
COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Masse de l'air : une situation paradoxale !

par Michel FAGET
Correspondant collège
de l'UdP de Bordeaux

RÉSUMÉ

Partant de la masse de l'air, une classe de quatrième mène un débat qui, au fil des hypothèses et expériences, l'amène à l'idée de la poussée d'Archimède exercée par l'air.

INTRODUCTION

L'enfant peut être confronté parfois à des situations paradoxales : il tente de résoudre un problème en utilisant ses acquis, mais l'observation semble lui donner tort. Il est intéressant alors de le laisser mener une réflexion, qui au travers d'une discussion avec la classe, va l'amener à découvrir des éléments d'explication. Pour mieux conserver la trace de ces réflexions d'élèves, un magnétophone prêt à enregistrer (avec l'accord des élèves) est précieux. Les répliques du débat présenté ci-dessous sont issues d'un tel enregistrement.

La séquence a été réalisée avec des élèves de quatrième lors du chapitre sur l'atmosphère, dont un des objectifs est la masse de l'air. On connaît les expériences sur ce sujet : soit elles s'effectuent à volume constant et l'interprétation est sans ambiguïté, soit le volume augmente grâce à l'air introduit et l'analyse se complique d'une augmentation de la poussée d'Archimède. Pour un gonflage « mou », la pression intérieure étant égale à la pression atmosphérique, le poids de l'air introduit est exactement compensé par la poussée d'Archimède.

ENTRONS DANS LA CLASSE...

- Monsieur, l'air ça n'a pas de masse, car je le sens pas peser sur moi.
- Il a raison Stéphane, car c'est comme les gaz ; et puis on les voit pas.

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

– Moi, je suis pas d'accord, *s'exclame Jérôme* ; quand je lâche mon Bic (*ce qu'il fait !*), il tombe parce que l'air appuie dessus.

– Qui pense comme Jérôme ?

80 % de la classe lèvent la main.

Mathieu, fidèle à son habitude, commence à se frotter les lèvres, puis au bout de quelques secondes propose son objection :

– Monsieur, j'ai lu chez moi que c'était la gravité, et puis aussi c'est Newton avec une pomme qui a prouvé que c'était pas l'air qui appuyait, mais la Terre qui attirait.

– Ah oui, *intervient Romain*, c'est comme l'aimant qui attire le clou !

– Vous le montreriez comment que l'air a une masse ?

– **Et bien, si on gonfle un ballon, il est plus lourd.**

A ce stade, j'aurais pu faire l'expérience avec le ballon de volley utilisé plus loin ; cependant la classe était très porteuse, et le cas du ballon déformable m'est apparu comme de nature à nourrir un débat enrichissant.

Je vais donc dans le laboratoire chercher mon sac de ballons d'anniversaire à gonfler et les distribue aux groupes d'élèves, plutôt enthousiastes ! Un joli spectacle s'offre à mes yeux, lorsque Julien s'écrit :

– Mais monsieur, ça va pas !!! le ballon, **il est plus léger gonflé que dégonflé.**

Après cette affirmation, la classe est très perplexe.

Attention : l'enfant n'a ici qu'une perception sensible du ballon, à laquelle l'abaissement de la densité, ainsi que la résistance de l'air au mouvement de chute, participent certainement. Cependant, il m'a paru intéressant de le laisser *naviguer* avec ce sentiment de légèreté, qui soulève de multiples interrogations, sans le guider vers la pesée du ballon, afin de voir jusqu'où pouvait mener l'échange des arguments. Plus précisément, l'idée de la poussée d'Archimède de l'air pouvait-elle naître dans ce contexte ?

Leslie prend la parole :

– Mais non, c'est normal, l'air c'est léger, donc dans le ballon, il le rend léger ! (*Voir la théorie du phlogistique en annexe 2*).

– Donc l'air n'a pas de masse, Monsieur !

 COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

- Je suis pas d'accord, *interrompt Mathieu*. Il est fait de particules, l'air. Donc, il a une masse, sinon il n'existerait pas, car il aurait zéro particule !
- Alors là, je comprends plus rien !!! *lui, c'était Vangélis*.
- Vangélis, essaie d'imaginer une autre expérience pour savoir si l'air a une masse.

Après quelques instants de réflexion, il se lance :

- Ça serait bien, si au départ, dans un récipient il n'y avait pas d'air, puis qu'on en mette ; comme ça, on verrait mieux.
- Mais dans le ballon, il n'y en avait pas avant qu'on souffle, *lui rétorque Stéphanie*.
- Si un peu, *se défend-il*, car on a vu qu'un gaz, il occupe tout l'espace qu'on lui donne.
- Comment enlèverais-tu l'air de ton récipient, *Vangélis* ?
- Avec la trompe à eau, comme on a vu une fois.

Je leur propose une expérience, réalisée par Otto Von Guérike. Après avoir fait le vide dans le ballon (voir annexe 3 pour la préparation du matériel), voilà ce que les enfants peuvent voir :

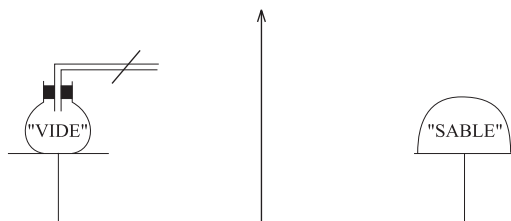


Figure 1

Lorsque je vais ouvrir le robinet, que va-t-il se passer ?

- De l'eau va rentrer, monsieur ! (*certaines enfants associent robinet à eau, cette représentation est de plus favorisée ici par la trompe à eau*).
- Mais non, *dit Damien*, puisque le robinet n'est relié à rien.

Après quelques instants, la classe réalise que **c'est de l'air qui va rentrer dans le ballon**.

- Que va alors faire l'aiguille de la balance ?

 COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

- Elle va rester *droite* car l'air n'a pas de masse, *maintient Stéphane (proposition que retient 50 % de la classe)*.
- Elle va pencher du côté du sable, car l'air rend léger, comme pour le ballon, *affirme Leslie (proposition que retient 30 % de la classe)*.
- Elle penchera côté ballon de verre, car de l'air rentre, donc la masse est plus grande, *prend Mathieu, ...seul !!!*

Le reste de la classe ne savait trop quoi répondre !

Les élèves sont impatients de connaître *ce que va faire l'aiguille*. Les «pro-masse nulle», sûrs d'eux, regardent la balance sur le bureau, d'un air confiant. Voilà ce qu'observe la classe :

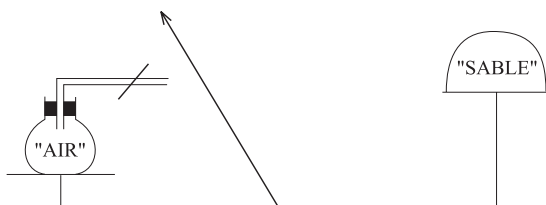


Figure 2

- Mais alors l'air a une masse !!!, *s'exclame Romain, brisant la surprise de nombreux élèves*.
- Oui, mais là on a un gros problème ; l'air a une masse, maintenant c'est sûr. Mais pourquoi le ballon de fête est plus léger quand il est plein d'air ? *demande Florian*.
- DRING, *intervient la sonnerie du collège*.
- Essayez de trouver des pistes pour la prochaine séance.

On pourrait penser que l'objectif de l'air pesant étant atteint, le problème du ballon de fête est superflu, voir nuisible. Mais ce serait considérer que les élèves ne raisonnent pas en dehors de la classe, ne cherchent jamais à comprendre le monde qu'ils côtoient. Si la question n'est pas traitée en classe, les élèves ne penseront-ils pas que l'air est pesant en salle de sciences, et pas au-dehors ?

Deux jours plus tard, je retrouve mes «chercheurs en herbe».

- Monsieur, *intervient Mathieu*, est-ce qu'avec un autre ballon (autre que celui de la fête) on aurait trouvé la même chose ?

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

– C'est-à-dire, Mathieu ?

– Et bien, avec les copains (et les copines *rajoute-t-il en rougissant*), on pense que c'est peut-être dû au ballon de fête, qu'il est plus léger, car c'est pas normal : il y a de l'air dans le ballon, donc la masse a augmenté ; mais il est plus léger !

Je vais chercher un ballon de volley, que le collègue d'EPS m'a prêté, gonflé normalement (mais cependant légèrement mou).

– Voilà un ballon de volley.

– Et bien, on a qu'à le gonfler plus, *propose Magalie*.

– Tout le monde est d'accord ?

– Il faudrait d'abord le peser avant, *fait remarquer Sophie* ; puis on le gonfle plus.

Sophie vient mesurer la masse du ballon : 233 g.

Je demande au plus «costaud» de la classe, (Vangélis en personne) de venir gonfler le ballon ; il exécute sa tâche avec application (*ouf ! ouf ! ouf ! c'est dur monsieur !!!*) durant trois minutes. Il a mérité de faire la dernière pesée : il lit 235,5 g.

– Ah ben là, c'est normal monsieur, *dit Émilie*.

– Je vous écoute donc pour interpréter l'expérience avec le ballon de fête.

La classe se met en groupe de travail. Vingt minutes après, des pistes s'ouvrent :

– Monsieur, on a remarqué qu'entre les deux expériences, ...

– C'est-à-dire *Vangélis* ?

– Celle avec le ballon de fête, et celle avec le ballon de volley. Et bien, dans l'expérience avec le ballon de volley, la taille du ballon n'a pas bougé ; alors qu'avec le ballon de fête, elle a beaucoup changé.

– Donc ?

– On pense que le volume du ballon fait quelque chose ?

– Quoi ?

– Il ferait que le ballon est plus léger.

Je rappelle que ce travail a été réalisé par des élèves qui ne possédaient pas le concept de poids.

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

La classe semblait dans l'impasse ; je proposais une piste :

- Ça vous est déjà arrivé de vous sentir «plus léger» ?
- Oui monsieur, *intervient Johan*, dans la piscine !
- Mais c'est dû à l'eau, *reprend Céline*.
- Tu peux préciser ?
- Quand on sort de l'eau, on est plus lourd, *s'exclame David*.
- Essayez de faire le lien avec notre problème.
- Mais ici, il n'y a pas d'eau monsieur, *dit Vangélis*.

Après quelques instants de «flottement»...

- Monsieur, l'eau, c'est l'air !!! *Julien semble très heureux de sa réponse*.
- Explique-toi, Julien.
- Et bien, c'est l'air qui rend le ballon de fête plus léger.
- Mais ça on le sait déjà, *intervient Sandra*.
- Non, celui qui est autour du ballon ; il le rend plus léger.
- Et de quoi dépend son action ?
- De la taille du ballon.
- Tu aurais un autre mot que «taille» ?
- Volume, monsieur !
- Bien, pour la prochaine fois, je vous laisse dessiner l'expérience avec le ballon de fête, donner votre observation et l'interpréter.

Le cours suivant, voici ce que me proposent les enfants :

«Quand on gonfle un ballon de fête, il semble plus léger car l'air qui est autour le rend moins lourd ; plus le ballon a un gros volume, plus l'air qu'il y a autour le rend léger».

Il reste encore beaucoup à faire pour qu'une représentation correcte soit en place, mais à l'issue de ce travail, **le concept d'air pesant ne sera plus perçu par les élèves comme étant en contradiction avec des perceptions de la vie quotidienne.**

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

RÉCAPITULATIF DES REPRÉSENTATIONS SPONTANÉES QUI SE SONT EXPRIMÉES

- l'air (et les gaz) n'a pas de masse,
- l'air, ça rend léger,
- les objets tombent, car l'air appuie dessus,
- l'attraction des corps vers le sol, c'est comme l'aimant

La première représentation devrait être tombée (c'était l'objectif du programme). La seconde devrait avoir évolué pour se rapprocher du concept de poussée d'Archimède. La troisième a pu être renforcée à travers le concept de pesanteur de l'air, il convient de la reprendre succinctement dans l'attente de la classe de troisième. La quatrième n'a pas de raison d'être modifiée.

CONCLUSION

Si les représentations spontanées sont affirmées par l'enfant, il peut les confronter avec ses camarades et avec l'expérience. Ce n'est qu'alors qu'il est en situation d'apprentissage, préparé à recevoir les outils qui lui permettent de surmonter ses idées. L'enfant devient ainsi l'acteur de son savoir.

Annexe 1

D'AUTRES PARADOXES (ENTRE AUTRES)***Les combustions***

L'enfant affirme que lors d'une combustion, les corps disparaissent ; effectivement, il ne voit plus la feuille de papier qui a brûlé. L'enfant n'admet pas la conservation de la masse, en raison de cette *apparente* disparition. D'où le paradoxe entre ce qu'il observe et l'idée de conservation de la masse.

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Changements d'états

1 L d'eau solide et 1 L d'eau liquide ont la même masse pour l'enfant, car il découvre dans nos progressions qu'au cours d'un changement d'état, il y a conservation du nombre de particules. Le paradoxe prend naissance, quand il observe un glaçon flotter sur l'eau.

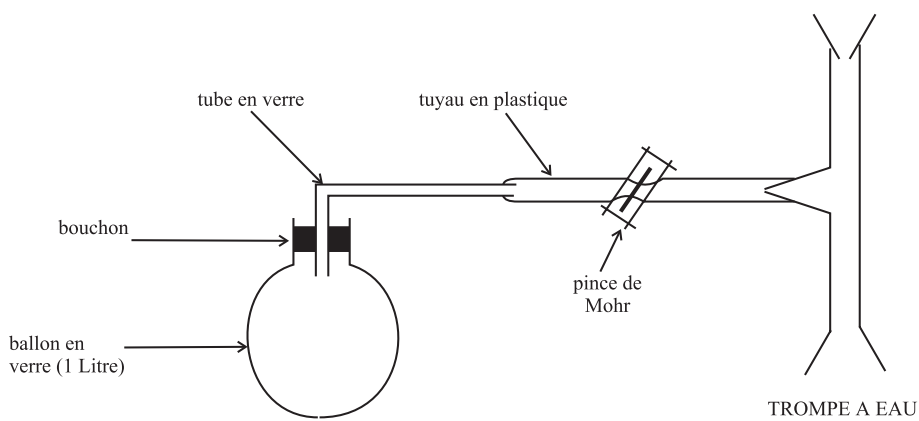
Annexe 2

Georges Stahl (XVIII^e siècle) disait la chose suivante à propos de sa théorie du *phlogistique* :

“ La litharge, le minium, les cendres de plomb pèsent plus que le plomb qui les fournit [...] Je sais très bien que les métaux en se transformant en chaux, augmentent de poids [...] Ceci, non seulement ne réfute pas ma théorie, mais, au contraire, la soutient, parce que le phlogistique, étant plus léger que l'air, en se combinant avec un corps, tend à le soulever et diminue ainsi son poids ; le corps qui a perdu son phlogistique, devient par conséquent plus lourd» (voir *Chimie et chimistes*, de A. MASSIN, chez Magnard, 1952).

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Annexe 3



Trois minutes environ suffisent pour obtenir un vide convenable.