

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

ANTONIN BOYER, DAMIEN GIVRY

Aix Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
antonin.boyer@etu.univ-amu.fr
damien.givry@univ-amu.fr

ABSTRACT

Our study shows the impact of one formulation of hypotheses on students' ideas and their manipulations during the handling of an inquiry based teaching on buoyancy. The same teacher taught two lessons (with and without writing previsions) to 12-13 years old students (grade 7). The analysis of videos and written works of 24 students shows that formulation of previsions favors ideas close to the physic point of view and material solutions more in agreement with it. It also, shows that students do not test their hypotheses and speak about different ideas during formulation of hypotheses and inquiry.

KEYWORDS

Inquiry based teaching, formulation of hypotheses, buoyancy, manipulation, students' ideas

RÉSUMÉ

Notre recherche étudie l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur les idées des élèves et leurs manipulations durant l'expérimentation dans une démarche d'investigation concernant la flottabilité. Deux enseignements (avec et sans formulation de prévisions) ont été conduits par le même enseignant avec des élèves de 12-13 ans (grade 7). L'analyse des vidéos et des productions écrites de 24 élèves montre que formuler des prévisions favorise l'évocation d'idées plus

proches du point de vue de la physique et l'élaboration de solutions matérielles plus concordantes avec celui-ci. Elle montre, également, que les élèves ne testent pas leurs prévisions et évoquent des idées différentes pendant les moments de formulation d'hypothèses et d'investigation.

MOTS-CLÉS

Démarche d'investigation, formulation d'hypothèses, flottabilité, idées des élèves, manipulation

INTRODUCTION

De nombreuses études internationales (OCDE, 2006; High Level Group on Science Education, 2007) font mention d'un désintérêt des élèves pour les sciences et les technologies. Ce constat a conduit plusieurs pays à mettre en place et à développer des enseignements scientifiques fondés sur l'investigation (Boilevin, 2013).

De nombreux travaux internationaux de recherche en science de l'éducation se sont intéressés à ce type d'enseignement (Minner, Levy & Century 2010). Ces recherches ont étudié différents aspects des enseignements fondés sur l'investigation, notamment : (a) les contenus de ces enseignements, (b) les caractéristiques des activités des élèves, (c) les conceptions et représentations des enseignants et (d) la mise en œuvre effective de ce type d'enseignement (Venturini & Tiberghien, 2012; Boilevin 2013). Notre étude s'intéresse aux apprentissages des élèves durant la mise en œuvre effective d'enseignements fondés sur l'investigation.

En France, ces enseignements sont définis dans les programmes de physique au collège à travers la démarche d'investigation, présentée comme: «une démarche qui s'appuie sur le questionnement des élèves sur le monde réel (en sciences expérimentales et en technologie) et sur la résolution de problèmes (en mathématiques). Les investigations réalisées avec l'aide du professeur, l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications débouchent sur l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et sur la mise au point de savoir-faire technique» (MEN, 2008, p. 5). Elle est caractérisée par un canevas constitué de sept moments essentiels pouvant être adaptés au projet pédagogique de l'enseignant (MEN, 2008):

1. «Le choix d'une situation – problème»,
2. «l'appropriation du problème par les élèves»,
3. «la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles»,
4. «l'investigation, ou la résolution du problème, conduite par les élèves»,
5. «l'échange argumenté autour des propositions élaborées»,
6. «l'acquisition et la structuration des connaissances»,
7. «la mobilisation des connaissances».

Notre étude s'intéresse au rôle du moment de formulation d'hypothèses explicatives sur l'investigation conduite par les élèves. En effet, Prieur, Monod-Ansaldi et Fontanieu (2013) considèrent que parmi les sept moments du canevas, la «formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles» constitue une étape clé de la démarche hypothético-déductive qui caractérise les enseignements scientifiques fondés sur l'investigation. Cependant, les travaux sur la mise en place d'une étape de formulation d'hypothèses en classe montrent que c'est une phase souvent laissée de côté par les enseignants qui privilégient avant tout l'expérimentation (Calmettes, 2009; Venturini & Tiberghien, 2012). Des recherches Françaises (Pelissier & Venturini, 2012) et Américaines (Windschilt, Thompson & Braaten, 2008) montrent que même lorsque cette étape est présente, elle est très souvent limitée et peu prise en compte par les enseignants. Il apparaît donc une rupture entre l'importance accordée à la formulation d'hypothèse dans les travaux sur les enseignements fondés sur l'investigation et la façon dont elle est réellement mise en place en classe. L'hypothèse en tant que telle n'est pas définie dans les programmes ce qui pourrait expliquer un certain nombre de confusions.

En effet, Mathé, Meheut et De Hosson (2008) montrent que sur les fiches d'aides issues des sites de différentes académies, certaines demandent aux élèves de formuler des hypothèses, d'autres donnent les hypothèses à tester et enfin les dernières demandent de formuler de simples prévisions. Pour ces auteurs la prévision est de nature empirique. Elle porte sur des observables et sur des faits isolés et ne peut pas servir de cadre à l'élaboration d'une théorie, contrairement à l'hypothèse.

Le rôle de l'hypothèse dans la démarche scientifique a suscité au cours de l'histoire de nombreuses polémiques, par exemple son statut dans les démarches inductivistes ou déductivistes (Cariou, 2011). En revanche, certains éléments de la définition de ce qu'est une hypothèse scientifique semblent être partagés par plusieurs auteurs (Mill 1866; Peirce, 1964; Dewey, 1993): (a) l'hypothèse doit être ancrée à une théorie, (b) elle exprime un rapport de causalité traduit par la formulation «si...alors...», (c) elle est validée par l'expérience.

On retrouve ce lien entre hypothèse et théorie chez Poincaré (1968) qui considère entre autres l'hypothèse à tester comme une généralisation. C'est cette généralisation qu'il considère comme l'hypothèse explicative qui guide l'expérience. L'hypothèse semble donc être une théorie non encore acceptée qui doit guider l'expérience et qui se formule par la mise en relation de deux variables.

Popper (1973, p. 58) propose de distinguer: l'hypothèse, de la prévision. «Nous avons donc deux espèces différentes d'énoncés, toutes deux nécessaires à une explication causale complète, (1) des énoncés universels, c'est à dire des hypothèses ayant le caractère de lois universelles et (2) des énoncés singuliers se rapportant à l'événement particulier en question et que j'appellerai (dorénavant) «conditions initiales». C'est de la conjonction des énoncés universels et des conditions initiales que nous déduisons

l'énoncé singulier «ce fil cassera». Nous appelons cet énoncé une prévision spécifique ou singulière».

De nombreux travaux internationaux en didactique des sciences se sont intéressés au sens que donnent les enseignants au terme hypothèse. Par exemple, Prieur et al. (2013) montrent que ce terme revêt en France des définitions différentes pour les enseignants en fonction de la discipline dans laquelle ils enseignent. De même, Gyllenpalm et Wickman (2011) montrent que l'emploi du mot «hypothèse» en Suède, peut varier selon les institutions. Ils montrent qu'en recherche ce terme renvoie à une tentative d'explication ancrée dans un cadre théorique à partir de laquelle des prévisions peuvent être dérivées. Ce terme est très peu utilisé et il n'est pas discuté dans ce qu'ils appellent des cours de science pure (correspondant aux formations universitaires de sciences). En revanche, dans les formations des enseignants ou dans la science enseignée à l'école, les hypothèses renvoient à «une suggestion ou à une prévision simple à propos d'un résultat».

Dans l'enseignement fondé sur l'investigation que nous avons élaboré à propos de la flottabilité, le moment de formulation d'hypothèse est introduit par une tâche qui demande aux élèves de faire une prévision à propos de la forme la plus adaptée à donner à un bateau en papier aluminium, afin qu'il puisse supporter le chargement le plus lourd possible. Cette tâche se rapproche beaucoup plus de la façon dont l'hypothèse est perçue dans les institutions scolaires (prévision simple selon Gyllenpalm & Wickman, 2011) que d'une explication causale rattachée à une théorie scientifique (Popper, 1973).

D'autres travaux concernant l'analyse de la phase de formulation d'hypothèses en classe ont mis en avant : (a) les différentes stratégies mises en place par les enseignants pour aider les élèves à formuler des hypothèses (Oh, 2010), (b) les différents types d'hypothèses formulées (Park, 2006), ainsi que (c) les moyens utilisés par les élèves pour les formuler et les tester (White 2004; Thomkins & Tuncliffe, 2010).

Des modèles ont été proposés pour caractériser les démarches d'investigation. Le modèle à six dimensions de Grangeat (2013) qui s'intéresse aux pratiques des enseignants. Et le modèle de Cariou (2013) sur l'authenticité multi-critériée des démarches d'investigation. Concernant le moment de formulation d'hypothèses, le modèle à six dimensions (Grangeat, 2013) catégorise ce moment en fonction du guidage que reçoivent les élèves quant à la mise en place du protocole expérimental. Le modèle de Cariou (2013) sur l'authenticité multi-critériée des démarches d'investigation s'appuie, quant à lui, sur : (a) la présence ou non d'une étape de formulation d'hypothèses, (b) le fait que les hypothèses soient construites par l'enseignant ou les élèves, (c) l'existence d'une discussion sur la recevabilité de ces hypothèses et (d) la qualité des hypothèses retenues par la classe (réels faits d'observation ou évidences).

En neuroscience, Lee et Kwon (2012) montrent que les zones du cerveau qui s'activent sont différentes en fonction de la nature de la tâche concernant les hypothèses

lors d'enseignements de biologie. Les résultats de ces recherches présentent une activité neuronale différente chez des lycéens quand les hypothèses leurs sont présentées ou quand ils les formulent eux-mêmes. Cette différence conduit les auteurs (ibid.) à insister sur la nécessité d'explicitier sous quelle forme les hypothèses seront traitées durant l'enseignement. La formulation d'hypothèses par les élèves (White, 2004; Park, 2006; Thomkins & Tuncliffe, 2010; Lee & Kwon, 2012) et le rôle que peut jouer l'enseignant dans cette formulation (Oh, 2010) induisent donc des activités particulières pour ces acteurs.

Dans le cadre de notre recherche, nous souhaitons étudier l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses par les élèves sur leurs apprentissages durant un enseignement fondé sur l'investigation en considérant le terme hypothèse comme faisant référence à des prévisions simples des élèves.

Cette étude nécessite l'élaboration et la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en classe, ainsi qu'une analyse fine des actions des élèves durant les moments de formulation d'hypothèses et d'investigation. L'implication de cette étude contribue à une meilleure compréhension de l'apprentissage des élèves durant certains moments d'un enseignement fondé sur l'investigation. Elle devrait faciliter la mise en œuvre et la gestion de ces moments par les enseignants.

TÂCHE-ACTIVITÉ, ACTIONS DE MANIPULATION ET IDÉES DES ÉLÈVES

De manière générale, ce travail s'intéresse aux processus d'enseignement-apprentissage dans le cadre des enseignements fondés sur l'investigation et plus particulièrement, à l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses écrites sur l'apprentissage d'élèves Français de cinquième (grade 7, 12 ans), durant une démarche d'investigation. Notre cadre théorique s'inscrit dans le champ de la didactique des sciences physiques et adopte une approche socio-constructiviste de l'apprentissage basée sur l'analyse de l'activité des élèves (Leont'ev, 1978). Cette approche considère l'action comme unité d'analyse et permet de l'étudier à travers différents contextes définis par chacune des tâches de la séance. À partir de recherches préalables (Givry, 2013), nous avons distingué deux types d'actions: (1) les actions de manipulation qui correspondent aux gestes ergotiques des élèves permettant d'aboutir à une réalisation matérielle concrète (dans notre cas, différents types de bateaux construits à partir d'une feuille d'aluminium) et (2) les actions sémiotiques liées à la communication, que nous nommerons "idées" et qui permettent de suivre l'évolution des connaissances des élèves au fil de la séance.

Tâche & Activité

La théorie de l'activité, développée à partir des travaux de Leont'ev (1978), propose de

distinguer : la tâche (ce qui est demandé de faire) de l'activité (ce que réalise vraiment les personnes). Cette distinction est un élément central de la théorie de l'activité (Rogalski, 2008). Il existe une seconde distinction qui est faite entre tâche prescrite et tâche effective. Le sujet répond à une tâche qui lui est proposée, c'est la tâche prescrite. Mais le sujet se fait une représentation de cette tâche et la redéfinit, c'est la tâche effective. C'est à cette tâche effective que répond l'activité du sujet (Rogalski, 2008).

Dans le cadre de cette étude, c'est l'analyse du document distribué aux élèves sur lequel les consignes étaient inscrites, qui nous a permis de déterminer les tâches proposées aux élèves. Ce travail préalable a constitué la base sur laquelle nous avons reconstruit l'activité des élèves à travers l'analyse de leurs actions pour répondre aux différentes tâches de l'enseignement.

Activité-Action-Opération

Dans le cadre de cette étude, l'analyse de l'apprentissage des élèves s'appuie sur la structure générale de l'activité qui se décompose en trois unités d'analyse (Leont'ev, 1978): (1) l'activité, qui est associée à un mobile (conscient ou non) qui répond à un besoin du ou des sujets, (2) les actions, qui, quant à elles, sont subordonnées à des buts conscients, et enfin, (3) les opérations qui renvoient aux conditions de réalisation des buts concrets.

Les actions sont dirigées par un but conscient, mais sont stimulées par le mobile de l'activité et s'expriment à travers des opérations qui renvoient aux méthodes spécifiques de réalisation de leurs buts.

Dans le cas de cette étude par exemple, l'activité des élèves est associée au fait d'apprendre ce qui fait qu'un bateau flotte. Cette activité est décomposée en actions qui sont subordonnées à ce que les élèves doivent faire pour répondre aux tâches de la séance. Ici les élèves doivent construire avec une feuille d'aluminium, un bateau qui continue de flotter, lorsqu'on le charge avec le plus grand nombre de pièces métalliques possibles. Ils doivent aussi échanger au sein du groupe, afin de déterminer pourquoi le bateau coule ou non. Les opérations qui permettent de réaliser ces actions sont constituées de ce que font les élèves pour réaliser leur bateau ou pour échanger: attraper la feuille, la poser dans la bassine remplie d'eau, utiliser un mot spécifique pour expliquer un paramètre de flottabilité etc...

Actions: manipulation et communication

Pour notre recherche, nous avons choisi de nous focaliser sur deux types d'actions des élèves en tenant compte du contexte. Les actions de manipulation, qui correspondent aux gestes ergotiques (Givry & Roth, 2006), permettant de produire des réalisations matérielles pour répondre directement aux buts d'une tâche (par ex.: construire un bateau capable de charger le plus de petites rondelles métalliques sans couler) et les

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

actions de communication que nous décrivons à travers la reconstruction des idées des élèves (Givry & Tiberghien, 2012).

Idées des élèves

L'étude des idées des élèves s'appuie sur l'analyse du sens exprimé par les élèves à travers le langage écrit et oral (Givry & Tiberghien, 2012). Cette analyse du discours se centre sur le point de vue des élèves (et non sur celui de la physique) pour reconstruire le sens exprimé à travers les actions de communication de ces derniers.

La reconstruction des idées des élèves s'appuie sur l'ensemble des registres sémiotiques (texte, graphe, formule, dessin..) utilisés à l'écrit (Duval, 1995) et sur certaines ressources sémiotiques (parole, geste et éléments de la situation rendus saillants) utilisées lors de la communication (Givry & Roth, 2006). L'idée devient alors une reconstruction par le chercheur du sens exprimé par une personne à travers son discours, ses gestes et les éléments saillants du contexte.

Idées sur la flottabilité

Dans le cadre de cette recherche, les idées des élèves ont été analysées et catégorisées à partir des paramètres physiques qui font qu'un bateau flotte ou coule et des travaux sur les conceptions à propos de ces paramètres.

Du point de vue de la physique, c'est la densité d'un objet qui fait qu'il flotte ou non dans l'eau. La densité est calculée par le quotient de la masse volumique de l'objet divisé par la masse volumique de l'eau. Ce sont donc la masse et le volume de l'objet qui constituent les paramètres de flottabilité les plus importants. Cependant, les travaux en didactique des sciences montrent que les élèves associent à la flottabilité d'un objet de nombreux paramètres qui diffèrent de ceux mobilisés d'un point de vue scientifique. Ces paramètres concernent principalement la nature de l'objet, sa fonction, et parfois sa couleur (Howe, 1998).

Parmi les paramètres, évoqués par des élèves de 13 ans (grade 8), qui sont liés aux caractéristiques physiques de l'objet, on retrouve d'une part des explications qui font référence uniquement à un seul d'entre eux, comme la taille de l'objet, sa masse, son volume ou sa forme (Cepni, Sahin & Ipek, 2010). Par exemple, Ünal et Coştu (2005) montrent que certains élèves de 13 ans (grade 8), en Turquie, associent les objets avec une forme géométrique à des objets qui flottent, et les autres à des objets qui coulent. D'autres travaux montrent que pour des élèves de 14 ans (grade 9) aux États-Unis, c'est la présence d'air dans la structure de l'objet qui est associée au fait que celui-ci flotte (Moore & Harrison, 2006). De plus, certains élèves se réfèrent à des explications qui s'appuie sur l'association de ces différents paramètres (Ünal & Coştu, 2005; Cepni & al., 2009).

Enfin, certains élèves expliquent la flottabilité d'un objet en mettant en relation certains paramètres de l'objet avec des paramètres du liquide contenant l'objet. Ünal et

Coştu, (2005) ont également trouvé chez certains élèves des explications liées au fait: (a) qu'un objet plus lourd que l'eau coule, (b) que plus de gravité est appliquée sur les objets lourds, (c) qu'un objet qui flotte est plus dense qu'un objet qui coule ou qui se maintient entre la surface et le fond, (d) que la densité des objets qui se maintiennent entre la surface et le fond est plus faible que celle du liquide, (e) que la densité des objets qui se maintiennent entre la surface et le fond est la même que celle des objets qui flottent, ou encore (f) que la flottabilité est une force qui compense le poids de l'objet.

Dans le cadre de notre analyse nous avons considéré que les paramètres évoqués par ces élèves pouvaient apparaître dans les actions de communication des élèves de douze ans (grade 7) avec lesquels nous avons travaillé. Nous avons donc intégré, dans notre grille d'analyse des idées des élèves, les paramètres associés à la forme de l'objet, sa taille et la présence d'air dans sa structure.

QUESTIONS DE RECHERCHE

Notre étude propose d'apporter des éléments sur les conditions de mises en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation à propos de la flottabilité. Et notamment de répondre aux questions: Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'apprentissage des élèves durant le moment d'investigation ? Et quel est l'impact de la formulation de prévisions écrites sur les manipulations et les idées effectives des élèves au moment d'une investigation ?

MÉTHODOLOGIE

Protocole expérimental

La méthodologie proposée pour répondre à cette question de recherche est une méthodologie de type expérimental. En effet, nous avons essayé, dans la mesure du possible, de neutraliser les effets liés aux variables concernant: l'enseignant, la construction de la séance et le niveau des élèves, de manière à pouvoir analyser essentiellement l'impact de la variable «présence du moment formulation d'hypothèses écrites». Afin d'observer cet impact sur la manipulation et les idées des élèves, deux séquences fondées sur l'investigation composées chacune de deux séances ont été mises en place. Dans la première, les élèves ont été amenés à réaliser directement le moment d'investigation, alors que dans la seconde ce moment est précédé d'une étape de formulation écrite d'hypothèses.

Ces séquences ont été adaptées par notre équipe de recherche en France à partir de l'enseignement élaboré par l'équipe de recherche de la Faculdade de Educação de l'université de São Paulo (Sasseron & de Carvalho, 2011). Les deux enseignements ont

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

ensuite été réalisés par le même enseignant (ayant une certaine expérience professionnelle des démarches d'investigation), afin de limiter les facteurs liés à sa mise en œuvre en classe. L'enseignant n'a pas participé à l'élaboration des enseignements se composant de deux séances. Les documents présentant le déroulement des séances ont été remis à l'enseignant une semaine avant leur mise en place effective. Concernant la gestion de ces séances, il a été demandé à l'enseignant de se conformer à la fiche de consignes qui lui avait été distribuée et de limiter ces interventions lors de la phase de manipulation à l'explication et l'organisation de la tâche (notamment la gestion du travail en groupe, du temps, et du matériel). Les objectifs de la recherche et la différence entre les séances des deux classes n'a pas été présentée aux élèves, à qui il a juste été dit lors de la première séance qu'il participait à un projet de recherche sans plus de précision.

La première séance dure une demi-heure et correspond à la tâche n°1, la seconde dure une heure et demi environ et comprend les tâches n°2 et n°3 (voir tableau 1).

TABLEAU 1

	Séance sans formulation explicite d'hypothèses		Séance avec formulation explicite d'hypothèses	
Tâche 1	Résoudre l'énigme du bateau et des 3 amis			
Tâche 2	Sous-tâche 2.1	Investigation pour résoudre le défi	Sous tâche 2.1.1	Écrire individuellement une ou deux solutions envisagées pour résoudre le défi.
			Sous tâche 2.1.2	Mise en commun des solutions au niveau du groupe. Écriture de la solution retenue.
			Sous tâche 2.1.3	Investigation pour résoudre le défi
			Sous tâche 2.1.4	Écriture de la solution trouvée
	Sous tâche 2.2	Échange argumenté		
	Sous tâche 2.3	Rédaction des résultats		
	Sous tâche 2.4	Lecture de texte et discussion		
Tâche 3	Mobilisation des connaissances: analyse d'image			
<i>Organisation et découpage initial de la séance prévue</i>				

La tâche n°1 est réalisée au cours des trente dernières minutes de la première séance, où l'enseignant a jusque-là dirigé librement son cours. Pour réaliser cette tâche, les élèves doivent résoudre l'énigme suivante: «Trois amis veulent traverser une rivière. La barque qu'ils possèdent supporte au maximum 130 kilos. Les trois amis pèsent respectivement 60, 65 et 80. Comment doivent-ils procéder pour traverser la rivière, sans faire couler le ba-

teau?». La résolution de cette énigme se divise en une réflexion par groupe de trois ou quatre élèves pour trouver une solution, puis la proposition de cette solution à la classe au cours d'un débat.

La réponse à cette énigme nécessite de tenir compte de la charge maximum du bateau (130 kilogrammes) et de faire plusieurs aller-retour: tout d'abord, il faut que les amis de 60 et 65 kilogrammes traversent avec la barque sur l'autre rive de la rivière, puis qu'un des deux (par exemple celui de 60 kilogrammes) revienne sur la rive de départ, pour permettre à la personne de 80 kilogrammes de traverser tout seul. L'ami de 65 kilogrammes (resté sur l'autre rive de la rivière) va ramener la barque seul sur la rive de départ pour finalement permettre aux deux amis de 60 et 65 kilogrammes de traverser une seconde fois sur l'autre rive de la rivière. L'objectif de cette tâche est que les élèves appréhendent la notion de charge maximale d'une embarcation et utilisent la répartition des charges pour chacun des voyages de la barque.

Cette tâche, commune aux deux approches, a pour but de familiariser les élèves avec le dispositif vidéo et n'a pas été prise en compte dans nos analyses.

La seconde séance d'une heure et demie se compose des tâches n°2 et n°3 (voir tableau 1). La tâche n°2 correspond à la résolution d'un défi qui consiste à partir d'une feuille de papier aluminium à construire un bateau et de le charger avec le plus grand nombre de petites rondelles métalliques sans qu'il coule. Une fiche, sur laquelle le défi et les consignes sont indiquées, est distribuée aux élèves pour accompagner la séance. Le défi y est présenté de la façon suivante: «*Comment construire un bateau capable de charger le plus grand nombre de petites rondelles sans couler dans l'eau?*».

Dans la séance avec émissions d'hypothèses écrites, les élèves doivent réaliser différentes sous-tâches pour résoudre ce défi, alternant travail individuel, en groupe et en classe entière. Durant la sous-tâche n°2.1.1, ils doivent rédiger une ou deux solutions individuellement sur une feuille de papier après qu'on leur ait présenté le matériel, sans qu'ils aient la possibilité de le toucher. Ensuite, la sous-tâche n°2.1.2 leur demande de discuter ces solutions et de choisir par groupe de trois ou quatre, une solution commune qu'ils devront représenter sur la moitié d'une feuille de format A3. Sur la fiche ces sous-tâches sont présentées aux élèves de la manière suivante: «*individuellement, pense aux solutions possibles pour résoudre le défi. Écris et dessine une ou deux solutions envisagées sur ta feuille*». Juste sous cette consigne un encart présente aux élèves le matériel qu'ils auront à disposition: des feuilles d'aluminium, une bassine remplie d'eau et des rondelles métalliques. Puis la fiche indique «*Explique ta ou tes solutions à ton groupe et écoute les solutions proposées par les autres membres de ton groupe. Ensemble, vous devez proposer une solution pour le groupe. Écrivez et dessinez la solution envisagée sur la moitié de la grande feuille commune au groupe*». Ces premières sous-tâches n°2.1.1 et 2.1.2, correspondent à une phase de formulation d'une prévision où les élèves doivent imaginer une solution. Le choix de cette solution par le groupe, devrait amener les élèves à débattre et argu-

menter à propos de leur solution en évoquant leurs idées sur les paramètres de flottabilité d'un bateau.

Après avoir inscrit cette solution sur la feuille, les élèves, toujours par groupe, peuvent commencer à manipuler (sous-tâche n°2.1.3). Ils ont à leur disposition, une bassine remplie d'eau, des rondelles et des écrous de tailles différentes, ainsi qu'une feuille de papier aluminium qui leur est distribuée chaque fois qu'ils en expriment le besoin. Enfin, à l'issue de la phase de manipulation les groupes sont amenés à sélectionner la solution qui a le mieux fonctionné parmi celles qu'ils ont testées. Ils devront au final comparer la solution sélectionnée avec celle qu'ils ont proposé pendant l'étape de formulation d'hypothèses (sous-tâche n°2.1.4). La fiche distribuée aux élèves pour cette sous-tâche indique «*À l'aide du matériel, vérifiez votre solution. Vous pouvez tester d'autres solutions. Écrivez et dessinez la solution adoptée sur l'autre moitié de la grande feuille commune*». Dans cette sous-tâche, le matériel laissé à disposition des élèves devrait leur permettre de manipuler pour essayer de faire émerger les variables principales, comme la masse et le volume des embarcations. En jouant sur la surface d'aluminium utilisée pour construire le bateau et la forme choisie les élèves pourront appréhender la notion de volume. L'utilisation des rondelles métalliques pour charger le bateau devrait permettre aux élèves d'approcher la notion de masse critique en fonction du nombre de rondelles utilisées, ainsi que la répartition de ces dernières dans le bateau. La solution attendue du point de vue de la physique est de faire un bateau avec le plus grand volume possible à partir d'une feuille d'aluminium et de répartir de façon homogène les rondelles métalliques. C'est la relation entre ces deux variables qui permettra aux élèves d'appréhender le concept de densité. L'appréhension de ce paramètre constitue l'objectif de la séance, afin d'éventuellement favoriser la compréhension des élèves des phénomènes de flottabilité.

Dans la séance n°2 sans moment d'émission d'hypothèses, le même matériel est laissé à disposition des élèves dès le début, afin qu'ils puissent commencer à manipuler directement (sous-tâche n°2.1). Ils n'ont pas à sélectionner de solution à l'issue de cette phase. La fiche qui leur est distribuée présente le défi sous lequel un encart présente directement le matériel laissé à leur disposition, il n'y a pas de consigne spécifique pour la manipulation.

La suite de la résolution du défi est commune aux séquences avec et sans étapes d'une formulation d'hypothèses. Les élèves doivent débattre de leurs solutions en classe entière (sous-tâche n°2.2). Cette sous-tâche a pour objectif la discussion autour des paramètres de flottabilité dégagés à partir de la manipulation. C'est lors de cette phase que les élèves peuvent être amenés à évoquer la notion de densité. Puis à l'issue de ce débat les élèves doivent rédiger la solution retenue (sous-tâche n°2.3). Cette sous-tâche a pour but d'institutionnaliser les concepts travaillés. Les élèves pourront individuellement formaliser ces concepts à partir des gestes, et des discussions à propos des relations établies pendant le défi proposé. Enfin, la tâche n°2 se termine par une lecture de texte et une analyse de photos en classe entière (sous-tâche n°2.4). Ces textes et photos correspondent à des

réalisations que les élèves auraient pu faire et qu'ils doivent commenter. L'objectif de cette sous-tâche est d'identifier les paramètres importants pour la flottabilité d'un bateau. À travers la lecture du texte et l'analyse des images, l'enseignant pourra revenir sur la taille et la forme du bateau et leur relation avec la capacité de charge

La séance se termine par la tâche n°3 qui est commune aux deux approches. Cette tâche correspond à une analyse individuelle d'images qui a pour but d'opérationnaliser les connaissances. Le document remis aux élèves, présente les images de quatre bateaux et de leurs chargements. Ces images représentent certains paramètres de flottabilité que les élèves sont susceptibles de dégager au cours de la séance. Les élèves doivent, pour réaliser cette analyse choisir parmi les quatre images, celle qui leur paraît représenter le meilleur bateau et justifier ce choix. L'objectif est la mise en application des idées dégagées précédemment et notamment la nécessité de distribution de la masse dans une embarcation. Les élèves peuvent en effet choisir deux des images qui sont présentées et qui présentent une répartition des charges optimale.

Participants

Notre échantillon se compose d'un seul enseignant (avec quelques années d'expérience) et de quarante et un de ses élèves de cinquième (grade 7, âgés de 12-13 ans) provenant de deux classes d'un collège ordinaire d'une ville de taille moyenne du sud de la France. Les deux classes se composent de dix-neuf élèves (huit filles et onze garçons) et vingt-deux élèves (huit filles et quatorze garçons). Nous avons effectué des tests statistiques (moyenne et χ^2) à partir de pré-questionnaires passés par les élèves lors d'une précédente recherche (Derradj, 2013). Ces tests permettent de considérer les deux classes comme statistiquement équivalentes du point de vue de leurs connaissances en physique sur la flottabilité avant enseignement. Dans le cadre de cette étude préalable, la chercheuse a codé les questionnaires en associant à chaque question un paramètre de flottabilité (Derradj, 2013). Ce codage a permis d'observer, dans le cadre du questionnaire quels paramètres était maîtrisés par les élèves. À partir de ce codage, nous avons réalisé, un test de moyenne et un test de χ^2 de distribution des deux échantillons. Les tests statistiques montrent que les classes sont équivalentes tant au niveau du nombre de paramètres utilisés dans les justifications qu'au niveau des réponses sur chaque type de paramètres (poids, type de matériaux, forme, présence d'air dans le bateau, volume, type de fluide, distribution de la masse)

Recueil des données

Pour comparer les deux séances, nous avons recueilli: (a) durant les séquences d'enseignement 3 types de données (enregistrements vidéo, audio et les productions écrites des élèves) et (b) à trois intervalles de temps différents le même questionnaire (tableau 2).

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

TABLEAU 2

Date du recueil	Tâches	Type de données
14 Mars 2013	Pré-test	Questionnaire à tous les élèves
21 Mars 2013	Tâche 1	Enregistrement vidéo (3 groupes d'élèves) Enregistrement vidéo (enseignant) Enregistrement audio (3 groupes d'élèves) Productions écrites de tous les élèves
28 Mars 2013	Tâche 2 et 3 + Post-test 1	Enregistrement vidéo (3 groupes d'élèves) Enregistrement vidéo (enseignant) Enregistrement audio (3 groupes d'élèves) Productions écrites de tous les élèves Questionnaire à tous les élèves
5 Juin 2013	Post-test 2	Questionnaire à tous les élèves

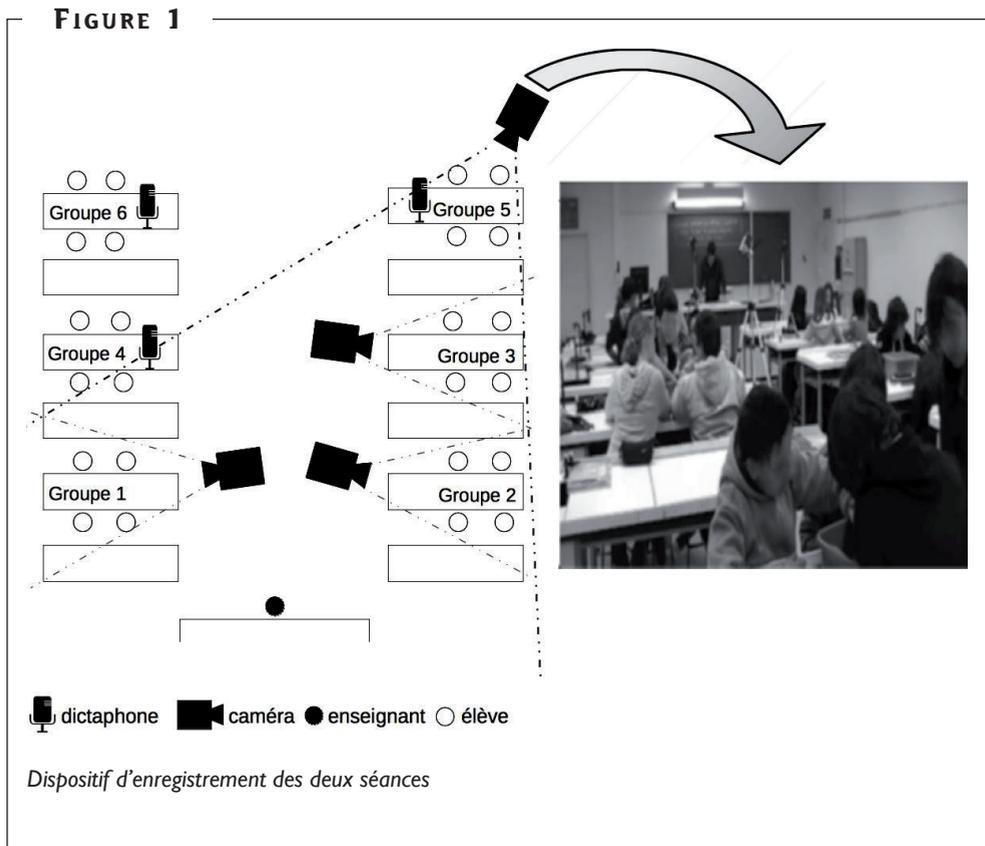
Recueil des données dans le temps

Le tableau 2 décrit le déroulement dans le temps du recueil des données. La totalité des élèves des deux classes et l'enseignant ont été enregistré à l'aide de quatre caméras et de trois dictaphones dans les séquences avec et sans moment de formulation d'hypothèses (Figure 1).

La figure 1 montre la disposition des caméras et des dictaphones. Une caméra filmait l'enseignant depuis le fond de la salle. Les 6 groupes d'élèves sur leur paillasse étaient, soit enregistrés à l'aide d'une des trois caméras, soit à partir d'un des 3 dictaphones (figure 1). En tout, notre corpus de données se compose de 123 questionnaires, de 6 heures de vidéo et 6 heures d'enregistrement audio, ainsi que de l'ensemble des traces écrites des élèves.

Analyse des données

Nous avons codé les actions de manipulation et de communication sur l'ensemble des vidéos des élèves ayant été filmé soit au total 6 groupes d'élèves: 3 groupes ayant formulé des prévisions écrites et 3 groupes sans cette étape. Les 6 groupes ayant été enregistrés à partir d'un dictaphone n'ont pas été analysés, car nous ne pouvions pas coder les actions de manipulations à partir d'un enregistrement audio. Les chercheurs ont placé les caméras sur les premières paillasses de la salle, les groupes filmés sont donc constitués des élèves assis habituellement à ces places. Les vidéos ont été traitées à l'aide du logiciel d'analyse vidéo Kronos (Kerguelen, 2003). Nous avons réalisé une première analyse en nous plaçant à un niveau mésoscopique au sens de Tiberghien, Malkoun et Seck (2008). Cette analyse a consisté en un découpage de la vidéo pour identifier



les différentes tâches (correspondant à chacun des moments d'une démarche d'investigation) données par l'enseignant durant la mise en œuvre des deux séances d'enseignement (avec et sans moment de formulation d'hypothèses). Nous avons ensuite codé la vidéo en nous situant à un niveau microscopique (Tiberghien, Malkoun & Seck, 2008), afin de pouvoir caractériser les actions de manipulation et de communication des élèves durant le moment de formulation d'hypothèses et celui de l'investigation.

Grille d'analyse des actions réalisées par les élèves

Notre analyse au niveau microscopique s'est centrée sur la catégorisation des actions de manipulation et de communication réalisées par les élèves pour atteindre les buts des différentes tâches de l'enseignement. C'est à travers les différences entre ces actions que devrait se traduire l'impact d'une phase de formulation d'hypothèse écrite sur ce que font les élèves durant l'investigation. Ces mêmes actions ont été analysées durant la phase de formulation d'hypothèse en elle-même, afin de mettre en avant l'influence de cette dernière. Durant les moments de formulation d'hypothèses et d'investi-

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

gation, les actions des élèves sont orientées par des buts nécessaires à atteindre pour réaliser un bateau pouvant contenir le plus de rondelles métalliques possibles. Notre analyse nécessite de prendre en compte les actions de manipulation, mais également leurs discours à travers les idées qu'ils expriment sur la flottabilité.

Codage des actions de manipulation du matériel

L'analyse des actions réalisées par les élèves pour fabriquer leur bateau a été réalisée à partir des vidéos des 6 groupes d'élèves des deux séances, et de leurs productions écrites. Nous avons analysé dans un premier temps les solutions élaborées par les élèves durant le moment de formulation écrite d'hypothèses. Dans un second temps, nous avons identifié les différents types de bateaux réalisés par les élèves à partir des travaux réalisés préalablement par les concepteurs Brésiliens de la séquence initiale (Sasseron & de Carvalho, 2011).

Ces types de bateaux ont été regroupés en quatre grandes catégories: (a) les bateaux de types barges, (b) les bateaux de types barques, (c) ceux de type boules et (d) les autres correspondant aux solutions isolées. Au sein des catégories de bateaux, nous avons distingué des sous-catégories. Ces sous-catégories ont été discriminées en fonction de l'utilisation d'une feuille d'aluminium préalablement pliée ou non, de la volonté d'emprisonner de l'air dans les parois du bateau (ou non), ainsi que de la présence de flotteurs, ou si les bateaux en forme de boule sont ouverts ou fermés. À partir de chaque catégorie et sous-catégorie nous avons défini huit types de bateaux que les élèves peuvent réaliser:

- a.1 barge: bateau à fond plat réalisé à partir d'une feuille de papier d'aluminium,
- a.2 barge réduite: bateau à fond plat construit avec une feuille d'aluminium préalablement pliée en deux,
- a.3 barge avec de l'air: bateau à fond plat dans les bords duquel les élèves ont essayé d'emprisonner de l'air ou auquel ils ont ajouté des flotteurs,
- b.1 barque: bateau en forme de barque réalisé à partir d'une feuille d'aluminium
- b.2 barque réduite: bateau en forme de barque réalisé avec une feuille d'aluminium préalablement pliée en deux,
- c.1 boule ouverte: bateau en forme de demi-sphère ouverte
- c.2 boule fermée: bateau en forme de sphère fermée
- d. solutions isolées qui correspondent à des solutions testées une seule fois et ne pouvant rentrer dans aucune catégorie...

Nous avons regroupé dans chacune de nos sous-catégories toutes les réalisations de bateaux présentant les mêmes caractéristiques (tableau 3).

TABLEAU 3

Catégorie	Illustration 1	Illustration 2	Illustration 3
Barge			
<i>Exemples de catégorisation de 3 solutions proposées par les élèves pendant l'investigation</i>			

Le tableau 3 illustre des solutions de bateaux réalisés par 3 groupes d'élèves différents que nous avons catégorisés dans la sous-catégorie «barge», puisqu'elles correspondent toutes à un bateau à fond plat réalisé à partir d'une feuille de papier d'aluminium.

Dans nos analyses des actions de manipulation, chaque catégorie de bateau en aluminium, a été codée depuis le début de la réalisation, jusqu'au moment où les élèves se lançaient dans la réalisation d'un autre type de bateau. Nous avons également relevé chaque fois que les élèves faisaient un essai dans la bassine du bateau en aluminium réalisé.

Reconstruction des idées des élèves

Nous avons choisi de caractériser les idées des élèves durant la séance à travers une grille d'analyse qui renvoie aux différents paramètres de flottabilité d'un bateau. Du point de vue de la physique pour qu'un corps puisse flotter, il doit posséder une masse volumique inférieure à celle de l'eau. Dans le cadre de la tâche proposée aux élèves le bateau flottera mieux s'il possède un volume le plus grand possible et que la masse totale des rondelles est répartie de la manière la plus homogène possible.

Afin de construire les catégories de cette grille, nous nous sommes appuyés sur la façon dont les idées sur la flottabilité étaient susceptibles d'émerger à partir: d'une analyse de la tâche initiale proposée aux élèves et des travaux sur les conceptions de ces derniers (Cepni, Sahin & Ipeck, 2010).

Les idées reconstruites à partir du discours des élèves ont été regroupées dans les catégories suivantes: (a) présence d'air dans le bateau, (b) taille du bateau, (c) hauteur des parois du bateau, (d) volume du bateau (en accord avec la physique), (e) répartition des rondelles métalliques dans le bateau (en accord avec la physique), et enfin (f) lourdeur des rondelles. Nous avons reconstruit pour les moments de formulation d'hypothèses et d'investigation l'ensemble des idées des élèves sur les paramètres responsables de la flottabilité d'un bateau à partir de leurs productions orales, gestuelles et des éléments contextuels de la situation.

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

Nous avons défini une liste de mots clés, qui nous a permis de sélectionner sur la vidéo, tous les extraits pertinents, afin de les analyser plus finement à partir de la parole, des gestes et des éléments saillants de la situation pour pouvoir ainsi reconstruire les idées exprimées par les élèves sur la flottabilité. Cette liste a été construite à partir d'une analyse a priori du savoir (utilisant la notion de densité appréhendée à travers les notions de volume et de répartition homogène de la masse du chargement du bateau) et des conceptions des élèves que nous avons complétées a posteriori (tableau 4).

TABLEAU 4

Idées	Liste de mots pertinents
Air	Air, flotteur, boule, boule fermée, boulette, place, espace...
Taille	Bateau (ou barque, barge, paquebot...) + taille (ou petit, large, grand, gros, longueur, largeur...)
Parois	Parois, rebord remonté, murs...
Volume	Volume
Répartition	Rondelles (ou pièces, boulons, écrous) + Répartition (ou tout autour, partout, réparties, concentrées, dispersées, en tas, dans un coin...)
Lourdeur	Rondelles (ou pièces, boulons, écrous) + poids (ou léger, lourd...)

Exemple des mots clés utilisés pour identifier les idées à reconstruire

Le tableau 4 donne la liste de mots clés correspondant à chacune des idées que nous avons étudié sur la flottabilité d'un bateau. Ces mots ont été utilisés pour sélectionner sur la vidéo les extraits pertinents à retranscrire. Ils ont aussi souvent servi de base pour reconstruire les idées à partir de la transcription.

Exemples de reconstruction des idées à partir de l'analyse vidéo (parole + geste)

Nous avons reconstruit l'ensemble des idées des élèves sur la flottabilité à partir de l'analyse vidéo de leurs productions verbales (identifiées par des mots clés du tableau 4) et gestuelles. Par exemple, nous développons ci-après la façon dont l'idée «air dans le bateau» a été reconstruite à partir d'éléments différents du discours d'élèves (nommés A et B). Cette idée a été reconstruite plusieurs fois à différents instants de la séance.

Transcription 1:

Elève A (00h07min06s): «regardez c'est l'air qui fait flotter du coup on a juste à enrouler les bords en mettant de l'air dedans et au milieu on fait un creux là où on pourra mettre les trucs». Dans ce premier exemple l'élève utilise le mot air (présent dans notre liste) et exprime directement l'idée que «c'est l'air qui fait flotter» le bateau. Il précise qu'«on a juste à enrouler

les bords en mettant de l'air dedans». Nous considérons qu'enrouler les bords (de la feuille d'aluminium) en mettant de l'air dedans exprime l'idée qu'il y a de "l'air dans le bateau".

Transcription 2:

Elève B (00h14min31s) : Discours «sauf que la boule il faut pas trop la froisser pour qu'il y ait de l'air dedans». Gestes [fait une sphère avec ses mains durant toute la durée de son discours]
 Dans ce second exemple, l'élève utilise les mots «boule» et «air» de notre liste. De plus, il fait le même geste (sphère avec ces deux mains) pendant toute la durée de son discours. Nous considérons qu'il indique simultanément à travers la parole «qu'il y ait de l'air dedans» et le geste (*fait une sphère avec ses mains*) qu'il faut qu'il y ait de l'air dans un bateau en forme de boule fermée. Nous reconstruisons l'idée «air dans le bateau» à partir de la parole et des gestes exprimant le fait qu'il y ait de l'air dans le bateau en forme de sphère.

Transcription 3:

Élève B (00h14min45s) : Discours «que ta feuille d'alu elle fasse ça pour qu'il y ait de la place dedans». Gestes [fait une sphère avec ses mains durant toute la durée de son discours]
 Dans ce dernier exemple, l'élève n'utilise pas directement le mot air, mais le mot place de notre liste. Il fait usage simultanément de la parole «qu'il y ait de la place dedans» et d'un geste (*fait une sphère avec ses mains*), exprimant le fait qu'il faut faire avec la feuille d'aluminium un bateau en forme de sphère fermée avec de la place dedans. Dans notre analyse, nous avons considéré que les mots «place dedans» associés au geste (représentant une sphère) expriment l'idée qu'il y a de «l'air dans le bateau» en forme de sphère.

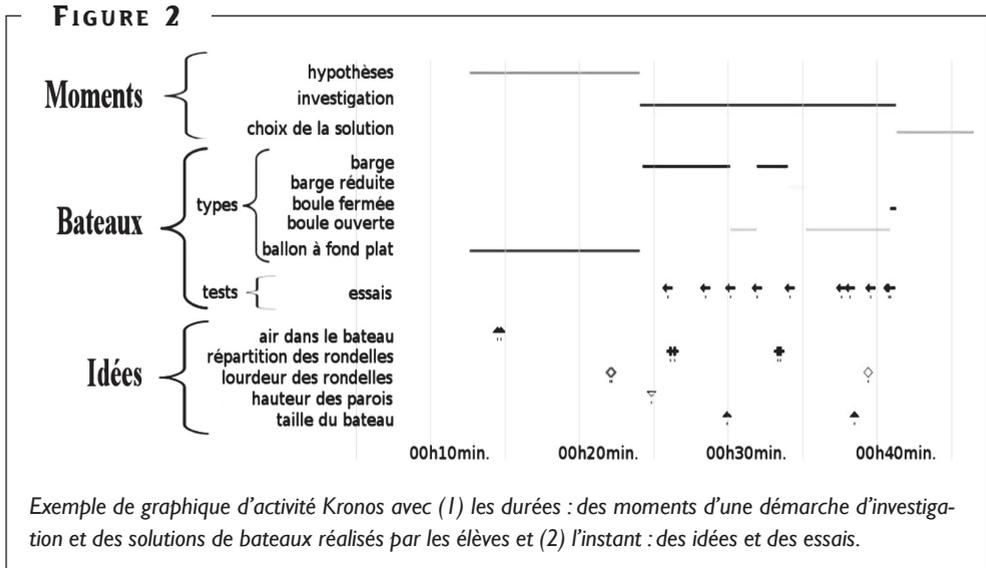
Ces trois exemples, nous ont permis d'illustrer comment nous reconstruisons la même idée sur la flottabilité à partir des différentes productions verbales et gestuelles des élèves.

Analyse

À l'aide du logiciel d'analyse Kronos, nous avons codé directement à partir de la vidéo: (1) les durées (a) des moments de la démarche d'investigation et (b) des réalisations matérielles des bateaux par les élèves, ainsi que (2) les instants (a) où les idées sur la flottabilité ont été formulées par les élèves et (b) où ils ont réellement testé les bateaux réalisés.

À partir de multiples visionnages, Kronos nous a permis de coder directement sur la même vidéo les différentes catégories que nous avons choisies. Nos observables ont été codées sous forme de durée (moments d'une démarche d'investigation et bateau des élèves) ou de manière ponctuelle (idées des élèves et essais de chaque bateau). Les éléments ont ensuite été dénombrés et associés à chaque moment d'une démarche d'investigation à l'aide des fonctions du logiciel. Nos catégories ont été reportées sur des graphiques d'activité Kronos représentant l'ensemble des éléments relevés sur une vidéo (Figure 2).

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?



La figure 2 donne un exemple de graphique d'activité Kronos avec (1) les durées: des différents moments d'une démarche d'investigation (formulation d'hypothèse, investigation...) et des solutions de bateaux réalisés par les élèves (barge, barge réduite, boule...) et (2) le moment précis (événement ponctuel): (a) où les idées des élèves sur la flottabilité (triangles, croix, losange...) sont exprimées et (b) de chacun des essais (flèche) des élèves pour tester la flottaison des différents type de bateaux chargés de rondelles métalliques. Des graphiques similaires ont été créés, pour chacun des 6 groupes d'élèves qui ont été filmés.

RÉSULTATS

Notre étude cherche à savoir quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses écrites sur les manipulations et les idées des élèves durant un moment d'investigation. Nos résultats montrent que globalement le moment de formulation d'hypothèses écrites a un impact sur les idées des élèves à propos de la flottabilité, mais influence peu les types de bateaux réalisés par ces derniers.

Nous proposons de présenter nos résultats en deux parties: (A) une première qui correspond à la mise en évidence de l'impact des prévisions écrites des élèves sur leurs actions pendant l'investigation, et qui se présente sous la forme d'une comparaison entre les deux classes ayant suivi les deux enseignements et (B) une deuxième qui correspond à une analyse plus fine des actions des élèves pendant la phase de formulation d'hypothèses cherchant à mettre en avant, comment celle-ci a influencé la phase de manipulation. Nous avons choisi de présenter nos résultats en deux parties pour: d'une

part faciliter la lecture de la comparaison entre les deux classes et d'autre part car les deux parties ne répondent pas tout à fait à la même question de recherche.

A. Quel est l'impact du moment de formulation d'hypothèses sur les actions des élèves durant l'investigation?

A.1. Le moment de formulation d'hypothèses influencent les idées des élèves pendant l'investigation

Les élèves ont dû répondre au défi «construire un bateau capable de charger le plus de pièces métalliques possibles sans couler» durant le moment d'investigation de la séance. Pour construire ce bateau, les élèves devaient utiliser une feuille de papier aluminium et la charger avec des rondelles métalliques de différentes tailles. Lors de cette phase les élèves pouvaient échanger entre eux et évoquer un certains nombres de paramètres responsables de l'éventuelle flottabilité de leur bateau. Ce sont ces paramètres que nous avons relevé et utilisé pour caractériser les idées des élèves dans cette phase de l'étude. Les idées des élèves sur la flottabilité sont différentes selon qu'ils aient formulé des prévisions ou non. De plus, ces idées ne sont pas évoquées dans les mêmes proportions dans chacune des deux séances. Nous avons regroupé les idées des élèves sur la flottabilité du bateau en 5 catégories (tableau 5).

TABLEAU 5

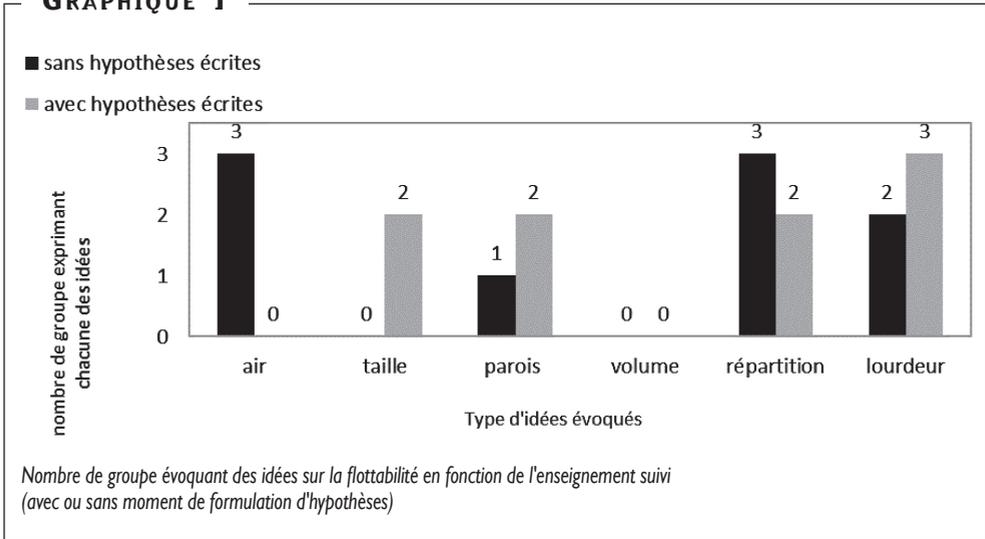
Catégories d'idées sur la flottabilité	Exemples de transcription des productions verbales et gestuelles des élèves exprimant une idée
Présence d'air dans le bateau	«en fait faut laisser de l'air dedans pour que ça flotte faut qu'il y ait de l'air dedans» «c'était bien ça un gros trucs bourré d'air»
Taille du bateau	«essaye de faire un plus petit carré (désigne le carré fait avec la feuille d'aluminium)» «c'est trop petit (désigne le bateau réalisé)»
Hauteur des parois	«faut des parois hautes» «plus petit tu veux dire avec des murs plus haut»
Volume du bateau	
Répartition des rondelles	«si on met tous les trucs au milieu le poids il va se concentrer au milieu et ça va couler» «et là tu mets les pièces tout autour (fait un cercle avec sa main)» «ben non faut pas entasser faut mettre de chaque côté»
Lourdeur des rondelles	«ça (désigne les rondelles de la main) c'est plus lourd» «non non non et non après ça (désigne les rondelles) fait du poids» «le but c'est de mettre le moins de poids possible»

Catégorie des idées des élèves sur la flottabilité d'un bateau en aluminium

À partir de la reconstruction de ces idées, nous avons relevé pour chacune des séances (avec et sans moment de formulation d'hypothèses) le nombre de groupe d'élèves (sur les trois filmées) ayant évoqué des paramètres sur la flottabilité (Graphique 1).

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

GRAPHIQUE 1



Le graphique 1 montre le nombre de groupe ayant évoqué des idées sur la flottabilité lors du moment d'investigation pour les séances sans moment de formulation d'hypothèses (en noir) et avec (en gris). En moyenne, chaque idée a été évoquée 2,79 fois par chacun des groupes n'ayant pas formulé de prévisions écrites et 3,41 fois par ceux ayant formulé des prévisions à l'écrit.

Il apparaît des différences importantes entre les idées que les élèves évoquent en fonction de chacune des séances. Seul les élèves n'ayant pas formulé de prévisions écrites évoquent l'idée que la présence d'air fait flotter le bateau. Les idées liées à la forme du bateau (taille et parois) sont plus évoquées (2 groupes sur 3) par les élèves ayant formulé des prévisions à l'écrit. La taille du bateau est évoquée uniquement dans la séance avec moment de formulation d'hypothèses. L'idée concernant la hauteur des parois du bateau est évoquée par deux groupes qui ont formulé des prévisions contre un seul pour la séance où il n'y pas de phase de formulation d'hypothèses. Les idées concernant le chargement du bateau sont évoquées par la majorité des groupes d'élèves des deux séances. L'idée sur la répartition est cependant évoquée par un nombre plus important de groupes n'ayant pas formulé de prévisions à l'écrit. Alors que l'idée concernant la lourdeur du chargement (les rondelles) est évoquée par un nombre plus important de groupe ayant formulé des prévisions à l'écrit.

Contrairement à nos attentes, aucun des groupes n'évoque directement d'idées sur le volume du bateau. Le moment de formulation d'hypothèses écrites semble modifier les idées des élèves durant l'étape d'investigation. En effet, les élèves ayant formulé des prévisions évoquent des idées relatives au bateau (taille et hauteur des parois), aussi bien qu'à son chargement (répartition et lourdeur des rondelles métalliques). L'ensemble des élèves

n'ayant pas formulé de prévisions évoque des idées sur la présence de l'air dans le bateau et se concentre principalement sur les paramètres liés au chargement du bateau (répartition et lourdeur des rondelles métalliques). Il est intéressant de noter que seulement un groupe sur trois exprime une idée sur l'influence de la paroi du bateau.

A.2. Le moment de formulation d'hypothèses écrites influence peu les réalisations matérielles des bateaux des élèves durant l'investigation

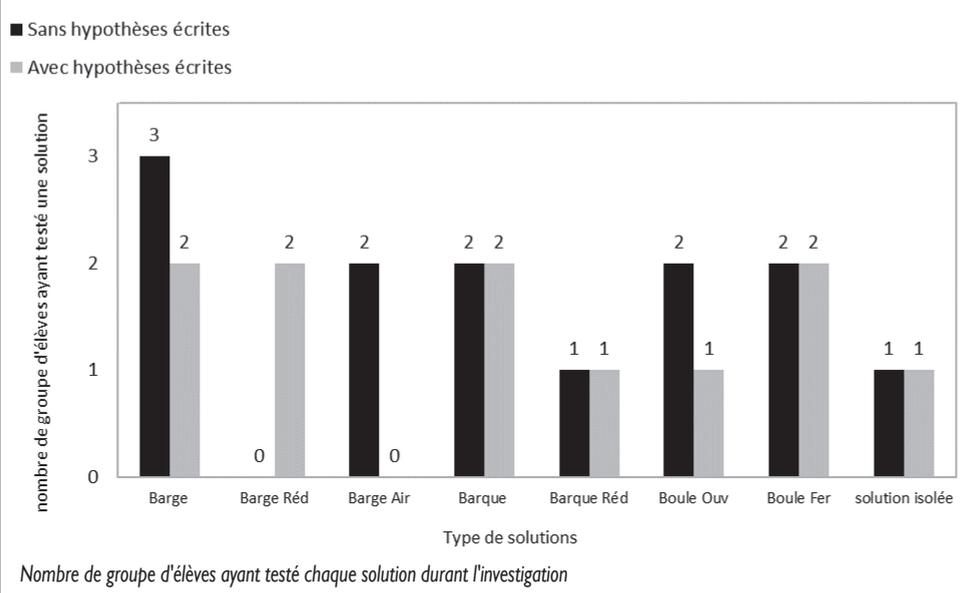
Lors du moment d'investigation les élèves réalisent un certain nombre de bateaux à l'aide du matériel à leur disposition. Ces bateaux correspondent à différentes propositions qu'ils ont imaginées pour répondre au défi «construire un bateau capable de charger le plus de pièces métalliques possibles sans couler». Nous avons considéré que les actions de manipulation des élèves étaient conditionnées par les différentes solutions matérielles proposées par ces derniers.

Lors du moment d'investigation, nous avons catégorisé les solutions testées par les élèves (tableau 6).

Les solutions ont ensuite été comptabilisées chaque fois qu'un des six groupes d'élèves les a réellement testées. Certaines solutions ont été testées par le même groupe d'élève à plusieurs reprises dans le temps. Nous ne les avons codé qu'une seule fois. Nous avons considéré que les différents essais d'une même solution relevaient d'aspects purement manipulateurs et ne reflétaient pas la volonté des élèves de tester une solution nouvelle.

Les élèves ayant émis des prévisions à l'écrit testent quasiment les mêmes types de solution que les élèves de la séance sans moment de formulation d'hypothèses (Graphique 2).

GRAPHIQUE 2



Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

TABLEAU 6

Type de solution	Barge	Barge réduite	Barge avec de l'air
Illustration			
Description	Bateau à fond plat réalisé à partir d'une feuille de papier d'aluminium	Bateau à fond plat construit avec une feuille d'aluminium préalablement pliée en deux	Bateau à fond plat dans les bords duquel les élèves ont essayé d'emprisonner de l'air ou auquel ils ont ajouté des flotteurs
Type de solution	Barque	Barque réduite	
Illustration			
Description	Bateau en forme de barque réalisé à partir d'une feuille d'aluminium	Bateau en forme de barque construit avec une feuille d'aluminium préalablement pliée en deux	
Type de solution	Boule ouverte	Boule fermée	Solution isolée
Illustration			
Description	Bateau en forme de demi sphère	Bateau en forme de sphère	Solution ne correspondant à aucune des catégories précédentes
<i>Catégories de bateaux réalisés par les élèves</i>			

Le graphique 2 montre le nombre de groupes d'élèves ayant testé les différents types de bateaux pour la séance où des prévisions écrites ont été produites (en gris) et celle où ce n'est pas le cas (en noir). En moyenne chaque solution a été testée 1,6 fois par chaque groupe n'ayant pas formulé de prévisions écrites et 1 fois par chaque groupe ayant formulé des prévisions écrites.

Les groupes d'élèves des deux séances (avec et sans moment de formulation de prévisions) testent à peu près les mêmes types de bateaux (barge, barque et boule). En revanche, il apparaît des différences au sein des solutions concernant les bateaux en forme de barge (fond plat). En effet, les élèves n'ayant pas formulé de prévisions écrites sont les seuls (avec 2 groupes sur 3) à produire des solutions de type barge avec de l'air

(solution: «Barge Air») dans lesquelles ils ont essayé de capturer de l'air soit au niveau des parois ou soit en ajoutant des flotteurs. Les élèves ayant formulé des prévisions écrites (2 groupes sur 3) testent des barges après avoir plié la feuille d'aluminium (catégorie «Barge Réd») ce que ne font pas les élèves de l'autre séance. Le fait de plier la feuille d'aluminium avant de réaliser le bateau leur permet de tester la résistance de la feuille d'aluminium à la déformation, ainsi que de faire varier la surface des bateaux.

Du point de vue des actions de manipulation le moment de formulation d'hypothèses ne semble donc pas avoir modifié les types de bateaux (barge, barque, boule) réalisés par les élèves. En revanche, il semble y avoir une influence dans la réalisation des barges avec de l'air pour les élèves n'ayant pas formulé des prévisions écrites et avec des surfaces réduites pour ceux en ayant formulé.

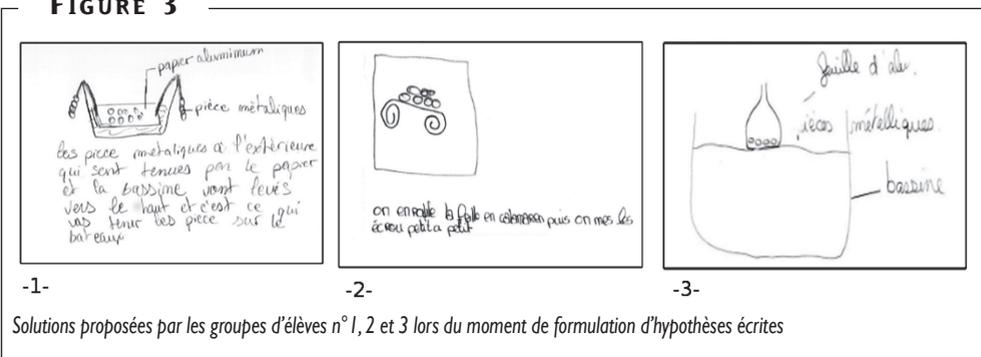
B. Quelles sont les actions des élèves durant le moment de formulation d'hypothèses

B.1. Les prévisions écrites ne sont pas testées par les élèves durant le moment d'investigation

Le moment de formulation d'hypothèses écrites est constitué de deux étapes. Dans un premier temps les élèves doivent réfléchir individuellement à une solution possible pour construire un bateau avec la feuille d'aluminium qui soit capable de charger le plus de pièces métalliques possibles sans couler. Ensuite ils doivent par groupe de trois ou quatre, mettre en commun ce qu'ils ont écrit et choisir une solution commune.

Les trois groupes d'élèves analysés ont choisi des solutions qui sont toutes différentes (figure 3). Elles relèvent d'une prévision concernant une réalisation technique, et pas d'une hypothèse mettant en avant des éléments théoriques concernant la flottabilité.

FIGURE 3



La figure 3 montre les solutions proposées par chacun des trois groupes lors de la phase de formulation d'hypothèses.

Le groupe n° 1 a proposé un bateau à fond plat suspendu à la bassine à l'aide de

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

morceaux de papier d'aluminium (faisant office de corde) avec des rondelles métalliques fixées dessus permettant de faire contre-poids (image 1). Cette solution les affranchit des paramètres de flottabilité, puisque le bateau, ainsi réalisé, n'a pas réellement besoin de flotter.

Le groupe n°2 propose un bateau plat, dont les côtés sont enroulés sous le bateau de manière à former des flotteurs, ils parlent de la construction d'un catamaran (image 2).

La solution du groupe n°3 consiste en un bateau de forme sphérique dont l'extrémité inférieure est aplatie et dont l'extrémité supérieure se rétrécit afin de former un goulot (image 3). Les élèves nomment cette solution ballon à fond plat en référence à la verrerie, qu'ils utilisent en chimie.

Les prévisions proposées par les élèves sont donc des solutions techniques, qui impliquent certains paramètres de flottabilité d'un bateau et notamment la présence d'air dans ce dernier. En effet, mise à part la solution du groupe n°1 qui contourne la nécessité de flotter du bateau, les deux autres solutions considèrent que la forme du bateau, et plus implicitement sa capacité à contenir de l'air influence sa flottabilité; donc sa capacité à transporter le plus grand nombre de rondelles métalliques.

Après avoir proposé ces solutions durant le moment de formulation d'hypothèses, les élèves doivent, avec le matériel qui leur est donné, réaliser un bateau capable de charger le plus de pièces métalliques possible durant le moment d'investigation. Pour résoudre ce défi, les élèves réalisent un certains nombres de bateaux. Ces réalisations sont parfois partielles, parfois effectuées sans que le bateau obtenu ne soit réellement testé.

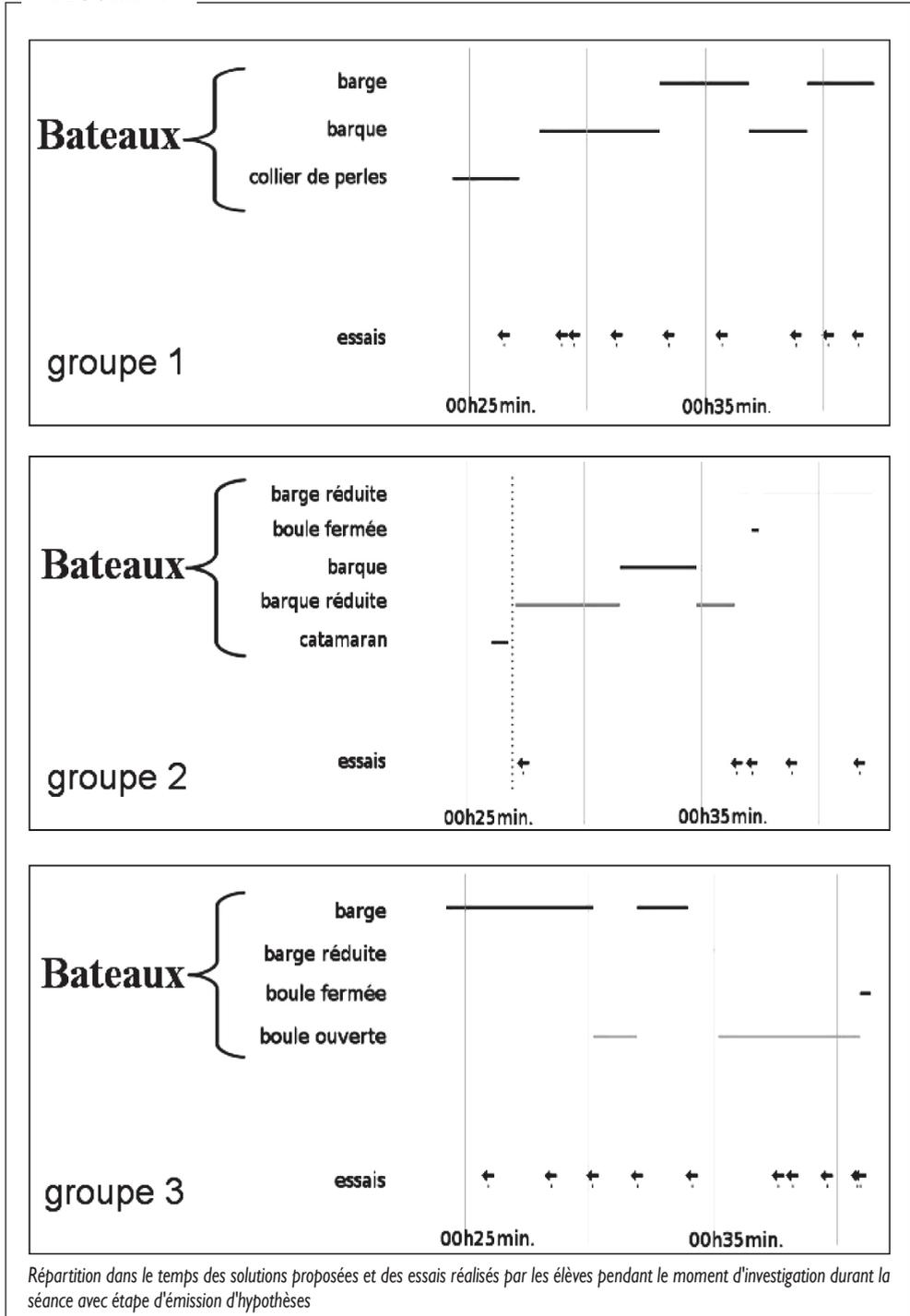
L'analyse des productions écrites des élèves (durant le moment de formulation d'hypothèses) et des extraits vidéos des différentes expériences réalisées (pendant l'investigation) montre que les solutions écrites ne sont jamais testées à l'aide du matériel.

En effet, aucun des trois groupes d'élèves ne va jusqu'à tester la solution qu'il a proposé durant le moment de formulation d'hypothèses. Seul le groupe n°2, commence à réaliser concrètement sa solution, mais stoppe cette construction avant de pouvoir vérifier si elle fonctionne. Les deux autres groupes cherchent directement à réaliser des solutions différentes de celle qu'ils ont formulée lors du moment de formulation d'hypothèses (figure 4).

La figure 4, représente les bateaux réalisés par les élèves à l'aide du matériel (feuille d'aluminium et rondelles). Pour chaque types de bateau (barge, barque, boule...), elle montre la durée de réalisation et de discussion, ainsi que le nombre d'essais (flèches) de chaque bateau au cours du temps (ligne verticale = 5 minutes) durant la phase d'investigation.

Les solutions «bateau à crochet» et «ballon à fond plat» proposées par les groupes 1 et 3 n'apparaissent pas pendant le moment investigation. Seule la solution «catamaran» imaginée par le groupe 2 est présente au début de l'investigation. Cependant, elle n'est jamais testée à l'aide du matériel (ce qui ne correspond à aucune flèche sur le graphique).

FIGURE 4



Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

Les différentes solutions proposées pendant le moment de formulation d'hypothèses écrites ne sont pas remobilisées lors de la phase d'investigation. En effet, aucun des trois groupes ne teste, ni ne réalise complètement sa solution imaginée précédemment.

De plus, l'analyse des actions de manipulation montre que les premiers bateaux testés par les groupes 1 et 3 sont des solutions assez éloignées des solutions qu'ils avaient proposées en tant que prévision. Le groupe 1 commence par une solution qui consiste à enfiler les rondelles autour d'un «fil» d'aluminium, alors que la solution qu'il avait proposée pendant le moment de formulation d'hypothèses présentait une surface et permettait d'étaler les rondelles métalliques. De la même manière, le groupe 3 commence l'investigation par une barge (un bateau à fond plat), alors que la prévision imaginée par les élèves impliquait fortement la présence d'air dans la structure du bateau. On aurait pu imaginer que la vérification de cette solution aurait débouché sur un bateau de type boule (qui se rapproche beaucoup plus du «ballon à fond plat» proposé).

Le groupe 2 est le seul qui débute la construction effective de sa prévision, mais la réalisation de cette prévision dure à peine 42 secondes et le bateau n'est pas testé. Pour ce groupe également la solution testée immédiatement après ces 42 secondes est un bateau de type barque jouant donc sur le fait que le fond du bateau ait un volume alors que la solution catamaran se rapprochait plus des solutions barges (fond plat).

À l'issue de la phase de manipulation, les élèves ont choisi parmi les solutions qu'ils ont réalisées celle qu'ils considéraient comme la meilleure. Les trois groupes ont tous choisi le même type de solution, un bateau à fond plat de type barge, dont ils ont remonté les parois et sur lequel ils ont réparti le plus régulièrement possible les rondelles.

Les élèves n'ont pas testé la solution précédemment proposée durant le moment de formulation d'hypothèses. Cette séance d'enseignement basée sur une démarche d'investigation prévoyait explicitement que les solutions formulées seraient testées durant l'investigation et qu'elles seraient utilisées comme point de départ pour favoriser une réflexion autour des paramètres responsables de la flottabilité du bateau. L'analyse des actions de manipulation, nous a donc permis de reconstruire la tâche effective que réalise les élèves. Ces actions reflètent donc un décalage important avec la tâche qui leur était prescrite et qui demandait explicitement qu'ils testent leur solution. («À l'aide du matériel, vérifiez votre solution. Vous pouvez tester d'autres solutions. Écrivez et dessinez la solution adoptée sur l'autre moitié de la grande feuille commune»). Les élèves semblent considérer les moments de formulation d'hypothèses et d'investigation comme deux tâches complètement différentes, n'ayant aucun lien. Ces moments semblent provoquer chez les élèves, que nous avons étudiés, des actions de manipulation répondant à des buts distincts, se limitant: à la rédaction d'une solution et à une expérimentation à travers la réalisation matérielle de bateaux.

B.2. L'idée «présence d'air dans le bateau» n'est évoquée que pendant le moment de formulation d'hypothèses, alors que les idées «hauteur des parois» et «taille» du bateau n'apparaissent que lors du moment d'investigation

Les idées évoquées par les élèves des deux séances présentent d'importantes différences. Parmi ces idées, c'est sur le paramètre présence d'air dans le bateau que l'écart est le plus marqué. Il semble que ce soit l'évocation de ces idées pendant la phase de formulation d'hypothèses écrites, qui ait permis aux élèves de dépasser la conception que «c'est l'air présent dans un bateau qui le fait flotter» (Cerni, Sahin & Ipeck, 2010). Il semble aussi, que c'est l'abandon de cette idée, qui leur a permis d'évoquer et de travailler sur les paramètres du bateau concernant la «taille» et la «hauteur des parois» se rapprochant de la notion de volume. Nos résultats montrent l'évocation des différentes idées des élèves des 3 groupes au cours du temps, durant les 3 moments suivants: la formulation des hypothèses, l'investigation et le choix de la solution la plus pertinente (figure 5).

La figure 5 représente les différentes idées évoquées par les élèves durant les moments de formulation d'hypothèses et d'investigation au cours du temps (ligne verticale équivalente à 5 minutes). Les élèves au cours de ces moments évoquent des idées sur: la présence d'air dans le bateau (2 groupes sur 3), la répartition des rondelles dans le bateau (3 groupes sur 3), la lourdeur des rondelles (3 groupes sur 3), la taille du bateau (2 groupes sur 3) et la hauteur des parois (2 groupes sur 3).

L'analyse des actions de communication pendant le moment de formulation d'hypothèses, montre que les élèves argumentent leur solutions individuelles et discutent le choix de la solution de groupe en évoquant un certain nombre d'idées sur la flottabilité que nous avons reconstruites. L'évocation de ces paramètres pour expliquer leurs prévisions peut se rapprocher d'explication causale théorique (c'est l'air qui fait flotter par exemple) qui même si elle n'en ont pas directement le statut, se rapproche d'hypothèse explicatives. Les élèves semblent donc avoir exprimé leurs hypothèses sur la flottabilité à travers leurs justifications dans la tâche effective alors que cela n'était pas demandé explicitement par la tâche prescrite.

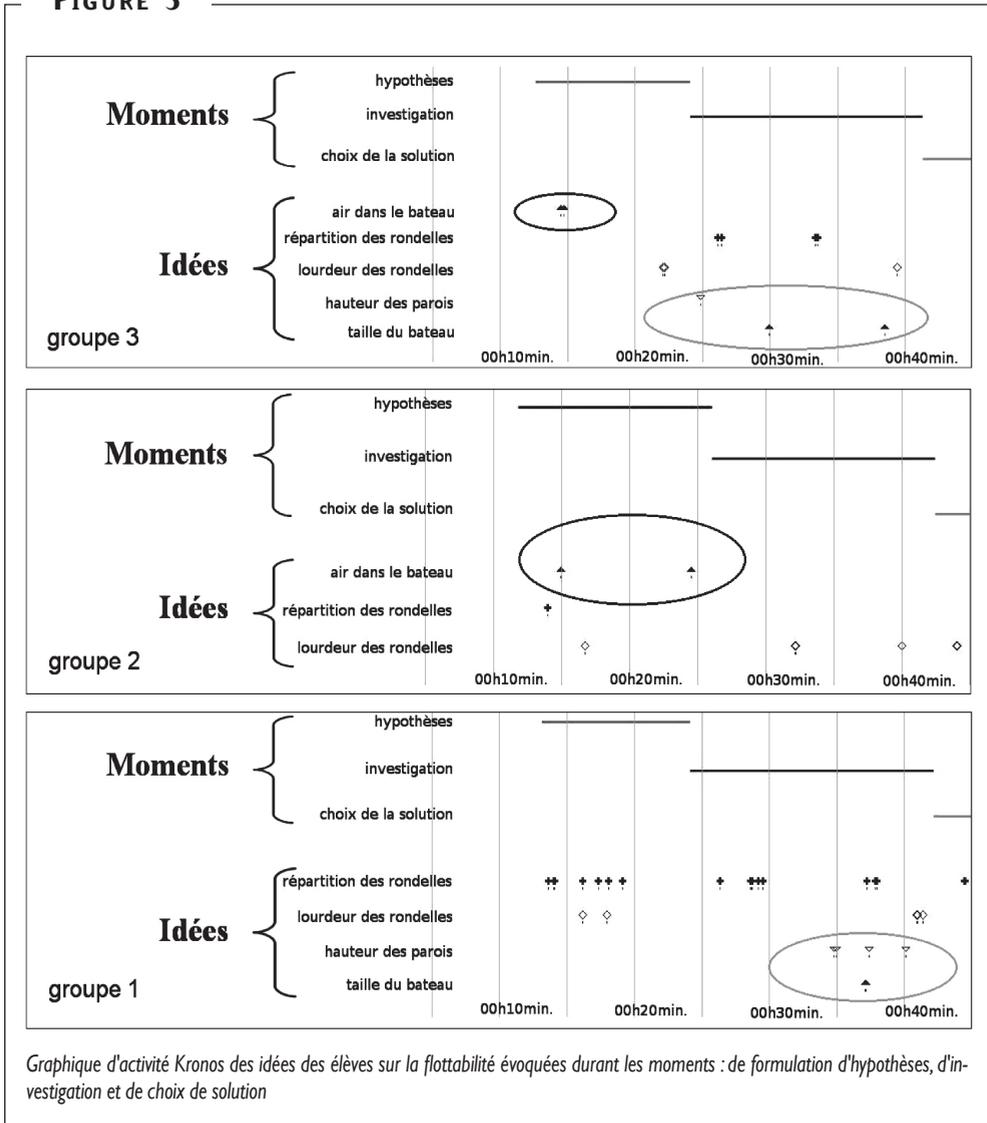
Les idées «répartition des rondelles» et «lourdeur des rondelles» sont évoquées par les trois groupes d'élèves tout au long des deux moments considérés. En revanche, les autres idées apparaissent pendant un seul des moments de la démarche d'investigation.

Les groupes 2 et 3 évoquent l'idée « air dans le bateau» uniquement durant le moment de formulation d'hypothèses écrites. Ils ne l'expriment plus durant le moment d'investigation.

Pour les idées «hauteur des parois» et «taille du bateau», on trouve la configuration inverse. En effet les groupes 3 et 1 évoquent ces idées uniquement durant le moment d'investigation. Ces paramètres n'apparaissent pas pendant le moment de formulation d'hypothèses.

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

FIGURE 5



Cet effet est particulièrement marqué, pour les élèves du groupe 3, qui évoquent les trois idées. Ils évoquent l'idée «air dans le bateau» pendant la phase de formulation d'hypothèses écrites, puis n'en discutent plus pendant l'investigation durant laquelle il semble se focaliser sur les idées «hauteur des parois et taille du bateau». Le moment de formulation d'hypothèses semble donc permettre de faire émerger certaines idées (sur la présence d'air dans la bateau pour le faire flotter ou sur la répartition des rondelles) durant la rédaction et d'autres (sur les parois ou la taille du bateau) pendant l'investiga-

tion. Ce changement de paramètres évoqués, semble montrer que certaines idées évoquées pendant le moment de formulation d'hypothèses, qui se rapprochait d'hypothèses explicatives, ont été abandonnées par les élèves. Et que donc la manipulation leur a fait réfuter certaines de leurs hypothèses explicatives même si pour eux elle n'en avait probablement pas le statut.

CONCLUSION

Nos résultats montrent qu'il y a (A) un impact du moment de formulation d'hypothèses sur les actions des élèves pendant le moment d'investigation. Particulièrement sur: (A.1) les idées des élèves à propos de la flottabilité et (A.2) uniquement sur les réalisations matérielles de bateau de type barge. Ils décrivent aussi (B) quelles sont les actions spécifiques des élèves durant le moment de formulation d'hypothèse, notamment le fait que: (B.1) les élèves ne testent pas leurs prévisions durant le moment d'investigation et (B.2) l'idée «présence d'air dans le bateau» n'est évoquée que pendant le moment de formulation d'hypothèses, alors que les idées «hauteur des parois» et «taille» du bateau n'apparaissent que pendant l'investigation. Ces résultats concernent les 24 élèves des 6 groupes analysés durant les séquences d'enseignement avec et sans moment de formulation d'hypothèses.

A.1 Le moment de formulation d'hypothèses influence les idées des élèves pendant l'investigation. En effet, les élèves n'ayant pas formulé de prévisions se focalisent tous (3 groupes sur 3) sur l'idée que c'est l'air présent dans un bateau qui le fait flotter. En revanche, les groupes ayant formulé des prévisions écrites n'évoquent pas cette idée durant l'investigation, et se focalisent plus sur des idées concernant la forme du bateau (2 groupes sur 3 parlent de la «taille» de ce dernier et 2 groupes sur 3 décrivent la «hauteur de ses parois») se rapprochant, ainsi de la notion de volume. Les idées concernant le chargement (répartition et lourdeur) du bateau ne semblent pas être influencées par le moment de formulation d'hypothèses. On retrouve ces paramètres évoqués par les groupes d'élèves dans les mêmes proportions pour les deux types d'enseignement (avec et sans moment de formulation d'hypothèses).

A.2 Le moment de formulation d'hypothèses influence peu les réalisations matérielles des bateaux des élèves durant l'investigation. En effet, les types de bateaux que réalisent les groupes d'élèves sont quasiment les mêmes (barge, barque, boule...) durant les deux séances d'enseignement. La seule différence semble résider dans les réalisations matérielles de type barge. Les élèves n'ayant pas formulé de prévisions écrites (solutions proposées par 2 groupes sur 3) proposent des solutions envisageant l'ajout d'air pour faire flotter les bateaux (à l'aide de flotteur ou en l'emprisonnant dans les parois du bateau). Les élèves ayant formulé des prévisions à l'écrit (solutions proposées par 2 groupes sur 3) envisagent, quant

à eux, des solutions présentant une meilleure résistance du bateau au chargement en pliant les feuilles d'aluminium en deux.

B.1 Les prévisions écrites ne sont pas testées par les élèves durant le moment d'investigation. En effet, aucune des solutions proposées durant le moment de formulation d'hypothèses écrites ne sera testées par les élèves durant l'investigation. De plus, les premiers bateaux testés sont des solutions éloignés des prévisions proposées par les élèves durant la phase de formulation d'hypothèses. Ces derniers réalisent quasiment les mêmes types de bateaux durant le moment d'investigation que les élèves n'ayant pas formulés de prévisions écrites.

B.2 L'idée «présence d'air dans le bateau» n'est évoquée que pendant le moment de formulation d'hypothèses, alors que les idées «hauteur des parois» et «taille» du bateau n'apparaissent que lors du moment d'investigation. En effet, 2 groupes sur 3 évoquent l'idée «air dans le bateau» et ne le font que pendant la phase de formulation d'hypothèses écrites. De même, 2 groupes sur 3 évoquent les idées «hauteur des parois» et «taille du bateau» uniquement pendant le moment d'investigation.

LIMITES ET DISCUSSION

Les résultats de notre étude doivent être relativisés compte tenu de la taille de notre échantillon. En effet, notre expérimentation n'a porté que sur deux classes (41 élèves) avec le même enseignant. De plus, parmi les élèves de ces classes, seuls six groupes de quatre élèves ont été analysés parmi les douze groupes qui constituaient les classes. Ces 24 élèves n'étant pas a priori statistiquement représentatifs, nos résultats semblent difficilement généralisables à la totalité des élèves des deux classes et encore moins à d'autres élèves dans d'autres classes de niveau équivalent.

En revanche, la petite taille de notre échantillon nous a permis de revenir sur nos analyses vidéos à de nombreuses reprises, de les affiner, jusqu'à obtenir une réplicabilité intra-analyste satisfaisante de nos codages. De plus, notre échantillon, nous a permis de réaliser des analyses fines des actions des élèves et de mettre en évidence certaines caractéristiques de leur activité.

En effet, l'analyse des actions (Leont'ev, 1978) des élèves nous a permis de reconstituer leur tâche effective (Rogalski, 2008). Les différences entre cette tâche effective et la tâche explicitement prescrite, nous ont permis de mettre en avant deux aspects particuliers de la façon dont les élèves se sont appropriés cette tâche. Nous avons mis en avant le premier aspect à travers l'analyse des actions de manipulation des élèves (réalisation des bateaux en aluminium). Cette analyse nous a permis de voir que les élèves ne testaient pas les prévisions qu'ils avaient élaborés pendant le moment de formulation d'hypothèses. Et qu'ils semblaient considérer les prévisions élaborées comme quelque chose de complètement indépendant de l'investigation

qu'ils ont réalisée. Le deuxième aspect a été mis en avant par l'analyse des actions de communication des élèves. En effet, les élèves ont mobilisé un certain nombre de paramètres concernant la flottabilité pour essayer de justifier leurs prédictions. Ces paramètres peuvent se rapprocher d'hypothèses explicatives, même s'ils n'en ont probablement pas le statut pour les élèves. De plus, les élèves semblent abandonner certains de ces paramètres pendant l'investigation.

Les travaux sur la mise en place d'une étape de formulation d'hypothèses montrent que c'est une phase que les enseignants préfèrent laisser de côté privilégiant avant tout l'expérimentation (Calmettes, 2009; Venturini & Tiberghien, 2012). De plus, des recherches Françaises (Pelissier & Venturini, 2012) et américaines (Windschilt, Thompson & Braaten, 2008) montrent que même lorsque cette étape est présente, elle est très souvent limitée et peu prise en compte par les enseignants. Cependant, Cariou (2013) fait de la présence ou non de cette étape un de ces critères sur l'authenticité d'une démarche d'investigation. Néanmoins, ces travaux n'ont pas encore étudié empiriquement l'impact de ce moment de formulation d'hypothèses sur l'apprentissage. Notre étude permet d'apporter des éléments de réponse à partir de résultats empiriques montrant l'influence de ce moment sur les idées des élèves et sur leurs réalisations matérielles.

Rappelons que Cariou (2013) propose aussi d'autres critères, notamment sur: l'existence d'une discussion sur la recevabilité de ces hypothèses et aussi sur la qualité des hypothèses retenues (réels faits d'observation ou évidences). Nos travaux semblent montrer que ces critères ne sont pas équivalents et que dans le cas de notre étude la discussion à propos des prévisions est beaucoup plus importante pour les élèves que les prévisions retenues. En effet, l'évolution au niveau des idées des élèves (surtout à propos de l'abandon de l'idée de l'air dans les bateaux qui fait flotter) semble être favorisée essentiellement par leurs discussions durant le moment de formulation des hypothèses. L'influence des prévisions retenues semblent être quasi inexistante sur les réalisations des élèves, puisqu'elles ne sont pas testées expérimentalement, ni évoquées durant le moment d'investigation.

D'autres travaux se sont intéressés aux moyens utilisés par des élèves de 12 ans pour formuler des hypothèses à partir de l'observation (Tomkins & Tuncliffe, 2001), ainsi que sur le lien établi par des étudiants en biologie à l'université entre la formulation des hypothèses et les expériences réalisées pour les valider ou non (White, 2004). Cependant, il n'y a pas eu encore (à notre connaissance) de résultats montrant le lien entre la formulation des prévisions et leur validation par des expériences au niveau d'élèves de collège âgées de 12-13 ans en classe de 5ème (grade 7). Nos résultats ont permis de faire émerger une nouvelle difficulté concernant ce lien, puisque les élèves étudiés ne testent pas les prévisions qu'ils ont formulées. Ceci pourrait montrer, qu'ils ne font pas encore le lien (contrairement

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

aux étudiants étudiés par White, 2004) entre les différentes étapes d'une démarche d'investigation, particulièrement entre le moment de formulation des hypothèses et leur validation durant le moment d'investigation. Il semble que pour les élèves que nous avons étudiés, ce moment ne soit pas encore connecté avec les autres moments d'un enseignement fondé sur l'investigation.

Certains travaux (Oh, 2010) ont illustré les stratégies pour aider les élèves à formuler des hypothèses. Il semble qu'il soit aussi nécessaire, dans notre cas, d'élargir ces stratégies pour aider les élèves à être capables d'avoir une réflexion à propos des hypothèses qu'ils testeront durant l'investigation.

IMPLICATIONS

Notre étude illustre comment un moment de formulation d'hypothèses écrites peut favoriser l'émergence d'idées sur la taille et la hauteur des parois d'un bateau. Nous considérons ces idées comme nécessaires à la construction du concept de volume en physique. En effet, ce concept (qui est en lien direct avec la notion de masse volumique) nous paraît essentiel pour pouvoir appréhender convenablement les phénomènes de flottabilité des objets.

De plus, nos résultats indiquent que les discussions des élèves à propos de leurs prédictions semblent avoir plus d'influence sur le moment de manipulation que les prédictions elles-mêmes. En effet, alors que les solutions proposées en tant que prédictions n'ont jamais été testées, les échanges à propos de ces dernières semblent avoir permis l'abandon de certaines idées (notamment sur l'air qui fait flotter) éloignées du point de vue de la physique et l'émergence d'autres (taille et la hauteur des parois d'un bateau) plus proches de ce dernier.

Il nous semble donc important d'accorder une place privilégiée à la formulation d'hypothèses écrites dans les enseignements mettant en œuvre des démarches d'investigation sur le thème de la flottabilité des bateaux. Ainsi que d'essayer de favoriser les discussions entre les élèves durant ce moment, plutôt que de nous focaliser sur la pertinence scientifique des hypothèses proposées par ces derniers. En effet, nous pensons que ces échanges permettront d'améliorer la qualité des apprentissages des élèves sur le thème de la flottabilité des bateaux suite à un enseignement mettant en œuvre une démarche d'investigation. Toutefois, il semble nécessaire que la construction de ce moment, permette aux élèves de construire des liens explicites entre la formulation écrite de leurs hypothèses et le reste de la démarche.

Dans cette étude nous avons pris le parti de demander aux élèves de proposer des prédictions et non de réelles hypothèses scientifiques. Et nous pensons qu'il conviendrait d'étudier plus en détail, l'impact de la nature des hypothèses demandées

lors du moment de formulation, sur les liens que peuvent faire les élèves entre ces dernières et le reste de la démarche. De plus, il nous semblerait intéressant d'étudier dans de nouvelles recherches si les élèves perçoivent l'unité d'une démarche d'investigation ou s'ils considèrent que chaque moment est indépendant comme cela semble être le cas pour le moment de formulation d'hypothèses dans notre étude.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier: (a) Coralie Derradj de nous avoir permis d'utiliser ses données, ainsi que son travail préalable de recherche sur les deux séquences d'enseignement, (b) Rahila Hassane pour ses corrections orthographiques, et (c) les experts pour la pertinence de leurs remarques qui nous a permis d'améliorer la qualité de cet article.

RÉFÉRENCES

- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants: regards didactiques*. Bruxelles: De Boeck.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirale*, 43, 139-148.
- Cariou, J.-Y. (2011). Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 3, 83-106.
- Cariou, J.-Y. (2013). Démarche d'investigation: en veut-on vraiment? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7, 137-166.
- Cepni, S., Sahin, C., & Ipek, H. (2010). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the 5E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), 1-39.
- Derradj, C. (2013). *La problématisation dans l'enseignement des sciences physiques*. Mémoire de maîtrise, France, Aix-Marseille Université.
- Dewey, J. (1993). *Logique: la théorie de l'enquête*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Neuchâtel: Peter Lang.
- Givry, D. (2013). *Une petite idée pour étudier l'apprentissage*. Sarrebruck: Presses Académiques Francophones.
- Givry, D., & Roth, W.M. (2006). Toward a new conception of conceptions: interplay of talk, gestures, and structures in the setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10), 1086-1109.
- Givry, D., & Tiberghien, A. (2012). Studying student's learning processes used during physics teaching sequence about gas with networks of ideas and their domain of applicability. *International Journal of Science Education*, 34(2), 223-249.
- Grangeat, M. (2013). Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif.

Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité?

- In M. Grangeat (Ed.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (pp. 155-184). Grenoble: Presses Universitaires.
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P. (2011). The uses of the term hypothesis and the inquiry emphasis conflation in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1993-2015.
- High Level Group on Science Education. (2007). *Science now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Union.
- Howe, C. (1998). *Conceptual structure in childhood and adolescence: the case of everyday Physics*. New-York: Routledge.
- Kerguelen, A. (2003). *Actogram Kronos pour Windows*, Toulouse: Editions Octares.
- Lee, J.-K., & Kwon, Y. (2012). Learning-related changes in adolescents' neural networks during hypothesis-generating and hypothesis-understanding training. *Science & Education*, 21(1), 1-31.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Mathé, S., Meheut, M., & De Hosson (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, 41-76
- Mill, J. S. (1866). *Système de logique déductive et inductive: exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique*. Paris: Ladrangé.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Ministère de l'Éducation Nationale (2008). *Programme du collège: programme de l'enseignement de physique-chimie*. Bulletin Officiel spécial, 6.
- Moore, T., & Harrison, A. (2006). Everyday science in middle school floating and sinking concepts. *Curriculum and Teaching*, 21(1), 49-68.
- OCDE. (2006). *Evolution of student interest in science and technology studies*. Paris : OCDE.
- Oh, P.S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of Earth Science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560.
- Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489.
- Peirce, C. S. (1964). *Collected papers of Charles Sanders Peirce*. (C. Hartshorne & P. Weiss, Eds). Cambridge (Mass.), USA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Pelissier, L., & Venturini, P. (2012). Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission savoirs épistémologiques? In B. Calmettes (Dir.), *Didactique des Sciences et Démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation* (pp. 151-181) Paris: L'Harmattan.
- Popper, K. R. (1973). *La logique de la découverte scientifique*. Paris: Payot.
- Poincaré, H. (1968). *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013). L'hypothèse dans les démarches d'investigation en sciences, mathématiques et technologie: convergences et spécificités disciplinaires des représentations des enseignants. In M. Grangeat (Dir.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 59-78). Grenoble: Presses Universitaires.
- Rogalski, J. (2008). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. In F. Vandebrouck (Dir.), *La classe*

de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants (Vol. 1-1). Toulouse: Octarès éditions.

- Sasseron, L. H., & de Carvalho, A. M. P. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toúmin. *Ciência & Educação*, 17(1), 97-114.
- Tiberghien, A., Malkoun, L., & Seck, M. (2008). Analyse des pratiques de classes de physique : aspects théoriques et méthodologiques. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 19, 61-79.
- Tomkins, S. P., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Looking for ideas: observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education*, 23(8), 791-813.
- Ünal, S., & Coştu, B. (2005). Problematic issue for students: does it sink or float? *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6(1), 1-16.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques: étude de cas au collège. *Revue Française de Pédagogie*, 180(3), 95-120.
- White, B. (2004). Reasoning maps: a generally applicable method for characterizing hypothesis-testing behaviour. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1715-1731.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.