



MAI 2017

De la physique des gaz à la fabrication des bouteilles de plongée sous-marine 1^{ère} partie : Gaz, pressions et autonomie.

Pour mieux appréhendez une certaine partie de la physique et de la métallurgie, Métallo Corner vous propose, cette fois-ci, de s'intéresser à une activité chère au commandant Y. Cousteau : la plongée sous-marine.

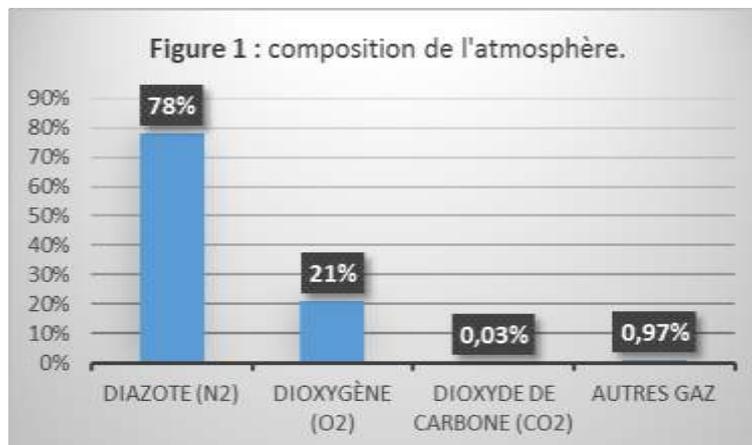
Au travers les 3 prochaines Newsletter, nous nous intéresserons, dans un premier temps, à remettre les points sur les « i » et les « bar » sur les « t », en rappelant les bases et les lois élémentaires qui régissent la physique des gaz (les lois de Boyle Mariotte, Gay-Lussac, Charles, Dalton, Avogadro-Ampère...). Ce travail nous permettra de comprendre les règles élémentaires de sécurité associées à la plongée sous-marine.

Comme vous le comprenez, faire un retour « technico-ludique » sur les gaz, par le biais d'une activité estivale, n'est pas anodin pour la communauté « méca-llurgique » que nous sommes, compte tenu de l'omni présence de cet état de la manière dans de nombreux procédés de traitement thermique, de soudage, ...

Nous nous intéresserons, dans la 3^{ème} newsletter consacrée à notre thématique aquatique, à la fabrication et de l'utilisation des bouteilles d'air comprimé (en acier, aluminium voir composite), entre autre employées en plongée sous-marine, mais pas que...

I. L'air, les gaz et la physique.

L'atmosphère terrestre, qui s'étend du sol à environ 100 km d'altitude est constituée d'air. L'air est un mélange de gaz composé principalement d'oxygène et d'azote (Cf. figure 1).





MAI 2017

Cependant, 75% de ce mélange se situe dans la troposphère, une couche comprise entre 0 et 10 km d'altitude). Nous savons que sa masse volumique, au niveau de la mer est à 15°C, est de 1,225 kg/m³. Mais pourquoi est-on obligé de spécifier la température et l'altitude à laquelle on se trouve pour donner cette grandeur caractéristique ? Pour répondre à cette question, il va être nécessaire de revenir à la définition d'un gaz et des lois qui régissent cet état.

I.1. La pression et l'air comprimé.

Les gaz constituent l'un des 3 états de la matière avec l'état solide et liquide, en laissant de côté par commodité l'état ionique. On retrouve ces 3 états en fonction de la température et de la pression dans les diagrammes dits de phase (Cf. figure 2).

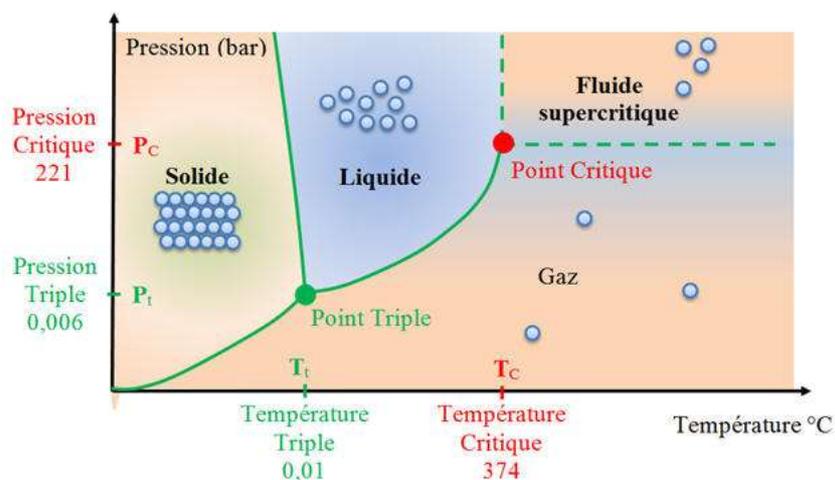


Figure 2 : Le diagramme de phase de l'eau $P = f(T)$. [1]

La pression résulte des chocs des molécules constituant le gaz contre une paroi. Un gaz exerce donc une force (F) sur la surface (S) des objets. Plus le nombre de chocs est important, plus la pression exercée par le gaz est grande dans l'enceinte. On définit la pression par la formule suivant :

$$P = F / S \text{ en } \text{N.m}^{-2} \text{ en sachant qu'1 } \text{N.m}^{-2} \text{ est égal à 1 Pascal (Pa).}$$

En plongée sous-marine, où l'on parle d'avantage en « bar » qu'en Pascal (1bar : 101325 Pa ou 1013 hPa), lorsque le plongeur s'enfonce sous l'eau, la pression de son environnement augmente, elle correspond à l'application du poids de l'eau sur un corps. Cette pression va donc s'accroître avec la profondeur. On admet en plongée que la pression s'accroît d'1 bar à chaque fois que l'on descend de 10 m. On parle de pression relative ou hydrostatique.



MAI 2017

On parle également de pression absolue, appelée aussi pression ambiante ou pression totale, elle correspond à la somme de la pression atmosphérique et de la pression relative associée à la profondeur du plongeur. La pression dite atmosphérique est liée à la masse de l'air situé au-dessus de nous. Elle est égale à environ 1 bar.

La plongée sous-marine à l'air, en France se pratiquant entre 0 m et 60 m, le plongeur est donc susceptible de passer de 1 bar à la surface (pression atmosphérique) à 7 bars à 60 m (1 + 6 bar) pour « les plongeurs qui ont de la bouteille et le niveau technique qu'il convient ».

Il n'y a pas que le plongeur qui est sous pression lors d'une immersion, il ne faudrait pas oublier la bouteille, communément appelé « bloc » dans le milieu des hommes grenouilles. Ces équipements sous pression sont gonflés en fonction des stations de gonflage entre de 200 à 300 bars à l'aide d'un compresseur. Le fonctionnement des compresseurs s'appuie sur la loi de Mariotte $P_1.V_1 = P_2.V_2$, ainsi un compresseur 300 bar a pour mission de faire rentrer 300 litres d'air dans un volume de 1 litre.

L'air comprimé dans la bouteille qui sert au plongeur pour respirer est détendu en deux opérations (Cf. figure 3). Le détendeur « 1er étage » fixé sur la sortie d'air de la bouteille fait passer le gaz de la haute pression à une « moyenne pression ». Celle-ci est égale à la pression ambiante augmentée d'environ 8 bars (selon les constructeurs). Le « second étage » alimente le plongeur en air. Il détend l'air de la « moyenne pression » à la pression ambiante correspondant à la profondeur où se trouve le plongeur. La pression baisse au fur et à mesure que le gaz est consommé, toujours selon la loi de Boyle Mariotte.



Figure 3 : fonctionnement d'un détendeur.

I.2. L'autonomie en air du plongeur.

Un plongeur respire en moyenne 15 à 20 fois par minute, chaque inspiration correspond à environ à 1 litre d'air. La consommation et par conséquent l'autonomie pourra varier



MAI 2017

en fonction du niveau de stress du plongeur (gestion des aléas), de la température de l'eau, un mauvais lestage (voir chapitre suivant), ...

Si le plongeur est équipé d'une bouteille de 12L gonflée à 200bar, son volume d'air disponible en surface (à la pression atmosphérique 1 bar) sera donc de 2400 L (12L x 200bar) soit une autonomie de **120 minutes** (2400 L / 20 L/mn) si l'on part du principe que le plongeur respire 20 fois 1L en une minute.

En revanche, si celui-ci se trouve à 40m, la pression ambiante est de 5 bar, par conséquent chaque inspiration correspondra à 5 litres et non plus 1 litre. Il consommera donc 100 L/mn et aura une autonomie de **24 min** (2400 L / 100 L/min).

On comprend donc aisément, avec ces calculs, que plus le plongeur s'immergera profondément et moins longtemps la plongée durera.

Rendez-vous en juillet pour la seconde partie intitulée : « Flottabilité, Archimède et Sécurité », d'ici là, bonnes bulles chers collègues « méca-llurgistes » !