

**Quel est l'impact de la formulation d'hypothèses
écrites sur les idées des élèves et leurs actions de
manipulation durant le moment d'investigation d'un
enseignement de cinquième sur la flottabilité ?**

Antonin Boyer et Damien Givry

Aix Marseille Université, ADEF EA 4671, 13331, Marseille, France

*Adresse de correspondance : Antonin Boyer & Damien Givry École Supérieure du
Professorat et de l'Éducation 32 Rue Eugène Cas, 13004 Marseille*

E-mail: antonin.boyer@etu.univ-amu.fr & damien.givry@univ-amu.fr

Tel: 00 33 (0)04 13 55 12 44 FAX: 00 33 (0)4 13 55 22 56

RESUME :

Notre étude interroge l'impact d'une formulation d'hypothèses écrites sur les idées des élèves et leurs manipulations durant l'expérimentation d'une démarche d'investigation sur la flottabilité. Deux enseignements (avec et sans formulation d'hypothèses écrites) ont été mis en place par le même enseignant pour des élèves de 5ème (grade 7, 12-13 ans). L'analyse des vidéos et des productions écrites de 24 élèves montre l'influence de la formulation écrite d'hypothèses sur leurs idées et le type de bateau appelé barge durant l'investigation. Les élèves ne testent pas leurs hypothèses et n'évoquent certaines idées que pendant la formulation d'hypothèses ou que pendant l'investigation.

MOTS-CLES:

Didactique des sciences physiques, Démarche d'investigation, Formulation d'hypothèses, Actions de manipulation, Idées des élèves.

ABSTRACT

Our study shows the impact of the 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 of hypotheses) to 12-13 years old students (grade 7). The analysis of video and written works of 24 students shows the influence of the formulation of hypotheses about their ideas and a type of boat called barge during the investigation. Students do not test their hypotheses and speak about some ideas during the formulation of hypotheses or the inquiry.

KEYWORDS :

Didactic of physic, inquiry based teaching, formulation of hypothesis, manipulation, students' ideas.

Introduction :

De nombreuses études internationales (High level group on science education, 2007; OCDE, 2006) 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).

En France, on retrouve ces orientations notamment dans les programmes de physique au collège. La démarche d'investigation y est 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 techniques » (MEN, 2008, p. 5). Ces programmes caractérisent cette démarche par un canevas constitué de sept moments modulables (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. ».

Chaque moment est décrit dans les programmes à partir des principales tâches que réalisent les élèves. Ce canevas est présenté, comme un support qui doit être adapté en fonction de chaque projets pédagogiques. Il peut notamment être utilisé partiellement ou dans sa totalité par les enseignants.

La synthèse réalisée par Minner, Levy, et Century (2010) montre un panel de recherche très varié

sur les enseignements fondés sur l'investigation. Ces recherches adoptent différentes approches et présentent : (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 ces pratiques (Boilevin 2013, Venturini & Tiberghien, 2012).

Concernant la mise en œuvre de ces démarches et leur caractérisation, différents modèles ont été proposés, que ce soit pour mesurer l'authenticité de ces démarches (Cariou, 2013) ou pour simplement les modéliser (Grangeat, 2013). Ces modèles ont en commun de s'appuyer sur les sept moments décrits dans le canevas des programmes (MEN, 2008). Prieur, Monod-Ansaldi, & Fontanieu (2013) considèrent que parmi ces moments, 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.

Les modèles utilisés pour caractériser les démarches d'investigation présentent des points de vue différents à propos de la formulation d'hypothèses. En effet, le modèle à six dimensions de 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 (réels faits d'observation ou évidences). D'autres travaux plus spécifiques concernant la formulation d'hypothèses 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 (Thomkins & Tunicliffe, 2010; White 2004).

En neuroscience, également, des recherches (Lee, 2012; Lee & Kwon, 2012) montrent que les zones du cerveau qui s'activent sont différentes en fonction de la nature de la tâche concernant les hypothèses dans un enseignement. En effet, ils montrent que l'activité neuronale des élèves est très

différente quand on leur présente des hypothèses 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 (Lee, 2012; Lee & Kwon, 2012; Park, 2006; Thomkins & Tunicliffe, 2010; White, 2004) et le rôle que peut jouer l'enseignant dans cette formulation (Oh, 2010) induisent donc des activités particulières pour ces acteurs.

Cependant, 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). 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'hypothèses dans les programmes (MEN, 2008), ainsi que dans une démarche scientifique (Oh, 2010 ; Park, 2006) et sa réelle mise en œuvre.

Il est important de souligner que le terme hypothèse est souvent employé avec des significations assez différentes. En effet, Prieur, Monod-Ansaldi, et Fontanieu (2013) montrent que ce terme revêt des définitions différentes pour les enseignants en fonction de la discipline dans laquelle ils enseignent. De plus, Gyllenpalm et Wickman (2011) montrent que l'emploi du mot « hypothèse » 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 prédictions 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 prédiction simple à propos d'un résultat ». C'est cette définition « scolaire » des hypothèses que nous adopterons dans le cadre de cette étude. En effet, dans le cadre de notre recherche, nous souhaitons étudier l'impact du moment de formulation d'hypothèses par les élèves

sur leurs apprentissages durant un enseignement fondé sur l'investigation en restant au plus proche de la façon dont le terme hypothèse est perçu au sein des institutions scolaires. Cette étude nécessite l'élaboration et la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en classe, ainsi qu'une analyse fine de l'activité des élèves et aussi de l'enseignant(e) durant l'ensemble des moments de l'enseignement. L'implication de cette étude contribue à une meilleure compréhension des activités des élèves durant certains moments d'un enseignement fondés sur l'investigation et devrait faciliter la mise en œuvre et la gestion de ces moments par les enseignants.

Activité, Actions de manipulation et idées des élèves :

De manière générale, ce travail s'intéresse à l'efficacité des processus d'enseignement-apprentissage dans le cadre des enseignements fondés sur l'investigation et plus particulièrement à l'impact du moment de formulation d'hypothèses écrites sur l'activité d'élèves de cinquième durant une démarche d'investigation. Notre cadre théorique s'inscrit dans le cadre de la didactique des sciences physiques et adopte une approche socio-constructiviste de l'apprentissage à partir d'une analyse historico-culturelle de l'activité des élèves (Engeström, 2001 ; 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. 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" (au sens de Givry & Tiberghien, 2012) 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). Dans le cadre de cette étude, c'est l'analyse de la séquence d'enseignement qui nous a permis de déterminer

que l'observateur a choisi et dont l'activité est observée.

L'objet représente la matière initiale ou l'environnement que l'activité va transformer, il correspond à la tâche à accomplir ou l'objectif à atteindre.

Les instruments sont tous les outils matériels ou symboliques qui peuvent médiatiser l'activité.

La communauté est un ensemble de sujets qui partagent le même objet. C'est ce partage qui les distingue d'autres communautés.

La division du travail comprend la répartition horizontale des actions et la répartition verticale des pouvoirs et des statuts, au sein de la communauté.

Enfin, les règles font référence à toutes les normes, conventions, standards ou habitudes quelles soient implicites ou explicites, qui maintiennent et régulent les actions et les interactions à l'intérieur du système.

Actions : manipulation et communication

Parmi les différents composants de l'activité, ce sont : l'objet, les instruments et le sujet que Leont'ev (1978) considère comme le cœur du système. Ces trois composants correspondent aux actions d'un ou de plusieurs sujets. Ces actions représentent « la partie émergée de l'iceberg » selon Engeström (2001). C'est en effet la partie du système la plus saillante et la plus facile à appréhender en termes d'analyse. Cependant, ces observations ne peuvent être comprises sans tenir compte du contexte de l'activité (règles, division du travail, communauté).

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, 2003) 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 actions de communication que nous décrirons 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 par 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 à partir des travaux sur les conceptions à propos des paramètres qui font qu'un objet flotte ou coule.

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). Moore et Harrison (2006) montre également qu'on retrouve chez des élèves âgés de neuf ans des explications liées au fait qu'un objet flotte : car il est fait pour, par une volonté divine, ou encore par sa propre volonté.

Parmi les paramètres évoqués par les élèves qui sont liés aux caractéristiques physiques de l'objet, on retrouve 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, 2009). Par exemple, Ünal et Coştu

(2005) montrent que certains élèves 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 c'est la présence d'air dans la structure de l'objet que les élèves associent au fait que celui-ci flotte (Moore & Harrison, 2006)

Pour d'autres élèves, c'est l'association de ces différents paramètres qui fait qu'un objet flotte ou non (Cepni & al, 2009 ; Ünal & Coştu, 2005). 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 & Coştu, 2005). C'est travaux montrent aussi que les élèves considèrent : (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 ou encore (e) que la densité des objets qui se maintiennent entre la surface et le fond est la même que celle des objets qui flottent. Ces même auteurs montrent que certains élèves associent la flottabilité à une force qui compense le poids de l'objet.

Problématique

Notre étude propose d'apporter des éléments de réponse à la question de recherche : quel est l'impact de la formulation écrite d'hypothèses sur l'activité des élèves durant le moment de manipulation d'un enseignement fondé sur l'investigation à propos de la flottabilité ?

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

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.

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 testé. 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).

Dans la séance sans émission d'hypothèses écrites, 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 suite de la résolution du défi est commune aux séquences avec et sans émission d'hypothèses écrites. Les élèves doivent débattre de leurs solutions en classe entière (sous-tâche n°2.2) et à l'issue de ce débat rédiger la solution retenue (sous-tâche n°2.3).

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.

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

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 2).

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

Pour pouvoir étudier l'activité des élèves à travers leurs actions (manipulation et communication) durant l'enseignement, nous avons choisi de focaliser notre analyse sur les données vidéos de 6 groupes d'élèves (3 groupes ayant formulé des hypothèses écrites et 3 groupes sans cette étape) et de les traiter 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 formulation d'hypothèses écrites). Nous avons ensuite codé la vidéo en nous situant à un niveau microscopique (Tiberghien, Malkoun & Seck, 2008), afin de pouvoir caractériser les actions (manipulation et 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 de l'activité des élèves 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. Durant les moments de formulation d'hypothèses et d'investigation, 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 manipulations, 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 à été conduite à partir des vidéos des 6 groupes d'élèves des deux séances, et de leurs productions écrites correspondantes.

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 sur les conceptions des élèves (voir partie idées sur le flottabilité ci-dessus), ainsi que ceux 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

Le tableau 4 donne la liste de mots clés correspondant à chacune des idées que nous avons étudiées 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 de l'élève (nommé A). Cette idée a été reconstruite plusieurs fois à différents instants de la séance.

Transcription 1 :

*Elève A « 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" construit à partir de la feuille d'aluminium.

Transcription 2 :

*Elève A : 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 identifions l'idée « air dans le bateau » à travers le fait qu'il exprime qu'il faut qu'il y ait de l'air dans

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 exprimés 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 de la formulation d'hypothèses écrites sur les actions des élèves durant le 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 hypothèses écrites sur les actions des élèves pendant l'investigation, et (B) une deuxième qui correspond à une analyse plus fine des actions des élèves pendant la phase de formulation d'hypothèses.

Nos résultats se présentent de la manière suivante :

A. Quel est l'impact des hypothèses écrites sur les actions des élèves durant l'investigation ?

A.1 La formulation d'hypothèses écrites influence les idées des élèves pendant l'investigation

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

B. Quelles sont les actions des élèves durant la formulation des hypothèses ?

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

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.

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'hypothèse) et des extraits vidéos des différentes expériences réalisées (pendant l'investigation) montre que les solutions écrites ne sont jamais testée 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 5).

«(Insert Figure 5 here)»

La figure 5, 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).

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.

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 pièces.

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 implicitement 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. Contrairement à ces attentes, 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 activités avec des mobiles 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

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 hypothèses durant le moment d'investigation et (B.2) l'idée « présence d'air dans le bateau » n'est évoquée que pendant la 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'enseignements avec et sans formulation d'hypothèses.

A.1 La formulation d'hypothèses écrites influence les idées des élèves pendant l'investigation. En effet, les élèves n'ayant pas formulé d'hypothèses 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 hypothèses 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 la formulation d'hypothèses écrites. On retrouve ces paramètres évoqués par les groupes d'élèves dans les mêmes proportions pour les deux types d'enseignement (avec et sans formulation d'hypothèses).

A.2 La formulation d'hypothèses écrites 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 d'hypothèses 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 hypothèses 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 hypothèses 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. Ces derniers réalisent quasiment les mêmes types de bateaux durant le moment d'investigation que les élèves n'ayant pas formulés d'hypothèses 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 difficultés des élèves, notamment le fait qu'ils ne testent pas les hypothèses écrites durant le moment d'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 hypothèses est beaucoup plus importante pour les élèves que les hypothèses 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 la formulation des hypothèses. L'influence des hypothèses retenues semblent être quasi inexistante sur les idées 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 & Tunicliffe, 2010), ainsi que sur le lien établi par des étudiants en biologie à l'université entre la formulation des hypothèses et les testes 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 hypothèses 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 hypothèses qu'ils ont formulées. Ceci pourrait montrer, qu'ils ne font pas encore le lien (contrairement aux étudiants étudiés par White, 2004) entre les différentes étapes d'une démarche d'investigation, particulièrement entre la formulation des hypothèses et leur validation

durant l'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 que dans notre cas, il soit aussi nécessaire d'élargir ces stratégies pour aider les élèves à être capable d'avoir une réflexion à propos des hypothèses qu'ils testeront durant l'investigation.

Implications

Notre étude illustre comment le 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. Voilà pourquoi, il nous semble 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. Toutefois, il semble nécessaire d'accorder une grande importance à la construction de ce moment, en essayant de faire réaliser aux élèves des liens explicites avec les autres moments de la démarche d'investigation mise en œuvre. En effet, il semble important d'aider les élèves à faire des liens entre la formulation écrite de leurs hypothèses et le reste de la séance.

De plus, notre étude montre que les discussions à propos des hypothèses semblent être plus importantes que les hypothèses elles-mêmes. En effet, ces échanges 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. C'est pourquoi, nous proposons d'essayer de favoriser les discussions entre les élèves durant la formulation écrites des hypothèses, 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.

Bibliographie :

Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants: regards didactiques*. Bruxelles, Belgique: De Boeck.

Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirale*, 43, 139-148.

Cariou, J.-Y. (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *RDST. 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), article 5, 1-39.

Derradj, C. (2013). *La problématisation dans l'enseignement des sciences physiques*. (mémoire de maîtrise non publié). Aix-Marseille Université, France

Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Neuchatel: Peter Lang.

Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.

Givry, D. (2003). *Étude de l'évolution des idées des élèves de seconde durant une séquence d'enseignement sur les gaz* (Thèse de doctorat). Université Lumière, Lyon.

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),

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. In M. Grangeat (Ed.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (p. 155-184). Grenoble, France : 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, Belgium: European Union.

Howe, C. (1998). *Conceptual Structure in Childhood and Adolescence: The Case of Everyday Physics*. New-York, U.S.A: Routledge.

Kerguelen, A. (2003). Actogram Kronos pour Windows, Toulouse, France : Editions Octares

Lee, J.-K. (2012). Do the Brain Networks of Scientists Account for Their Superiority in Hypothesis-Generating? *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(1), 83–106.

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*. dans Hall M.J (trad.) Prentice-Hall, Nate Schmolze (marxists.org).

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 : 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.

Pelissier, L., & Venturini, P. (2012). Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission savoirs épistémologiques ? dans Calmettes. B (dir.), *Didactique des sciences et Démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation* (p. 151-181) Paris, France : L'Harmattan.

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. dans Gangeat M. (dir.) *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (p. 59-78). Grenoble, France : Presses Universitaires.

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 tomin. *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.

Figure 1

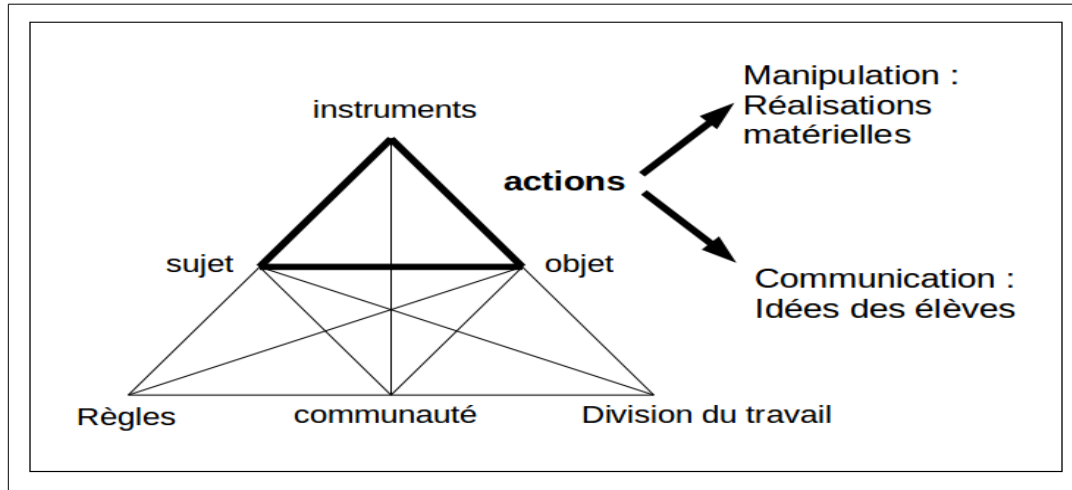


Figure 1: système d'activité et actions de manipulation et de communication

Figure 2

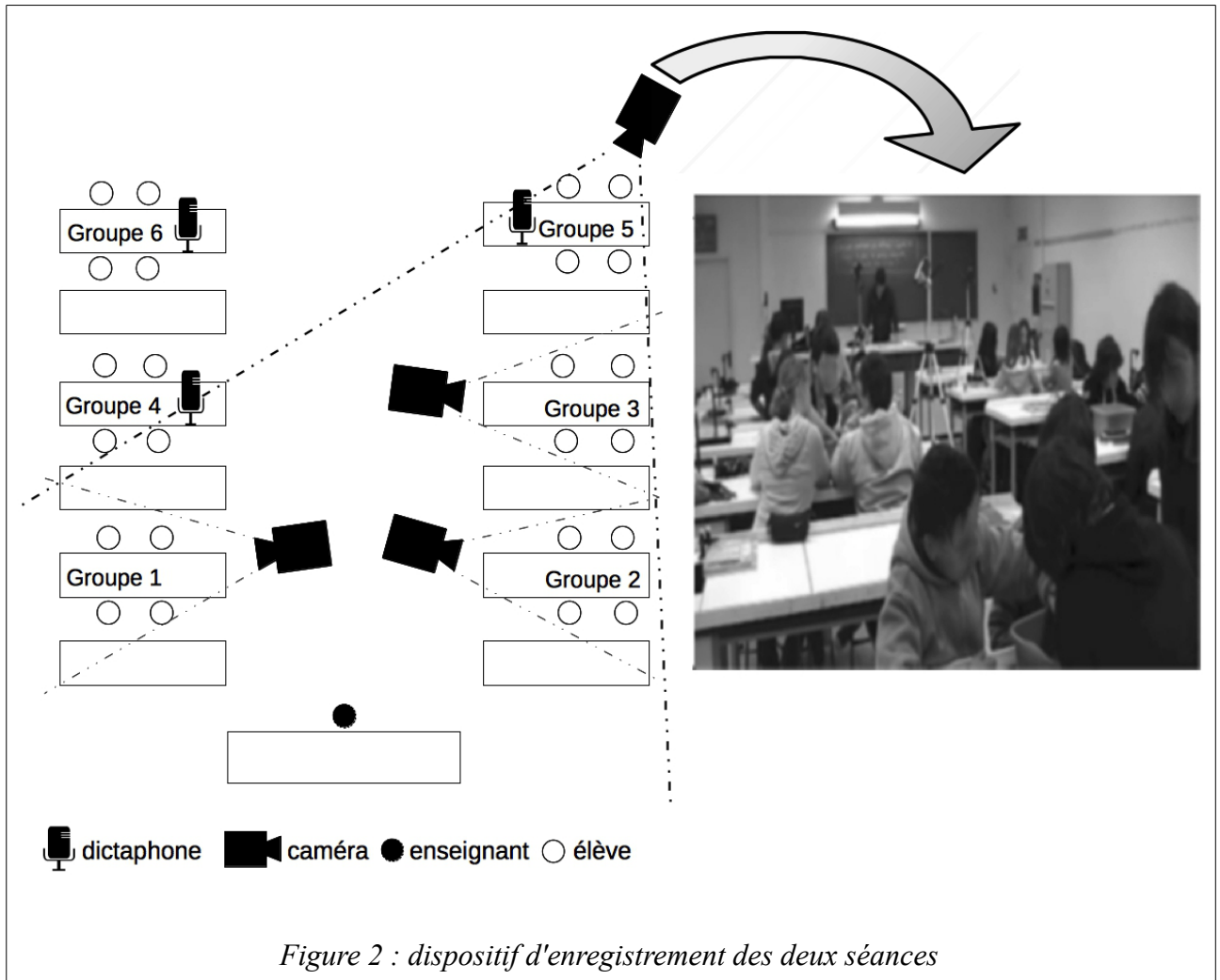


Figure 3

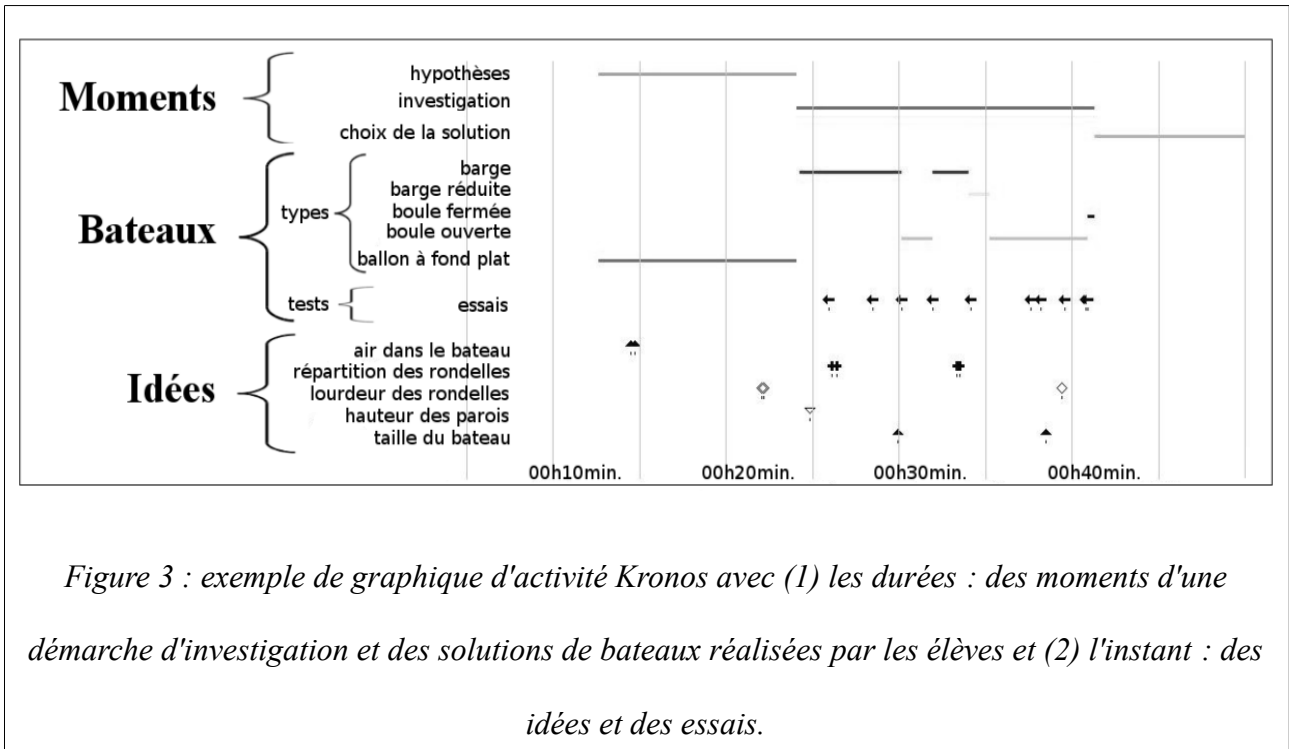
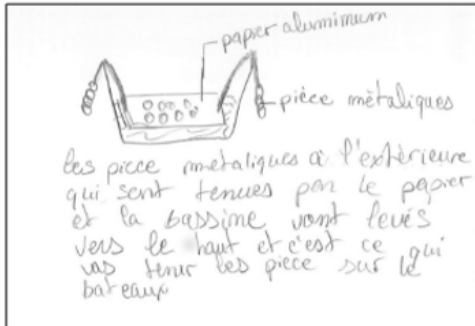


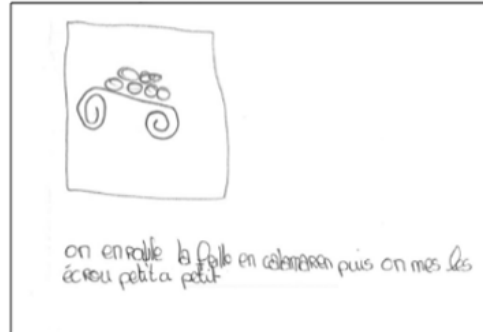
Figure 3 : exemple de graphique d'activité Kronos avec (1) les durées : des moments d'une démarche d'investigation et des solutions de bateaux réalisées par les élèves et (2) l'instant : des idées et des essais.

Figure 4

-1-



-2-



-3-

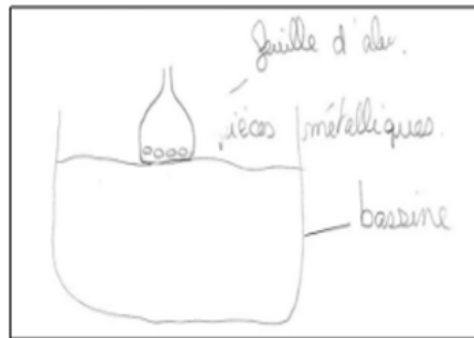


Figure 4: solutions proposées par les groupes d'élèves n°1, 2 et 3 lors de la formulation
d'hypothèses écrites

Figure 5

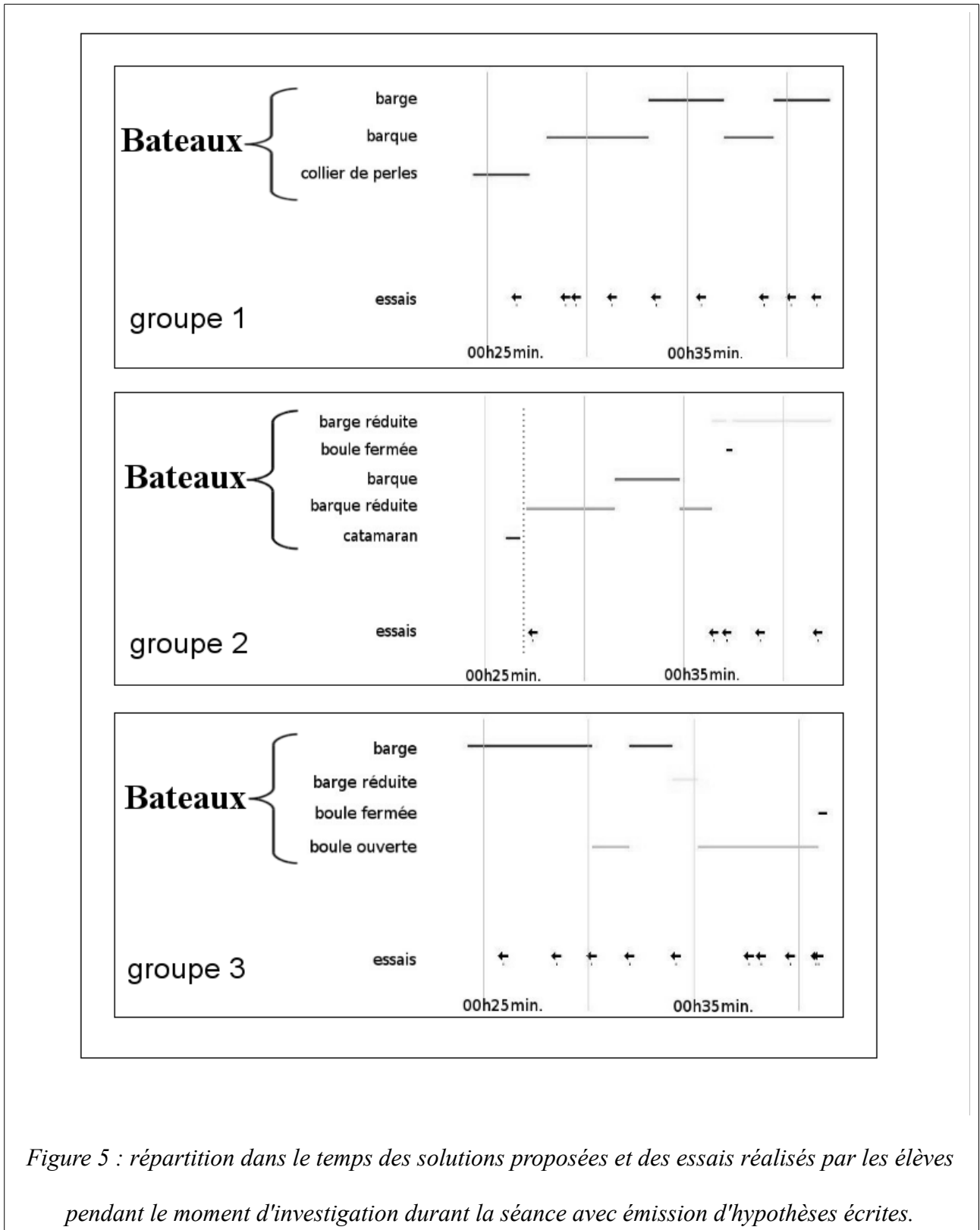


Figure 5 : répartition dans le temps des solutions proposées et des essais réalisés par les élèves pendant le moment d'investigation durant la séance avec émission d'hypothèses écrites.

Figure 6

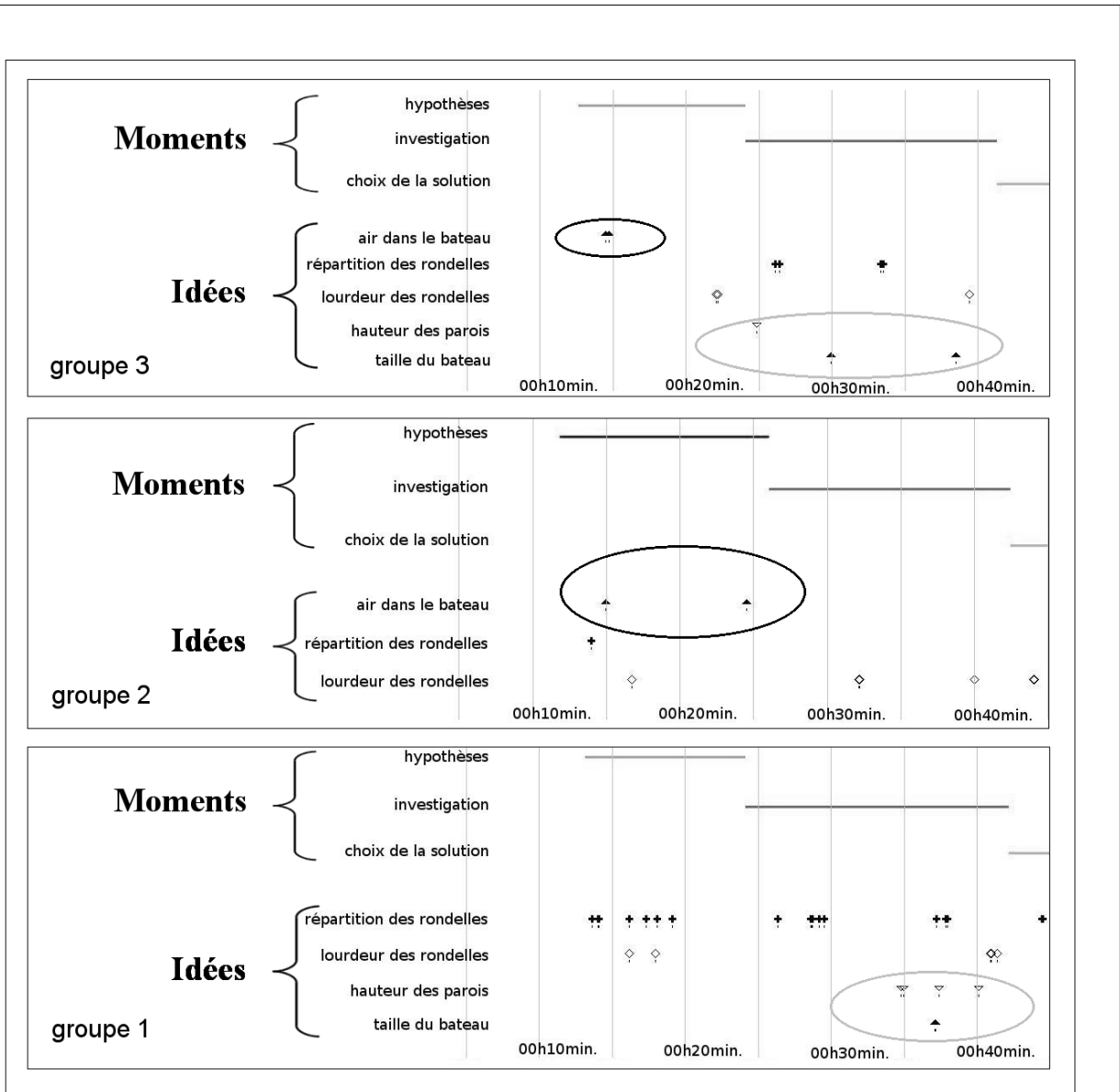


Figure 6 : Graphique d'activité Kronos des idées des élèves sur la flottabilité évoquées durant les moments : de formulation d'hypothèses, d'investigation et de choix de solution

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		

Tableau 1: organisation et découpage initial de la séance prévue

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

Tableau 2: Recueil des données dans le temps

Tableau 3




Catégorie	Illustration 1	Illustration 2	Illustration 3
Barge			

Tableau 3: exemples de catégorisation de 3 solutions proposées par les élèves pendant la phase

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...)

Tableau 4: Exemple des mots clés aidant pour reconstruire les idées

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 tout 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 (designe les rondelles) fait du poids » « le but c'est de mettre le moins de poids possible »

Tableau 5 : catégorie d'idées des élèves sur la flottabilité d'un bateau en aluminium

Tableau 6






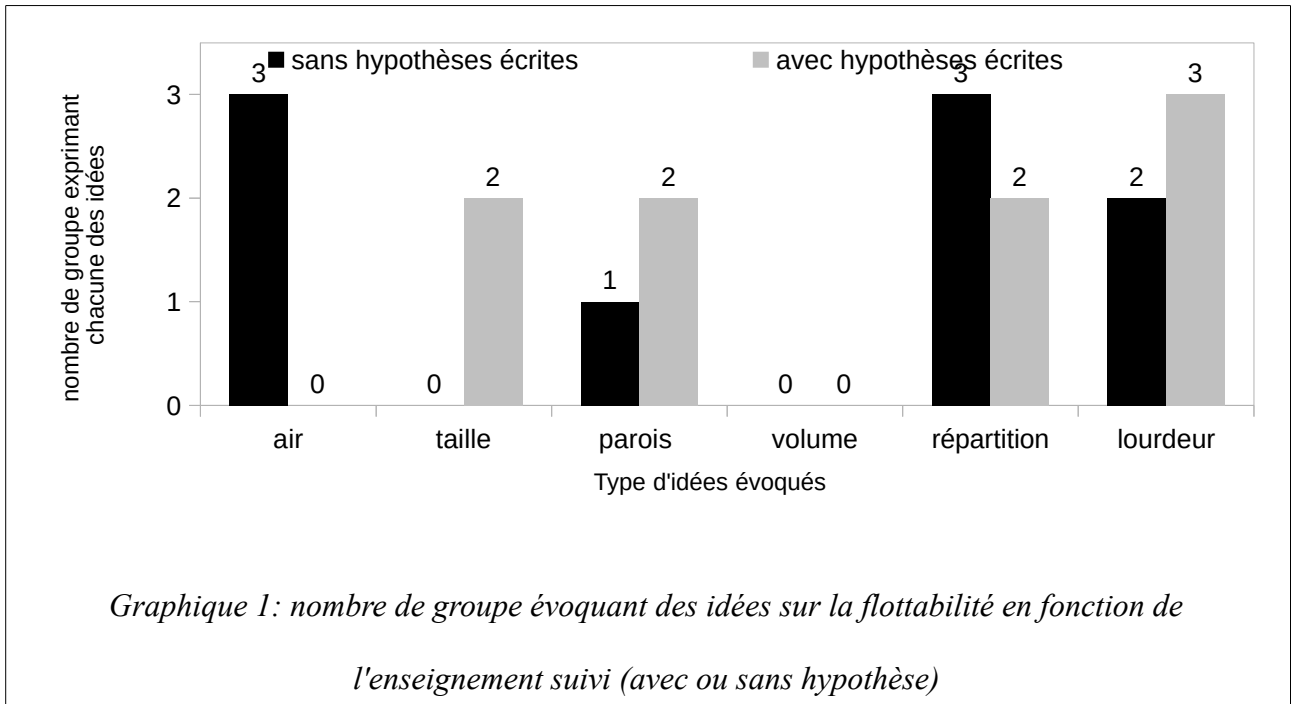
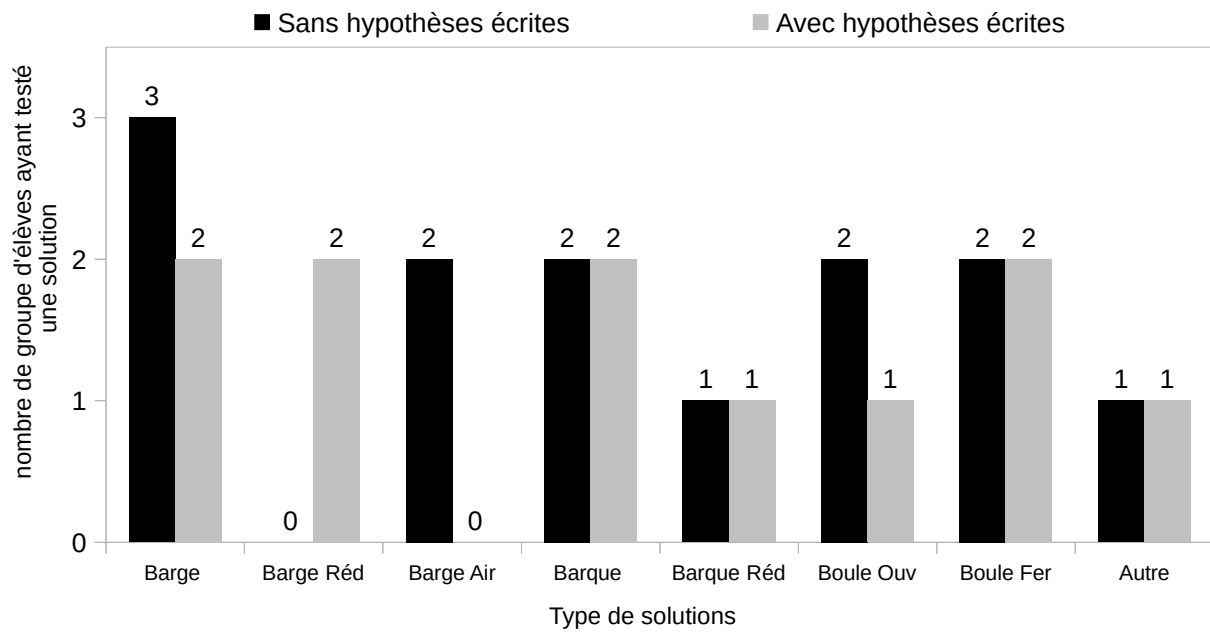
Type de solution	Barge	Barge réduite	Barge avec de l'air
Illustration			
Description	Bateau à fond plat réalisé à partir d'une feuille de papier d'aluminium	Bateau à fond plat construit avec une feuille d'aluminium préalablement pliée en deux	Bateau à fond plat dans les bords duquel les élèves ont essayé 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	Autre
Illustration			
Description	Bateau en forme de demi-sphère	Bateau en forme de sphère	Solution ne correspondant à aucune des catégories précédentes

Tableau 6: catégories de bateaux réalisés par les élèves

Graphique 1



Graphique 2



Graphique 2: Nombre de groupe d'élèves ayant testés chaque solution durant l'investigation