

Séquence Coule – Remonte en cycle 1

Initiation à la flottabilité et à la masse (volumique)

Introduction.

Compte tenu du fait que cette séquence s'adresse à des enfants de 4 à 6 ans, on peut se poser la question du bien fondé d'un tel chapitre traité avec une population aussi jeune, du fait de la complexité du concept. Il se trouve que ce chapitre (ou ce thème) est un grand classique de l'École, quel que soit le cycle considéré, que l'on retrouve le plus souvent sous l'intitulé : "Ça coule – Ça flotte" ou dans le jargon des instituteurs versés dans les activités scientifiques : "Tiens au fait, tu as traité le Coule – Flotte avec tes élèves cette année ?".

Il n'en demeure pas moins que ce qu'il en reste, dans les cerveaux endoloris par des efforts herculéens pour tenter de "faire la part des choses" chez les adultes que nous sommes, est bien peu rentable par rapport à l'énergie pédagogique déployée tant à l'École qu'au Collège.

C'est en partant de ces constats et des connaissances à mobiliser chez l'adulte qu'il devient très intéressant d'essayer de construire une séquence destinée à de jeunes élèves pour générer en eux une **représentation simple** (surtout pas une définition) et explicite. Ils pourront s'appuyer sans difficulté sur celle-ci le moment venu où le "broyeur" collégien tentera d'imprimer sans ménagement des formules et des résumés "par cœur" dans leur encéphale estimé perméable.

I. Flottabilité, masse volumique, densité, poussée d'Archimède.

Comment se fait-il qu'un paquebot de 52 310 tonnes puisse flotter ?



Comment se fait-il que ce même paquebot, suite à une rencontre malheureuse avec un iceberg, puisse couler une nuit d'avril 1912 ?



Comment se fait-il qu'en coulant, ce même paquebot ne chute pas comme une pierre ?



Comment se fait-il enfin, qu'une fois ce même paquebot ayant atteint le fond, il ne rebondisse pas pour remonter à la surface ? (n'oublions pas que nous savons renflouer des épaves et les faire remonter à la surface).



L'exemple du plus célèbre naufrage du XX^{ème} siècle laisse quelques questions impertinentes en suspens, ces questions ne trouvant pas toujours de réponses auprès des "citoyens lambda", malgré une formation initiale en physique au Collège et au Lycée ayant abordé le thème de la flottabilité.

A. Un constat un peu sévère.

Comme cela a été dit en introduction, la notion de **masse volumique** et a fortiori celle de la **densité** sont extrêmement mal perçues. Il se crée une confusion entre la masse (représentant la quantité de matière, hélas galvaudée dans le vocabulaire courant avec le poids) et la masse volumique qui relève de la compréhension d'un rapport mathématique. La densité étant un rapport de rapports (car c'est un rapport de masses volumiques) devient une notion d'une grande abstraction que Monsieur Toutlemonde réserve aux élites pensantes.

Dans le duel des oppositionnelles (cher au regretté poète Patrick Peter), on confronte la notion de flotter à celle de couler, comme si couler était l'inverse de flotter.

Pourtant il n'est pas difficile de définir le fait de couler comme une action faisant qu'un élément se dirige de haut en bas dans un liquide. Dans ce cas, son inverse ne peut pas être flotter, puisque flotter veut dire rester en surface d'un liquide. Son inverse est une action qui s'oppose à celle d'aller de haut en bas et donc est celle d'aller de bas en haut. Cela s'appelle communément "remonter" !

Mais comme les auteurs s'évertuent à intituler les chapitres portant sur ce thème "Ça coule – Ça flotte", il faut reconnaître qu'un tel affichage génère une représentation d'oppositionnelle entre ces deux notions : décidément, on ne fait rien pour faciliter pédagogiquement les choses...

Enfin, lorsque ce thème est abordé à l'École, les manipulations que l'on fait réaliser aux enfants consistent à poser des objets à la surface de l'eau et à constater si, oui ou non, ces objets coulent ou flottent. Dans bien des cas, cette seule approche est une grossière erreur !

Prenons une boîte de conserve en tôle, ouverte, et posons-la à la surface de l'eau comme une barque, ouverture vers le haut (Figure 1). Elle flotte !

Tout se passe comme si elle était fermée, contenant de l'air (un peu comme une grosse bulle d'air) ce qui ramène son volume au volume d'encombrement de l'espace de la part de la boîte. Ainsi sa masse volumique est la valeur pondérée moyenne de la masse volumique du fer ramenée au volume de fer et de la masse volumique de l'air ramenée au volume d'air contenu dans la boîte. Le tout fait que la boîte en tôle flotte, au même titre qu'une péniche ou qu'un paquebot, du moment qu'il contient un grand volume d'air.

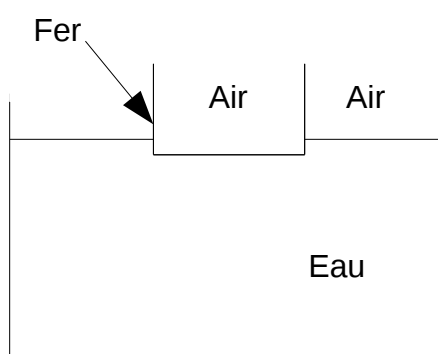


Figure 1

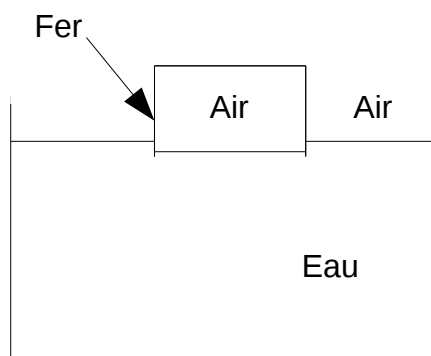


Figure 2

La flottabilité de cette boîte correspond à celle de la même boîte posée "à l'envers" sur l'eau, ouverture vers le bas, cette fois, contenant un volume d'air contenu à l'intérieur (Figure 2).

Donc, demander à des enfants de poser des objets divers à la surface de l'eau pour en étudier une propriété de la matière constitutive de ces objets, revient à prendre le risque non négligeable d'étudier non pas la matière de l'objet, mais un tandem "matière de

l'objet" + "air contenu dans celui-ci". *L'air étant inodore et invisible, aucun enfant (et le plus souvent aucun adulte) ne va tenir compte de la présence de l'air dans l'expérience.* Qui plus est, il apparaîtrait incongru de poser les objets "à l'envers".

Ainsi, ce n'est pas en surface qu'il faut poser les objet (ou les matériaux) pour en étudier cette propriété, mais à mi-hauteur dans le bac à eau afin d'en chasser l'air et de n'étudier qu'une seule matière à la fois : celle de l'objet (Figure 3).

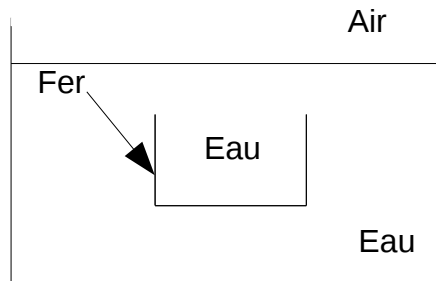


Figure 3

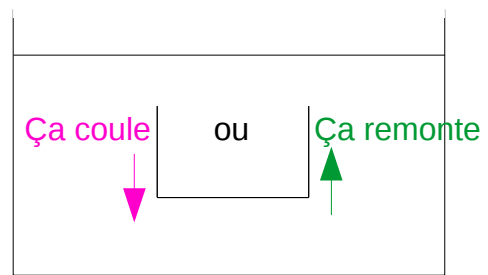


Figure 4

Ainsi on pourra être confronté à deux comportements réellement opposés (Figure 4) : celui de se déplacer vers le bas (ça coule) ou celui de se déplacer vers le haut (ça remonte).

On se débrouillera pour n'avoir à étudier que ces deux comportements (en tout cas dans un premier temps) afin d'être dans un traitement binaire qui facilite la compréhension de la part des élèves qui sont confrontés pour la première fois à ce genre de situation. Il est certain qu'il existe des matériaux qui ne feront ni l'un, ni l'autre, en restant entre deux eaux comme souvent les tissus éponges des gants de toilette...

B. Les notions pour adultes.

→ **La masse volumique** : c'est une notion parfois mal comprise au collège parce qu'elle fait intervenir deux grandeurs, la masse en kg et le volume en m^3 en divisant la première par le second. Pourtant, le sens qu'elle véhicule n'est pas plus difficile à saisir que le prix au kilo ou que la vitesse qui sont aussi le résultat d'une division de deux grandeurs n'appartenant pas au même domaine intellectuel comme la valeur financière (euros) et la quantité de matière ou masse (kg) ou encore comme la distance (mètres) et le temps (seconde).

Ainsi la masse volumique s'écrit :

$$\rho = \frac{\text{masse [kg]}}{\text{volume [m}^3\text{]}}$$

[kg/m³]

Ce que nous devons impérativement connaître est la valeur de la masse volumique de l'eau.

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Mais il se trouve que bien des corporations de métiers n'utilisent pas le m^3 comme unité quotidienne de volume mais plutôt le litre.

Ainsi il est commun et admis que l'on puisse exprimer la masse volumique dans d'autres unités comme, par exemple et le plus souvent dans ce cas, le kg/dm^3 ce qui revient à exprimer la masse d'une matière par litre de cette matière (car $1 dm^3$ correspond à une contenance d'1 litre).

On obtient donc :

$$\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg/dm}^3$$

Le tableau de conversion ci-dessous permet de « naviguer » dans ces valeurs pour en trouver les correspondances :

m			dm			cm			mm					
m ²			dm ²			cm ²			mm ²					
m ³			dm ³			cm ³			mm ³					
			l			dl			cl			ml		

sans oublier que pour les masses on a :

t	q	kg	hg	dag	g	dg	cg	mg
---	---	----	----	-----	---	----	----	----

En règle générale, lorsqu'on est en présence de liquides et de solides, on compare la masse volumique d'une matière à celle de l'eau et on arrive à prévoir si cette matière va flotter sur l'eau, remonter dans l'eau si elle est immergée, ou couler.

Ainsi, on sait que si la masse volumique d'une matière est inférieure à celle de l'eau, cette matière remontera dans l'eau et/ou flottera.

Par exemple, le bois de sapin sec flotte car :

$$\rho_{\text{sapin}} = 450 \text{ kg/m}^3$$

et donc :

$$\rho_{\text{sapin}} < \rho_{\text{eau}}$$

Si la matière se contentait de revêtir deux des trois états qu'on lui connaît, cette notion n'aurait pas besoin d'être complétée par la notion de densité. Mais nous vivons dans l'air et il est utile (notamment en météorologie) de connaître le comportement des gaz entre eux. Quand on parle de gaz lourd, la lourdeur annoncée se définit par rapport à quoi ?

Nous vivons dans l'air dont la masse volumique est en moyenne : $\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$

(On comprend aisément pourquoi les bulles d'air remontent dans l'eau.)

→ **La densité** s'exprime par rapport à l'eau pour ce qui est des liquides et des solides et par rapport à l'air quand il s'agit de gaz.

Si $d_{\text{matière}} < d_{\text{fluide}}$ alors l'objet flotte ou remonte dans le fluide

Densité par rapport à l'eau : c'est le rapport de la masse volumique d'une matière sur la masse volumique de l'eau.

Elle se note :

$$d_{\text{matière}} = \frac{\rho_{\text{matière}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

[pas d'unité]

$$\text{d'où } \rho_{\text{matière}} = d_{\text{matière}} \times \rho_{\text{eau}}$$

Comme on compare deux choses de même nature, on ne met pas d'unité à la densité. Elle se comprend comme si l'on disait que la masse volumique de la matière concernée est tant et tant de fois plus petite ou plus grande que la masse volumique de l'eau.

Densité par rapport à l'air : c'est le rapport de la masse volumique d'un gaz sur la masse volumique de l'air.

Elle se note :

$$d_{\text{gaz}} = \frac{\rho_{\text{gaz}}}{\rho_{\text{air}}}$$

[toujours pas d'unité]

$$\text{d'où } \rho_{\text{gaz}} = d_{\text{gaz}} \times \rho_{\text{air}}$$

→ **La poussée d'Archimède** est la force particulière que subit un corps plongé en tout ou en partie dans un fluide (liquide ou gaz) soumis à un champ de gravité. On parle aussi du principe d'Archimède et on le présente de la façon suivante assez fréquemment : « Tout corps plongé dans un fluide au repos, entièrement mouillé par celui-ci ou traversant sa surface libre, subit une force verticale, dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé ; cette force est appelée "poussée d'Archimède". »

On se souviendra que cette poussée s'exerce tout le temps sur un corps partiellement ou totalement immergé. En effet, lorsque l'objet sombre (coule), il ne tombe pas comme une pierre car la poussée amortit sa chute, un peu comme un parachute freine la chute des corps dans l'air en étant retenu par ce dernier qui le pousse par dessous.

Dans le cas du paquebot qui sombre, le phénomène se complique du fait qu'en atteignant les profondeurs abyssales, l'eau qui s'y trouve est elle-même sous une pression énorme et la poussée va croissante... mais c'est une approche que l'on n'exigera pas de la part d'un professeur des Écoles en devenir...