un vocabulaire limité, d'un manque d'expérience ou de connaissance sur le sujet.

La deuxième séance a débuté par une nouvelle démonstration du fonctionnement de l'objet et un rappel de la question formulée la veille. L'enseignante titulaire a ensuite constitué des groupes hétérogènes de quatre ou cinq élèves afin de répartir au mieux les différents profils et d'éviter les conflits d'ordre affectif.

L'ensemble des groupes a proposé l'équivalent de dix hypothèses dont l'élaboration contribue à un premier épisode de réflexion collective. Par ailleurs, les discussions et les confrontations avec les arguments d'autrui engagent certains élèves à réévaluer leurs conceptions initiales. En complément de la question d'investigation, les affiches constituent le point de départ du débat de la séance suivante. L'étude des différentes explications permet de faire des liens entre elles et de les catégoriser. En effet, même si la totalité des conjectures suggère de relier mécaniquement la roue, partie inférieure, et la carte, partie supérieure, ces dernières présentent des variations notables.

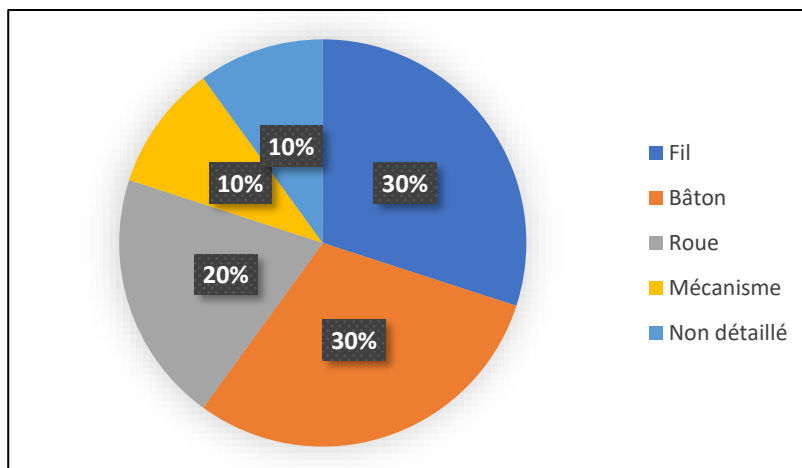


Figure 7 : Graphique de répartition des différentes hypothèses de liaison entre la roue et la carte

Les résultats indiquent que 30 % des hypothèses considèrent une liaison filaire, probablement inspirée des systèmes à poulies que les élèves ont pu rencontrer dans leur vie quotidienne. De plus, 30 % suggèrent que la roue et la carte sont connectées avec un élément rigide. Un tel assemblage correspond à celui d'un système appelé bielle-manivelle en mécanique. Ce dispositif réalise la transformation de mouvement souhaitée. D'après 20 % des propositions, les éléments inférieurs et supérieurs sont reliés par l'intermédiaire d'une seconde roue qui agirait à la manière d'un engrenage. Cette idée est particulièrement perceptible chez le troisième groupe qui précise que la roue à utiliser doit être dentée. La dernière hypothèse du cinquième groupe évoque un concept assez similaire avec une succession de disques. Toutefois, le manque d'informations sur le mécanisme évoqué ne permet pas de comprendre précisément son fonctionnement. Il semble plus complexe à expliquer et à mettre en œuvre, même pour les élèves à l'origine de cette idée.

L'observation des modes de représentation choisis par les différents groupes complète l'analyse des traces écrites individuelles menée ci-dessus. Le premier groupe a exposé un texte et trois schémas assimilés à des hypothèses, se référant à l'annexe B. Cependant, l'illustration située en haut à gauche de l'affiche relève davantage du dessin d'observation que du schéma explicatif. Il s'agit d'une simple description de l'objet dépourvue de conjecture à propos de ce qui se trouve à l'intérieur. Les deux représentations restantes ne sont pas équivalentes pour autant, l'une est accompagnée d'un paragraphe tandis que l'autre ne l'est pas. Le groupe suivant a présenté deux hypothèses, une sous la forme d'un schéma, d'un texte et d'une analogie avec un objet issu du vécu des élèves et une sous la forme d'un schéma non

terminé, voir annexe C. En troisième, les élèves ont formulé une conjecture à l'aide d'un texte et d'un schéma non légendé, si ce n'est par des flèches indiquant le mouvement de la roue, consulter l'annexe D. Il en est de même pour le quatrième groupe mais celui-ci a légendé son schéma et a mis en relation les divers composants, voir annexe E. Enfin, le dernier groupe a proposé trois hypothèses, toutes d'aspects différents, se référer à l'annexe F. La première contient un schéma partiellement légendé et un texte explicatif, la deuxième exprime un avis sur le moyen de faire descendre la carte et mentionne l'absence d'idée concernant la montée dans un paragraphe et la troisième cumule un texte et un schéma évolutif sans réelle conjecture détaillée.

2.2 – Résultats de la première séance de débat

Au début de la séance, chaque groupe est venu à tour de rôle placer son affiche au tableau et la présenter au reste de la classe. Cette succession d'exposés a débouché sur une phase d'échanges collectifs visant à clarifier les tentatives d'explications avancées et à s'interroger sur la possibilité du fonctionnement de chacune d'entre-elles. La transcription textuelle de l'enregistrement audio de ce débat a permis l'identification de 125 tours de paroles répartis entre seize élèves différents et l'enseignant, consulter l'annexe G. Par conséquent, huit élèves ne sont pas intervenus au cours de cette séance, ce qui représente un tiers de l'effectif.

L'utilisation d'un certain nombre de mots est nécessaire à l'élaboration d'épisodes argumentatifs. Ainsi, l'étude des fréquences d'apparition des principales références employées dans un discours favorise la compréhension de celui-ci et de sa construction.

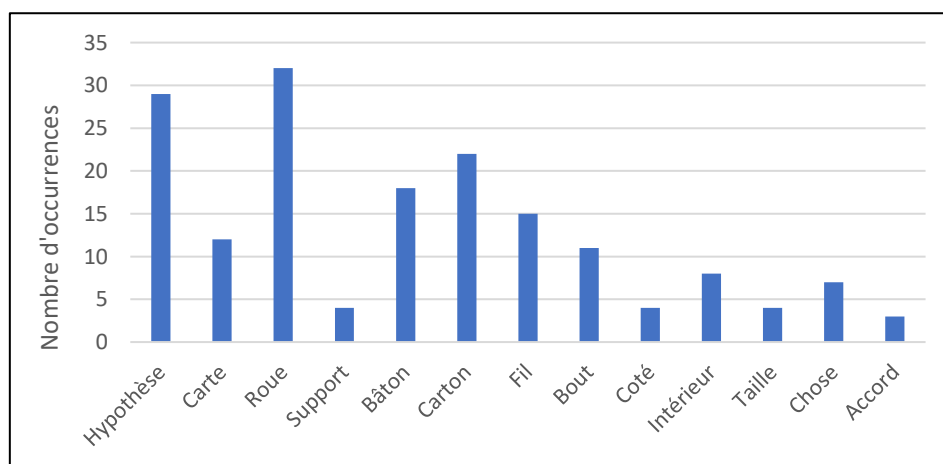


Figure 8 : Histogramme des fréquences d'apparition des principales références

Les résultats révèlent la présence de trois univers de référence majeurs qui définissent le cadre général des propos énoncés. L'un des plus importants concerne les pièces de la carte animée, 48 occurrences en lien avec la carte, la roue et le support. Les élèves ont bien compris la question qui leur est posée et orientent leurs réflexions sur les composants à disposition pour imaginer le fonctionnement de l'objet étudié. De plus, ils discutent les hypothèses des uns et des autres en les mentionnant explicitement, 28 occurrences de ce terme. Les enjeux liés à ce procédé cognitif sont progressivement perçus par les apprenants comme en atteste l'intervention de l'élève en 35 sur la définition de l'hypothèse. C'est une explication prévisionnelle d'un phénomène, admise en attendant d'être soumise à expérimentation. A cet instant du débat, il est question d'une divergence de point de vue sur l'utilisation d'un fil pour faire monter et descendre la carte. Un doute subsiste sur la possibilité d'appliquer cette solution.

Les matériaux au sens large constituent un autre univers de référence avec l'évocation de carton, de papier, de bâton ou de tige et de fil, 56 occurrences au total. Les élèves imaginent divers moyens de relier la roue à la carte. Ils se questionnent donc sur la quantité d'éléments à utiliser, la rigidité et la taille. Ces variables et ces contraintes sont peu à peu identifiées et considérées dans les arguments, au point de faire remarquer l'importance d'être précis dans la formulation d'explications. En effet, l'intervention de l'élève en 81 témoigne d'une prise de conscience relative à l'interprétation de son schéma au niveau du fonctionnement de l'objet. Il en profite pour fournir des ajustements sur la position des différents composants en utilisant du vocabulaire topologique : « bas » et « haut ». Ce ne sont pas les seules références à la spatialisation. Les termes « à l'intérieur » et « côté » sont respectivement employés à huit et quatre reprises afin de désigner le contenu du support ou d'un mécanisme et d'anticiper les conséquences d'un mouvement sur la carte.

Le repérage de certaines cooccurrences expose la forte mise en relation de plusieurs mots ou expressions entre eux. Lorsque des références sont régulièrement ou systématiquement associées au sein d'un même énoncé, ce n'est pas un hasard mais bien une volonté du locuteur d'insister sur l'existence d'un lien. Considérant la question de départ sur la transformation du mouvement, il semble approprié d'étudier les cooccurrences impliquant les composants de l'objet de sorte à identifier comment ils sont employés dans les divers arguments et explications. La définition d'un

vocabulaire commun a été établi au préalable. Ainsi, les termes « carte », « roue » et « support » sont censés être utilisés.

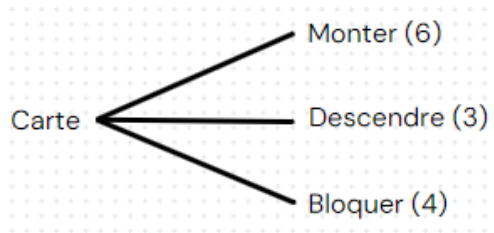


Figure 9 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "carte"

Au cours de la discussion, les fonctions constituantes de la carte ont relativement vite été identifiées et remobilisées. Les résultats montrent que les références « monter » et « descendre » lui sont respectivement associées six et trois fois. Même si l'écart est faible, l'observation de ces cooccurrences laisse entrevoir une certaine disposition des élèves à imaginer des possibilités de faire progresser verticalement la carte vers le haut plutôt que vers le bas. Sans tenir compte du rapprochement direct avec la carte, le discours comporte 31 mentions assimilées à la montée et 16 occurrences relatives à la descente. La cause de ce constat réside probablement dans la présentation de l'objet d'étude. En effet, les démonstrations ont exclusivement été réalisées avec la roue en bas et la carte en haut.

La difficulté liée à la conception d'un mécanisme de transformation de mouvement est également perçue par les apprenants. Ils parviennent à imaginer comment fonctionnent les modèles proposés et anticipent d'éventuels blocages à différents endroits, 14 évocations. Ce problème fonctionnel est rendu visible au niveau de la carte avec la manifestation de quatre cooccurrences reliant les termes « carte » et « bloquer ». Lorsque ces dernières sont confrontées à la taille du support, elles intègrent implicitement l'articulation des composants entre eux dans le raisonnement de l'élève. L'association de plusieurs pièces par contacts physiques réduisant certains degrés de liberté définit ce qui s'appelle une liaison cinématique.

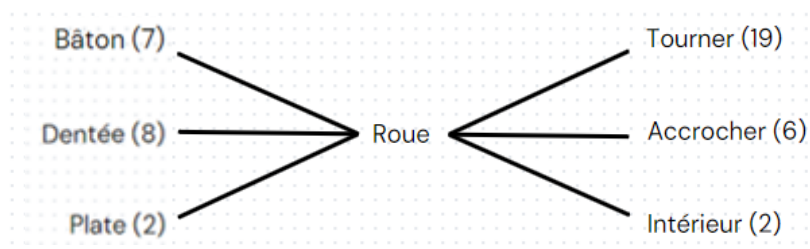


Figure 10 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "roue"

Comme abordé précédemment, les références à la roue sont nombreuses. La fonction de cette pièce est la plus évidente à identifier. En effet, c'est sur cette dernière qu'il faut agir pour actionner le mécanisme. L'action de l'opérateur est explicite et celle-ci est systématiquement prise en charge à l'aide d'un pronom personnel dans les diverses interventions. L'apparition de 19 cooccurrences entre « roue » et « tourner » souligne le discernement des élèves sur le fait que la roue doit tourner pour que le système fonctionne. Cette contrainte est intégrée dans la majorité des modèles explicatifs. En outre, les composants sont clairement connectés les uns aux autres, notamment la roue et le bâton qui sont réunis à sept reprises dont six fois par l'intermédiaire du terme « accrocher ». Des indices de réflexions à propos de la transmission du mouvement sont ainsi exposés.

Les huit relations constatées entre « roue » et « dentée » reflètent la curiosité et les interrogations des élèves sur l'hypothèse avancée par le quatrième groupe. La faisabilité de mise en œuvre d'une telle proposition constitue brièvement le sujet principal des premiers échanges. Les différents intervenants estiment que cette solution ne permet pas d'assurer le bon fonctionnement de l'objet. Ils avancent des arguments sur la taille et sur l'inefficacité de l'élément en question dans la manière dont il est présenté. Par conséquent, des précisions sont apportées sur l'épaisseur de celui-ci avec deux cooccurrences entre les mots « roue » et « plate ».

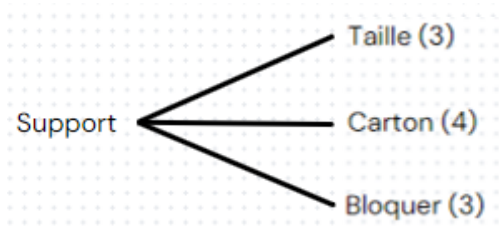


Figure 11 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "support"

Le support est sans doute l'élément le plus négligé dans la formulation des explications. Admise dès la présentation de la carte animée, sa fonction de dissimulation du mécanisme écarte complètement celle de guidage de la carte en partie responsable de son mouvement rectiligne. Cependant, les mots « support » et « bloquer » sont conjointement utilisés à trois reprises. Il en est de même avec « support » et « taille ». Les élèves considèrent sa présence dans la composition de l'objet mais sous-estiment son importance dans leurs arguments au profit des composants internes invisibles. En effet, les cooccurrences citées ci-dessus sont exprimées en parallèle d'une liaison entre la roue et la carte avec une tige ou un bout

de carton. Le sujet de l'échange est centré sur eux car ils interpellent, suscitent la curiosité et demandent de l'imagination à la différence du support qui est relayé au second plan.

2.3 – Résultats de la seconde séance de débat

Avant de procéder à ce temps collectif, chacun des groupes est venu exposer ses remarques, ses conclusions provisoires et effectuer une démonstration du fonctionnement du ou des modèles conçus. La transcription textuelle de l'enregistrement audio de ce débat a permis de dénombrer 143 prises de paroles réparties entre dix-neuf élèves différents et l'enseignant, se référer à l'annexe H. Les cinq élèves restants ne sont intervenus lors d'aucune des deux discussions collectives.

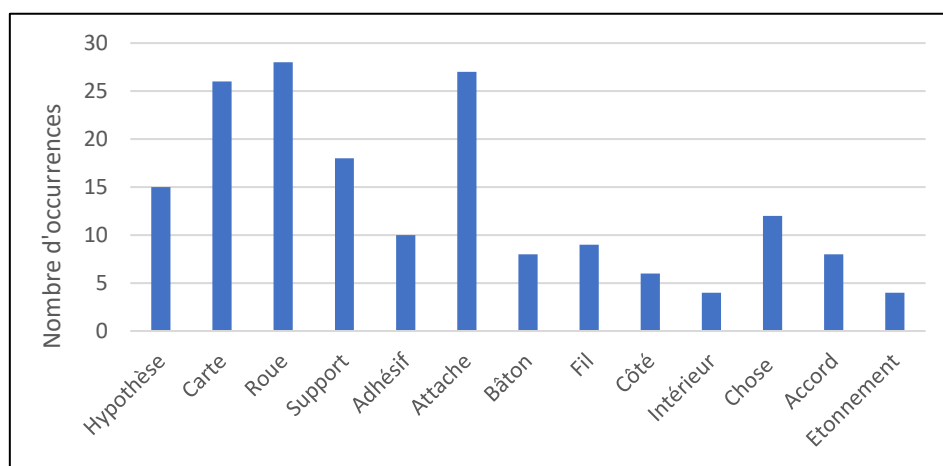


Figure 12 : Histogramme des fréquences d'apparition des principales références

Les univers de référence qui se dégagent de ce second épisode d'échanges argumentatifs sont relativement identiques à ceux du premier. Les pièces essentielles à la modélisation de l'objet sont davantage évoquées, 72 occurrences contre 48 précédemment, et ce de manière plus équilibrée. En effet, la carte, la roue et le support sont désormais mentionnés dans des proportions similaires. Les élèves ont pour la plupart intégré la fonction de chacun des constituants à leur disposition. Ils tentent par ailleurs de les relier entre eux par le biais de diverses solutions d'accroche telles que de l'adhésif ou des attaches (parisiennes) qui comptabilisent 37 mentions. L'enjeu de la transmission du mouvement est ainsi implicitement et progressivement incorporé dans les raisonnements à travers cette idée de connexion. La question du nombre d'attaches présentes a quelques fois occupé une place centrale dans les échanges. Suite à la manipulation de l'objet étudié, certains apprenants en ont perçu deux tandis

que d'autres en ont perçu trois. Cette divergence de perception a remis en cause les observations et les conclusions de quelques modèles expérimentaux testés.

A la différence du premier débat, la fréquence d'apparition de termes relatifs aux matériaux a diminué de plus de moitié passant de 56 à 21 références. Ceci peut potentiellement s'expliquer par la manipulation de la carte animée en plus de la conception des modèles issus des hypothèses explicatives. La mobilisation d'un sens supplémentaire en complément de la vue altère les représentations établies lors de la phase initiale d'observation. Les élèves réalisent de nouveaux constats et s'interrogent sur les résultats de leur pratique expérimentale par comparaison directe. Ils orientent davantage leurs arguments sur les liens à établir entre les composants et les éventuelles contraintes à prendre en compte dans l'objectif de transformer le mouvement circulaire de départ en un mouvement rectiligne. Cependant, il est à noter que cet apport d'informations à traiter et à interpréter s'accompagne d'une baisse de la précision du vocabulaire. L'utilisation des mots « chose » et « truc » à 12 reprises traduit cette difficulté d'identification des éléments par simple observation sensorielle.

Au cours de la séance, de nouvelles cooccurrences impliquant la carte, la roue et le support ont été formulées dans les divers énoncés. Ces dernières apportent des renseignements sur les relations effectuées dans les diverses tentatives d'explications des élèves et donc sur l'évolution de leurs raisonnements.

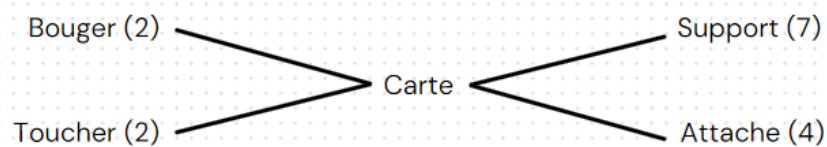


Figure 13 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "carte"

Les références aux fonctions de la carte sont rares voire inexistantes dans les échanges. Cependant, l'association de ce terme avec celui de « support » à sept reprises révèle l'influence de l'un sur l'autre chez les élèves. Ce constat les amène à s'interroger sur les origines des obstructions de la carte dans les modèles concernées ainsi que sur le rôle du support de manière générale. Contrairement au débat de la troisième séance, la notion de blocage n'est pas explicitement attribuée à ce composant en particulier. L'utilisation du pronom démonstratif « ça » est privilégiée dans la désignation d'un élément quel qu'il soit ou du mécanisme. Néanmoins, les deux cooccurrences entre « carte » et « bouger » sont employées négativement afin d'indiquer l'impossibilité de mouvement de cette dernière le cas échéant.

L'importance de connecter la carte au reste du système est également prise en considération dans les réflexions des apprenants comme en attestent les quatre relations observées entre « carte » et « attache ». L'évocation fréquente de ce moyen de fixation est intentionnelle. Elle résulte d'abord des nombreuses observations visuelles des élèves puis, de la manipulation du modèle présenté depuis le début de la séquence. En effet, même si l'attache parisienne assurant le maintien de la roue sur le support a immédiatement été repérée, l'éventuelle présence des deux autres n'a été découverte qu'au moment de toucher. Par ailleurs, des allusions conjointes de ce dernier avec la carte sont réalisées à deux reprises.

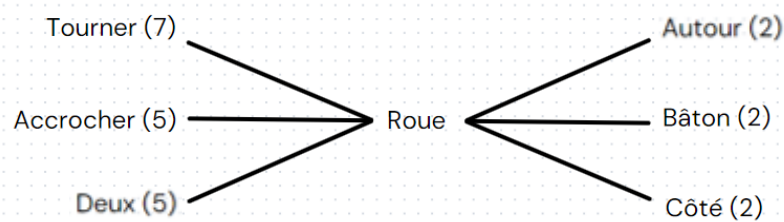


Figure 14 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "roue"

A l'issue de cette séquence, la roue reste l'élément le plus évoqué dans les discours. Les cooccurrences en lien avec son action de rotation ont fortement diminué et le terme « tourner » ne lui est plus associé que sept fois. Toutefois, les conséquences de cette action sont davantage exposées, notamment l'enroulement du fil ou l'entraînement du bâton. Ainsi, les références « autour » et « bâton » sont respectivement associées au mot « roue » à deux reprises. Les constats issus de la conception des divers modèles expérimentaux confirment ou infirment les hypothèses testées. A noter que certaines d'entre elles ne fonctionnent que si des ajustements particuliers initialement imprévus sont effectués. De plus, la nécessité de relier les composants entre eux est réaffirmée. Les cinq mentions simultanées de la roue et de son ancrage montrent que la transmission mécanique et la transformation du mouvement sont intégrées par les élèves. Les pièces du mécanisme ont besoin d'être reliées entre elles pour que l'action de l'une se répercute sur la suivante. Cependant, la manipulation de la carte animée a renforcé l'idée d'un recours à une seconde roue chez certains, cinq occurrences conjointes entre « deux » et « roue ».



Figure 15 : Graphe étoilé des cooccurrences avec "support"

Même si le support demeure le composant de départ le moins cité des trois, il est plus régulièrement inclus dans les échanges du second débat que du premier. Son incidence sur la carte est rendue visible avec les sept cooccurrences qui relient les deux termes. Sa fonction de guidage est entrevue mais n'est pas explicitement identifiée par les élèves. Au contraire, l'utilité réelle du support est notamment remise en cause par l'intervention en 104, réaffirmée en 107 à la suite d'une remarque de l'enseignant. La présence de cet élément dans la composition de l'objet étudié ne semble pas indispensable au bon fonctionnement du système. Néanmoins, l'association de chacune des références « accrocher », « bloquer » et « contre » avec le mot « support » suggère la participation de ce dernier dans l'action du mécanisme.

3 – Limites des résultats

La manipulation concrète de modèles expérimentaux et la mise en place de débats argumentatifs semblent relativement efficaces dans la construction de raisonnements critiques dans la recherche de réponse à une question scientifique. Cependant, les résultats obtenus à l'issue de la mise en œuvre de ce dispositif sont à mettre en perspective.

Cette séquence de recherche n'a été menée qu'auprès d'une seule classe ainsi, il est maladroit et même impossible d'établir une conclusion incontestable à propos de la pertinence de son application dans le développement des compétences ciblées. En effet, aucune comparaison n'est envisageable dans l'immédiat car il n'existe pas encore d'études similaires sur ce thème du programme d'enseignement du cycle de consolidation. Il n'y a pas d'expérience témoin faisant office de référence en rapport avec la question d'investigation initiale formulée à la suite de la découverte de la carte animée.

Par ailleurs, l'échantillon de participants est insuffisant à de multiples niveaux. La quantité est faible et les constats observés dans une classe de vingt-quatre élèves ne sont pas transposables à l'ensemble des profils envisageables. Le contexte est également à prendre en considération et celui-ci n'est pas représentatif de tous ceux

qui sont susceptibles d'être rencontrés. En outre, les indicateurs retenus sont essentiellement qualitatifs donc l'influence des profils en présence est importante. L'instauration de ce dispositif dans les mêmes conditions mais dans des milieux divers et face à des publics variés a des chances de produire des résultats significativement différents.

Autre écueil, la dernière séance s'est tenue le vendredi après-midi marquant la fin de la deuxième période scolaire ou le début des vacances de fin d'année. Par conséquent, le degré d'attention et d'implication des élèves ressenti était moindre. Ceci peut en partie expliquer l'augmentation de la fréquence d'intervention de l'enseignant évoquée précédemment.

III – Partie professionnalisante

1 – Réinvestissement dans un autre cycle

1.1 – Cycle des apprentissages premiers

Le dispositif de recherche déployé auprès d'élèves de cycle 3 sur la transformation d'un mouvement à l'intérieur d'un objet semble efficace dans la formation de l'esprit critique. Même si l'enseignement de ce dernier n'apparaît pas explicitement dans le programme de cycle 1, sa mobilisation au travers de diverses activités contribue à l'apprentissage du langage et de la vie en communauté, deux enjeux majeurs de l'école maternelle. L'utilisation de l'album de jeunesse *Plouf ! ou la poulie* de Corentin donne l'occasion d'aborder le principe de la poulie et de s'initier à des expériences dans le cadre du domaine 5 : « Explorer le monde³³ ». L'objectif de la séquence n'est toutefois pas le même qu'au cours moyen. Il consiste à comparer les différences entre monde réel et univers imaginaire afin d'inviter les apprenants à se questionner sur la plausibilité de l'histoire notamment sur la notion de masse et de poids. La fabrication d'un puits à l'aide de jeux de construction et la manipulation des personnages constituent les éléments de l'expérimentation responsables d'observations et de conclusions contradictoires avec le récit. C'est systématiquement l'objet le plus lourd qui descend avec une poulie selon les lois physiques. La capacité à entrer en communication avec l'enseignant et les pairs est essentielle dans la formulation d'une explication compréhensible. Les prises de parole sont encouragées de manière à faire évoluer la réflexion collective à l'image des débats régulés. L'esprit critique est indirectement au cœur de la situation proposée.

1.2 – Cycle des apprentissages fondamentaux

L'initiation à la démarche d'investigation est clairement mentionnée dans la mise en œuvre de la discipline : « Questionner le monde du vivant, de la matière et des objets³⁴ » du programme de cycle 2. En conséquence, le dispositif de ce travail de recherche est assez simple à adapter à l'âge des élèves. Il suffit de débiter la séquence avec un objet technique existant plutôt que de recourir à un modèle

³³ « Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°25 du 24 juin 2021 - Programme d'enseignement de l'école maternelle. »

³⁴ « Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°31 du 30 juillet 2020 - Programme 2020 cycle des apprentissages fondamentaux. »

uniquement fonctionnel comme la carte animée. Le stylo à bille semble pertinent à étudier car familier des élèves. Cependant, la plupart d'entre eux n'a aucune idée du fonctionnement interne de celui-ci malgré son utilisation quotidienne. L'enseignant les amène donc à s'interroger, à mener des observations, à démonter et à remonter l'objet, à opérer des essais et à confronter leurs idées de manière à susciter de la curiosité et des raisonnements à travers la formulation d'explications et l'expérimentation. La manipulation d'un objet connu donne du sens aux activités et contribue à l'implication de l'apprenant dans la tâche. En outre, des discussions collectives ou en groupes réduits sont organisées afin d'évaluer la recevabilité des hypothèses et autres constats. Ces épisodes favorisent l'acquisition d'un premier niveau de rigueur scientifique en lien avec l'esprit critique. La pratique de quelques moments de la démarche d'investigation articule le vécu, registre empirique, avec l'interprétation et l'argumentation, registre explicatif, fixé au sein d'un groupe de pairs dans l'objectif d'établir une vérité objective et vérifiable.

2 – Réinvestissement dans une autre discipline

2.1 – Enseignement moral et civique

Si l'esprit critique est défini comme l'exercice d'une démarche intellectuelle volontaire sur lequel repose la finalité de tout enseignement alors, il n'est réservé à aucun champ disciplinaire spécifique. L'enjeu de son apprentissage est transversal et concerne l'ensemble des disciplines dispensé au cours de la scolarité obligatoire. Toutefois, l'enseignement moral et civique est particulièrement investi de cette mission dans les différents programmes. Au cycle de consolidation, les objectifs de connaissances et de compétences associées indiqués dans le champ : « Exercer son jugement, construire l'esprit critique³⁵ » définissent explicitement les attentes liées au développement de l'esprit critique. La finalité de cette discipline est d'accompagner les élèves dans la formation progressive d'une conscience citoyenne responsable et éclairée à travers l'instauration de certaines pratiques pédagogiques telles que des débats, des échanges philosophiques ou encore des conseils d'élèves.

L'éducation aux médias et à l'information intégrée aux programmes d'enseignement moral et civique dès le cycle des apprentissages fondamentaux

³⁵ « Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°31 du 30 juillet 2020 - Programme 2020 cycle de consolidation »

mobilise fortement l'esprit critique et cible son développement chez les élèves. L'abondance d'informations et la diversification des modes de communication auxquelles chaque individu est confronté à l'heure actuelle impose d'avoir la capacité d'analyser et de discerner les contenus pertinents des autres. Le passage de la simple information à la connaissance nécessite non seulement de vérifier la source mais aussi de la confronter avec les savoirs scientifiques établis. C'est pourquoi la conduite d'un enseignement spécifique de l'argumentation et de la prise en compte de l'avis d'autrui encourage la mise en œuvre de débats. Ils sont notamment applicables en sciences comme dans l'étude précédemment détaillée.

2.2 – Education artistique et culturelle

En sciences et technologie comme dans les arts appliqués, l'expérimentation occupe une part importante. L'anticipation d'un résultat et la modélisation d'une hypothèse à l'aide d'un procédé précis contribuent au développement de l'esprit critique des élèves. L'observation, l'exploration des possibles et la comparaison du résultat espéré avec celui obtenu les invite à se questionner individuellement mais également entre eux dans le but de déterminer une explication plausible. La curiosité et l'écoute sont des attitudes fondamentales. Il faut être capable de faire preuve d'ouverture d'esprit, de s'intéresser à ce que pensent les autres et d'accepter le débat afin d'interroger le rôle des sens dans la perception d'une œuvre ou d'une production. L'explicitation argumentée de ses goûts au-delà d'un ressenti immédiat face à un collectif favorise l'expression de sa subjectivité tout en la mettant à distance. Au niveau scientifique, il s'agit de relativiser les faits pour éviter de basculer dans la croyance, le dogme.

La sollicitation irrémédiable de l'imaginaire dans toute tentative d'argumentation, d'interprétation ou d'expression s'accompagne potentiellement d'une déformation de la réalité. Même si la capacité à construire un jugement demeure un enjeu majeur de l'enseignement artistique, d'autres facteurs sont à prendre en compte dans la mobilisation de l'esprit critique comme l'observation, le partage et l'analyse des thèses et opinions avancées. L'étude de la transformation d'un mouvement, la recherche de compréhension de l'intention d'un artiste ou encore de celle d'un auteur pour élargir le propos à la littérature et à l'histoire concurrent à un objectif commun, déterminer le niveau de confiance à accorder à l'information. Cet effort cognitif

permanent permet l'élaboration de savoirs raisonnés et ce peu importe le domaine concerné.

3 – Autres dispositifs pour le même objectif

3.1 – La diffusion d'une fausse information

A l'école, le moindre apprentissage vise à améliorer la faculté de chaque élève à dialoguer et à interagir méthodiquement avec ses pairs. Le débat régulé contribue à la construction de compétences langagières orales nécessaires à la compréhension et à l'expression d'arguments. Ainsi, il semble pertinent d'instaurer des épisodes d'échanges dans l'enseignement des sciences et technologie malgré l'absence de mention explicite de cette pratique dans le programme. Le fondement scientifique repose sur la confrontation systématique des idées avec les faits (Jacob, 1981) et avec les avis experts d'autres scientifiques de la communauté critique (Orange, 2012). Cependant, la démarche d'investigation mise en avant dans les instructions institutionnelles suggère d'amener les élèves à argumenter au sujet de leurs productions. Les thèmes à aborder sont propices à cet exercice et de nombreuses activités sont envisageables en classe.

L'application d'une séquence s'appuyant sur les mouvements de la Terre, les représentations géométriques des astres ou encore les temps géologiques permet d'aborder la désinformation. Les objectifs sont d'apprendre à discerner connaissances scientifiquement avérées et croyances fictives, de découvrir comment évaluer la fiabilité d'une source et de s'exercer à argumenter. La présentation de différents documents opposant géocentrisme et héliocentrisme, Terre sphérique et Terre plate ou dinosaure et dragon révèle les conceptions initiales sur la recevabilité des théories avancées. En outre, des phases de débats et de manipulation de modèles expérimentaux interviennent dans le but de s'exercer à argumenter et donc de développer des compétences relatives à l'esprit critique.

3.2 – L'utilisation d'une grille d'observation

A partir de la séquence proposée sur la carte animée, d'autres indicateurs sont exploitables dans le mesurage du développement de l'esprit critique chez les élèves. En effet, Giordan (1999) a élaboré un outil d'évaluation sous la forme d'une grille à destination des enseignants, se référer à l'annexe I. Ce dispositif établit quatre niveaux

de gradation et caractérise des processus observables au niveau de l'émission d'hypothèses et de l'expérimentation. A noter que des obstacles spécifiques se situent entre chacun d'entre eux et qu'ils sont à considérer dans l'apprentissage de la notion en elle-même. Un certain nombre de repères sur l'évolution de la démarche scientifique est ainsi constaté chez chaque élève. Le premier pallier désigne une posture relativement passive et naïve tandis que le dernier qualifie une attitude résolument active, méthodique et réfléchie dans l'évaluation de l'information exposée. Une démarche expérimentale davantage rigoureuse et donc scientifique remplace progressivement l'empirisme aléatoire et l'observation immédiate dépourvue de prise de recul. C'est cette mise à distance volontaire de l'apprenant vis-à-vis de ses perceptions que l'enseignant cherche à repérer dans des interrogations, des hypothèses, des contestations et des argumentations facilitées par l'instauration de débats en classe. L'élaboration d'une grille d'observation axée sur la notion abordée en complément de celle de Giordan demeure malgré tout indispensable à l'évaluation des progrès en référence au socle commun de connaissances, de compétences et de culture.

Conclusion

L'origine de cette étude repose sur le constat d'une adhésion grandissante de la population à des croyances et autres théories faussement fondées scientifiquement en parallèle d'une baisse constante des vocations pour les métiers des sciences et technologie. A une époque où l'information est omniprésente et les moyens de communication sont multiples, l'apprentissage et l'exercice de l'esprit critique représentent des enjeux majeurs de société. C'est pourquoi, ce travail de recherche tente d'évaluer l'incidence de la manipulation de modèles expérimentaux et du débat argumentatif dans la construction d'une culture scientifique raisonnée à l'école. L'hypothèse générale formulée en réponse à cette problématique suggère que l'instauration d'une alternance entre épisodes manipulatoires et argumentatifs est efficace dans le développement de compétences critiques au sein de l'enseignement des sciences expérimentales.

La conduite de la séquence auprès d'une classe composée d'élèves de cours moyen et l'analyse des résultats obtenus en conséquence apportent des éléments de conclusion sur les différentes conjectures opérationnelles. Les productions réalisées au cours des deux premières séances selon des modalités différentes, individuelle et groupes hétérogènes, confirment que l'unique observation ne permet pas de comprendre et d'expliquer un phénomène. Ce moment empirique régulièrement intégré dans l'exécution de la démarche d'investigation n'est toutefois pas inutile. Il contribue à l'appropriation des enjeux de l'apprentissage et au processus de problématisation. L'élaboration de savoirs scientifiques nécessite l'intervention de facteurs supplémentaires.

L'organisation de débats entrecoupés de phases de conception de modèles expérimentaux a par ailleurs favorisé l'implication des apprenants dans la tâche. La matérialisation concrète et tangible des diverses propositions explicatives a suscité la curiosité et la motivation de chacun. De plus, la perception immédiate du résultat a permis à certains de reconsidérer leurs conceptions initiales et de s'interroger sur d'éventuelles solutions alternatives. La confrontation des idées aux faits issus de l'expérimentation et aux constats réalisés par les pairs inscrit les élèves dans une démarche résolument proche de la méthode scientifique. La réflexion collective progresse en fonction de l'évolution des arguments avancés et les savoirs sont

objectivés. La mise en commun des investigations alimente les connaissances, les capacités et les attitudes relatives à l'esprit critique.

Pour synthétiser, associer manipulation de modèles expérimentaux et instauration de débats argumentatifs dans l'enseignement des sciences expérimentales favorise le développement de compétences relatives à l'esprit critique en classe. Cependant, il convient de nuancer ces propos compte tenu de l'application de ce dispositif auprès d'un échantillon réduit, insuffisamment représentatif à l'affirmation d'une généralité.

Les acteurs de la recherche et de l'enseignement scolaire s'accordent sur l'importance de la construction de l'esprit critique dans la formation d'un citoyen responsable et éclairé. Néanmoins, aucune définition de ce concept ne fait l'unanimité scientifique et son évaluation est complexe. Il semblerait donc intéressant de mener une étude ayant pour objectif d'identifier les critères opérationnels de l'esprit critique afin de les appliquer uniformément à l'ensemble des disciplines de l'école primaire.

Bibliographie

ASTOLFI, J.-P. *La saveur des savoirs : disciplines et plaisir d'apprendre*. Issy-les-Moulineaux, France : ESF, 2008. 252 p.

ASTOLFI, J.-P., DEVELAY, M. *La didactique des sciences*. Paris, France : PUF, 1989. 127 p. (Que sais-je ?).

ASTOLFI, J.-P., GOHAU, G., HOST, V., MARTINAND, J.-L., RUMELHARD, G., ZADOU-NAÏSKY, G. *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris, France : PUF, 1978. 229 p.

BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Paris, France : Librairie philosophique J. Vrin, 1993. 256 p.

BAKHTINE, M. M., AUCOUTURIER A., TODOROV T. P. *Esthétique de la création verbale*. Paris, France : Gallimard, 1984. 400 p.

BAKHTINE, M. M., OLIVIER, D., AUCOUTURIER, M. P. *Esthétique et théorie du roman*. Paris, France : Gallimard, 1978. 488 p.

BROUSSEAU, G. « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, Recherche en didactique des mathématiques. » pp. 33-115, *Recherches en didactique des mathématiques. Volume 7, n°2*, Grenoble, France : La Pensée Sauvage. 1986. 115 p.

JAUBERT, M., REBIERE, M. « Parler et débattre pour apprendre : comment caractériser un 'oral réflexif' ? ». pp. 163-186 in CHABANNE, J.-C., BUCHETON, D. *Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire : l'écrit et l'oral réflexifs*. Paris, France : PUF, 2002. 252 p.

DIAS, T. *Manipuler et expérimenter en mathématiques : agir, réfléchir, faire des maths autrement*. Paris, France : Magnard, 2017. 160 p.

DE VECCHI, G. *Aider les élèves à apprendre*. Paris, France : Hachette éducation, 2010 (1^{ère} édition 1992), 271 p. (Profession enseignant).

FACIONE, P. A. *Critical Thinking : What It Is and Why It Counts*. CA, Etats-Unis : Measured Reasons LLC & Insight Assessment, 2011 (1^{ère} version 1992), 27 p.

GIORDAN, A. *Apprendre !* Paris, France : Belin, 1998. 254 p. (Débats).

GIORDAN, A. *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris, France : Belin, 1999, 239 p.

GIORDAN, A., HELLER, R. P. *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris, France : le Centurion, 1978. 280 p.

GIORDAN, A., MARTINAND, J.-L. « Journées internationales sur l'éducation scientifique. » *Modèles et simulation : actes des IX^è Journées internationales sur l'éducation scientifique, Centre Jean Franco, Chamonix 1987*. Chamonix, France : Comité d'organisation des journées de Chamonix, 1987. 657 p.

HOUSSAYE, J., HAMELINE, D. P. *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire*. Berne, Suisse, 1988. 267 p.

JACOB, F. *Le jeu des possibles : essai sur la diversité du vivant*. Paris, France : Fayard, 1981. 135 p.

MARTINAND, J.-L. *Connaître et transformer la matière*. Berne, Suisse : P. Lang, 1986. 315 p.

« Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°17 du 23 avril 2015 - Socle commun de connaissances, de compétences et de culture ». Disponible sur : <

<https://www.education.gouv.fr/bo/15/Hebdo17/MENE1506516D.htm> > (consulté le 20 avril 2022)

« Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°23 du 15 juin 2000 - Enseignement élémentaire et secondaire ». Disponible sur : <

<https://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm> > (consulté le 20 avril 2022)

« Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°25 du 24 juin 2021 - Programme d'enseignement de la maternelle ». Disponible sur : <

https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarite_obligatoire/24/3/Programme2020_cycle_1_comparatif_1313243.pdf >

(consulté le 20 avril 2023)

« Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°31 du 30 juillet 2020 - Programme 2020 cycle des apprentissages fondamentaux ». Disponible sur : < https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarite_obligatoire/24/5/Programme2020_cycle_2_comparatif_1313245.pdf >

(consulté le 20 avril 2023)

« Ministère de l'Éducation : Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale BO N°31 du 30 juillet 2020 - Programme 2020 cycle de consolidation ». Disponible sur : <

https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarite_obligatoire/37/5/Programme2020_cycle_3_comparatif_1313375.pdf >

(consulté le 20 avril 2022)

« Ministère de l'Éducation : Former l'esprit critique des élèves ». Disponible sur <

<https://eduscol.education.fr/1538/former-l-esprit-critique-des-eleves> > (consulté le 20 avril 2023)

ORANGE, C. « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. » pp. 83-107, *ASTER*, N°37, INRP, 2003.

ORANGE, C. *Enseigner les sciences : problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles, Belgique : De Boeck, 2012. (Le Point sur... Pédagogie). 141 p.

PIAGET, J., GARCIA, R., INHELDER, B. P. *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris, France : Flammarion, 1983. 310 p.

POPPER, K. R., BRUDNY DE LAUNAY, M.I., BUHOT DE LAUNAY M. *Conjectures et réfutations : la croissance du savoir scientifique*. Paris, France : Payot, 1985. 610 p.

ZIMMERMANN, G., PASQUINELLI, E., FARINA, M., *Esprit scientifique, esprit critique : un projet pédagogique pour l'école primaire*. Paris, France : Le Pommier, 2017. 303 p. (Éducation).

Table des annexes

Annexe A : Préparations effectuées en amont de l'expérimentation	51
Annexe B : Affiche du premier groupe réalisée en séance 2	52
Annexe C : Affiche du deuxième groupe réalisée en séance 2	53
Annexe D : Affiche du troisième groupe réalisée en séance 2	54
Annexe E : Affiche du quatrième groupe réalisée en séance 2	56
Annexe F : Affiche du cinquième groupe réalisée en séance 2	57
Annexe G : Transcription du débat réalisé en séance 3	58
Annexe H : Transcription du débat réalisé en séance 6	64
Annexe I : Grille d'évolution vers la démarche expérimentale (Giordan, 1999)	70

Annexe A : Préparations effectuées en amont de l'expérimentation

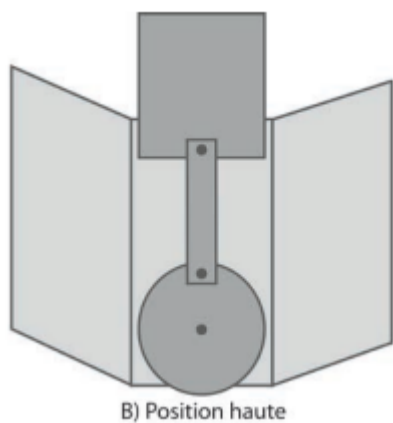
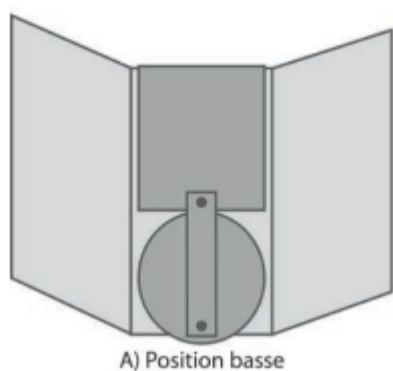


Figure a : Schéma de présentation du mécanisme

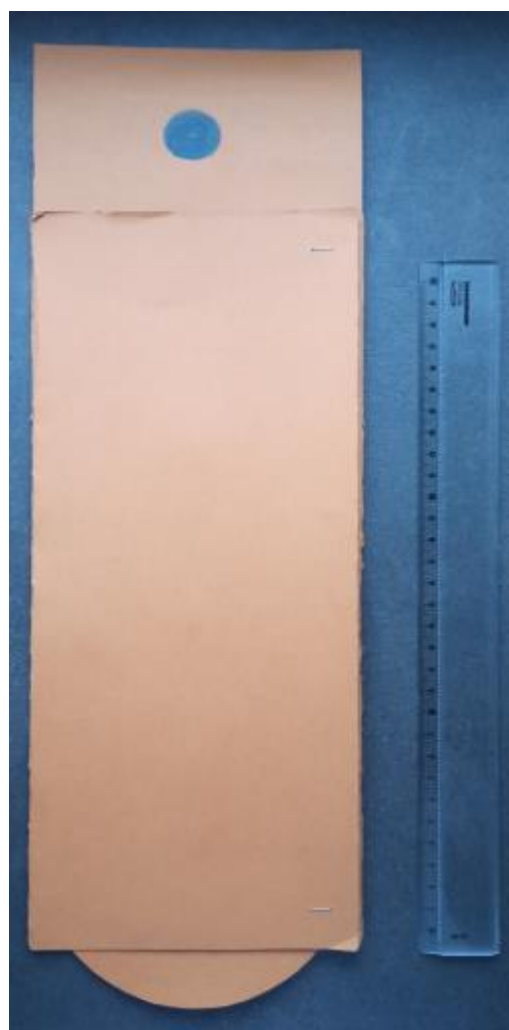


Figure b : Photo de l'exemplaire de carte animée présenté aux élèves

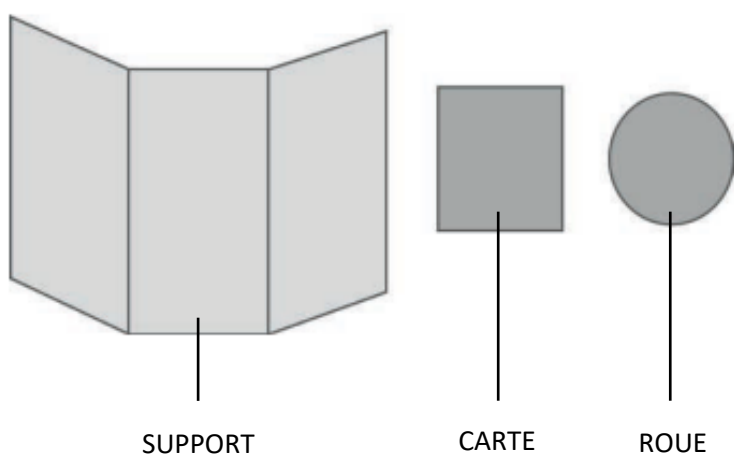
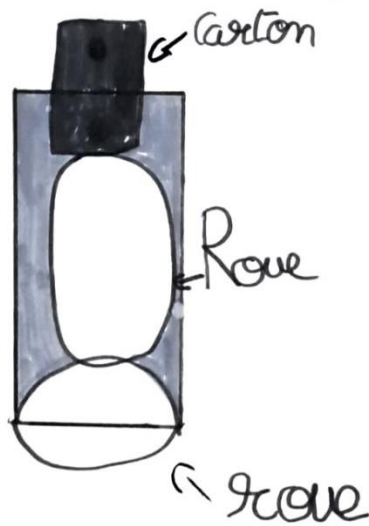
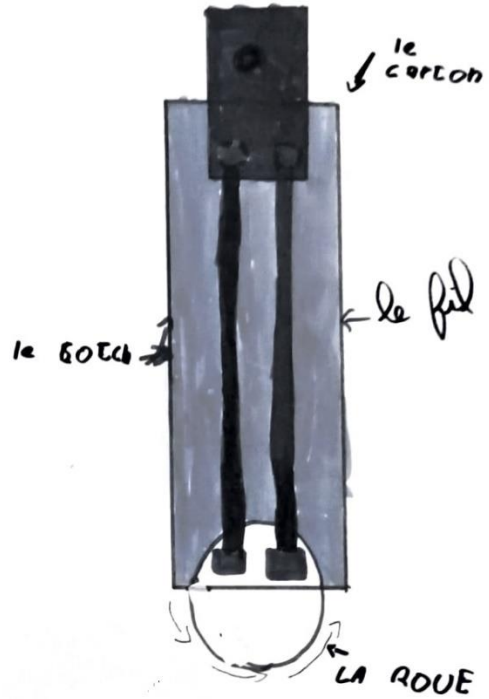
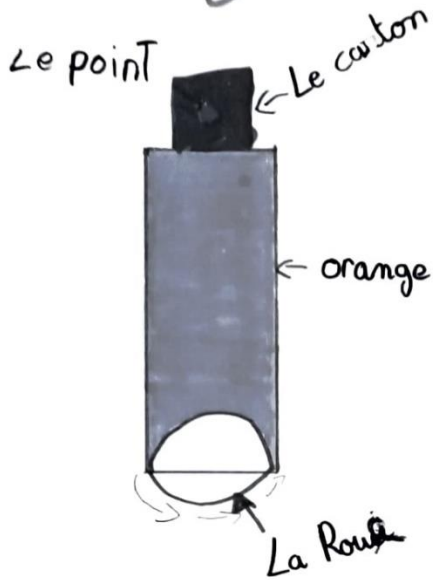


Figure c : Liste des éléments distribués aux élèves

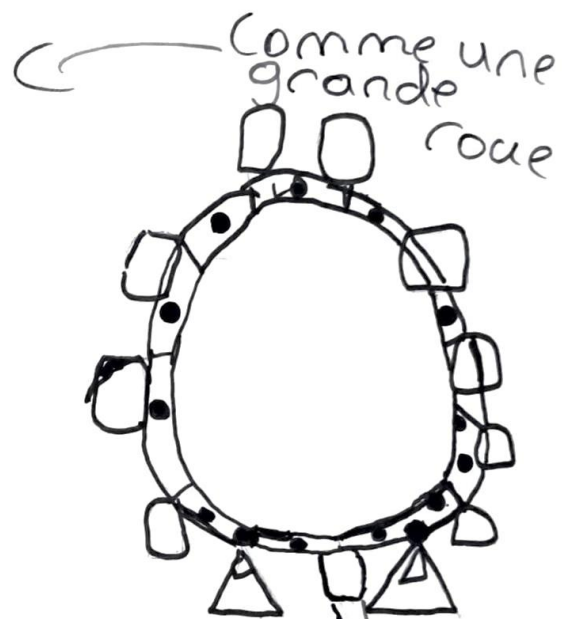
1 hypothèse



Le scotche tien les fil après quand
la roue bouge à gauche le
carton désant et remonte.

Transcription du texte (orthographe conservée) : Le scotche tien le fil après quand la roue bouge à gauche le carton désant et remonte.

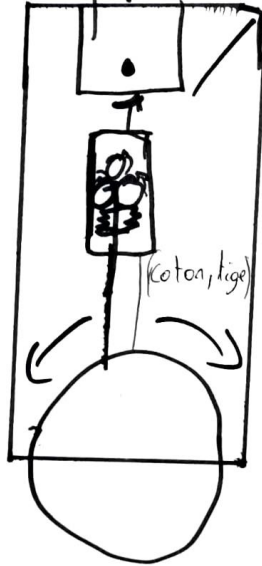
2 Hypothèse:



Comme le mouvement d'une grande roue ça tourne et pourtant ça monte et ça descend.

Transcription du texte (orthographe conservée) : Comme le mouvement d'une grande roue ça tourne et pourtant ça monte et ça descend.

hypothèse n°2

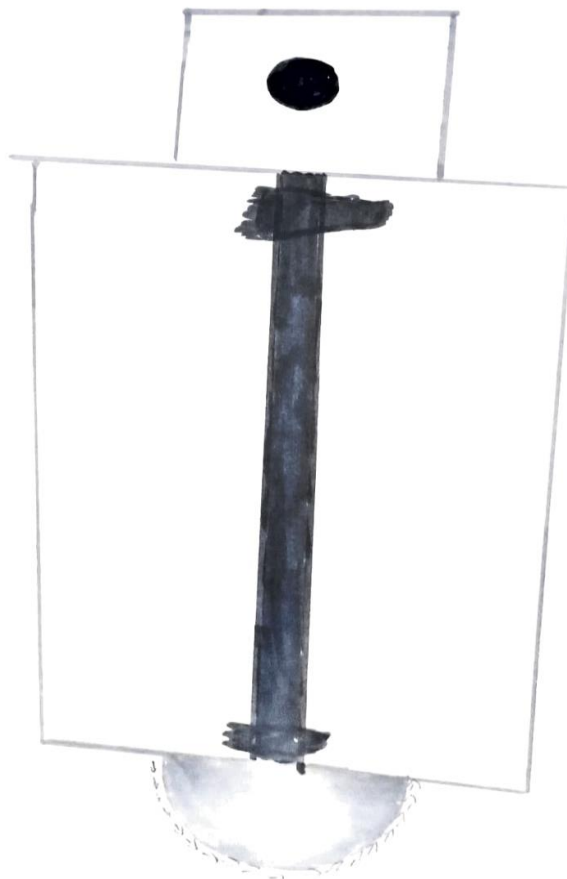


Annexe D : Affiche du troisième groupe réalisée en séance 2

3

Hypothèse

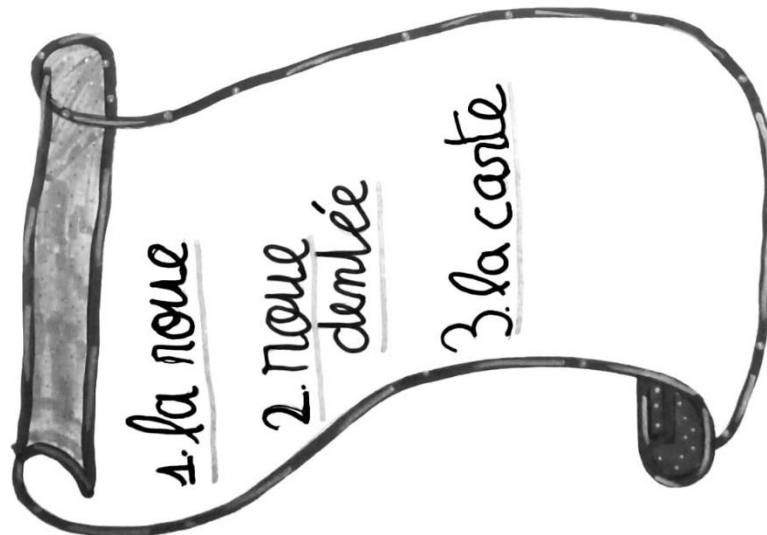
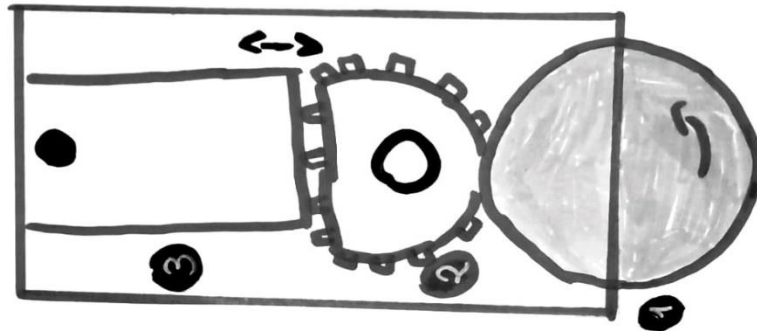
Dans le suport quand on tourne la roue une bande de carton sort grâce à un tout petit bout de carton à l'intérieure du suport.



Transcription du texte (orthographe conservée) : Dans le suport quand on tourne la roue une bande de carton sort grâce à un tout petit bout de carton à l'intérieure du suport.

Annexe E : Affiche du quatrième groupe réalisée en séance 2

Le fonctionnement



4

Transcription du texte (orthographe conservée) : Le fonctionnement. On tourne la roue qui fait la roue denté, et qui fait monter la carte.

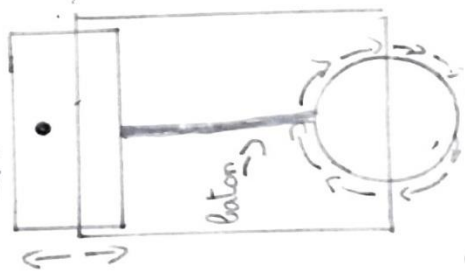
5

2^{ème} Hypothèse:

La roue est accroché à un baton ce qui le fait monter et dessandre. Ce

Poi si est accrocher un

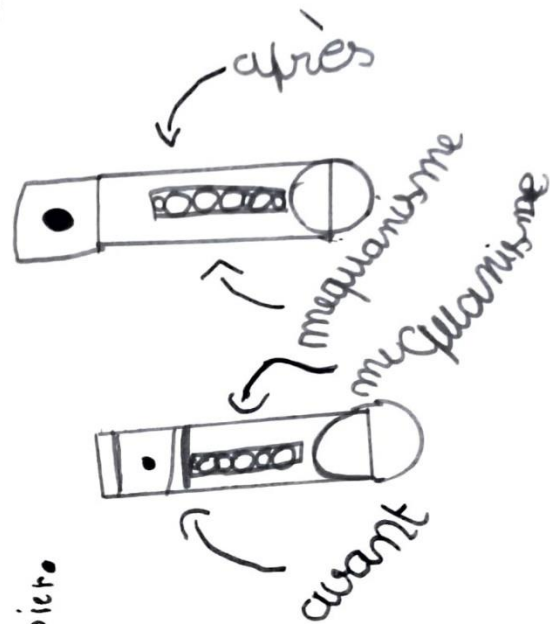
Bou de carton avec un point, qui monte est qui dessan.



Je pense que c'est grâce à un fil que le rectangle descend mais qui monte je ne sais pas. Ouais

1^{ère}

3^{ème} Hypothèse: Je pense qu'il y a un mécanisme à l'intérieur et ça fait sortir le papier.



Transcription du texte (orthographe conservée) : 1^{er} hypothèse : La roue est accrocher à un baton ce qui le fait monter et dessandre. Ce lui si est accrocher un bou de carton avec un point, qui monte est qui dessan. 2^{ème} hypothèse : Je pense que c'est grâce à un fil que le rectangle descend mais qui monte je ne sais pas. 3^{em} hypothèse : Je pense qu'il y a un mequanisme a l'interieur et sa fais sortir le papier.

Annexe G : Transcription du débat réalisé en séance 3

1	Enseignant : On a eu un échantillon de plusieurs de vos hypothèses donc vous avez déjà sélectionné quand vous étiez en groupe la semaine dernière, vous avez déjà choisi les hypothèses qui selon vous étaient les plus plausibles, celles qui pouvaient le mieux expliquer ce qui se passe à l'intérieur de l'objet. Je vous remontre comment ça fonctionne. On faisait tourner la roue, quel type de mouvement font mes doigts ?
2	Elèves : Un mouvement circulaire !
3	Enseignant : Et qu'est-ce qui se passe en haut ?
4	Elèves : On obtient un mouvement rectiligne.
5	Enseignant : Voilà ! La carte monte, je continue à tourner la roue, elle descend. Pour tenter d'expliquer ce qui se passe à l'intérieur vous avez fait plusieurs hypothèses quand vous étiez en groupe. Maintenant ce qu'on va faire, c'est qu'on va tous ensemble essayer de choisir la ou les meilleures hypothèses pour expliquer le mécanisme. On va avancer des arguments. On va dire : « je pense que ça..., ça fonctionne parce que... » ou : « je ne suis pas d'accord parce que... » etc... Pour échanger, on lève la main, on ne coupe pas la parole, si vous n'avez pas bien compris vous pouvez demander à faire répéter ou moi je répèterai plus fort et on respecte l'avis de chacun, il n'y a pas de mauvaises réponses il n'y a que des bonnes idées. A la fin, le but sera d'avoir une idée du matériel dont on a besoin pour refaire la carte. D'accord ? Qui veut commencer ?
6	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi c'était une question.
7	Enseignant : Alors pose ta question.
8	Elève G : Ici t'as dit, vu que le carton, le bâton il faisait que le faire monter, euh du coup le faire descendre, comment il fait pour le faire monter ?
9	Elève G : Nous on a pas trouvé.
10	Elève G : C'est pour ça qu'on posait la question.
11	Enseignant : Est-ce que quelqu'un a une idée ? Si personne n'a d'idée on passe à autre chose.
12	Elève G (lève la main pour demander la parole) : C'est pour l'hypothèse de Mirija, bah moi je pense pas que ça pourrait fonctionner d'avoir une roue dentée à l'intérieur parce que c'est un peu gros une roue dentée donc ça va pas tenir entre deux bouts de carton. Je crois qu'on verrait un petit peu, ça serait gros.
13	Enseignant : Peut-être que Mirija veut répondre ?
14	Elève F : Euh bah peut-être que la roue elle est plate et voilà.
15	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est aussi pour l'hypothèse de Mirija parce qu'aussi, si y a une roue dentée et qu'on fait tourner la roue bah vu que c'est denté ça va..., la roue, les dents ça va faire tourner la roue toute seule.
16	Elève F : Peut-être que les dents sont en carton et ça fait tourner.
17	Enseignant : Allez les autres, ils ne sont pas que trois quand même, vous avez tous travaillé.
18	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est pour euh, je sais plus qui l'a fait l'hypothèse... C'était la première ! (enseignant montre les affiches pour déterminer laquelle il s'agit) Oui ! Bah en fait, c'est pour le fil parce que y'en a un qui descend et un qui monte mais lui qui monte euh, il va faire monter, à un moment il va s'arrêter mais lui qui descend, lui qui fait monter il va pas bouger, ça veut dire lui qui descend il va pas pouvoir descendre.

19	Enseignant : Tu soulèves peut-être un problème. Le groupe qui a pensé à ça ?
20	Elève G (lève la main pour demander la parole) : C'est pour la deuxième.
21	Enseignant : Tu ne veux pas réagir à ça ?
22	Elève G : Non
23	Enseignant : Alors, on va déjà réagir à ce qui vient d'être dit.
24	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Et en même temps le fil, un moment après qu'on va tourner, y'en aura un qui va rester et un va se déchirer, ça va jamais marcher.
25	Enseignant : Vous êtes deux à penser que ça ne va pas marcher. Les autres ?
26	Elève G (lève la main pour demander la parole) : C'est pour réagir sur une autre hypothèse.
27	Enseignant : Tu ne veux pas réagir sur ça ? (fait non de la tête) Attends un peu, garde ta remarque en tête.
28	Elève G : Justement, si les bouts de papier il sont tout solide bah si on tourne la roue d'un côté c'est vrai que après il va falloir retourner de l'autre pour que le carton il remonte mais si ils sont tout bloqués et que on tourne, bah à un moment y'a un carton il va partir sur le côté et l'autre il va l'emmener donc du coup, ça va le faire descendre.
29	Elève G : Oui mais moi je dirais qu'il aurait pas besoin de deux bouts de cartons..., deux bouts de carton à l'intérieur, on n'en a besoin que de un. Puisque quand on va faire tourner, les deux ils vont descendre ou les deux ils vont monter donc on a juste besoin de un.
30	Elève F : Bah non !
31	Elève G : Si y'en a un qui casse, au moins il y'en aura un deuxième.
32	Elève F : Mais c'est mieux d'en avoir un parce que même si il casse, quand on va le monter, y'en a un qui va se bloquer parce qu'il va plus pouvoir faire monter la carte et l'autre il va servir à faire descendre. Lui qui sert à monter, il va rester là-haut et même si il part sur le côté à un moment ça va bloquer.
33	Elève G : Qu'est-ce que t'appelles par « bloquer » ?
34	Elève F : Ça va hmm, il va plus pouvoir descendre et il va pouvoir monter.
35	Elève G : C'est vrai. Mais quand même, c'est pas parce que quand on le tourne sur le côté que ça va bloquer. L'hypothèse elle est pas fausse après tout l'hypothèse elle est juste pour dire ce qu'on pense de ça, c'est pas pour dire ce qui est vraiment dedans.
36	Enseignant : Oui c'est le principe même de l'hypothèse, on n'est pas sûr.
37	Elève G : Donc c'est pas grave si c'est faux.
38	Enseignant : Exactement. On ne sait pas d'ailleurs si c'est faux.
39	Elève F : En soi les fils ça pourrait monter, quand il va tourner bah le fil il va faire que de bouger et euh ça sera trop léger.
40	Enseignant : Y'en a qui n'ont pas réagis du tout depuis le début. Est-ce qu'il y'en a qui veulent continuer sur le fil ?
41	Elèves : Non.
42	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi c'est sur celle-là (pointe une affiche avec son doigt).
43	Enseignant : La deuxième ?

44	Elève G : Celle avec les ronds. Comment ça fait pour tourner, pour faire monter la carte ? Et faire descendre ?
45	Elève F : Bah les roues elles tournent, elles font tourner celles d'après jusqu'à la dernière après ça va actionner genre un petit mécanisme et ça va faire monter la carte.
46	Elève G : Quel mécanisme ?
47	Elève F : Par exemple un petit fil.
48	Elève F : Oui mais comment les xxx peuvent rester entre eux ? Ça peut tomber.
49	Elève F : On n'a pas forcément toutes les réponses.
50	Elève G : Pour le xxx groupe on sait pas ce qu'il y a à l'intérieur.
51	Enseignant : Pour lequel ?
52	Elève G : Le troisième.
53	Enseignant : Ils nous avaient dit qu'il y avait un bout de carton. Vous voulez continuer à réagir là-dessus ? (montre l'affiche avec l'empilement de disques)
54	Elève G : Mais comment ça va faire monter alors que quand ça tourne ça monte pas. C'est ça le problème.
55	Enseignant : Est-ce que le groupe qui a avancé cette hypothèse a une réponse à donner ? Non, alors on continue.
56	Elève F : Pour le troisième, le carton il va se bloquer quand on va tourner.
57	Elève G : A quel niveau tu penses qu'il va bloquer ?
58	Elève F : En haut.
59	Elève F : Quand ça va monter.
60	Enseignant : Qu'est-ce que vous en pensez les autres ? Surtout ceux qu'on a peu entendu.
61	Elève F : Si le carton (carte) il fait toute la taille de la base enfin du corps (support) bah comment il va faire pour descendre ?
62	Enseignant : Ça nous fait une autre question. (un élève lève la main pour demander la parole) Tu penses avoir une réponse ?
63	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Oui une réponse oui. Je vais répondre à la question de Fanta d'abord parce que... Bah ça va se craquer parce que ça va passer hmm... Est-ce que je peux montrer ?
64	Enseignant : Vas-y montre nous.
65	Elève G (pointe les éléments du schéma au tableau) : Quand là ça sera monté après il va passer comme ça le bout de carton et on va voir un peu dépasser le scotch et ça, ça va descendre. C'est comme ça que ça va pas craquer.
66	Elève G : Bah si, il tourne après ça va craquer. Il va faire rouler le bout.
67	Elève G : Comment ça « rouler le bout » ?
68	Elève G : Il va rouler.
69	Enseignant : Je vais essayer de t'aider à préciser ta pensée. Il va rouler sur lui ? Il va rouler en dehors ?
70	Elève G : Non il va rouler à l'intérieur.
71	Elève G : (lève la main pour demander la parole) : Comment ça peut le faire redescendre ?
72	Enseignant : C'est à vous d'essayer d'y répondre.
73	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Je suis plus sûr... Non mais c'est Mohamed il avait raison. Et... (a oublié ce qu'il souhaitait dire).

74	Enseignant : T'es d'accord avec Mohamed ? (fais oui avec la tête) T'as le droit d'intervenir pour le dire, t'as raison de le faire.
75	Elève G (lève la main pour demander la parole) : En fait, Mohamed il a un peu raison pour ici (se lève pour venir montrer sur l'affiche au tableau) parce que comme c'est derrière et qu'on le voit pas trop bah peut-être que ça tourne autour de la roue, ça fait ça (mime le mouvement) pour faire monter et descendre. C'est peut-être ça qu'il voulait expliquer.
76	Enseignant : Qu'est-ce que vous en pensez ?
77	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Y'a du scotch derrière la roue et accroché au carton.
78	Elève G (répond directement sans lever la main) : Oui mais le scotch ça va scotcher le carton il va pas pouvoir tourner. Ça sera coller.
79	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Mais Mohamed sur son hypothèse, il montre que le bout de carton il fait toute la taille du support donc dans tous les cas ça va rester bloqué quand on va tourner.
80	Enseignant : Donc Fanta et Nassim disent que si la tige en carton fait la taille du support, la carte sera bloquée en haut et ne pourra pas descendre.
81	Elève G (répond directement sans lever la main) : Non mais en fait je me suis trompé de taille, j'aurai dû le dessiner un peu plus bas et un peu plus haut, elle (tige) est sur la carte.
82	Elève F (lève la main pour demander la parole) : En même temps, si le carton tourne, à un moment il va être bloqué dans, dans un coin parce que la roue doit aussi être un peu à l'intérieur du support.
83	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Pour la première hypothèse, bah pour les deux fils bah le fil il est trop mince, ça va pas bien tenir.
84	Elève F (lève la main pour demander la parole) : La dernière, la troisième hypothèse, moi je pense ça peut pas marcher parce que si on les assemble ensemble bah si on tourne la roue, les disques ils devraient tourner entre eux mais ils pourront pas ils seront bloqués.
85	Elève F (lève la main pour répondre) : En fait j'ai pensé à ça mais euh, à genre un tube et en fait ils sont à l'intérieur, même si on les accroche pas ils vont tourner entre eux parce que le tube, genre... Je sais pas trop comment expliquer... Le tube les tient et ça va tourner.
86	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Hmm je suis pas d'accord sur la dernière parce que quand ça tourne ça monte pas, il y a rien qui peut faire monter.
87	Elève G (réagit directement sans lever la main) : Oui c'est vrai, j'ai la même chose que lui, quand on tourne rien ne va pousser les boules pour les faire monter, elles vont rester à la même place, ça va faire tourner les boules à l'intérieur mais pas les faire monter.
88	Elève G (réagit directement sans lever la main) : Elles vont plutôt aller à gauche et à droite.
89	Elève G (lève la main pour demander à prendre la parole et aller montrer quelque chose au tableau) : Pour que ça tourne, à un moment faut bien que ça tourne entre les deux trucs mais là ça va faire que tourner, tourner, tourner...
90	Elèves : J'ai pas entendu. J'ai pas compris.
91	Enseignant : Je répète, Christ pense que faire tourner la roue ne va pas entrainer le mécanisme au-dessus.

92	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Moi j'avais vu que derrière il y avait une attache parisienne qui faisait tenir la roue. Et du coup je pense que, par exemple le carton si y a un bâton qui le tient ça va continuer (de tourner).
93	Enseignant : Plutôt l'hypothèse du groupe avec un bâton donc ?
94	Elève F : Oui.
95	Enseignant : Qu'est-ce qu'on peut dire sur les autres hypothèses ?
96	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi je veux parler de celle qui est de l'autre côté (verso affiche). Je pense que c'est possible mais la seule chose que j'ai pas compris c'est comment est-ce que le système grande roue il fonctionne ?
97	Enseignant : Le dessin de la grande roue c'est une illustration qui sert à comparer, ça ne fait pas partie du schéma. (acquiesce de la tête)
98	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Dans l'avant-dernière, je sais pas ce qu'il y a à l'intérieur.
99	Enseignant : Je réexplique rapidement ce que les filles nous ont dit tout à l'heure, c'est un demi-cercle avec une face plane et des dents. Quand on est sur un angle c'est en haut et quand on est sur la face plane c'est en bas.
100	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Je réagis sur ce qu'a dit Christ (inaudible sur l'enregistrement), quand c'est plat du coup ça va descendre, ça va tomber et quand c'est sur la partie arrondie ça sera plus haut donc la carte sera sortie.
101	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est pour mon hypothèse pour répondre à Mario parce qu'il a dit que ça va jamais tourner. Moi aussi à un moment ça m'est venu. C'est peut-être le premier truc qui est accroché à un fil mais j'ai oublié de le dessiner, que le fil va faire tourner la première roue, qui va faire tourner les autres et que l'autre fil va faire monter la carte.
102	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Je vois pas bien le schéma rouge (affiche), c'est quoi ça, un bâton ? (oui) Ah ! Oui sauf que quand ça tourne, le bâton il va tomber parce que y a rien sur la roue.
103	Elève F (répond directement sans lever la main) : Le bâton est accroché à la roue.
104	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Pour l'hypothèse que Salomé a trouvé, bah je pense pas que ça ira avec les deux fils, ça va pas tenir bien le cercle vu que quand on va tourner ça va s'emmêler.
105	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi c'est sur l'hypothèse avec deux roues, quand tu vas faire tourner la roue, ça va faire comme celle là (pointe du doigt l'hypothèse avec l'empilement de disques) ça va pas monter, ça va juste tourner, tourner, tourner mais ça va jamais monter le carton vu que ça va faire que tourner.
106	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Sur celle d'Inessa, je suis pas d'accord avec elle sur un truc. Si le bâton il est accroché à la roue, ça pourra jamais tourner parce que la roue elle sera bloquée par le bâton donc peut-être qu'elle est pas accrochée à la roue et qu'il y a quelque chose qui peut la faire accrocher pour qu'elle tourne et qu'elle fasse monter. Et il y a des fils qui... à côté du bâton qui tiennent le bâton bien droit.
107	Elève F : J'ai pas tout compris à ce qu'elle a dit.
108	Enseignant : C'était par rapport à une remarque de Mario je crois, qui disait que le bâton pouvait tomber donc elle cherchait une possible explication.

109	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Sur l'idée d'Inessa, si le bâton il est accroché à la roue et qu'on tourne bah le bâton aussi il va tourner. S'il est accroché à la roue.
110	Elève F (répond directement sans lever la main) : La bâton est accroché à la roue avec du scotch et de l'autre côté sur le petit bout de carte.
111	Elève G (répond directement sans lever la main) : Je suis encore sur son hypothèse, quand elle va tourner et bah le bâton il va suivre la roue, il va suivre le mouvement mais en restant droit comme ça (à la verticale).
112	Elève F (répond directement sans lever la main) : Mais en même temps, bâton et carton c'est pareil, Mohamed aussi il a mis un carton et quand la roue va tourner le carton aussi il va suivre.
113	Enseignant : Oui les hypothèses se ressemblent. On va regarder ça d'ailleurs parce qu'on va bientôt devoir arrêter. Est-ce qu'il y a d'autres hypothèses qui se ressemblent ?
114	Elève G (lève la main pour demander la parole) : C'est pas pour dire ça mais quand ça tourne le bâton il doit être euh... Il doit être... (brouhaha dans le couloir) Je sais plus.
115	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Inessa tout à l'heure elle nous a dit, j'ai plus le nom, ce qu'il y a derrière l'objet... Une attache parisienne qui tenait et qui faisait tourner du coup ça va pas bloquer.
116	Enseignant : Si on a fait le tour des remarques, je repose ma question, est-ce qu'il y a d'autres hypothèses qui se ressemblent entre elles ?
117	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Celle de Mirija et celle en bas à gauche.
118	Enseignant : Ces deux là (montre les hypothèses citées sur les affiches), vous êtes d'accord ?
119	Elève G (répond directement sans lever la main) : Pas trop, y a des différences.
120	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est pour dire les différences. Y en a une qui a une roue plate et dentée et une qui est ronde et sans dents. Mais sur la dentée par contre je comprends pas comment ça peut faire monter parce que les dents vont bloquer quand ça va tourner vu que c'est à côté de la roue.
121	Enseignant : On va finir de rassembler les hypothèses et pour te répondre on va conserver les plus pertinentes selon nous pour les tester la prochaine fois.
122	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Celle avec les deux fils et l'hypothèse de Salomé elles se ressemblent.
123	Enseignant : On pourrait donc garder, celle avec deux fils, celle avec un bâton ou un bout de carton, celle avec des roues au milieu, dentées ou non et celle-ci aussi
124	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Celle de Mirija et Betul, ça marche pas parce que quand ça monte bah... Comment on fait pour faire monter la carte alors que..?
125	Enseignant : Tu sais quoi, tu pourras la tester la prochaine fois et tu nous diras.

Annexe H : Transcription du débat réalisé en séance 6

1	Enseignant : Alors maintenant. Vous avez tous produit quelque chose et vous avez tous vu ce qui fonctionne ou ce qui ne fonctionne pas. Plusieurs ont fonctionné, sur quelles hypothèses ils se basaient ? Vous avez tous vu ce qui s'est passé, vous devriez tous avoir une réponse à donner.
2	Elève F (lève la main pour demander la parole) : La troisième. A peu près.
3	Enseignant : Vous êtes d'accord ?
4	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Oui euh y avait celui de l'hypothèse d'Inessa et de Leslie qui n'était pas pareil.
5	Enseignant : Qu'est-ce qui changeait ?
6	Elève F : Ils mettaient, je pense qu'ils ont mis une... une attache parisienne.
7	Enseignant : Là aussi y avait une attache parisienne (montre les deux modèles).
8	Elève F : Y avait un... un petit bâton ils ont dit.
9	Enseignant : Sur le schéma, ils avaient mis un bâton et là, ils ont mis un bout de carton.
10	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Sur la première, celui avec les fils. Bah les fils étaient... ils étaient très... ils étaient très...
11	Enseignant : Allez on l'aide, les fils ils étaient comment ?
12	Elève G (répond directement sans lever la main) : Ils étaient mous !
13	Elève F (répond directement sans lever la main) : Du coup ça pouvait pas monter parce que quand on tournait la roue bah en fait le fil il tourne avec la roue donc ça bouge pas.
14	Enseignant : Quoi d'autre ?
15	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Mais les bouts de carton qui étaient accrochés à la roue bah du coup ils tournaient autour de la roue et ils s'entraînaient avec. Ça tournait derrière la roue et avec donc du coup vu que ça tourne autour bah ça peut monter et descendre sans que ça se bloque.
16	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Nous hier quand on avait le droit de toucher la carte et bah j'avais senti trois attaches parisiennes. Une au milieu de la roue, une juste un petit peu en haut de celle qui était vue et une à gauche. En bas à gauche.
17	Enseignant (expose le modèle pour tenter de voir avec les autres) : Moi je ne sens rien là.
18	Elève G : Bah j'en avais senti trois et elles étaient comme ça.
19	Enseignant : T'en as senti trois et pour toi y en a une qui était un peu sur le côté.
20	Elève G : Oui.
21	Enseignant : Qui d'autres en a senti trois quand il l'a manipulé ?
22	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Oui, c'était au milieu de la carte. Un petit peu en haut au milieu.
23	Enseignant : Les autres vous en avez senti combien en touchant ?
24	Elève G (répond directement sans lever la main) : Je sais pas mais en tout cas j'ai senti une attache parisienne ici là.
25	Enseignant : C'est-à-dire « ici là » ?
26	Elève G : Au-dessus de celle de la roue. J'ai senti aussi hmm, un, un petit truc découpé en feuille qui est au milieu avec du scotch.
27	Enseignant : T'as senti du scotch et quelque chose de découpé au milieu ?

28	Elève G : Oui au milieu c'était encore une roue.
29	Elève G (réagit directement sans lever la main) : J'ai senti deux roues et un truc tout dur.
30	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Euh, au milieu, moi et Salomé on avait senti un genre de bâtonnet au milieu.
31	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Bah en fait c'est bizarre parce que, quand on a touché euh, on est beaucoup à avoir senti une deuxième roue pourtant, sur ceux qui avaient marché on avait besoin que d'une seule.
32	Enseignant : Moi je vous en avais donné qu'une seule après si vous en vouliez une deuxième il fallait demander.
33	Elève F (répond directement sans lever la main) : Oui mais ce que je veux dire, vous vous en avez utilisé deux, nous on en a utilisé une et pourtant ça donne le même résultat.
34	Enseignant : C'est peut-être parce que j'en ai pas utilisé deux qui sait. Qui pense qu'il y avait deux roues ? (sept élèves ont levé la main) Les autres, vous pensez quoi ?
35	Elève F (réagit directement sans lever la main) : Ou alors c'est peut-être le bâton rigide qui relie.
36	Enseignant : Certains disent qu'il y a trois attaches, d'autres disent qu'il y en a deux, que c'est relié avec un bâton ou qu'il y a une deuxième roue. Est-ce que vous senti d'autres choses ?
37	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Moi j'ai senti quelque chose de lisse comme une bille mais c'était pas une attache parisienne.
38	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi j'ai senti aussi y avait, y avait aussi quelque chose un petit peu plus vers la droite, vers les deux agrafes, y avait quelque chose que j'ai senti un peu. Ou alors c'était dans le mouvement circulaire et rectiligne voilà de quelque chose qui passait.
39	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Juste, celui là il est plus dur à manipuler que ceux qu'on a fait.
40	Elève G (réagit directement sans lever la main) : Je trouve que c'est l'inverse.
41	Enseignant : Quelqu'un a une idée de pourquoi c'est plus ou moins dur ?
42	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est pas pour ça mais moi j'ai trouvé que le notre il était aussi dur que le vôtre.
43	Enseignant : Alors est-ce quelqu'un pourrait dire pourquoi son modèle était plus dur à manipuler ?
44	Elève F : Peut être parce qu'il était plus petit alors on prenait là où il y avait de la place et ça bloquait, là où on prenait ça bloquait la roue, du coup tourner ça devenait plus dur.
45	Enseignant : Peut-être. D'autres explications ?
46	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi je pense de plus en plus que c'est l'explication numéro qui est à l'intérieur de l'objet.
47	Elève G (réagit directement sans lever la main) : Moi aussi je pense que c'est ça.
48	Enseignant : Y en a plusieurs qui pensent ça ? Quasiment tout le monde. Leslie, pourquoi t'es pas d'accord toi ?
49	Elève F : Bah je sais pas, j'ai pas senti j'étais pas là hier.
50	Enseignant : Et Liam ?

51	Elève G : Je sais pas, j'ai pas touché.
52	Enseignant : Vous êtes tous mis d'accord sur la même hypothèse finalement.
53	Elèves : Oui.
54	Enseignant : Alors comment on pourrait savoir sans ouvrir si on a vraiment bon ?
55	Elève F (répond directement sans lever la main) : Vous allez nous le dire.
56	Enseignant : Sans que je vous dise non plus.
57	Elève G (lève la main pour demander la parole) : On est en train de tous se mettre d'accord pour essayer de savoir si c'est bon.
58	Enseignant : Comment on s'y prend pour faire ça ?
59	Elève G (répond directement sans lever la main) : Bah on parle entre nous.
60	Elève G (répond directement sans lever la main) : On échange nos idées.
61	Elève F (répond directement sans lever la main) : Des hypothèses.
62	Enseignant : Oui, on débat sur nos hypothèses. Avec toutes vos manipulations et avec les deux débats qu'on a fait, vous êtes vingt sur vingt-deux à penser que c'est cette hypothèse la bonne (montre l'affiche). D'après vous donc, est-ce que si vous êtes autant ça veut dire que c'est la bonne ?
63	Elèves : (mélange de oui et de non)
64	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est pas obligé, on peut se tromper.
65	Elève G (lève la main pour demander la parole) : On est vingt... je sais pas combien, une vingtaine a avoir touché la carte et tout le monde ou presque est sûr que c'est cette hypothèse là donc ça veut dire qu'on est pas trop loin vu qu'on est autant.
66	Enseignant : Vous n'avez pas tous senti la même chose pourtant.
67	Elève F (lève la main pour demander la parole) : En même temps derrière la carte, on dirait y a une attache parisienne mais y a.. y a... une deuxième roue.
68	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Ah j'ai oublié ce que je voulais dire.
69	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi je pense que c'est possible que ce soit l'hypothèse trois qui est à l'intérieur mais c'est possible aussi que le mécanisme qu'il y a à l'intérieur de votre carte ne soit pas dans nos hypothèses.
70	Enseignant : Oui t'as raison mais je vous le dis, vos hypothèses étaient proches de ce qu'il y a à l'intérieur. Nassim tu nous as pas dit ce que tu sentais en manipulant la carte.
71	Elève G : Deux attaches et comme une barre.
72	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Moi je pense après que c'est la trois parce que on a vu deux ou trois fois le même système et ça fonctionnait.
73	Enseignant : C'est vrai que dans vos modèles, ceux qui ont fonctionné ils étaient sur ce principe-là. Est-ce que vos modèles ont servis à y voir plus clair ?
74	Elèves : Oui !
75	Enseignant : Qu'est-ce qu'on a regardé sur ces modèles ?
76	Elève F (lève la main pour demander la parole) : On a regardé ce qu'il y avait à l'intérieur.
77	Elève F (lève la main pour demander la parole) : On a comparé plusieurs modèles et regardé le résultat.
78	Elève G (répond directement sans lever la main) : Ceux qui ont pas marché on les a pas gardé.

79	Enseignant : Donc on a fait des débats, des modèles à partir d'hypothèses et avec les échanges d'idées, d'arguments de chacun et les résultats de manipulations, on s'est rejoint l'explication. Je mets fin au suspense, c'est bien le principe de l'hypothèse trois qui est à l'intérieur. Il n'y a pas de roue supplémentaire mais bien quelque chose de rigide qui relie la roue et la carte.
80	Elève G (réagit directement sans lever la main) : Ça veut dire notre hypothèse elle fonctionne ? (désigne la troisième affiche)
81	Enseignant : Oui mais vous aviez mis du scotch pour relier.
82	Elève G : Non mais après on a changé, on a mis des attaches parisiennes.
83	Enseignant : Votre hypothèse a évolué, la manipulation du modèle vous a aider à réfléchir à ça.
84	Elève F (réagit directement sans lever la main) : Et en plus, nous aussi on a fait comme ça mais avec le fil aussi et un bout de carton, ça n'a pas marché mais on a inventé n'importe quoi autour d'une roue pour savoir si ça marche ou pas et après en maintenant ça a marché comme ça.
85	Elève F (réagit sans lever la main) : Je sais pas à quoi il sert le fil.
86	Enseignant : Vous pensez qu'il sert à quoi ?
87	Elèves : (plusieurs élèves ont indiqué qu'il ne servait à rien).
88	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Si il sert bien mais on savait pas trop pourquoi parce que quand on l'avait retiré bah ça marchait pas et quand Betül elle l'a remis bah ça marchait donc...
89	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Euh bah moi je crois que le fil qui était autour de l'attache parisienne et bah il tient un peu la carte...
90	Enseignant : Alors le fil il est pas au niveau de la carte.
91	Elève G : Euh non pas la carte, la roue, la roue. Il tient la roue et c'est pour ça que ça marche.
92	Enseignant : Les autres ils n'avaient pas de fil et ça marchait.
93	Elève G : Le leur il est cassé.
94	Enseignant : Peut-être. Dernière question non abordée, c'est l'histoire des deux ou trois attaches parisiennes.
95	Elèves : (mélange de réponses entre deux et trois).
96	Enseignant : A main levée, qui pense qu'il y en a deux ? (sept élèves ont levé la main). Les autres vous pensez donc qu'il y en a trois ?
97	Elèves : Oui.
98	Enseignant : La plupart, ce qu'on a vu dans vos modèles, c'est que vous avez relié la roue au support avec une attache parisienne, celle qui dépasse là (montre l'attache sur l'objet présenté) et la tige ou autre avec une deuxième attache parisienne sur la roue. Et en haut, vous avez raccordé la carte et la tige avec du scotch. Je ne sais pas si vous avez remarqué mais qu'est-ce qui se passe quand on fait ça ? (montre un modèle qui l'illustre)
99	Elève G (répond directement sans lever la main) : Ça bloque parce qu'il y a deux attaches.
100	Enseignant : Pourquoi ça bloque ?
101	Elève G : Y en a une qui est sur le côté, qui est accrochée sur le côté de la roue et l'autre au milieu.
102	Enseignant : Et le support ? On n'en parle pas beaucoup.

103	Elève F (régit directement sans lever la main) : Ah oui parce que...xxx
104	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Bah oui mais ça fait la même chose si on fait sans le support.
105	Elève G (répond directement sans lever la main) : Bah non parce que... (a perdu son explication).
106	Enseignant : Mais sur le mien, il y a le support.
107	Elève F : Oui mais si on tourne sans le support et tout ça va marcher.
108	Elève F (lève la main pour demander la parole) : C'est parce que l'attache parisienne elle est accrochée au support donc ça peut pas bouger.
109	Enseignant : Regarde (montre l'objet), elle n'est pas accrochée au support.
110	Elève F (répond directement sans lever la main) : Parce qu'il y en a deux.
111	Elève G (répond directement sans lever la main) : La carte elle est trop pliée. Euh non ! Le support il est trop plié sur la carte.
112	Enseignant : Je vous aide, c'est à ce niveau là que ça se passe (montre le modèle précédent du groupe), c'est la carte qui bloque dans le support quand je tourne.
113	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Je pense qu'on avait en tête l'attache parisienne et au milieu aussi une attache parisienne du coup ça bloque quand ça tourne. Du coup la carte ne peut pas bouger. Elle est bloquée en bas à cause des deux attaches parisiennes.
114	Enseignant : Axel n'a pas l'air d'accord.
115	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Moi je pense que c'est le scotch qui va faire tourner un petit peu la carte et que du coup la carte elle va aller contre le support et que le support il va bloquer l'axe.
116	Enseignant : Je vais essayer d'ouvrir que d'un côté (modèle précédent du groupe) et de vous montrer. Axel nous dit que puisque là c'est scotché (tige et carte) ça vient buter contre le support quand on tourne.
117	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Moi je pense que c'est parce que les bords normalement ils sont un peu arrondis.
118	Enseignant : Tu penses que les bords de la carte doivent être arrondis ?
119	Elève F : Oui.
120	Enseignant : Pourtant je vous ai donné la carte avec le support et la roue et pas besoin d'y toucher pour que ça fonctionne. Sinon ça aurait pu être une idée, pourquoi pas.
121	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Euh l'attache parisienne, la deuxième qui est sur le bâton bah elle est accrochée à la roue et quand la roue elle tourne ça fait tourner le bâton sur le côté donc euh la carte elle va sur le support et elle bouge pas.
122	Elève G (répond directement sans lever la main) : Mais comment tu veux que ça monte et ça descende si c'est pas accroché à la roue ?
123	Elève F : Bah j'en sais rien.
124	Elève G : Bah voilà, c'est obligé que ça soit accroché à la roue. Nous aussi on a mis du scotch sur la carte et le bâton et ça a fonctionné, c'est pas à cause du scotch.
125	Enseignant : Tu sais pourquoi vous ça a fonctionné ?
126	Elève G : Non, pourquoi ?
127	Enseignant : Vous avez élargi le support (montre le modèle de ce groupe à l'ensemble de la classe).

128	Elève G : Ah oui. T'as vu j'avais raison c'est déplié (s'adresse à un membre de son groupe).
129	Enseignant : En faisant ça, la carte est plus petite que le support et donc ça passe alors que la carte se met en travers. En plus, elle est un peu cornée, ça veut bien dire qu'elle a forcé contre le support.
130	Elève G (lève la main pour demander la parole) : Ils l'ont peut être mise contre la roue... contre la carte pour que ça glisse plus facilement.
131	Enseignant : L'attache parisienne ?
132	Elève G : Euh oui.
133	Elève F : On devrait mettre une attache parisienne à la place du scotch.
134	Enseignant : Ça remet notre question de tout à l'heure sur le devant de la scène, il faut deux ou trois attaches parisiennes ?
135	Elèves : Il y en a trois !
136	Enseignant : Pourquoi trois ?
137	Elève F (lève la main pour demander la parole) : Si on met du scotch ça va bloquer à chaque fois et l'attache parisienne et bah elle va tourner.
138	Elève G : Voilà, ça va tourner légèrement comme en bas.
139	Elève G (réagit directement sans lever la main) : Mais nous c'est ce que ça fait, ça va sur le côté mais ça descend quand même alors qu'on a quand même mis du scotch.
140	Enseignant : Oui mais en forçant et en pliant le papier.
141	Elève G : Je sais pas moi j'ai jamais réussi, c'est vous qui arrivez à le faire tourner.
142	Enseignant : Pour conclure, il y a bien trois attaches. Cette bien cette hypothèse là (montre l'affiche 3). Je vais vous faire un schéma exact de l'objet. Vous avez le support plié en trois, la roue qui est bien au milieu en bas, une attache parisienne, la carte en haut avec le point bleu et il y a une tige qui relie les deux avec deux attaches parisiennes.
143	Elèves : Ah d'accord !

Annexe I : Grille d'évolution vers la démarche expérimentale (Giordan, 1999)

Approche de l'expérimentation

NIVEAU 1 : L'élève accepte tels quels les événements qui se produisent sans en chercher la cause.

Ou bien il suggère une raison sans rapport avec ce qui se passe et qu'il ne justifie pas. Il reste au stade de la croyance.

NIVEAU 2 : Il cherche une cause naturelle aux événements, en proposant un fait qu'il a tiré de l'événement, mais sans tenter de le justifier.

NIVEAU 3 : Il recherche la cause naturelle d'un événement, en essayant d'analyser l'événement et cherche à justifier événementiellement (par tâtonnement).

NIVEAU 4 : Il recherche la cause naturelle d'un événement et cherche à l'infirmier en proposant des justifications provenant d'observations et d'analyses d'informations ou en proposant une méthodologie expérimentale.

Processus mis en œuvre pour produire une explication

NIVEAU 1 : L'élève ne tâtonne pas ou tâtonne uniquement au hasard.

NIVEAU 2 : Tâtonnement par contiguïté : mise en liaison de 2 paramètres proches. Opération sur les objets au hasard.

L'élève raisonne sur le concret : comparaison par comparaison, de façon événementielle.

NIVEAU 3 : Tâtonnement en fonction d'un fil conducteur : mise en liaison en n'envisageant que quelques paramètres.

S. Stade 1 :

Tâtonnement plus systématique en fonction d'une idée (souvent vaste et imprécise) implicite (expérience "pour voir").

L'enfant opère sur des cas particuliers liés à l'observation immédiate.

Début du raisonnement par intériorisation de l'action : l'élève parvient à se libérer progressivement du concret (opération sur les opérations concrètes).

S. Stade 2 :

Tâtonnement systématique en fonction d'idées possibles (apparition du possible = hypothèses).

Toutes les possibilités ne sont pas envisagées d'avance : le tâtonnement et la discussion permettent d'envisager les différentes possibilités.

Raisonnement sur des possibles et interprétation : déduction intimement liée aux situations concrètes.

Chaînes déductives courtes.

NIVEAU 4 : Réalisation d'une combinatoire systématique avant d'expérimenter ; le tâtonnement devient accessoire.

Opération sur des opérations abstraites.

Mise en relation multiple, en envisageant la plupart des possibilités.

L'élève fait des hypothèses à partir d'une observation suggérée par une théorie ou un

système de pensée.

Raisonnement par des chaînes déductives longues et ramifiées : déduction sur des situations représentées.

Début de construction de modèles opératoires (réalisation de schémas ou de conceptogrammes).

Simon BOUCHARD

L'incidence de la manipulation et du débat argumentatif en sciences sur le développement de l'esprit critique chez les élèves de cours moyen.

Résumé : Cette recherche s'intéresse à la construction de connaissances, de capacités et d'attitudes relatives à l'esprit critique à travers une séquence de sciences sur les types de mouvements simples. Celle-ci s'inspire de la démarche d'investigation et s'organise selon une alternance de phases de manipulation de modèles expérimentaux et d'échanges collectifs sous la forme de débats argumentatifs. L'application se déroule dans une classe de deuxième année de cours moyen en fin de deuxième période scolaire. L'objectif de la problématique est de mesurer l'incidence de ces pratiques sur le développement de l'esprit critique dans l'enseignement des sciences. Les traces écrites réalisées au cours des premières séances apportent des informations sur la vision des élèves de la pratique des sciences à l'école. En outre, l'utilisation d'un logiciel d'analyse sémantique et les transcriptions des débats révèlent les fréquences d'apparition des termes les plus employés et de certaines cooccurrences. L'analyse de l'évolution des discours et des raisonnements montre l'incidence positive de la manipulation et des échanges dans l'exercice de l'esprit critique des apprenants. Cependant, ces résultats sont à relativiser compte tenu de l'échantillon réduit et d'autres paramètres tels que la notion abordée et les profils des participants.

Mots clés : sciences - esprit critique - débat - manipulation - cycle 3

Abstract : This research focuses on the construction of knowledge, skills and attitudes relating to critical thinking through a science sequence on simple types of movements. This sequence is inspired by the investigative approach and is organised with alternating phases of manipulation of experimental models and collective talk in the form of argumentative debates. The application takes place in a class of sixth graders at the end of the second school term. The aim of the problem is to measure the impact of these practices on the development of critical thinking in science teaching. The written records made during the first sessions provide informations on the pupils' view of science practice in school. In addition, the use of a semantic analysis software and the transcripts of the debates reveal the frequencies of appearance of the most used terms and of certain co-occurrences. The analysis of the evolution of discourse and reasoning shows the positive impact of manipulation and talks in the exercise of learners' critical thinking. However, these results must be put into perspective given the reduced sample and other parameters such as the concept addressed and the profiles of the participants.

Keywords : sciences - critical thinking - debate - manipulation - cycle 3