

Blaise Pascal, un nouvel Archimède ?

par Michel FAGET
UdP Bordeaux, Collèges
TA Bordeaux

RÉSUMÉ

Cet article décrit une séquence de travail réalisée en collège sur le thème de la poussée d'Archimède, en s'appuyant sur des textes écrits par Blaise Pascal entre 1651 et 1654.

PRÉSENTATION DE LA SÉQUENCE

Première partie

Les élèves doivent découvrir la suite du texte ci-après, extrait du «Traité de l'équilibre des liqueurs», écrit par Blaise Pascal entre 1651 et 1654 :

« (...) deux corps, l'un de cuivre, l'autre de plomb, étant également pesants et par conséquent de différent volume, puisqu'il faut plus de cuivre pour faire la même pesanteur, on les trouvera en équilibre, en les mettant chacun dans un bassin de balance ; mais si on met cette balance dans l'eau, ... ».

L'ensemble de la classe propose très rapidement de réaliser l'expérience. J'informe la classe que pour rendre l'expérience plus visuelle, le cuivre est remplacé par l'aluminium, précisant que les résultats n'en seront nullement affectés.

La photo 1 montre le montage avant immersion dans un aquarium emprunté à une collègue de SVT.

Certains élèves sont déjà choqués :

– Mais, monsieur, *intervient Christelle*, ce n'est pas normal : il y a plus d'aluminium que de plomb, donc ça devrait pencher du côté de l'aluminium et non être en équilibre !

La majorité des élèves veut trouver la suite du texte :

- Moi, *dit Ludiwine*, je suis sûre qu'il y aura toujours équilibre.
- Pourquoi ?

– En fait, on plonge la balance dans l'eau ; or l'eau ça fait pas grand-chose, c'est inerte : donc ça ne va pas modifier l'équilibre.

– Je suis pas d'accord, *répond Nicolas (élève faisant parti des sceptiques quant à l'équilibre avant immersion)*, si l'eau doit influencer l'équilibre, et bien je crois qu'elle fera en sorte que tout redevienne normal.

– C'est-à-dire, Nicolas ?

– La balance penchera côté aluminium car il y a plus de matière.

Une élève propose une autre approche :

– Je sais pas trop, *dit Nahéma* ; quand on met un ballon dans l'eau, il remonte : or personne le pousse ; donc peut-être que c'est l'eau qui pousse. Le problème, c'est qu'ici les objets ont des tailles différentes. Donc, je sais pas ce qu'elle poussera le plus : le plomb ou l'aluminium ? peut-être l'aluminium, car c'est plus léger donc plus facile à pousser.

– Mais, *intervient Céline*, j'arrive pas à voir comment l'eau peut changer le poids du plomb ou de l'aluminium ; car comme il y a équilibre, c'est que les poids sont pareils. Donc mettre la balance dans l'eau ne changera rien.

Après une trentaine de minutes de discussion, les élèves se décident à réaliser l'expérience. Ils observent la photo 2.

– C'est moi qui avait raison ! *dit Nahéma*.

– Sur le résultat, oui, *dit Noémie*, mais c'est peut-être le plus gros que pousse l'eau et non le plus léger.



Photo 1



Photo 2

- Moi, j'y comprends plus rien, *dit Nicolas*. Non seulement il y a plus d'équilibre, mais en plus c'est le plus gros qui monte !
- Oui, mais le poids n'a rien à voir ici, *dit Héloïse*, puisque Pascal nous dit que les objets sont également pesants.
- Donc, ... *dis-je*
- Donc c'est la taille de l'objet qui importe.
- Tu peux utiliser un autre terme que taille ?
- Euh... ah oui, volume !
- Essayez tous maintenant de redécrire l'expérience que vous venez de voir.

Après quelques minutes de réflexion, une exclamation se fait entendre !

- Monsieur ! *dit Nahéma*, l'eau exerce une force sur l'objet qui a pour effet de le pousser vers le haut.
- De quoi dépend cette force ?
- Plus l'objet est gros, plus l'eau poussera !
- Soit plus précise...
- Plus l'objet a un volume grand, plus la force de l'eau sur lui sera grande.
- Maintenant, revenez au problème du début, c'est-à-dire écrire la suite du texte de Pascal.

Après quelques discussions sur la validité de l'hypothèse de Nahéma, les élèves se sont mis à chercher une suite au texte ; ce travail était à poursuivre pour la séquence suivante. Trois jours plus tard, la séance débuta ainsi :

- Alors, y a-t-il un «Pascal» qui souhaite prendre la parole ?
- Monsieur, on a décidé d'élaborer une suite tous ensemble ; voilà ce que ça donne :
 << *Mais si on met cette balance dans l'eau, ça penchera vers le plomb, car le cuivre (ils ont pris soin de remplacer dans leur texte l'aluminium par le cuivre) subit par l'eau une force vers le haut plus grande que le plomb, car il est plus gros* >>

Je leur présente ensuite ce qu'a écrit Pascal :

<< *Mais si on met cette balance dans l'eau, ils ne sont plus en équilibre ; car chacun étant contre pesé par un volume d'eau égal au sien, le volume de cuivre étant plus grand que celui du plomb, il a un plus grand contrepoids ; et partant, le poids du plomb est le maître.* >>

- Pourquoi Pascal parle de contrepoids d'eau ? *intervient Jérôme*.

– C'est peut-être le moyen de trouver la valeur de la force, *répond Christelle*.

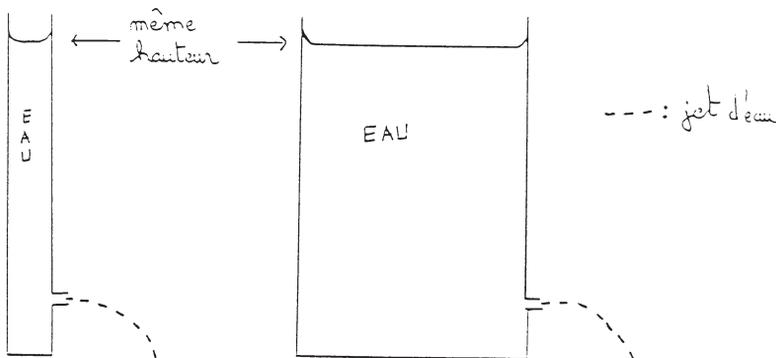
Je leur distribue alors le texte ci-dessous, extrait du même traité de Pascal :

<< (...) l'eau pousse en haut les corps qu'elle touche par dessous ; (...) elle pousse en bas ceux qu'elle touche par dessus ; et (...) elle pousse de côté ceux qu'elle touche par le côté opposé : d'où il est aisé de conclure que, quand un corps est tout dans l'eau, comme l'eau le touche par dessus, par dessous et par tous les côtés, elle fait effort pour le pousser en haut, en bas et vers tous les côtés : mais comme sa hauteur est la mesure de la force qu'elle a dans toutes ces impressions, on verra bien aisément lequel de tous ces efforts doit prévaloir.

Car il paraît d'abord que comme elle a une pareille hauteur sur toutes les faces des côtés, elle les poussera également ; et partant ce corps ne recevra aucune impression vers aucun côté, non plus qu'une girouette entre deux vents égaux. Mais comme l'eau a plus de hauteur sur la face d'en bas que celle d'en haut, il est visible qu'elle le poussera plus en haut qu'en bas, et comme la différence de ces hauteurs de l'eau est la hauteur du corps même, il est aisé d'entendre que l'eau le pousse plus en haut qu'en bas, avec une force égale au poids d'un volume d'eau pareil à ce corps. >>

Les élèves butaient sur la phrase «sa hauteur (de l'eau) est la mesure de la force» : l'expérience ci-après les aida :

La longueur du jet reflète la valeur de la force exercée par l'eau sur l'orifice de sortie du jet.



Observations :

- la longueur maximale atteinte par le jet est la même dans les deux cas,
- la longueur du jet diminue en même temps que la hauteur de l'eau.

Une discussion approfondie sur le sens du texte suivit, débouchant sur l'élaboration collégiale d'une conclusion à cette expérience :

<< Lorsqu'un objet est dans l'eau, il subit par l'eau une force qui a pour effet de le pousser vers le haut. Sa valeur, c'est le poids du même volume d'eau. Plus l'objet a un grand volume, plus la force est grande. >>

Deuxième partie

La séquence suivante fut l'objet du problème ci-après :

– Comment faire flotter une balle de pâte à modeler ?

Après quelques minutes de réflexion, des idées se dégagent :

– Il faut que la force de l'eau sur la balle soit plus grande que le poids de la balle.

– Mais de quoi dépend la force de l'eau ?

– On a vu que c'était du volume de l'objet, *dit Grégory*.

– Donc, il faut trouver comment augmenter le volume de la balle, *reprend Ludiwine*.

– On rajoute donc de la pâte à modeler et ça marchera, *dit Élodie*.

– Mais non, *intervient Nahéma*, si on fait ça, le poids de la balle va augmenter et c'est pas ça qu'on veut !

– J'ai du mal à voir comment on peut augmenter le volume de la balle sans augmenter son poids ! *dit Karim*.

A ce stade-là, la discussion semblait s'enliser. Je distribuais alors un texte de Pascal, toujours extrait du même traité :

<< Enfin, les corps qui nagent sur l'eau pèsent précisément autant que l'eau dont ils occupent la place (...) C'est pourquoi une platine de plomb étant mise en figure convexe, elle nage, parce qu'elle occupe une grande place dans l'eau par cette figure ; au lieu que si elle était massive, elle n'occuperait jamais dans l'eau que la place d'un volume d'eau égal au volume de sa matière, qui ne suffirait pas pour la contre peser. >>

Après avoir expliqué ce qu'était une platine, Alexandre demanda ce qu'était une figure convexe :

– Mais c'est comme une barque ! *s'écria Nahéma*, toute surprise de sa remarque.

– On pourrait alors peut-être creuser la balle de pâte à modeler, *proposa Ludiwine*.

Expérience que la classe réalisa avec enthousiasme !

- Donc, un paquebot flotte car il pousse plus d'eau qu'une bille d'acier, qui elle, coulera ! Enfin, il prend plus de place dans l'eau que la bille. Mais monsieur, c'est donc le volume qui est dans l'eau qui est important.
- Comment l'appellerais-tu ?
- Immergé ?

QUELQUES REMARQUES

Cette activité s'appuyait directement sur un TEXTE HISTORIQUE. Elle a permis aux élèves :

- d'ébranler leur représentation «plus c'est gros, plus c'est lourd» ;
- de les stimuler, car beaucoup s'identifiaient à Pascal dans les discussions ;
- de leur montrer que la Science peut être accessible à tous et non réservée à certains ;
- de modéliser une expérience en terme de force

Cette activité peut être, par la suite, complétée par des expériences «classiques» portant sur la poussée d'Archimède.

J'ai réalisé ce travail avec une classe de troisième (et non des plus motivées par l'école), ayant mené une progression classique sur cette partie du programme avec trois autres classes, toujours de troisième : j'ai pu constater une meilleure acquisition de la notion de poussée d'Archimède pour la classe ayant reçu l'approche historique.

L'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement de physique-chimie est nécessaire, même et peut-être surtout au collège. Les élèves en sont demandeurs. Ils leur semblent devenir **acteurs** de la science et ressortent plus motivés. D'autre part, chacun de nous pourra y chercher des exemples rendant compte de difficultés semblables à celles que rencontrent nos élèves : les courants antagonistes et la pesanteur de l'air n'en sont qu'un petit échantillon.

Alors, pour reprendre une expression chère à Pascal,

Bon voyage dans le passé, *mon cher lecteur*.

BIBLIOGRAPHIE

Blaise PASCAL : «*Traité de l'équilibre des liqueurs*», in Œuvres complètes, La Pléiade, 1954 - (les extraits présentés proviennent des pages 422 pour les deux premiers, 421 pour le troisième et 423 pour le quatrième).