

## **Comparaison entre deux approches d'enseignement par investigation sur le thème de la flottabilité en collège : la problématisation favorisée dans l'approche hypothético-déductive**

**CORALIE DERRADJ, DAMIEN GIVRY**

Aix Marseille Université  
ADEF EA 4671, 13331, Marseille  
France  
coralie.derradj@gmail.com  
damien.givry@univ-amu.fr

### **RÉSUMÉ**

*De nouveaux dispositifs d'enseignement des sciences physiques comme la démarche d'investigation, sont apparus dans les curricula ces dernières années. Nous nous sommes intéressés dans ce travail aux processus de problématisation dans l'enseignement par investigation et en particulier aux dispositifs didactiques favorisant les processus de problématisation pendant un débat. Le cadre théorique de la problématisation, nous a permis de comparer deux types d'enseignement dans deux classes de cinquième ayant le même problème à résoudre sur le phénomène de flottabilité. Ces deux séquences diffèrent dans l'organisation de la tâche. En effet, la première est réalisée sans émission d'hypothèses écrites alors que la seconde nécessite la rédaction d'hypothèses avant de manipuler. L'analyse des transcriptions des vidéos des deux séquences nous ont permis de mettre en évidence que l'émission au préalable d'hypothèses par écrit favorise les explications des élèves relevant du registre des modèles au cours d'un débat en classe, ce qui devrait leur permettre une meilleure problématisation.*

### **MOTS-CLÉS**

*Didactique de la physique, investigation, problématisation, flottabilité, analyse vidéo, comparaison de deux enseignements par investigation*

### **ABSTRACT**

*New style of teaching science (as inquiry based science teaching) appeared in the French curricula during these last years. Our study focuses on two kind of inquiry based teachings and propose to identify which promote in the better way the processes of problematization during a debate. The theoretical framework of problematization, allowed us to compare two types of inquiry based teachings in two classes of grade 7<sup>th</sup> having the same problem to solved based on the phenomenon of buoyancy. These two teachings differ in the organization of students' investigation before the debate. The first teaching asks the students to resolve the problem without writing hypothesis, whereas the second necessitates that students write some hypothesis before to handling the experiment. The analysis of video transcriptions of the two sequences have allowed us to show that writing hypothesis seems to promote explanations of students in the register of models during a debate in class, which could allow to them to problematize in a better way.*

**KEYWORDS**

*Physics education, investigation, problematization, buoyancy, video analysis, comparison of teaching*

**CONTEXTE DE L'ÉTUDE**

La démarche d'investigation, dans la logique pédagogique de l'approche expérimentale, demande à être généralisée dans toutes les disciplines scientifiques. Dans les curricula (MEN, 2008), elle est décomposée en 7 moments, mais il est bien noté que tous ne doivent pas être forcément mis en œuvre dans une même séance. C'est une stratégie didactique d'enseignement qui a été mise en place dans l'enseignement secondaire, suite au projet la main à la pâte impulsé par Georges Charpak à l'école primaire. C'est une réponse possible à la désaffection des élèves pour les sciences et plus généralement des citoyens pour la science. Mais sa mise en place n'est pas évidente pour les enseignants, car elle nécessite des modifications importantes de leurs pratiques. Par ailleurs, la définition même de l'investigation en classe n'est pas stabilisée, plusieurs courants théoriques peuvent s'y croiser, ce qui peut déstabiliser les enseignants (Boilevin, 2013). Les objectifs de cette stratégie d'enseignement sont variés. Boilevin (2013) précise les conditions pour que ce type d'enseignement soit efficace : mettre en œuvre des contenus scientifiques, utiliser des tâches requérant des activités cognitives, permettre d'engager des discussions argumentatives et être l'occasion d'une structuration des connaissances. La démarche d'investigation est une transposition didactique élargie. En effet c'est une transposition non seulement des savoirs scientifiques mais aussi de la démarche scientifique dans son ensemble de savoirs, de pratiques, de normes, de valeurs et d'attitudes. Elle permet donc de développer les trois dimensions qui sont mises en avant dans l'apprentissage des sciences : « apprendre des sciences, apprendre sur les sciences et faire des sciences. » (Ibid, 2013, p. 277). Cette démarche abandonne la vision inductiviste de l'apprentissage pour privilégier l'approche hypothético-déductive à partir d'un conflit cognitif (Mathé, Méheut & De Hosson, 2008). Pour Boilevin (2013), le moment de la problématisation est l'étape pendant laquelle l'élève s'approprie le problème proposé par l'enseignant, il prend conscience de la tâche qui lui est confiée. Il reformule le problème en termes physiques. Cette étape de problématisation semble cruciale dans l'enseignement fondé par investigation. Pour autant, nos différentes lectures montrent la polysémie du terme de problématisation. La problématisation pour Fabre et Vellas (2006) est la construction du problème par l'élève qui doit articuler un certain nombre de références (les données du problème) avec un certain nombre d'inférences (les suggestions, les hypothèses). Ces auteurs ont développé une épistémologie des problèmes dans leurs constructions et non pas dans leurs simples résolutions. Pour lui, la problématisation n'est donc pas simplement une étape parmi les autres du canevas qui constitue la démarche d'investigation. Elle va bien au-delà de l'appropriation du problème par l'élève et mérite un développement particulier pour mieux comprendre son enjeu dans les apprentissages des élèves.

Pour mettre en évidence la problématisation dans un enseignement par investigation, nous comparons deux séquences d'enseignement avec un même objectif pour les élèves. Dans la première séquence, les élèves doivent émettre des hypothèses par écrit comme préconisé dans la démarche d'investigation prescrite par l'institution française (MEN, 2008). Ceci se rapproche fortement de l'approche hypothético-déductive comme l'indiquent Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009) : les élèves doivent au préalable émettre des hypothèses puis les mettre à l'épreuve par

l'expérience pour valider ou invalider leurs hypothèses. L'émission d'hypothèse par écrit est l'occasion pour l'élève de réfléchir au problème posé avant l'expérimentation. Cette étape doit donc favoriser le passage par le monde des idées, le registre des modèles. Il doit en effet convoquer ses connaissances, ses idées sur le sujet. Il pourra ensuite mettre à l'épreuve ses idées avec les expériences et ainsi les confronter au registre empirique, le registre des faits et des observations. Cette approche que nous nommons hypothético-déductive devrait donc pousser les élèves dans le registre des modèles dans un premier temps puis dans le registre empirique avant un retour dans le registre des modèles pendant l'institutionnalisation. Les grandes lignes de cette approche donnent les conditions de va et vient entre les deux registres aux élèves. Dans la deuxième séquence, les élèves ne passent pas par l'écrit pour répondre au problème posé. En effet, ils ont accès au matériel dès la présentation du problème. C'est donc à partir de l'observation et des faits expérimentaux qu'ils vont tenter de répondre au problème. Le registre empirique est favorisé dès le départ. Aucune consigne particulière ne pousse les élèves à rechercher des éléments dans le registre des modèles. Les élèves seront peut-être amenés à faire des hypothèses oralement mais ils n'ont pas de consignes dans ce sens, ce qui pourrait se rapprocher d'une démarche inductive, Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009), même si ici, l'objectif de la séquence n'est pas d'aboutir à une généralisation ou à une théorie. Cette approche que nous nommons inductive est donc plus linéaire. Elle engage les élèves dans le registre empirique dès le départ pour se terminer normalement dans le registre des modèles lors de l'institutionnalisation. Dans ce travail, nous tenterons de comparer les problématisations et plus précisément les passages dans les registres empiriques ou des modèles, traceurs de problématisation, des élèves dans les deux approches que nous nommerons approche hypothético-déductive dans le cas où les élèves émettent au préalable des hypothèses à l'écrit et inductive dans le cas où les élèves n'émettent pas d'hypothèses par écrit au préalable. Le but étant de conclure sur la séquence et les conditions qui favorisent la problématisation des élèves.

## CADRE THÉORIQUE

### *La problématisation*

L'arrivée du problème dans l'enseignement, et particulièrement dans l'enseignement des sciences, ne fait qu'accompagner un mouvement plus vaste par lequel le problème est devenu l'image même de la pensée (Fabre, 1999). En effet, apprendre, pour Fabre (1999), c'est problématiser. Cet auteur développe l'idée que les savoirs scolaires ont longtemps été des savoirs propositionnels, des savoirs sans référence à des problèmes, des savoirs « sans saveur » (Astolfi, 1992), des savoirs déconnectés qui n'ont que la durée de vie de quelques exercices. Les savoirs ne peuvent pas se réduire aux solutions des problèmes. Il convient de penser l'apprentissage sur le modèle de la recherche, basée sur la problématisation.

Le cadre théorique de la problématisation développé par Orange (2005) est un cadre qui se veut opératoire. C'est une façon de penser les relations qui peuvent exister entre les problèmes et leurs solutions. Il s'appuie sur les travaux de Bachelard, Dewey et Popper, épistémologues des sciences, qui développent une épistémologie de la construction des problèmes et non seulement de leur résolution. Bachelard (1938) développe l'idée que toute connaissance est une réponse à une question. On se rapproche de l'activité du physicien qui résout des problèmes. Popper (1991) est dans la même mouvance. Pour lui, la science commence par des problèmes. Mais tous les problèmes ne sont pas du même ordre. La particularité des problèmes scientifiques est d'être des problèmes explicatifs. Il développe l'idée que le but de la science est de donner des explications

satisfaisantes de tout ce qui étonne et paraît nécessiter une explication. Le problème scientifique est donc un problème qui fait appel à des savoirs scientifiques et non seulement à des savoirs d'actions. En effet, pour le résoudre il faut construire un modèle qui articule deux registres : le registre des modèles explicatifs et le registre empirique (Orange, 2005). Le savoir scientifique permet de résoudre des problèmes, mais ouvre aussi sur de nouveaux problèmes. Il y a une dynamique des relations entre savoir et problème qui n'existe que pour les problèmes scientifiques. Pour Dewey (1993), chaque individu construit une intelligence de la situation entre le problème perçu et sa solution en fonction des indices recueillis et mis en relation avec ses connaissances et ses savoirs pratiques. L'individu articule de façon critique les possibles et les indices repérés du problème, c'est à dire les données et les conditions. Le processus de problématisation se situe dans la construction du problème, opérations visant à déterminer les données et les conditions du problème, et la résolution du problème par l'émission d'hypothèses au regard de ces données et de ces conditions. Orange rebondit sur cette idée pour compléter le concept de problématisation qu'il situe dans les relations entre connaissances, problèmes et solutions. Pour lui, il s'agit du travail qui consiste, par l'examen critique des solutions envisagées, à explorer et à délimiter les possibles en identifiant des nécessités. La problématisation se situe dans la construction du problème, entre le problème perçu et sa solution qui met en jeu les connaissances et le cadre épistémique du sujet. Elle n'est pas dans la construction de problèmes pour produire des solutions, mais dans l'exploration, la « cartographie » du champ des possibles.

Orange (2005) met en avant deux caractéristiques dans les relations entre problématisation et conceptualisation. La première est, comme nous l'avons vu précédemment, le dynamisme des relations entre problèmes, connaissances et solutions, la deuxième réside dans l'idée de nécessité des concepts. Au cours de la problématisation, l'individu construit de façon critique des modèles explicatifs dans un cadre épistémique donné en mettant en tension le registre empirique, registre des faits observés et des expériences et le registre des modèles, registre des idées explicatives imaginées. Cette problématisation conduit l'élève au savoir et particulièrement à la nécessité de ce savoir. Cette apodicticité ou nécessité donne son caractère scientifique au savoir. C'est ce caractère apodictique, développé par Bachelard (1938), qui est le fondement de la problématisation scientifique et ses liens avec la conceptualisation. Le savoir n'est scientifique que s'il émerge d'une construction des nécessités par la mise en tension des registres empirique et des modèles et que s'il est problématisé. Cette construction est modélisée par l'espace des contraintes qui rend compte des registres empirique, registre qui contient les objets, les observations, les phénomènes de la vie quotidienne, et des modèles, monde des explications imaginées pour expliquer les éléments du registre empirique, ainsi que de leurs mises en tension dans un registre explicatif. Les élèves explorent cet espace des contraintes et organisent le champ des possibles en identifiant des nécessités. La construction des raisons des possibles va être le moteur de la problématisation et va donc permettre aux élèves d'accéder au savoir scientifique.

En conclusion, on peut repérer deux caractéristiques essentielles dans la problématisation scientifique. La première est dans l'apodicticité des savoirs. La deuxième est dans la dynamique des relations entre problème et solution. En effet, les relations (les va et vient entre problème et solutions) permettent de construire la carte de la problématisation : la carte du champ des possibles et des nécessités. Ce double mouvement dans ces deux dimensions caractérise la problématisation et la distingue d'un vague questionnement (Fabre, 2009).

Problématiser, c'est donc développer un questionnement visant à identifier les données et les conditions du problème et à les mettre en tension (Fabre, 2009). Pour problématiser, l'élève doit prendre conscience qu'il a la possibilité et la liberté d'explorer le champ des possibles. Il doit également adopter une posture critique en considérant les aspects théoriques ou empiriques des possibles. Cette attitude critique n'est possible que par l'argumentation ou l'activité langagière qu'elle soit écrite ou orale. Orange (2005) s'appuie sur Popper pour montrer l'importance de l'activité langagière dans la problématisation. Elle doit permettre à l'élève de formaliser ses idées, de donner des raisons à ses idées. C'est également l'activité langagière qui va nous permettre d'étudier la problématisation. Nous nous appuyerons sur l'analyse de l'activité langagière orale pour suivre les déplacements entre le registre empirique et le registre des modèles et leurs relations, qui favorisent le processus de problématisation.

### ***La flottaison***

Le modèle explicatif de flottaison est basé sur les lois de Newton. Nous allons tout d'abord présenter les grandes lignes de ce modèle puis les idées que peuvent avoir les enfants sur ce concept de flottaison en nous appuyant sur différentes études présentées par Canedo-Ibarra et al. (2010).

Une interprétation simple du phénomène de flottaison des corps peut se concrétiser de deux manières à partir du modèle d'équilibre de forces et de leur comparaison ou de l'équilibre des densités et de leur comparaison.

Piaget (1927) a décrit le développement des conceptions du phénomène de flottaison d'enfants de 4 à 12 ans. Selon cet auteur, les explications des enfants entre 4 et 6 ans ne correspondent pas à leurs observations. Les enfants expliquent la flottaison en termes animistes, ou alors sur la base d'une seule propriété des objets comme le poids en relation avec la volonté de l'objet. Entre 5 et 7 ans, les explications des enfants dépendent de leurs observations. Toutefois, ils ont tendance à penser que l'objet peut flotter parce qu'il est fort ou lourd. À cet âge, les idées des élèves commencent à révéler la dissociation des propriétés relevant des objets. Piaget soutient que les enfants utilisent les concepts de « poids », « volume » et « taille » indifféremment (les gros objets sont lourds, les petits objets sont légers). Entre 8 et 11 ans, les enfants commencent à utiliser ce que Piaget appelle les relations (raisons) dynamiques pour justifier leurs observations. À cet âge, un enfant peut considérer qu'un objet est si léger qu'il flotte. De cette manière, ils commencent à considérer aussi bien le volume que le poids en relation au liquide pour expliquer que quelque chose flotte ou coule. Les enfants peuvent considérer le poids léger d'un objet pour expliquer sa flottabilité bien qu'ils s'approchent d'une compréhension totale à propos des poids relatifs de l'objet et de l'eau. À partir de 12 ans, les explications des enfants à propos du concept de flottabilité se basent sur le poids relatif en différenciant densité et poids. Les enfants de cet âge soutiennent que les objets plus légers que l'eau doivent flotter.

Biddulph et Osborne (1984) indiquent que les enfants de 7 à 10 ans donnent des explications simples pour expliquer la flottaison. La majorité d'entre eux utilisent plus d'une caractéristique de l'objet, comme la présence de trous ou l'air et le poids. Ils observent que seuls quelques enfants prédisent que la même quantité d'eau peut se déplacer indépendamment de la forme quand on place les objets dans l'eau. D'autres prédisent correctement qu'un objet déplace plus d'eau si on change sa forme. Les auteurs concluent que les enfants ont des idées variées sur le pourquoi des objets flottent et d'autres coulent. En général, les explications données par les enfants sont partielles et se focalisent sur des aspects précis comme le poids, sans tenir compte des autres caractéristiques comme la taille.

Ce sont donc les processus de problématisation et donc les effets sur les élèves de cette activité de problématisation qui sont au cœur de notre travail. On peut se demander ce qui dans la situation va favoriser cette activité. Quels sont les éléments de la situation qui vont permettre d'enclencher, d'initialiser, d'induire le processus de problématisation ? Nous comparons donc deux approches pour une même tâche : l'une se rapprochant d'une approche inductive, sans émission d'hypothèses par écrit pendant laquelle les élèves ont à leur disposition le matériel pour répondre au défi de construire un bateau à l'aide d'une feuille d'aluminium capable de charger le plus de pièces possible, et l'autre se rapprochant d'une approche hypothético-déductive, avec émission d'hypothèse par écrit pendant laquelle les élèves doivent d'abord réfléchir individuellement puis collectivement à des solutions possibles avant de pouvoir tester leurs solutions avec le matériel. Cette étape de proposition de solutions, d'émission d'hypothèses, favorise-t-elle le passage par les élèves dans le registre des modèles ? Favorise-t-elle chez les élèves le processus de problématisation pendant le débat qui suit la résolution du défi ?

## MÉTHODOLOGIE

### *Contexte*

Ce travail trouve son origine dans le cadre d'une collaboration internationale entre des chercheurs Français et Brésiliens de l'université de Sao Paulo. Il s'agit, dans cette collaboration, d'étudier les conditions de mise en œuvre d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation et son efficacité. Pour cela, l'équipe française travaille à partir d'une séquence initialement élaborée par les chercheurs Brésiliens (Pessoa de Carvalho, Oliveira, Sasseron & Batistoni, 2011). Le thème principal de cette séquence porte sur la notion de flottabilité des bateaux. La séquence est constituée de trois tâches, objectifs assignés au sujet selon Leplat et Pailhous (1977). Dans ce travail, nous nous focaliserons sur la deuxième tâche, qui est un défi : « construire un bateau capable de charger le plus grand nombre de pièces possible » dont l'objectif est de mettre en évidence les différents paramètres qui interviennent dans le phénomène de flottaison comme la masse, le volume, le matériau, la présence d'air ou la forme. Dans le cahier d'activité proposé, le défi est présenté aux élèves et le matériel est à leur disposition dès la présentation du défi. Ils doivent proposer des solutions au défi en groupe à partir des observations faites au cours des manipulations qu'ils réalisent pour ensuite les présenter à la classe au cours d'un débat (Tableau 1).

Nous considérons cet enseignement comme relevant de l'approche inductive. Pour se rapprocher de la démarche d'investigation prescrite dans les programmes de collège en France, l'équipe Française a fait évoluer la tâche : la tâche prescrite est identique, c'est son organisation dans les sous tâches qui diffère (Tableau 1). En effet, dans cette évolution les élèves doivent, avant d'avoir accès au matériel, émettre des hypothèses par écrit d'abord individuellement, ensuite collectivement au niveau du groupe et ce par écrit, comme préconisé dans la démarche d'investigation prescrite (MEN, 2008). Ils valident ou invalident ensuite leurs hypothèses au cours des expériences réalisées avant de présenter leur solution au défi à la classe. Ce travail consiste à comparer ces deux approches mises en œuvre par un même enseignant sur deux classes de cinquième en France, l'une sans émission d'hypothèses écrites, dite inductive et l'autre avec émission d'hypothèses écrites, nommée hypothético-déductive.

**TABLEAU 1***Description des sous tâches des 2 types de séquence d'enseignement*

Séquence 1 (Inductive)	Séquence 2 (Hypothético-déductive)
Résoudre le défi (24 min)	Écrire une ou deux solutions envisagées pour résoudre le défi (6 min)
	Mise en commun au niveau du groupe. Écrire la solution envisagée (9 min)
	Test des hypothèses avec le matériel (19 min)
	Présentation écrite de la solution trouvée (8 min)
Débat (29 min)	Débat (17 min)
Rédaction des résultats	
Lecture de texte, discussion	

***Recueil de données***

Le but de la présente recherche n'est pas de comparer des enseignements en France et au Brésil, mais plutôt d'étudier deux séquences d'enseignements fondées sur l'investigation utilisant des approches différentes (inductive et hypothético-déductive) mises en œuvre par le même enseignant dans deux classes de cinquième Française. Ces classes étaient respectivement constituées de 19 et 20 élèves. En cinquième, les élèves français doivent travailler sur les concepts de masse et volume (MEN, 2008). Ces séquences leur permettent d'en avoir une première approche. Ils doivent savoir associer les unités aux grandeurs et lire des mesures de masse et de volume. Au Brésil, l'objectif de la séquence est de travailler sur la distribution de masse dans les embarcations. En effet, la séquence s'intègre dans un programme global portant sur l'eau destinée à des élèves de cycle 3. Le chapitre dans lequel se situe la séquence se nomme « navigation et environnement ». Nous avons choisi de situer notre recueil de données au niveau de la classe de cinquième, car il se rapproche le plus (au niveau âge), de celui des élèves de cycle 3 Brésiliens. Nous avons recueilli différents type de données : vidéo, questionnaire (Tableau 2).

**TABLEAU 2***Recueil des données pour deux classes*

14 Mars		Pré-test (39 élèves)
21 Mars	Tâche 1 : « Aide les amis à traverser la rivière sur cette barque »	Vidéos : 3 groupes + prof Audio : 3 groupes
28 Mars	Tâche 2 : « Construire un bateau pouvant charger le plus grand nombre de pièces possible » Tâche 3 : « Quelle embarcation pourra arriver à bon port ? »	Vidéos : 3 groupes + prof Audio : 3 groupe Post-test 1
5 Juin		Post-test 2

Pour pouvoir comparer le mieux possible la portée de l'intervention didactique, nous avons proposé aux élèves un test une semaine avant la première séquence pendant laquelle les élèves ont travaillé sur la première tâche. Ce même test a été donné aux élèves à la fin de la deuxième séquence, c'est-à-dire à la fin de l'intervention didactique et deux semaines après le pré-test. Les élèves ont enfin complété un deuxième post-test toujours identique aux précédents six semaines plus tard. Le pré-test nous a permis de mesurer les connaissances des élèves sur le phénomène de flottabilité avant l'intervention didactique, afin de sélectionner un groupe de 4 élèves de chaque classe ayant des connaissances pouvant être considérées comme équivalentes avant l'intervention didactique. Dans ces tests, les élèves devaient répondre à une série de questions par des schémas et des explications écrites. L'ensemble des questions teste les paramètres mis en jeu dans le phénomène de flottabilité comme la masse, le volume, le matériau, la présence d'air ou la forme. Ces questionnaires ont été fait à partir d'une analyse didactique du savoir mis en jeu, ainsi que des travaux sur les conceptions des élèves à propos de la flottabilité, (Canedo-Ibarra & al., 2010).

Dans les deux classes, trois groupes de quatre élèves ont été filmé ainsi que l'enseignant (4 caméras). Des enregistrements audio ont été réalisés pour les trois autres groupes et ce pendant les deux séquences d'une heure trente sur lesquelles étaient étalées nos différentes tâches. Pour notre étude nous avons sélectionné la vidéo d'un seul groupe de chaque classe. La constitution des groupes s'est faite au hasard. La sélection du groupe pour chacune des classes est basée sur le fait de trouver dans les pré-tests un grand nombre d'explications, pouvant être justes ou fausses du point de la physique. Pour chaque classe, nous avons retranscrit l'ensemble de la vidéo regroupant le travail du groupe, ainsi que le débat au niveau de la classe qui a suivi le travail de groupe portant sur la résolution du défi. Voici un exemple de transcription avec les codes que nous avons utilisés :

*Élève A : C'est bon ça a flotté (.) Voilà c'est bon (.) Oh les gars c'est bon ou pas ça ( ? ) (Il montre la feuille) Là j'ai fait un dessin on forme un bateau rectangle avec le papier aluminium on a mis toutes les pièces métalliques 19 écrous 9 rondelles (.) t'as oublié (inaud.)*

- (inaud.) : La qualité de la bande son ne permet pas de comprendre ce qui est dit
- ( ? ), ( ! ), ( . ) : On ne transcrit pas les intonations objectivement mais on interprète celles-ci en terme d'interrogation, d'exclamation et d'affirmation. On utilise alors les symboles utilisés dans les conventions d'écriture indiqués entre parenthèses.
- Les pauses inférieures à 1 seconde : elles sont notées « / »
- Non verbal : on indique entre parenthèses et en italique les gestes et actions.

### **Analyse**

La problématisation est la mise en tension du registre empirique et du registre des modèles que l'on modélise par un espace des contraintes, (voir tableau 3) construit à l'aide d'un registre explicatif qui dans ce cas est celui des lois de Newton. À partir de l'analyse des transcriptions, nous avons catégorisé les activités langagières orales des élèves relevant du registre empirique et du registre des modèles au cours des travaux en groupe et du débat en classe entière.

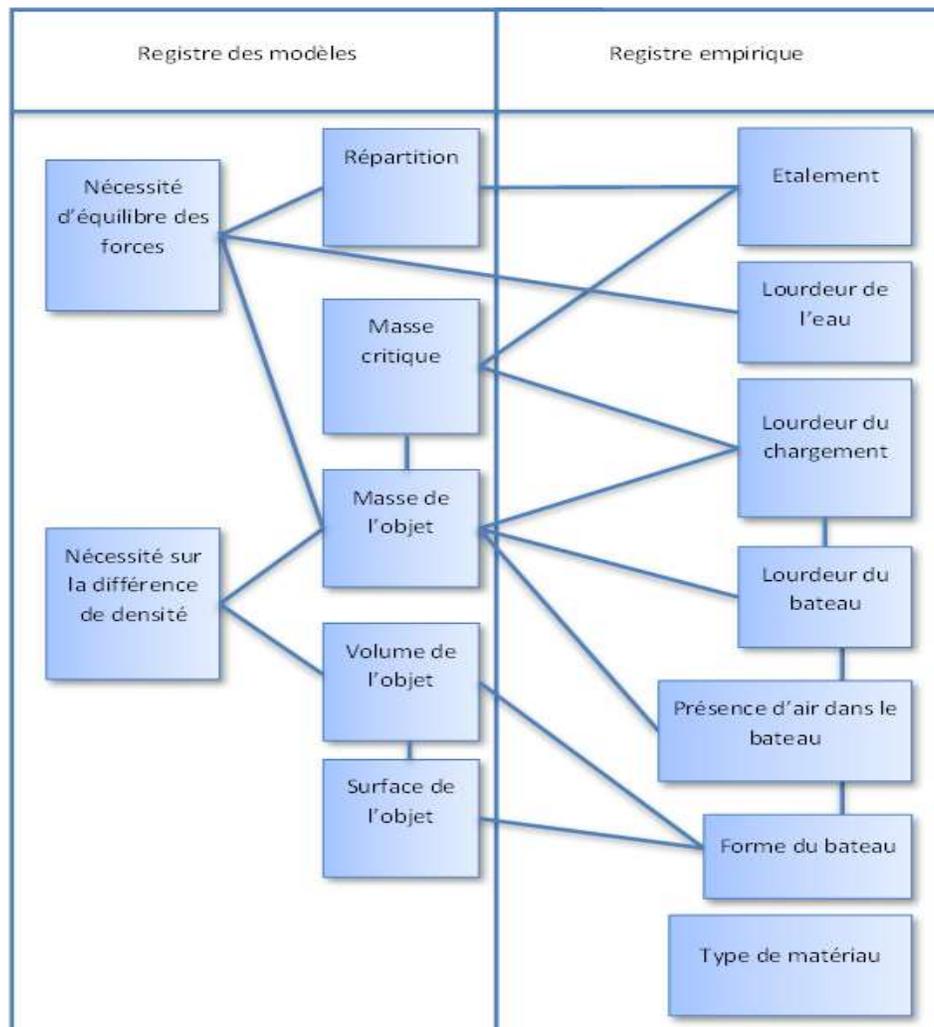
Ceci nous amène à préciser nos catégories. Rappelons d'abord la tâche prescrite : « Comment construire un bateau à l'aide d'une feuille d'aluminium capable de charger le plus de pièces possible sans couler dans l'eau ? » Dans le registre empirique nous retrouvons les éléments qui peuvent être évoqués par les élèves pendant la recherche des solutions au défi. La lourdeur est

un des arguments qui peut être avancé par les élèves. Ce peut être la lourdeur du chargement ou du bateau lui-même.

Le deuxième élément évoqué par les élèves peut être la forme du bateau avec la présence d'air ou non. On trouvera aussi des explications d'élèves utilisant la notion d'étalement ou reliant la flottabilité au type de matériau. Dans le registre des modèles, on retrouve les explications d'élèves utilisant des nécessités sur la répartition des pièces, la masse, le volume et la surface qui doivent conduire à interpréter le phénomène de flottabilité soit par la nécessité d'équilibre des forces, soit par la densité de l'objet qui doit être inférieure à celle de l'eau.

**TABLEAU 3**

*Explications des élèves relevant du registre empirique ou de celui des modèles*



**Analyse des transcriptions**

Durant les différentes sous tâches, les élèves peuvent donner des explications qui relèvent du registre empirique ou de celui des modèles. Dans les transcriptions, nous avons identifié les éléments relevant du registre empirique et du registre des modèles de l'espace des contraintes dans les interventions des élèves. Les interventions de l'enseignant ne sont pas relevées. En effet,

il intervient principalement pendant le débat, son rôle est essentiellement dans la distribution de la parole.

Prenons un exemple de transcription de l'intervention d'un élève dans le registre empirique :

*Élève B : Mais non mais au pire t'es là non mais le papier d'aluminium on le plie on fait comme une heu (fait la forme d'une demie sphère avec ses mains) un saladier tu vois un saladier et on met les boulons dedans et ça va flotter comme ça (.)*

Dans la transcription ci-dessus, l'élève évoque la forme à donner au papier aluminium pour qu'il flotte une fois chargé des pièces métalliques, pour cela il *fait la forme d'une demie sphère avec ses mains* en disant "le papier d'aluminium on fait comme une heu un saladier, tu vois un saladier". Nous interprétons son geste (forme d'une demie sphère) et sa phrase "le papier d'aluminium on fait comme une heu un saladier, tu vois un saladier" comme faisant explicitement une description de la forme du bateau. Nous codons cette phrase et sa gestuelle, dans notre catégorie : forme du bateau qui pour nous relève du registre empirique.

Prenons un autre exemple de transcription de l'intervention d'un autre élève dans le registre des modèles :

*Élève C : Si/ si ils ont très bien réparti les pièces dans leur bateau ça a très peu coulé.*

Dans l'exemple ci-dessus, l'élève dit "ils ont très bien réparti les pièces dans leur bateau" évoquant la nécessité de répartir les pièces dans le bateau pour qu'il ne coule pas. Nous codons cette production verbale dans la catégorie répartition qui relève du registre des modèles, en effet cette explication utilise le concept de répartition qui relève du champ de la physique. En conclusion son intervention sera codée dans la catégorie « répartition » du registre des modèles.

Nous avons codé la totalité des transcriptions issues des débats des deux séquences d'enseignements en regroupant les catégories relevant du registre empirique et celles étant liées au registre des modèles. Cette analyse nous a permis de faire apparaître à travers nos catégories des différences significatives entre les deux types d'enseignement (qualifié d'inductif ou d'hypothético-déductif). Elle nous a ainsi permis de comparer l'impact de ces deux séquences sur la problématisation des élèves sur la flottabilité pendant le débat.

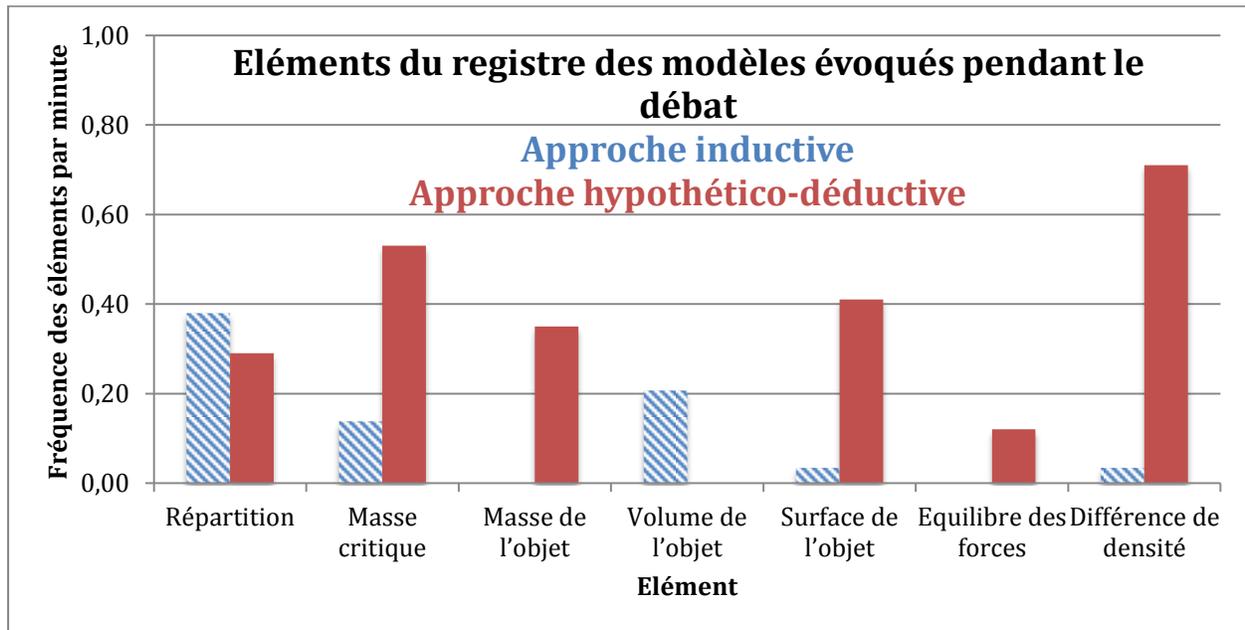
## RÉSULTATS

Nous présentons nos résultats à travers l'hypothèse suivante : « l'émission d'hypothèses par écrit favorise les explications des élèves dans le registre des modèles ». Pour vérifier notre hypothèse, nous avons codé les éléments évoqués par les élèves dans les registres empiriques et des modèles pendant le débat auquel participent tous les élèves de la classe. Les durées des débats sont différentes dans les deux approches. En effet, il dure 29 minutes dans l'approche dite inductive et 17 minutes dans l'approche hypothético-déductive. Dans cette dernière approche, un temps a été consacré à l'écriture des hypothèses. Pour pouvoir comparer les deux approches, nous avons présenté le nombre d'éléments relevant de chaque catégorie par minute, de manière à ce que les valeurs soient comparables sans prendre en compte la durée des explications. En effet ce qui nous intéresse dans cette étude est le nombre de fois où chaque élément est évoqué par les élèves et non la durée de leurs explications. Par exemple, la catégorie forme du bateau a été codée 25 fois dans l'approche inductive (durée de 29 minutes) et 14 fois dans l'approche hypothético-déductive

(durée de 17 minutes). Le nombre d'élément « forme du bateau » par minute est 0,86 pour l'approche inductive et 0,82 dans l'enseignement hypothético-déductif.

### GRAPHIQUE 1

*Fréquence des éléments évoqués par minute relevant du registre des modèles en fonction du type d'enseignement (approche inductive en bleu hachuré, approche hypothético-déductive en rouge)*



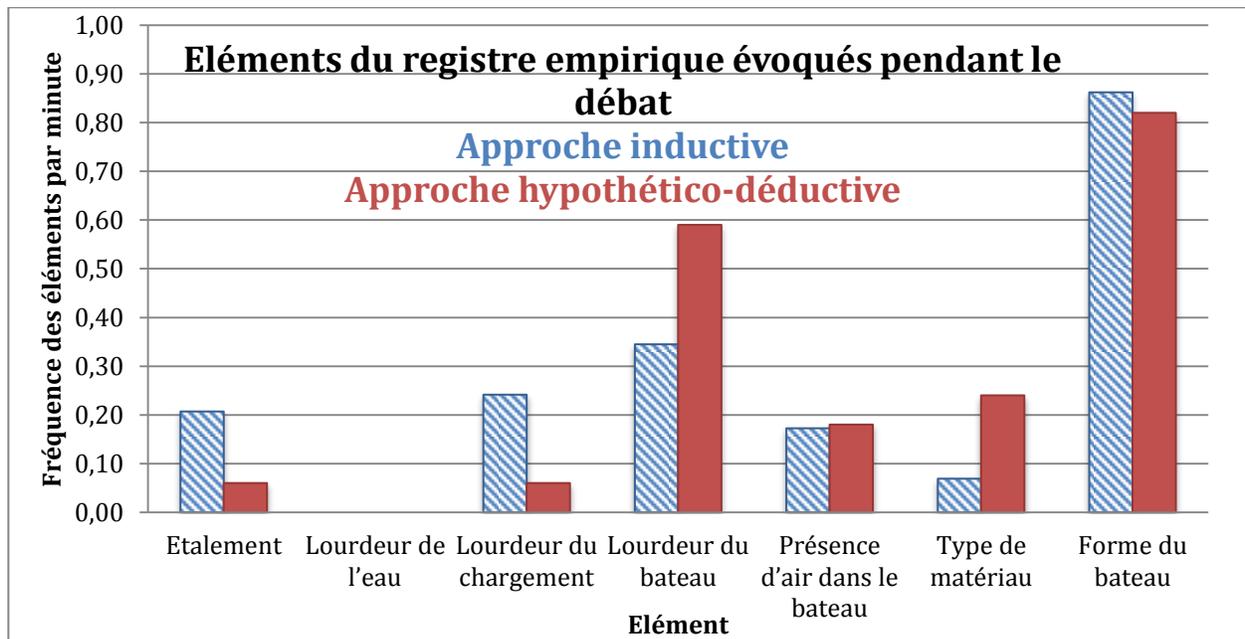
Le graphique 1 donne la fréquence des catégories relevant du registre des modèles pour les enseignements adoptant une approche inductive (bâtons hachurés bleus) et une approche hypothético-déductive (bâtons rouges).

Ce graphique montre que la quasi totalité des catégories du registre des modèles est plus évoquée dans l'approche hypothético-déductive, à l'exception des catégories "répartition" (0,38 contre 0,29) et volume de l'objet (0,20 contre 0). De plus, la comparaison entre les deux approches, de l'ensemble des catégories du registre des modèles montre qu'elles sont beaucoup plus évoquées lors de l'approche hypothético-déductive. En effet, lorsque nous faisons le total des catégories, les élèves évoquent les éléments du registre des modèles environ 2 fois par minute dans l'approche hypothético-déductive, et seulement 0,8 fois par minute pour l'approche inductive.

Dans l'approche inductive, les élèves n'ont essentiellement recours qu'à la répartition, la masse critique et le volume de l'objet dans le registre des modèles. Dans l'approche hypothético-déductive, la plupart des éléments du registre des modèles sont évoqués avec des valeurs nettement supérieures (0,53 contre 0,14 pour la masse critique ; 0,41 contre 0,03 pour la surface ou 0,71 contre 0,03 pour la différence de densité). Les élèves font donc appel plus fréquemment au registre des modèles pour construire des explications et rendre compte des faits évoqués dans le registre empirique. L'étape d'émission d'hypothèses par écrit semble favoriser le passage dans le monde des modèles pendant la phase de débat de l'enseignement. Nos résultats semblent confirmer notre hypothèse « l'émission d'hypothèses par écrit favorise les explications des élèves dans le registre des modèles ».

**GRAPHIQUE 2**

*Fréquence des éléments évoqués par minute relevant du registre empirique en fonction du type d'enseignement (approche inductive en bleu hachuré, approche hypothético-déductive en rouge)*



Le graphique 2 donne la fréquence des catégories relevant du registre empirique pour les enseignements adoptant une approche inductive (bâtons bleus hachurés) et une approche hypothético-déductive (bâtons rouges).

Le graphique montre que la somme de l'ensemble des catégories relevant du registre empirique montre une très faible différence entre les deux types d'enseignement : 2,14 fois par minute pour l'approche sans hypothèse écrite et 1,95 fois par minute pour l'enseignement avec des hypothèses écrites. Dans les deux approches, les élèves évoquent des éléments du registre empirique de façon comparable. En effet, le graphique montre que certaines catégories du registre empirique (couleurs claires) sont plus évoquées dans l'enseignement sans formulation d'hypothèse (avec 0,20 contre 0,05 pour "étalement" et 0,23 contre 0,05 pour la "lourdeur du chargement") alors que d'autres le sont pour la séquence avec formulation d'hypothèses écrites (par exemple 0,59 contre 0,34 pour la "lourdeur du bateau" et 0,24 contre 0,07 pour le type de matériau).

**CONCLUSION**

Dans les deux approches, les élèves évoquent des éléments du registre empirique de façon similaire. La différence entre les deux approches est dans le recours à des éléments du registre des modèles. En effet, ce registre est beaucoup plus évoqué dans l'approche hypothético-déductive. Les mises en tensions entre les deux registres sont donc beaucoup plus probables dans l'approche hypothético-déductive que dans l'approche inductive. Le passage par la recherche de solutions individuelles écrites puis collectives avant de pouvoir tester expérimentalement ces solutions à l'aide du matériel semble favoriser les explications des élèves relevant du registre des

modèles durant le débat. Cette approche semble encourager les élèves à rechercher en amont et évoquer les nécessités qui seront mises à l'épreuve dans les conditions dépendant du matériel. Le fait que les élèves utilisent beaucoup plus d'explications relevant du registre des modèles pendant le débat permet plus de mises en tension entre le registre empirique et celui des modèles, pouvant ainsi favoriser la problématisation. La rédaction d'hypothèses semble donc favoriser la réflexion sur les conditions des solutions possibles, ainsi que sur les raisons ou nécessités qui les sous-tendent (Fabre, 1999; Orange, 2005). Ces raisons, ces nécessités sont constitutives des savoirs problématisés.

## RÉFÉRENCES

- Astolfi, J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris: ESF.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Biddulph, F., & Osborne, R. (1984). Pupil's ideas about floating and sinking. *Research in Science Education*, 14, 114-124.
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. Bruxelles: de Boeck.
- Canedo-Ibarra, S., Castello-Escandell, J., Garcia-Wherle, P., & Morales-Blake, A. (2010). Precursor models construction at preschool education: an approach to improve scientific education in the classroom. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 4(1), 41-76.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation: fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 48-77.
- Dewey, J. (1993). *Logique. La théorie de l'enquête*. Paris: PUF.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris: PUF.
- Fabre, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris: Vrin.
- Fabre, M., & Vellas, E. (2006). *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles: De Boeck Supérieur.
- Leplat, J., & Pailhous, J. (1977). La description de la tâche: Statut et rôle dans la résolution de problèmes. *Bulletin de psychologie*, 31(332), 170-180.
- Mathé, S., Méheut, M., & de Hosson, C. (2008). Démarches d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, 41-76.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2008). Programmes de l'enseignement de physique-chimie (Collège). *Bulletin officiel du Ministère de l'Éducation Nationale*, n° 6 .
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'Éducation - Pour l'ère nouvelle*, 38, 69-94.
- Pessoa de Carvalho, A. M., Oliveira, C., Sasseron, L. H., & Batistoni, M. (2011). *Investigar e Aprender Ciências*. Sao Paulo: Sarandi.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: Félix Alcan.
- Popper, K. (1991). *La connaissance objective*. Paris: Aubier.