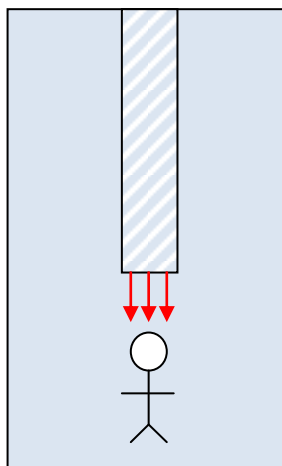


La physique du niveau 2

1) La Pression

a) Définition

- La pression est une **Force** par unité de **surface**, exprimée en **Pascals**.
En règle générale, on utilise plusieurs autres unités, par exemple le **bar**. $1 \text{ bar} = 1013 \text{ hPa} =$ pression atmosphérique. Il existe aussi le mm Hg (millimètre de mercure)
- La pression **augmente** lorsque que l'on **descend** sous l'eau, mais **diminue** lorsqu'on **s'élève** en altitude. Par exemple à l'altitude où volent les gros avions, la pression est trop faible pour que l'être humain puisse respirer normalement. Il faut donc imposer une pression convenable dans la cabine = pressuriser cette dernière.
- En milieu sous marin, la pression peut être vue comme un effet du poids de l'eau qui se trouve au dessus d'une certaine profondeur :



- En milieu aérien, la pression peut également être vue comme l'effet du poids de l'air qui se trouve sur nos têtes. Ce poids étant bien sur très léger comparé à celui de l'eau, cela explique que la pression atmosphérique soit inférieure à la pression sous l'eau.

- Effets ressentis par le corps humain : Essentiellement au niveau des **oreilles**.

Pourquoi donc ? Le son n'est ni plus ni moins qu'une variation de pression qui se propage dans l'espace. On parle d'onde sonore. Les oreilles sont donc conçues pour être sensibles aux variations de pression ! Passage dans un tunnel dans un train, plongée sous marine, conduite en montagne, toutes ces situations entraînent des **variations de pression** que l'on ressent dans nos oreilles . . .

b) Les variations de pression en chiffres

Sous l'eau : La pression **augmente** de 1 bar tous les 10m de descente.

En altitude : La pression **diminue** environ de 0.1 bar tous les 1000m d'ascension.

- Les variations de pression sont donc beaucoup plus perceptibles lorsque l'on plonge sous l'eau, que lorsqu'on grimpe en randonnée. . .
- On note qu'à -10m, la pression passe de 1 bar à 2 bars. Soit un doublement de sa valeur. C'est donc le moment de la descente où le corps va subir la plus importante variation de pression. Cette zone est donc importante pour le bon déroulement de l'apnée : il faut y **compenser les oreilles** de façon prononcée, et répétée.

c) La loi de Boyle - Mariotte

i) Enoncé (adapté)

Dans un système fermé rempli de gaz, on a, à tout instant, la relation :

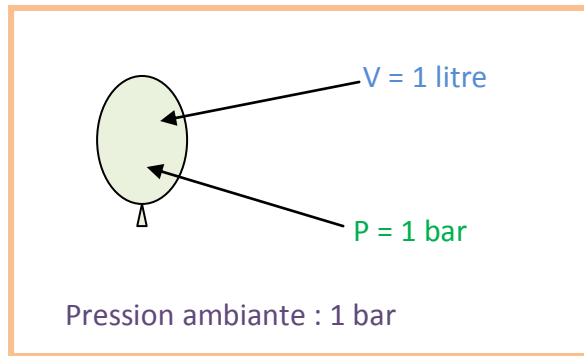
$$\text{Pression} \times \text{Volume} = \text{Constante}$$

C'est-à-dire : le produit de la pression par le volume vaut toujours la même valeur.

ii) Exemple : le ballon de baudruche

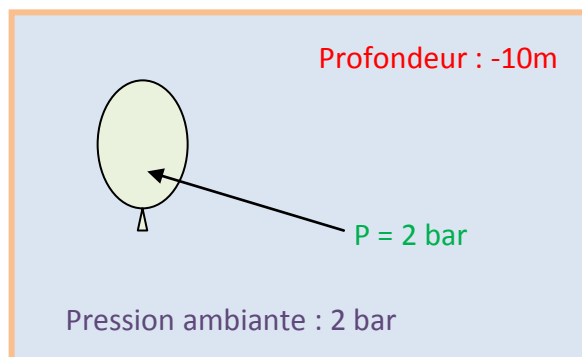
On considère un ballon de baudruche que l'on a gonflé à un volume d'1 litre. Le ballon est fermé par un nœud, pour éviter que l'air ne s'échappe. On a effectué le gonflement dans un environnement à pression ambiante (1bar).

On note P la pression dans ce ballon, et V le volume de ce ballon. On peut représenter le système comme suit :



Supposons maintenant que l'on plonge ce même ballon sous l'eau. On le descend à une profondeur de **10 mètres**. Comme vu précédemment, la pression ambiante va passer à une valeur de **2 bars**. Comme le ballon est déformable, la pression de l'air à l'intérieur du ballon va s'équilibrer avec celle de l'eau à l'extérieur du ballon.

On a donc la situation suivante :



En vertu de la loi de Boyle-Mariotte, **le produit $P \times V$ doit rester une constante**. Au début de l'expérience, le ballon gonflé à 1 bar, avait un volume de 1 litre. Ainsi donc, le produit $P \times V$ valait 1 bar x 1 litre = **1**.

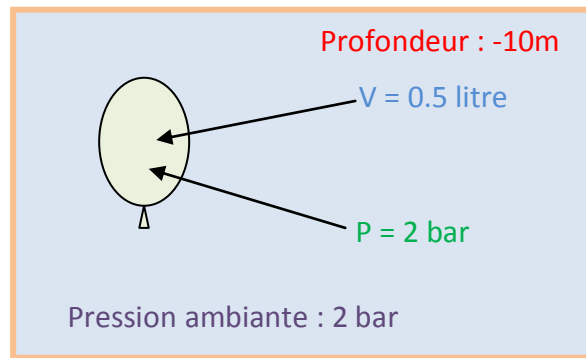
Maintenant que nous avons plongé notre ballon dans l'eau, la loi de Boyle Mariotte s'applique également. $P \times V$ doit garder cette même valeur de **1**. Or la pression dans le ballon est passée de 1 bar à 2 bars ! On a donc l'équation suivante :

$$P \times V = \mathbf{1} \text{ autrement dit, } 2 \text{ bars} \times V = \mathbf{1}$$

Que vaut donc V pour que cette équation soit vérifiée ? 0.5 litres bien sur ! On a alors :

$$P \times V = \mathbf{1} \text{ autrement dit, } 2 \text{ bars} \times 0.5 \text{ litres} = \mathbf{1}$$

Par conséquent le volume de notre ballon est passé de 1 litre à la surface à 0.5 litre à 10m de profondeur. Et il se passe exactement la même chose sur nos poumons lorsque l'on effectue une descente **en apnée** !



Si l'on avait monté notre ballon en altitude, le processus inverse se serait produit : Comme la pression de l'air **diminue** en altitude, la valeur de P aurait cette fois-ci **diminuée**, obligeant donc V à **augmenter** pour garder une valeur de $P \times V$ égale à 1. Autrement dit, notre ballon aurait enflé !

2) La poussée d'Archimède

a) Enoncé "brut" :

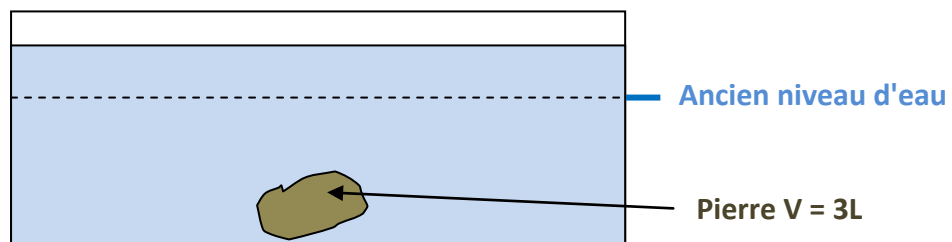
Tout corps plongé dans un fluide subit une force égale à l'opposé du poids du volume de fluide déplacé.

b) Illustration

Considérons un aquarium rempli de 50 litres d'eau :



Dans lequel on plonge une pierre dont le volume est de 3 litres :

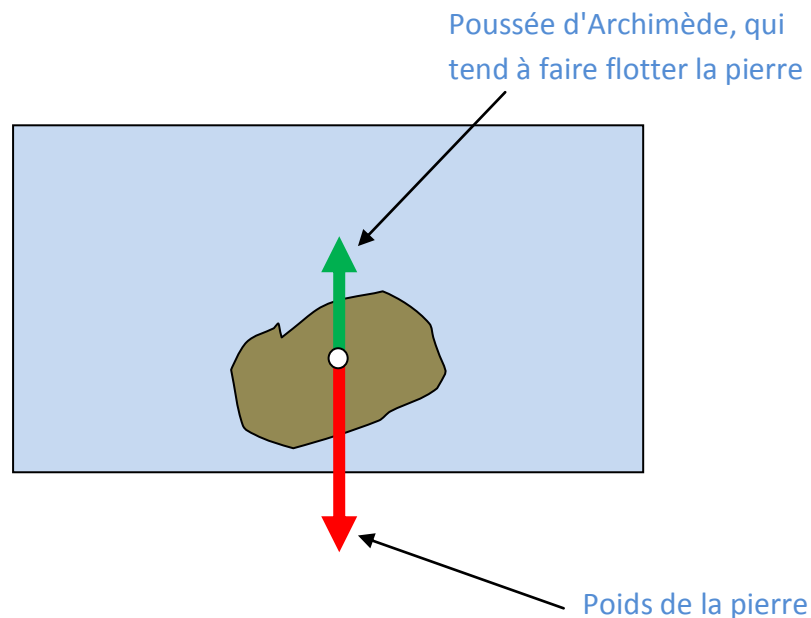


On constate bien entendu que le niveau de l'eau monte. On dit alors qu'un certain volume d'eau a été **déplacé**. Ce volume correspond tout simplement à la place qu'occupe la pierre : elle a chassé l'eau de cette zone.

La poussée d'Archimède dit simplement que la pierre va subir une force qui est l'opposée du poids de cette eau. On rappelle que le poids est une force que subit tout corps ayant une masse non nulle, et qui "l'attire" vers le sol.

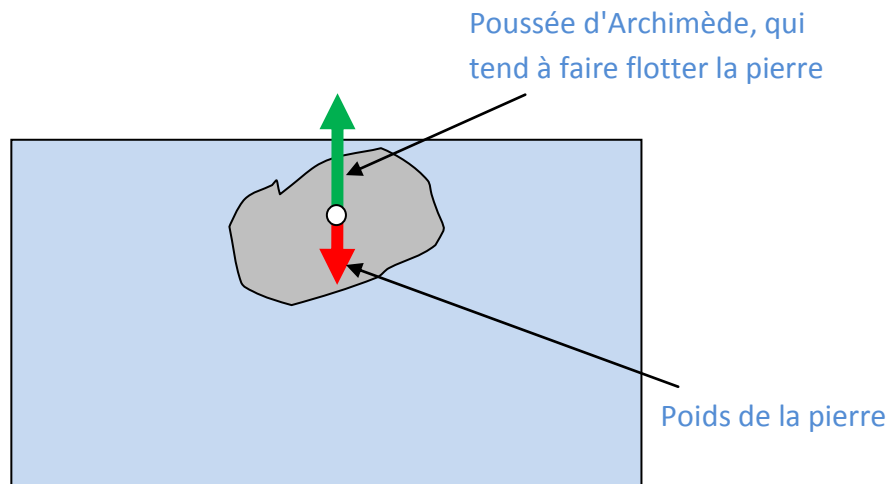
Et bien la même force va s'appliquer sur la pierre, mais orientée vers le ciel ! Cette force va donc avoir tendance à ramener la pierre vers la surface. Oui mais attendez . . . Une pierre dans l'eau ça ne remonte pas ! Alors la poussée d'Archimède elle marche plus ?

Si si, elle marche, mais en plus de cette force liée à la poussée d'Archimède qui s'applique sur la pierre, celle-ci subit également la force de son propre poids ! On peut représenter cela comme suit :



Ici on voit que le poids de la pierre est plus fort que la poussée d'Archimède. Résultat des courses : la pierre coule.

Si l'on considère maintenant une pierre ponce du même volume (3litres) : cette dernière est beaucoup plus légère.



La poussée d'Archimède qui ne dépend pas de la nature de la pierre, mais uniquement de son volume, n'est pas modifiée. Par contre le poids de la pierre lui est beaucoup plus petit. C'est la poussée d'Archimède qui est la plus forte, et la pierre flotte !

c) Pourquoi je flotte ?

L'être humain est en grand partie constitué d'eau, qui n'est a priori pas plus légère que l'eau dans laquelle nous baignons. Seulement il possède deux poumons, qui sont remplis d'air. Et cet air est très léger ! Ainsi donc, par rapport au volume d'eau que l'on **déplace** en se mettant à l'eau, le poids de notre corps est **moins important**.

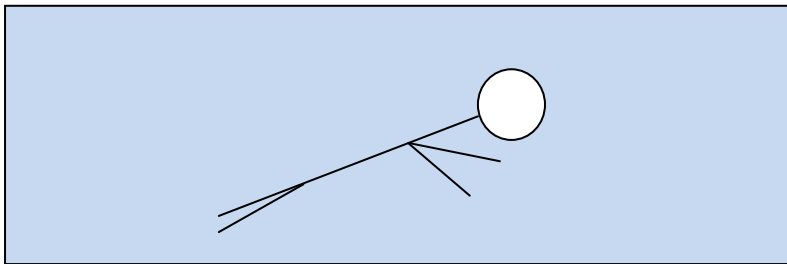
Plus les poumons sont gonflés, plus on déplace un **volume d'eau important**, plus la poussée d'Archimède est **grande**. Or lorsque l'on gonfle nos poumons, notre poids n'augmente quasiment pas. Donc, la poussée d'Archimède nous fait flotter.

Inversement, si l'on vide les poumons, on déplace un **volume d'eau moins important**, la poussée d'Archimède est donc plus **faible**. Notre poids ne diminue quasiment pas lorsque l'on vide l'air des poumons, résultat le corps est trop lourd et coule.

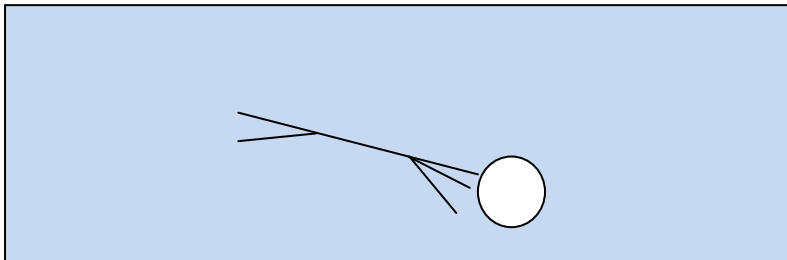
d) Qu'apporte un plomb de cou ?

En piscine, lorsque l'on nage au fond de la piscine, poumons pleins d'air, en vertu de la poussée d'Archimède, il existe une force qui tend à nous faire **remonter**. Pour pallier à ce problème, on se leste en accrochant plusieurs kilos de plombs à la ceinture.

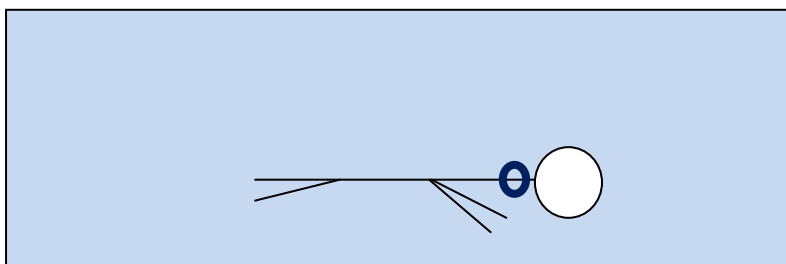
Le problème, c'est que la poussée d'Archimède est coriace ! Même si on est suffisamment lesté de plombs pour ne pas remonter à la surface, elle a tendance à tirer le haut du corps (là où se trouvent les poumons) vers la surface :



Pour compenser cet effet, les apnéistes ont inconsciemment tendance à **piquer du nez** vers le fond :



Porter un plomb de cou empêche la situation de la première figure de se produire. En effet, il **compense** efficacement la poussée d'Archimède, qui est forte près des poumons :



Au final, bien que cela puisse paraître paradoxal, un apnéiste qui nage la tête collée au fond, et les jambes en hauteur, peut utiliser un plomb de cou pour se stabiliser. Lors de la pratique de l'apnée en profondeur, (à la verticale) l'usage du plomb de cou peut aussi stabiliser l'apnéiste en descendant son centre de gravité.

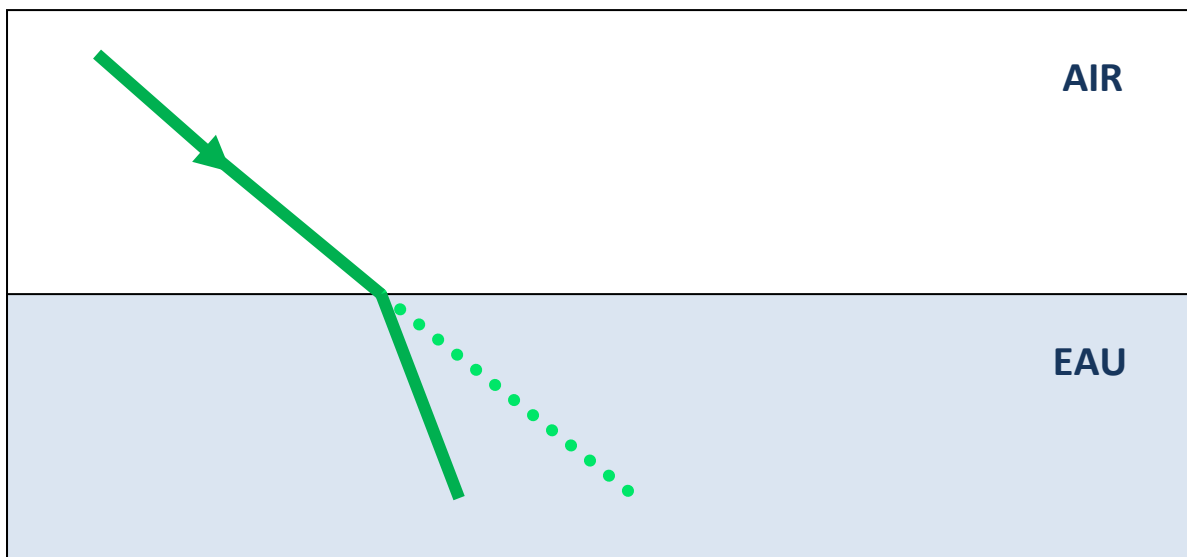
3) Illusions d'optique

1) Conséquences de la loi de Snell-Descartes

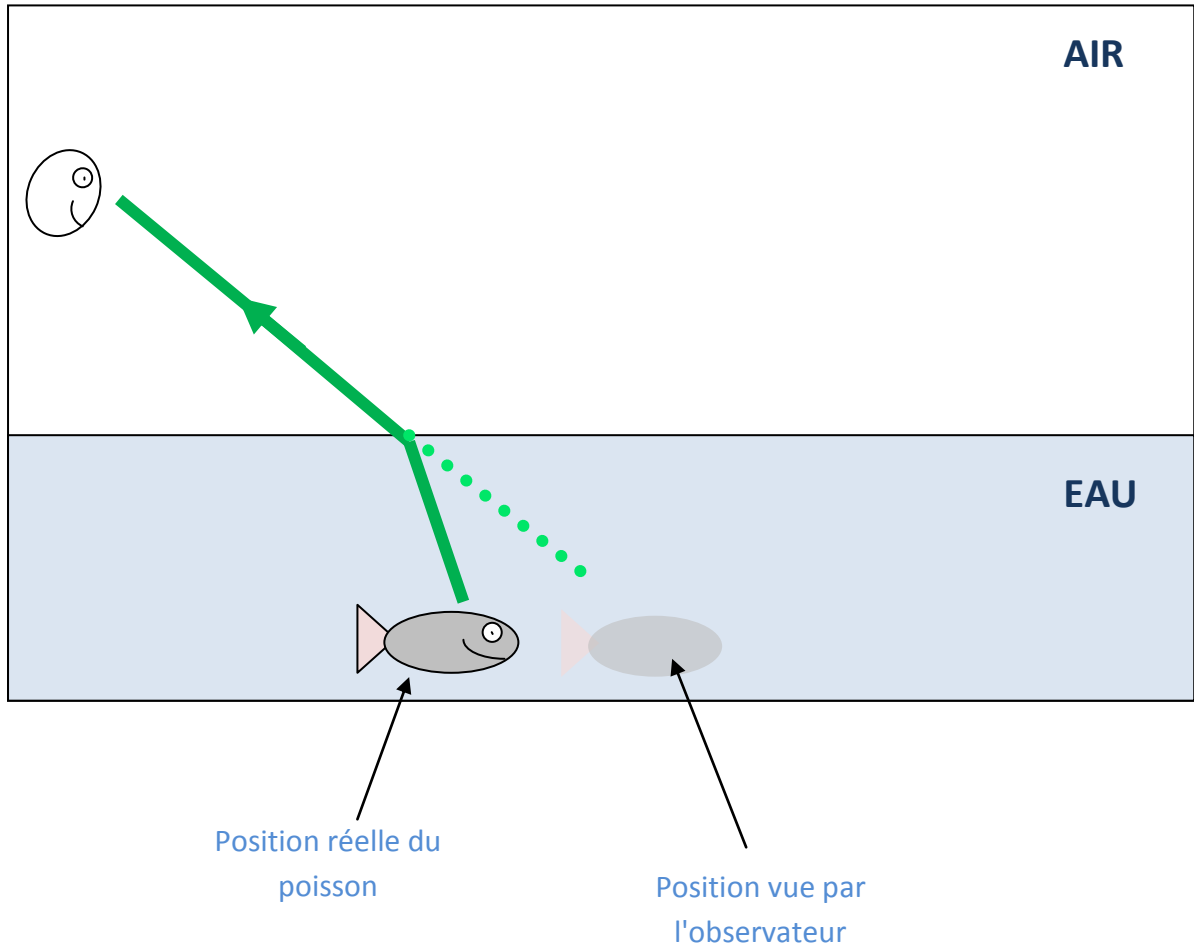
Nos yeux sont des **récepteurs de la lumière**. Ils interprètent tous les rayons lumineux qu'ils reçoivent, et les envoient au cerveau où une image est reconstituée. Ces rayons lumineux proviennent d'une source de lumière (par exemple le soleil), et peuvent être de différentes couleurs.

Ces rayons sont ensuite en partie **réfléchis** par les objets que nous voyons. Par exemple, un objet bleu ne renvoie que les rayons bleus, un objet blanc renvoie tous les rayons, un objet noir ne renvoie aucun rayon etc . . .

Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu à l'autre, il est **dévié**. C'est-à-dire que sa trajectoire n'est plus droite, mais forme une **ligne brisée** :



Pour le cerveau, les rayons lumineux sont **toujours droits**. On peut donc avoir une idée erronée de la position d'un objet sous l'eau : (Ici, le rayon vert représente l'ensemble des rayons envoyés par le poisson)



Ce phénomène se produit **toujours** au passage d'un milieu à un autre.

2) Application en apnée

Un observateur qui est sur le bord du bassin (dans l'air) ne **voit pas la position réelle** d'une personne sous l'eau. Méfiance donc lorsqu'une personne effectue une sécurité de surface...

On retrouve aussi ce phénomène au niveau du masque de plongée : Les rayons sont tout d'abord déviés à l'interface *eau-vitre du masque*, puis une nouvelle fois à l'interface *vitre du masque-air dans le masque*. Les objets que l'on voit nous paraissent **plus gros** qu'ils ne le sont en réalité :

