

## Une démarche expérimentale

Dans le champ des activités scientifiques et technologiques, parmi les démarches à privilégier en classe relais, nous avons retenu la démarche expérimentale car elle nous semble avoir des effets stimulants en particulier parce qu'elle favorise "un va-et-vient permanent entre réflexion et action, individuellement et/ou collectivement"<sup>1</sup> et parce qu'elle permet de faire comprendre l'objet de la Science : tenter d'expliquer le comment plutôt que le pourquoi.

Ce cahier est constitué de trois parties :

- une première partie explicite ce qu'on entend par démarche expérimentale, évoque les compétences méthodologiques mises en jeu et la place de l'écrit, décrit les différentes étapes d'un cheminement avec des élèves.
- ensuite, deux thèmes "*Le pendule*" et "*Flotte ou Coule ?*" s'efforcent d'illustrer de façon concrète les principes énoncés dans la première partie.

Pour faire exister cette démarche, l'idéal est de s'appuyer au départ, sur les centres d'intérêt des jeunes accueillis, de partir de leurs questions, de leur désir de comprendre le monde, de ce que nous appelons un "déclencheur" fort. Nous sommes conscients de la difficulté à mettre en oeuvre cette phase. A minima, c'est l'enseignant qui sera amené à provoquer le questionnement par une phase de découverte, une observation (c'est le cas pour *Le pendule*) ou un questionnaire introductif (pour *Flotte ou Coule* par exemple)... L'idéal serait de pouvoir se saisir de la moindre opportunité favorisant un questionnement spontané (voir "*Une question scientifique au cœur du projet pédagogique*").

Il s'agit donc de faire un "zoom", dans un contexte donné, sur les différentes étapes d'une démarche expérimentale et nous souhaitons convaincre les collègues de l'intérêt, osons dire vital, de mettre en oeuvre autant que faire se peut ce type de démarche pour la faire vivre "en vraie grandeur" à ces élèves.

Une remarque pour rendre le lecteur plus libre dans la circulation de ce document : on peut commencer par les principes décrits dans cette partie et ensuite lire ce qui concerne *Le pendule* et/ou *Flotte ou Coule* ; mais on peut aussi se pencher d'abord sur chacun des deux thèmes et ensuite revenir aux indications générales concernant une démarche expérimentale.

---

<sup>1</sup> "*Enseigner-Apprendre en classe relais*", Ministère de l'Education nationale et Ministère de la Justice, 2002.

## Qu'entend-on par démarche expérimentale ?

Avant d'aborder les deux thèmes-supports illustrant les principes d'une démarche expérimentale ou démarche hypothético-déductive, on peut résumer celle-ci de la façon suivante :

On observe le réel, on se pose des questions à propos d'un phénomène ; on formule ensuite une hypothèse pour l'expliquer et on en déduit si possible toutes les conséquences logiques ; on conçoit et on met au point toutes les expériences possibles permettant de vérifier cette hypothèse et ses conséquences. Si une seule expérience contredit l'hypothèse ou une de ses conséquences, on ne peut pas formuler de règle générale. Si toutes les expériences confirment l'hypothèse et ses conséquences, on peut formuler une règle générale appelée loi qui sera valide jusqu'au moment où quelqu'un éventuellement démontrera qu'elle ne l'est plus.

L'objectif de la mise en œuvre des séquences décrites à propos des deux thèmes est l'appropriation de cette démarche car elle est un outil pour penser et comprendre le monde non seulement dans le champ scientifique mais dans tout autre domaine.

Ceci ne pouvant s'élaborer au travers des seules activités décrites ici, d'autres thèmes peuvent emprunter le même déroulement.

La mise en œuvre d'une telle démarche suppose, à un moment, d'accepter la remise en cause d'une hypothèse et/ou d'un protocole expérimental. Pour ces élèves "écorchés vifs" du système scolaire, dans une attitude de repli et de dépréciation d'eux-mêmes, il s'agit de comprendre qu'on teste les hypothèses qu'ils émettent et non leur intelligence. Cet aspect de la question est crucial car il doit leur permettre de différencier une remise en cause de leur personne (qui conduit à une dévalorisation de soi) et la remise en cause d'un raisonnement ou d'une action (qui permet d'avancer). Cette compétence à acquérir est incontournable et va demander beaucoup d'énergie.

A l'occasion, l'installation de rituels méthodologiques parce qu'ils ouvrent sur un sentiment de sécurité est importante pour ces adolescents manquant de confiance en eux. C'est la mise en œuvre réitérée de ces principes à l'occasion du traitement de tout thème scientifique qui leur permettra d'acquérir de nouveaux outils pour penser, pour penser tout seul, pour penser avant d'agir, de façon à ce qu'ils fassent partie intrinsèque de leur fonctionnement intellectuel, de façon à ce qu'ils deviennent constitutifs de leur raisonnement.

Si on pense comme Albert Jacquard le souligne dans *L'équation du nénuphar* que la science est un effort vers toujours plus de lucidité, que l'activité scientifique tend vers toujours plus de compréhension, alors il s'agit pour elle, de construire une représentation de la réalité et de confronter les conséquences de ce modèle avec les observations. Le point de départ sera une observation toujours partielle, toujours imprécise. La proposition d'une explication sera un modèle toujours provisoire, toujours révisable.

Arriver à faire entrer les élèves dans ce système de pensée, à leur faire toucher du doigt ce raisonnement et/ou cette démarche nous semble plus important que de se focaliser sur l'acquisition de connaissances en nombre et morcelées dans les domaines variés de la physique, de la chimie, de la biologie...

## Place de l'écrit dans cette démarche

L'écrit aide à structurer sa pensée. Lorsqu'il écrit, l'élève s'interroge sur ce qu'il a fait et ce qu'il veut faire. Il analyse la chronologie des événements passés et à prévoir. Ce passage à l'écrit lui permet de se poser des questions initialement non prévues.

Il peut s'avérer utile de mettre en place un cahier d'expériences. C'est un cahier individuel qui relate les activités scientifiques pratiquées en classe. L'élève y consigne ses questionnements, ses hésitations, ses découvertes à travers des dessins, des schémas, des photographies, des tableaux de mesure, des graphiques, des plans, des textes, des réalisations pratiques... tout un ensemble d'informations variées et complémentaires.

Des écrits de statut différents peuvent coexister dans ce cahier :

- l'écrit personnel est un moyen pour l'élève d'explicitier ce qu'il pense, de noter ce qu'il a compris (et non ce qu'il est censé avoir compris), de dessiner ce qu'il a vu (et non ce qu'il est censé avoir vu). Il écrit avec ses propres mots, il utilise ses propres codes. Les erreurs d'orthographe ou de style ne sont pas pénalisées. Avant une expérimentation, il inscrit ses prévisions en essayant de les justifier. Après l'expérimentation, il fait un compte rendu de ce qu'il a réalisé et observé, puis note ses conclusions, soit personnelles, soit issues d'une discussion de groupe.

L'écrit personnel n'est pas un passage obligé pour manipuler. Il est important de faire sentir aux élèves qu'ils sont libres d'écrire ce qu'ils désirent sur ce cahier, la seule contrainte étant que cela doit avoir un rapport avec l'activité scientifique menée.

- les écrits collectifs sont de deux sortes. Il y a ceux produits par un groupe d'élèves : inventaire des hypothèses de la classe, organisation du travail à faire, protocoles expérimentaux à réaliser, ce qui suppose de s'être mis d'accord sur les choix à faire, observations et mesures, interprétations des résultats... Un second type d'écrit collectif est celui réalisé par la classe entière : que savons-nous sur le sujet ? quels sont les problèmes à résoudre ? qu'avons-nous fait ? qu'avons-nous observé ? quelles conclusions provisoires peut-on rédiger ?

Le formateur est là pour inciter l'élève à écrire dans ce cahier, mais cette utilisation ne doit pas être perçue comme obligatoire par l'élève au risque d'un blocage face à l'écrit. L'idéal est d'amener les élèves à prendre conscience de l'intérêt de son utilisation à travers des situations pertinentes : écrire une hypothèse argumentée différente de celle des autres peut aider à défendre oralement son point de vue et à participer activement au débat scientifique engagé ; si on n'a pas noté le résultat des mesures, on ne pourra pas conclure et participer à la discussion ; de nombreux éléments (remarque, dessin, codage...) peuvent être objets de débat.

Il est possible aussi de proposer aux élèves de réaliser des écrits liés aux thèmes scientifiques : par exemple, écrire un texte libre ou un poème à l'occasion de l'éclipse, décrire le voyage d'un morceau de pain dans le corps... Ce texte pourra être utilisé pour le comparer avec la réalité des phénomènes scientifiques.

L'écrit est aussi un outil fort de communication pour rendre compte de son travail au groupe, à la classe, au formateur. Lors des phases de synthèse, tous les écrits individuels et/ou de groupes peuvent être collectés. De plus, dans un groupe, il est souhaitable qu'un élève prenne en charge cet écrit en tant que futur rapporteur à l'ensemble.

## Compétences méthodologiques en jeu

A côté de compétences classiquement attendues comme :

- observer et décrire un phénomène
- formuler une hypothèse
- concevoir un protocole expérimental approprié pour tester une hypothèse
- réaliser cette expérimentation
- interpréter les résultats

il en est une autre, intervenant dans la conception d'un protocole, qui nous paraît fondamentale et sur laquelle nous souhaitons insister :

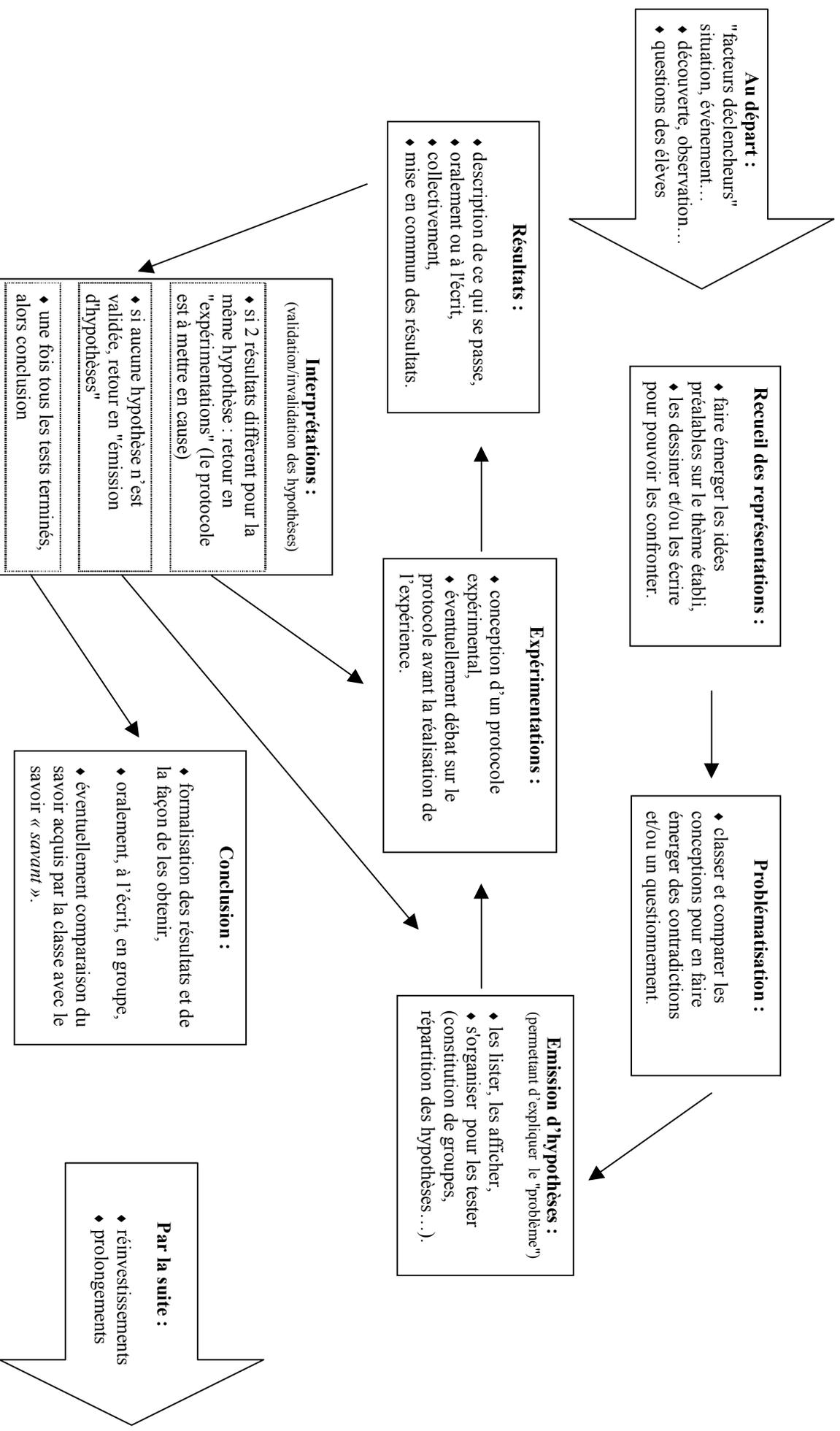
- isoler un paramètre<sup>2</sup>

Cette compétence est liée de façon intrinsèque à la démarche. Comprendre la nécessité d'isoler les paramètres est constitutif du raisonnement. C'est la condition pour faire l'expérience de la réussite, c'est-à-dire pour aboutir à un résultat : valider ou non une hypothèse (*voir développement plus loin en page 7*).

---

<sup>2</sup> paramètre : élément permettant de faire varier ou non un phénomène ; par exemple, l'état de l'eau dépend du paramètre température (à 0°C, elle est solide, à 100°C, c'est un gaz, entre les deux, elle est liquide...)

### Exemple de cheminement pour une démarche expérimentale en classe :



## Les différentes étapes du schéma

### ➤ Recueil des représentations - Problématisation

Comme nous l'avons déjà souligné<sup>3</sup>, il est vital pour un enseignant d'avoir accès aux représentations des élèves à propos d'un phénomène donné car :

- elles constituent un état des lieux de leurs connaissances,
- la confrontation de ces représentations dans le groupe enrichit les échanges et leur réflexion,
- un des défis de la démarche expérimentale est de confronter ces représentations au réel,
- on ne peut apprendre sans déconstruire ses propres représentations.

En particulier, il s'agit de les utiliser pour faire ressortir les contradictions et les questions qui permettront de mettre les élèves devant un problème à résoudre nécessitant l'émission d'hypothèses.

### ➤ Emission d'hypothèses

#### *Question de vocabulaire*

Avant toute chose, précisons ce que nous entendons par hypothèse. En effet, le sens de ce mot est très différent selon qu'il s'agisse du langage courant, des mathématiques ou des sciences expérimentales ! Nous empruntons au Dictionnaire de Mathématiques Élémentaires de Stella Baruk (Editions du Seuil 1992 pages 582 et 583) les définitions ci-dessous :

**Hypothèse** : n.f. 1538 du grec *hypothesis*, de *hypo* : "au-dessous" et *thesis* : "action de poser" : littéralement "ce qui est posé dessous", d'où "principe, supposition".

#### **En Français :**

- a) Supposition émise dans le but d'être prouvée ou non
- b) Interprétation, explication : "face à cet événement, on est à court d'hypothèses"
- c) Eventualité : "dans l'hypothèse d'un conflit..."

#### **En Mathématiques :**

- a) Cas le plus courant :

Il s'agit des données avec lesquelles on travaille pour démontrer un théorème ou résoudre un problème...

- b) Plus rarement :

Il s'agit d'une supposition que l'on est amené à faire et dont on dira par la suite, en toute logique, si elle est vraie ou fausse (c'est le cas notamment dans le "raisonnement par l'absurde").

(N.B. En mathématiques, on appelle conjecture une assertion dont on n'a pas encore la preuve et qu'on cherche à établir, alors qu'une hypothèse est, dans tous les cas, un outil de démonstration.)

#### **En Sciences :**

Explication d'un phénomène ou d'un ensemble de phénomènes, destinée à être soumise à la vérification par l'expérience, le calcul...

Dans tout ce qui suit, une **hypothèse** désignera donc une **explication a priori** d'un phénomène ou d'un ensemble de phénomènes, **explication destinée à être vérifiée** par l'expérience.

<sup>3</sup> "Enseigner-Apprendre en classe relais", Ministère de l'Éducation nationale et Ministère de la Justice, 2002.

Pour *Le pendule* et *Flotte ou Coule*, on remarquera qu'il y a souvent correspondance univoque entre hypothèse et paramètre, à savoir qu'une hypothèse porte sur un seul paramètre à la fois.

### *Avec les élèves*

Lors de cette phase, toutes les hypothèses faites doivent être accueillies quelles qu'elles soient. Il y a là un important travail d'écoute, non sélective, à mettre en place pour l'enseignant. Nous savons bien que pour aller plus vite, on a tendance à ne retenir que les informations pertinentes. Mais ici, il est nécessaire que chacun puisse donner son point de vue. Toute hypothèse, même en apparence farfelue, est aussi une information sur les représentations de l'élève et doit pouvoir faire l'objet d'une vérification. Il faudra également solliciter les élèves en retrait pour les obliger à entrer dans l'action.

Après leur inventaire, les hypothèses seront organisées. Sur un tableau, on rappellera le phénomène observé ou la question initiale et on notera la liste des hypothèses formulées. Cette présence affichée permet là aussi la confrontation, le repérage des contradictions et donc de créer un questionnement. **L'affichage pendant toute la durée de la démarche** permet un va-et-vient entre expérimentations et hypothèses, sans perdre de vue le problème posé.

Cette phase est l'une des plus importantes de la démarche ; le temps à lui consacrer ne doit pas être négligeable ; les conditions d'accueil en classe-relais, plus souples que celles du collège, doivent pouvoir permettre de lui consacrer le temps nécessaire.

De plus, cette phase sera à chaque fois différente ; non seulement, elle dépend du groupe d'élèves en présence mais elle dépend aussi du pilotage mené par le formateur. Soyons assuré qu'il n'existe pas de recette assurant son succès à tout coup.

### ➤ **Expérimentations**

Il s'agira ici de concevoir et de mettre en oeuvre des expériences réalisables dans les conditions de la classe, pour tester les hypothèses afin de les valider ou de les invalider.

Ce sera l'occasion d'établir un protocole expérimental : document anticipant par écrit et/ou sous forme de schémas, les expériences prévues, les étapes chronologiques, le matériel utilisé, les modalités de réalisation...

Toutes les hypothèses doivent être testées avant le compte rendu final des résultats.

Sur le plan pratique, si on peut travailler par petits groupes, il est souhaitable qu'une hypothèse soit testée par au moins deux groupes. Si les résultats des deux groupes sont différents, il y a là encore matière à débat (*voir le paragraphe **Interprétations** ci-après*).

### *Isoler les paramètres*

Au cours de cette phase, il y aura un moment délicat : comprendre la nécessité d'isoler les paramètres pour pouvoir retirer une information pertinente de l'expérimentation. Souvent, cette prise de conscience intervient au moment des discussions dans le groupe ou avec l'enseignant, notamment lors de la phase d'interprétation. Elle peut conduire à revoir le protocole expérimental.

Faire varier ensemble ou ne pas distinguer deux paramètres empêche l'observation d'un phénomène ou conduit à une conclusion erronée.

Par exemple :

..... Je trouve que le lait que je bois n'est pas assez sucré. Je sais qu'en rajoutant du sucre, ma boisson deviendra plus sucrée. Mais si en même temps, je rajoute du lait, alors il peut se faire que ma boisson ne change pas fondamentalement de goût (1<sup>er</sup>

paramètre : la quantité de sucre, 2<sup>e</sup> paramètre : la quantité de lait ; effet observable : la sensation de sucré).

Je constate que la Lune et le Soleil observés dans le ciel sont de tailles sensiblement identiques (lors d'une éclipse totale de Soleil, la Lune le recouvre entièrement).

On sait (ou on ne sait pas) qu'en réalité, le Soleil est bien plus grand que la Lune (1<sup>er</sup> paramètre : la taille de l'objet, 2<sup>e</sup> paramètre : la distance entre l'objet et l'observateur, effet observable : la comparaison des dimensions).

Toujours est-il qu'un objet très grand mais très éloigné paraît avoir la même taille qu'un objet plus petit mais plus proche. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder des photos qui jouent sur la combinaison de ces deux paramètres où un personnage en premier plan semble tenir dans ses mains le Mont-Saint-Michel ou la Géode du Parc de la Villette...

### ➤ Résultats

La description précise de ce qu'on a observé se fera par une verbalisation orale et/ou écrite, individuellement et/ou en groupe. Chaque groupe rapportera à l'ensemble de la classe ses résultats. Tous les résultats rapportés seront affichés en face des hypothèses émises. Ce moment de va-et-vient entre les hypothèses et les résultats va provoquer de nouvelles questions.

### ➤ Interprétations

Une fois les résultats affichés, on les interprète. On a une liste d'hypothèses et en face une série de résultats. Plusieurs cas vont se présenter :

- certaines hypothèses se trouvent confirmées et dans ce cas, on peut passer à la phase suivante de conclusion partielle,
- aucune hypothèse n'est vérifiée et il faut élaborer de nouvelles hypothèses,
- pour une même hypothèse, on a des résultats différents (ce cas peut se produire lorsque deux groupes ont testé la même hypothèse) : c'est le protocole d'expérimentation qui est peut-être à remettre en cause (on a fait varier deux paramètres en même temps par exemple...) Dans ce cas, il faut en concevoir un autre.

#### *Remise en cause d'une hypothèse, d'un protocole*

L'expérience nous montre qu'apprendre consiste à la fois à renoncer à des connaissances anciennes et à en acquérir de nouvelles.

Il y a toujours un moment délicat où un élève (ou un groupe d'élèves) doit accepter la remise en cause d'une hypothèse, d'un protocole. C'est là qu'il faut aller contre ce qu'on croyait savoir, contre ce qu'on a fait. C'est là qu'il faut accepter de changer de point de vue, de changer de procédé... sans pour autant se sentir désavoué ou humilié "parce que ça n'a pas marché"...

"ça marche !"      "ça n'marche pas !"      →      qu'est-ce que ça veut dire ?

Communément, une expérience qui "ne marche pas" se révèle être une expérience dont le résultat ne correspond pas à ce qui était attendu.

En réalité, l'hypothèse faite a bien été testée puisque l'expérimentation a permis une information : quel qu'il soit, on a un résultat. Donc, "ça marche" toujours !

## ➤ Conclusions

A partir des résultats affichés, chaque groupe d'élèves propose un texte de synthèse. L'ensemble de ces textes constitue *leur* conclusion, celle qui reflète exactement le travail conduit.

Cette conclusion est peut-être partielle par rapport à l'objectif de départ.

Il appartient ensuite à l'enseignant de faire le point sur l'écart entre ce à quoi on est arrivé et ce qu'on appellera le savoir savant, exprimé sous une forme simple et d'apprécier quelle connaissance va être ajoutée à l'ensemble des conclusions de la classe et avec quel niveau de formulation... Voir *Le pendule* et *Flotte ou Coule*.

### **Présentation des deux sujets : *Le pendule* et *Flotte ou Coule* ?**

Les différentes phases décrites ci-dessous ne doivent pas être forcément traitées de façon linéaire. Elles veulent seulement refléter les possibles recherches que le groupe pourra mettre en place pour étudier le phénomène.

Il est préférable que les recherches soient initiées par les élèves. Dans la mesure du possible, ceux-ci devront concevoir eux-mêmes des protocoles d'expérimentation et les mettre en oeuvre.

L'enseignant accompagnera leur démarche en les aidant, voire en les guidant dans leurs investigations mais il lui faudra éviter de concevoir et de réaliser à leur place. Accompagner un groupe dans son cheminement jusqu'au bout d'un protocole, même si celui-ci n'est pas très pertinent, est très formateur au regard des objectifs fixés.

Néanmoins, l'adulte pourra proposer des pistes de recherche en cas de difficulté.

Il n'est donc pas nécessaire de réaliser exactement ce qui est proposé, mais plutôt de s'en inspirer. Les pistes explorées seront vraisemblablement différentes de ce qui est décrit ici. En fait, quoi qu'on fasse, rien ne se passera comme prévu et c'est là tout l'intérêt de la démarche : la réalité échappe à toute prévision, à toute tentative de maîtrise... Vertige de la science !

# Le pendule

Dossier réalisé par Jacqueline Puyalet (enseignante) à partir d'expérimentations avec des élèves en SEGPA  
(CNEFEI, 58/60 avenue des Landes, 92150 Suresnes)  
[jacqueline.puyalet@ac-versailles.fr](mailto:jacqueline.puyalet@ac-versailles.fr)

# Le pendule

## Avant propos destiné au formateur

### Principe sous-jacent :

Un pendule simple est constitué d'un fil inextensible auquel est attaché un objet solide, dont les dimensions sont petites par rapport à la longueur du fil.

La période d'oscillation d'un tel pendule dépend uniquement de la longueur du fil et de l'accélération de la pesanteur. Pour une longueur donnée et en un lieu donné, elle est constante. Elle obéit à la formule suivante :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$T =$  période ;  $L =$  longueur du fil ;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$   
( $g$  : accélération de la pesanteur sur terre, varie en fonction de l'altitude)

La période  $T$  représente la durée d'un battement du pendule, soit l'intervalle de temps mis pour repasser deux fois au point le plus bas.

### Objectif notionnel et niveau de formulation souhaité :

Avec les élèves, on se propose de mettre en évidence les faits suivants :

La période d'oscillation d'un pendule ne dépend que de sa longueur.  
Plus la longueur du fil augmente, plus la période d'oscillation augmente.  
Inversement, plus la longueur du fil diminue, plus la période d'une oscillation diminue.

## Matériel à prévoir

- une potence sur un socle stable, d'une hauteur supérieure à 1,20 m,
- des fils de différentes textures (fil à coudre, fil à bouton, fil de nylon, ficelle...),  
de différentes couleurs,  
de différentes longueurs (allant de 30 cm à 1 m),
- des objets à suspendre, de différentes formes,  
de différentes couleurs,  
en matériaux différents : plastique, bois, verre, métal (fer, plomb, aluminium...) donc de masses différentes.
- chronomètres...

### *Détails techniques :*

- prévoir en particulier des objets de même forme et de couleurs différentes, de même forme et de matériaux différents,
- l'axe de la potence ne doit pas être trop gros sinon son diamètre peut modifier la longueur du fil ; il est préférable d'attacher le fil au bas de l'axe pour éviter qu'il ne s'enroule.

## Les différentes étapes (voir schéma)

### ➤ Première phase : Recueil des représentations

Ici, la situation est apportée par l'adulte pour provoquer le questionnement.

On dispose de 5 ou 6 pendules tous différents

Les paramètres sont : nature du fil  
longueur du fil  
couleur  
masse  
etc.

On met tous les pendules en oscillation à partir d'une même potence qui sert de repère, l'écart avec la verticale ne doit pas dépasser un angle de  $45^\circ$  : au delà, les oscillations peuvent être perturbées par un fil distendu...

Suit un temps d'observation par le groupe d'élèves

Constats : les pendules n'oscillent pas tous de la même façon  
"y'en a qui vont haut, d'autres moins haut"  
"y'en a qui vont vite, d'autres qui ne vont pas vite" (*remarque fréquente*)

On peut poursuivre avec une question du type : "c'est quoi, la vitesse d'un pendule ?", (on peut aussi faire référence au métronome s'il fait partie de leur environnement et à son nombre de battements sur une durée fixée...)

Il y a alors nécessité de guider les élèves : qu'est-ce qu'on veut mesurer et comment ? et de faire un choix,  
- la vitesse ?  
- le nombre de battements avant arrêt ?  
- l'amplitude ?  
- la période ?

On choisit ici d'étudier la période (la durée d'un battement).

Pour la mesurer, on comptera par exemple, le temps nécessaire pour 10 passages au point le plus bas (c'est-à-dire 5 périodes).

### ➤ Deuxième phase : Problématisation - Emission d'hypothèses

Question initiale : A votre avis, de quoi dépend le temps mesuré pour tous ces pendules ?

Il s'agit de permettre au groupe de dégager les questions et ensuite les paramètres.

Lors de cette phase de "remue-méninges" (*brain-storming*), il convient d'accueillir absolument toutes les hypothèses faites, sans a priori et de les organiser.

On peut procéder de la manière suivante : rappeler la question initiale

- au centre du tableau et toutes les hypothèses énoncées autour en soleil,
- à gauche du tableau et les hypothèses en face selon une arborescence.

Cette organisation devra rester affichée pendant toute la durée des séquences.

→ Cette phase de problématisation est l'une des plus importantes de la démarche ; elle sera différente selon chaque groupe ; elle dépend essentiellement du pilotage mené par le formateur ; il n'existe pas de recette assurant son succès à tout coup. Tout ce qu'on peut en dire est que le temps à lui consacrer ne doit pas être négligeable et que toutes les hypothèses faites sont à prendre en compte. C'est la suite de la démarche qui viendra les infirmer ou les confirmer.

Remarque : les hypothèses fréquemment formulées sont les suivantes

ça dépend

- du poids
- de l'écart au départ

(ces deux premières idées sont *presque toujours* énoncées)

parfois

- de la couleur
- de la forme de la masse
- de la nature du fil

exceptionnellement

- de la longueur du fil

### ➤ Troisième phase : Expérimentations, résultats et interprétations

Comment faire pour infirmer ou confirmer les hypothèses ?

→ Il y a là un travail important d'expérimentation et de conceptualisation à faire avec le groupe avant d'arriver à l'idée de jouer sur un seul paramètre à la fois et de définir une expérience qui isole un paramètre seulement (*voir le chapitre introductif page 7*).

Dès la mise au point des protocoles, on expérimente. Pour chaque paramètre, on fait un tableau où figurent la ou (les) expérience(s) associée(s) et les résultats correspondants. Ces tableaux doivent pouvoir être affichés et consultables à tout moment.

Si l'hypothèse longueur du fil n'a pas été énoncée,

- les expériences montrent (espérons-le !) que les autres paramètres retenus n'interviennent pas, c'est-à-dire que si l'on fait varier ces paramètres (masse, écart au départ, etc...) il n'y a aucun changement dans la "période" de l'oscillation,
- on revient donc à l'expérience de départ (il convient d'avoir prévu des pendules avec des longueurs allant de 30 cm à 1 m).

Quand l'hypothèse longueur du fil intervient,

- on a souvent la remarque "plus c'est long, plus ça va vite !" (ce qui est faux), d'où l'expérimentation proposée, l'idéal étant que ce soit les élèves qui proposent et conçoivent cette expérience :

observer deux pendules dont la longueur de l'un est bien plus grande que celle de l'autre (essayer avec le double),

==> constat : la durée d'un battement du premier est plus grande que celle d'un battement du second.

- quand le problème de l'écart est évoqué, l'idée est que plus l'écart est important, plus le nombre de battements par minute va être grand, d'où l'expérimentation proposée :

observer deux pendules identiques et dont l'écart angulaire par rapport à la verticale n'est pas le même

==> constat : les mouvements des deux sont synchrones (se produisent dans le même temps).

### ➤ Dernière phase : Conclusion

L'ensemble des expérimentations permet de montrer que la période d'oscillation ne varie qu'en fonction de la longueur. On n'ira pas plus loin dans l'interprétation. C'est cette conclusion que le groupe va établir, instituée d'abord oralement, puis par écrit.

On ne peut aller jusqu'à une compréhension totale du phénomène, ni au résultat :

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad T : \text{période} ; L : \text{longueur du fil} ; g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

On se limitera au niveau de formulation attendu rappelé dans l'avant-propos.

## Remarques

L'expérience prend du temps (on peut le mesurer grâce au pendule ! ?).

L'expérimentation sur l'objet provoque la remise en cause de représentations.

A tout moment, il est souhaitable :

- . de favoriser la formulation des questions,
- . d'accueillir toutes les hypothèses formulées,
- . d'aider à la conception des expérimentations pour chaque hypothèse.

## Prolongements

### → La mesure du temps qui passe...

La régularité du mouvement du pendule permet son utilisation comme balancier d'horloge (c'est le cas de l'horloge comtoise).

D'où l'exploration possible du thème "*Le temps qui passe et sa mesure*", avec la recherche d'autres objets pour mesurer le temps : sabliers, clepsydres, métronomes, horloges et montres d'aujourd'hui, chronomètres...

L'étude de ces objets, leur apparition et leur évolution nous conduit à des questions de technologie.

### → Pour la petite histoire...

Galilée (15 février 1564 - 8 janvier 1642) n'a pas 20 ans lorsqu'il met en évidence l'isochronisme des petites oscillations du pendule. C'est, dit-on, dans la cathédrale de Pise, en regardant les oscillations des lustres et en comparant leurs durées avec les battements de son pouls qu'il découvre que la période des oscillations est constante et indépendante de leur amplitude.

→ **Un site à explorer sur le même thème :**

<http://anstj.mime.univ-paris8.fr/~astro/astro-exp/applet/Pendule.html>

Une expérience animée (mais virtuelle) permet de mesurer à l'aide d'un chronomètre la période d'oscillation d'un pendule en faisant varier les paramètres suivants :

Sa longueur : de 20 cm à 200 cm

Sa masse : de 50 g à 1000 g

Sa couleur : bleu, noir, rouge, blanc

Sa matière : plume, plastique, verre, fer, plomb

Sa forme : sphère ou cube

Le lieu : différents endroits d'une planisphère sont proposés

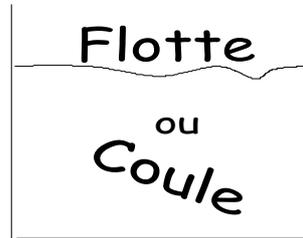
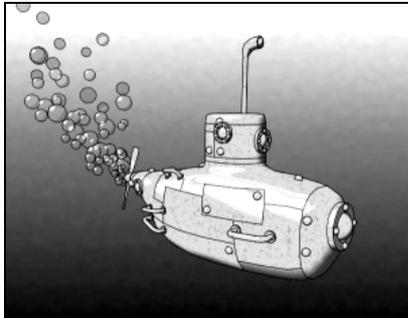
L'altitude : de - 1000 m à + 9000 m

On y retrouve les caractéristiques de la démarche expérimentale. Ce site nous paraît utile dans un premier temps pour le formateur.

# Flotte ou Coule ?

*Dossier réalisé par Nicolas Poussielgue (chercheur) à partir d'activités tirées de l'expérience "la main à la pâte"*  
(INRP, 29 rue d'Ulm, 75230 Paris cedex 05)  
[map@inrp.fr](mailto:map@inrp.fr) ; [poussielgue@inrp.fr](mailto:poussielgue@inrp.fr)

## Flotte ou Coule ?



Classes - relais

### Avant propos destiné au formateur

#### De quoi dépend réellement la flottabilité d'un objet immergé dans un liquide ?

De la densité de l'objet par rapport à celle du liquide, c'est-à-dire du rapport entre la masse et le volume de l'objet.

Un objet complètement immergé coulera dans un liquide si sa densité est supérieure à celle du liquide ; il flottera si sa densité est inférieure à celle du liquide ; si les densités sont égales, l'objet reste "*entre deux eaux*"<sup>4</sup>.

Par exemple, le bois de peuplier flotte. Un morceau de bois de peuplier d'un volume donné est plus léger que le même volume d'eau. Une pomme de terre coule car un morceau de pomme de terre d'un volume donné est plus lourd que le même volume d'eau.

#### Tension superficielle ou "*peau de l'eau*" :

Cette tension superficielle de l'eau explique que certains objets peuvent flotter à la surface de l'eau même si leur densité est supérieure à celle de l'eau.

Par exemple, un grain de poivre posé à la surface de l'eau flottera, alors que si celui-ci est immergé dans l'eau au départ, il coulera.

Le même problème est visible avec des objets très petits ou plats (aiguille, plaque métallique fine, plaque de pâte à modeler).

La flottabilité d'une plaque peut donc dépendre de la façon dont elle est posée à la surface de l'eau. Posée verticalement, celle-ci va couler alors que posée horizontalement et avec délicatesse, elle peut flotter.

---

<sup>4</sup> un objet flotte "*entre deux eaux*" s'il reste immergé à l'endroit où on le met, sans remonter, ni descendre.

Nous choisirons donc, dans un premier temps, d'étudier la flottabilité des objets en les *immergeant complètement dans l'eau au départ*.

Niveau de formulation recherché :

Le niveau de formulation recherché ici se veut très simple et correspond seulement à :

*La flottaison d'un objet dans l'eau dépend uniquement de la masse et du volume de l'objet.*

L'énonciation et la démonstration du principe d'Archimède ne sont pas visés.

## Matériel à prévoir

Pour la classe

Au moins une balance (type Roberval de préférence)

- objets homogènes pleins mais de formes différentes : morceaux de bougie plus ou moins longs, morceaux de bois, pâte à modeler, morceaux de bouchons de liège découpés différemment, dans la longueur et en rondelles ;
- objets non homogènes de même volume et de masses différentes, objets de même masse et de volumes différents ;  
remarque : il est préférable de laisser ces objets en libre service et de les disposer aléatoirement sans préciser qu'il s'agit d'objets n'ayant qu'une seule propriété qui varie (masse ou volume), afin d'éviter d'influencer les élèves.
- papier d'aluminium, papier cellophane, ruban adhésif d'emballage, sable, ballons de baudruche, petite cuillère, petits pots pour bébé avec couvercle, billes en verre (50), épingles (pour accrocher les objets entre eux), écrous.

En plus, pour chaque groupe d'élèves

- un bac transparent rempli aux trois quarts d'eau douce ;
- un assortiment de fruits et légumes qui coulent (par ex : pomme de terre, grains de raisin, abricot, avocat) et qui flottent (par ex : concombre, pamplemousse, orange, banane, citron, aubergine, tomate, pomme).

Remarque : pêche, brugnion, carotte et poire sont à la limite de la flottaison.

## Les différentes étapes (voir schéma)

### ➤ Première phase : Recueil des conceptions

Nous proposons ici de faire émerger les conceptions initiales des élèves à travers un questionnaire introductif individuel.

#### Questionnaire introductif :

Les élèves répondent individuellement à un questionnaire dont les résultats sont ensuite synthétisés au tableau.

La consigne peut être la suivante : "*pour chacun de ces objets, écrivez s'ils vont flotter ou couler et expliquez pourquoi vous pensez qu'ils vont flotter ou couler*".

Les élèves essayent de faire des prévisions "argumentées", ce qui permet de faire apparaître leurs représentations. Ils ne doivent pas répondre seulement "*il va couler*" ou "*il va flotter*" mais dire pourquoi ils pensent que cela va flotter ou couler.

*Les explications les plus souvent énoncées sont liées à :*

- *la masse de l'objet : plus un objet est lourd, plus il coule ; le pamplemousse va donc couler et le grain de raisin rester à la surface ;*
- *la taille de l'objet : plus un objet est petit, mieux il va flotter ;*

Une fois les questionnaires remplis, ils sont synthétisés par la classe au tableau, en prenant soin de garder tous les avis émis par les élèves.

Des contradictions entre les différentes conceptions peuvent apparaître, on pourra alors les pointer dans le but de mener des tests plus tard.

Le tableau de synthèse réalisé restera affiché tout au long des recherches et sera amené à évoluer.

Exemple de questionnaire à remplir par les élèves : en page suivante

**Questionnaire : Flotte ou Coule ?**

|  | <b>Est-ce que cela flotte ?</b> | <b>Est-ce que cela coule ?</b> | <b>A ton avis, pourquoi ?</b> |
|--|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Le sable   |                                 |                                |                               |
| Une boîte de conserve de maïs en grains, pleine et fermée          |                                 |                                |                               |
| Une boîte de conserve de tomates entières pelées, pleine et fermée |                                 |                                |                               |
| Une bouteille en verre remplie d'eau                               |                                 |                                |                               |
| Un pamplemousse  |                                 |                                |                               |
| Une pomme de terre   |                                 |                                |                               |
| Une banane   |                                 |                                |                               |
| Un grain de raisin   |                                 |                                |                               |
| Du papier aluminium  |                                 |                                |                               |
| Une gomme  |                                 |                                |                               |
| Une tomate   |                                 |                                |                               |
| Un clou  |                                 |                                |                               |
| Un morceau de bois   |                                 |                                |                               |

## ➤ Deuxième phase : Problématisation

Trois exemples d'expérimentations A, B et C sont proposés ici.

A l'issue de ces expérimentations, un retour au tableau initial est nécessaire.

On constate alors que les prévisions et les explications ont pu être erronées.

On peut alors demander aux groupes d'élèves d'expliquer pourquoi certaines de leurs prévisions sont erronées.

Des questions sous-jacentes seront peut être à résoudre : "que signifie lourd, léger ?" "par rapport à quoi ?"

Les hypothèses explicatives données par les élèves peuvent être notées au tableau au fur et à mesure ; elles seront rediscutées et testées plus tard.

☞ *Pour chacune des expérimentations, les élèves sont répartis par groupes, ce sont eux qui expérimentent.*

### A - Tester les fruits et légumes

Les élèves expérimentent, ils observent le comportement des fruits et des légumes mis un par un dans l'eau.

Après expérience, on s'aperçoit que :

- le pamplemousse flotte
- le grain de raisin coule
- etc....

On comparera alors les résultats avec les prévisions.

Exemples d'interrogations avancées par les élèves :

*Pourquoi le pamplemousse flotte alors qu'il est lourd (ou gros) ?*

*Pourquoi le grain de raisin coule alors qu'il est léger (ou plus petit) ?*

### B - Faire flotter ce qui coule, faire couler ce qui flotte

Pour cette séance, tout le matériel listé est mis à la disposition des élèves.

Il y a donc, en plus des fruits, des objets de même masse mais de formes ou volumes différents, de même forme et de même volume mais de masses différentes....

Donc, des objets très denses et des objets peu denses.

Chaque groupe d'élèves a un objet qui coule (pomme de terre, ballon de baudruche rempli de sable, boule de pâte à modeler, grain de raisin, etc..) et un objet qui flotte (pamplemousse, pot de bébé vide fermé).

Les élèves doivent essayer de faire flotter l'objet qui coule et de faire couler l'objet qui flotte, en trouvant chaque fois deux techniques différentes pour y parvenir.

Ils ont la possibilité de modifier la forme de leur objet, d'y rajouter d'autres matériaux ou bien d'enlever une partie des constituants de l'objet.

L'objet ainsi transformé n'est donc pas identique à l'original, mais ce qui importe est de savoir quelles sont les techniques qui ont permis de modifier la flottabilité.

On peut demander aux élèves de décrire les techniques utilisées sur leur cahier d'expérience.

☞ Exemples de solutions proposées et réalisées par les élèves :

==> *Pour faire flotter ce qui coule :*

- . fixer des morceaux de liège sur la pâte à modeler,*
- . gonfler le ballon de baudruche.*

==> *Pour faire couler ce qui flotte :*

- . remplir avec les billes le pot pour bébé,*
- . fixer de la pâte à modeler sur le pamplemousse,*
- . enlever la peau du pamplemousse.*

### C - Faire un objet qui reste "entre deux eaux"

Après avoir défini en classe la signification pour un objet d'être "entre deux eaux", les élèves essayent de réaliser un tel objet.

On peut aussi faire un objet qui, une fois posé au fond du bac, remonte à la surface le plus lentement possible.

On peut demander aux élèves de faire, à l'oral, un compte rendu de leur réalisation.

### ➤ Troisième phase : Tester les hypothèses

*Sont regroupées dans cette phase les étapes appelées : **Emission d'hypothèses - Expérimentations - Résultats - Interprétations** (voir le schéma de la démarche expérimentale dans la première partie)*

Il s'agit tout d'abord de remettre à jour le tableau initial des représentations.

On relit les hypothèses explicatives qui ont été formulées au cours de la première séance et on regarde si on est toujours d'accord avec celles-ci.

On demande ensuite aux élèves s'ils pensent à de nouvelles hypothèses :

#### ☞ Exemples d'hypothèses énoncées par les élèves :

- . *les objets coulent s'ils sont lourds, flottent s'ils sont légers (paramètre : la masse)*
- . *les objets coulent s'ils sont volumineux, flottent s'ils sont petits (paramètre : le volume)*
- . *les objets tout petits coulent car ils peuvent "traverser" l'eau*
- . *les objets allongés (comme la banane) coulent parce qu'ils peuvent "traverser" l'eau (idée de forme allongée)*
- . *des objets coulent parce que l'eau rentre à l'intérieur (idée du bateau à la coque percée)*
- . *la flottaison dépend de la hauteur d'eau sous l'objet (plus c'est profond, plus l'objet coulera)*
- . *les objets flottent parce qu'il y a de l'air à l'intérieur*

Ensuite, on prend les hypothèses exprimées une à une et l'on demande à chaque groupe d'inventer un protocole expérimental qui permettra de vérifier une hypothèse ou non. Il est souhaitable que chacune soit testée par au moins 2 groupes.

#### ☞ Exemples de protocoles proposés et réalisés par les élèves pour tester les hypothèses :

==> Est-ce que c'est la masse ?

*Essayons de faire varier la masse (sans faire varier le volume) :*

- Avec un petit pot en verre (type pot pour bébé) et des billes en verre. On ajoute plus ou moins de billes à l'intérieur du petit pot dont on referme le couvercle, cela fait varier la masse de l'ensemble, sans faire varier le volume. On constate que l'équilibre dans de l'eau s'obtient environ avec 16-17 billes en verre.
- On découpe des dés de pommes et de pommes de terre de dimensions identiques (ex : 1cm cube).
- On utilise les volumes (cylindres de différentes matières) trouvés dans le matériel de la classe.

==> Est-ce que c'est le volume ?

*Essayons de ne faire varier que le volume (sans faire varier la masse) :*

- L'objet de départ est un ballon de baudruche avec 3 billes en verre à l'intérieur. En gonflant plus ou moins le ballon de baudruche, on fait varier le volume, sans faire varier la masse de l'ensemble.

==> Est-ce que c'est la forme ?

- On modèle de la pâte à modeler en plaque, en serpent, en boule, en carré.
- On essaye différentes formes de bois, de métal, de cire, de bougie durcie.

==> Est-ce que c'est l'eau qui rentre à l'intérieur des objets ?

- On essaye de voir si, en entourant un objet de papier cellophane, celui-ci flotte au lieu de couler.

==> Est-ce que c'est la quantité d'air présente à l'intérieur des objets ?

- On peut remplir un pot en verre avec plus ou moins de sable et donc d'air.

Remarque : on laissera faire les élèves, afin qu'ils comprennent qu'en réalité ils modifient forcément un autre paramètre lorsqu'ils rajoutent de l'air (le volume s'ils "gonflent" un objet, la masse s'ils retirent des matériaux à l'intérieur d'un objet).  
Donc, au final, c'est bien, soit le volume, soit la masse qu'ils ont fait varier.

#### Validation / Invalidation des hypothèses :

Si 2 groupes parviennent à des conclusions différentes pour une même hypothèse, il conviendra d'analyser les différences de protocole expérimental entre les deux groupes.

Les élèves proposeront très probablement des protocoles qui feront varier plusieurs paramètres à la fois au lieu d'un seul. Il est souhaitable, dans un premier temps, de les laisser réaliser leur expérience comme cela, pour ensuite les aider à conclure à la nécessité de recommencer l'expérimentation.

Remarque : la densité dépendant toutefois de 2 paramètres (masse et volume), des élèves peuvent être amenés à rajouter de la matière de même nature à un objet, en faisant ainsi varier de concert masse et volume sans pour autant changer la flottabilité de l'objet !

#### ➤ **Dernière phase : Conclusions**

Toutes les hypothèses étant testées, on pourra conclure que la flottabilité dépend de la masse et du volume de l'objet (quand il est immergé).

### **Prolongements**

Comment faire pour prévoir si un objet va flotter ou couler ?

On peut essayer de réaliser des objets qui flottent à la surface de l'eau à partir de matériaux qui coulent s'ils sont immergés.

On pourra aussi essayer de construire des bateaux à partir de matériaux plus denses que l'eau.

## Éléments de bibliographie

### Ouvrages

J.P. ASTOLFI - **Comment les enfants apprennent les sciences** - Paris, éd. Retz, 1998

B.M. BARTH - **L'apprentissage de l'abstraction** - Paris, éd. Retz, 1998

M. DE VECCHI et A. GIORDAN - **L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche ?** - Z'éditions, 1989

A. GIORDAN - **Apprendre !** - coll. Débats, Paris, Belin, 1998

M. HIBON - **La physique est un jeu d'enfant** - Activités d'éveil scientifique, Paris, Armand Colin, 1996

A. JACQUARD - **L'équation du nénuphar** - Paris, Calman-Lévy, 1998

### Revues

**ASTER**, revue sur les recherches en didactique des sciences expérimentales, Paris, INRP  
n° 24 : **Obstacles : travail didactique**, coordonné par B. Peterfalvi  
n° 31 : **Les sciences de 2 à 10 ans**, coordonné par C. Orange et E. Plé  
*numéros disponibles auprès du service des publications de l'INRP, 29 rue d'Ulm 75005 Paris*

### Articles

S. ERNST - **La main à la pâte, qu'est-ce que c'est ?** INRP, Paris, novembre 1997,  
*texte de 40 pages détaillant les principes directeurs de l'opération, mis en ligne en avril 1998*  
*téléchargeable : <http://www.inrp.fr/lamap/main/definition/introduction.htm>*

D. RAICHVARG - **L'expérimentation scientifique : décoder le réel**, - TDC n° 741, Paris, CNDP, 1997.

### Idées d'activités

*conçues pour le niveau élémentaire, mais adaptables au collège*

CRDP des Pays de la Loire, Nantes, 2000 : 6 fascicules

- |  |  |
|--|--|
| 1. Les végétaux - La reproduction - L'environnement. | 4. Le thermomètre.   |
| 2. Flotte ou coule.                                  | 5. Autour des liquides.  |
| 3. L'eau - L'environnement.                          | 6. Transmission et transformation du mouvement - La grue, l'équilibre. |

*Un travail coordonné par G. Faucon (IEN) et J.C. Fourneau professeur à l'IUFM des pays de la Loire.*

L'encyclopédie pratique des **P'tits Débrouillards** : 10 coffrets classeurs

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. A la découverte de l'eau. | 6. Le monde des extrêmes.               |
| 2. L'invisible.              | 7. Des machines pour explorer le monde. |
| 3. Vivre de mille manières.  | 8. L'infiniment petit.                  |
| 4. Les secrets de l'air.     | 9. L'univers, la Terre et les humains.  |
| 5. Planète Terre.            | 10. Qui sommes-nous ?                   |

*Chaque volume comprend 50 fiches-expériences réparties en 4 parties : introduction, expériences, histoire, futur.*