

TP 18 : Accident de plongée

SITUATION DE DEPART :

Un groupe de jeunes, inscrits dans un club pour passer les brevets de la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-marins, est appelé à se pencher sur une étude de cas dans le cadre de la formation.

Il leur est nécessaire d'acquérir certaines notions scientifiques, car une bonne compréhension de ces lois permet de bien intégrer les règles de sécurité.

Un groupe de pratiquants effectue une plongée sous-marine, encadré par des animateurs. Equipés de bouteilles de plongée, ils plongent par petits groupes, lorsque subitement ils sont surpris par le courant de la marée descendante. Aidés par les sauveteurs de la plage, chacun est repêché et ramené sur le rivage, sauf Michel. Après une demi-heure de recherche, il est repéré, inconscient et évacué en ambulance vers une unité de soins intensifs pour être traité en caisson hyperbare. Sur les lieux, les amis de Michel discutent à propos de l'accident.

- Bénédicte : « Il était avec moi à près de 30 mètres sous l'eau, sa bouteille de gaz n'était pas vide ».
- Rayan : « Depuis combien de temps ? »
- Bénédicte : « Environ 20 minutes. »
- Julien : « Oui mais.....pourquoi est-il remonté si vite ? »
- Rayan : « Le détendeur a bien été vérifié. »
- Bénédicte : « J'espère que ce ne sera pas trop grave. »
- Julien : « J'aimerais savoir ce qui s'est réellement passé. »

L'**objectif** est d'essayer de comprendre ce qu'il s'est passé en étudiant :

1. L'influence d'une profondeur de 30 m sur la pression dans l'eau.
2. Les conséquences physiologiques des gaz dissous dans le corps.

ETUDE AU LABORATOIRE DE L'EVOLUTION DE LA PRESSION EN FONCTION DE LA PROFONDEUR

Le professeur dispose du matériel suivant :

- ✓ Eprouvette graduée de 250 mL graduée du haut vers le bas (cm par cm).
- ✓ Manomètre muni d'un tuyau plastique rallongé par un tube de verre.

Proposer un protocole permettant de répondre à la première problématique.

ETUDE AU LABORATOIRE DE LA VARIATION DE DISSOLUTION DES GAZ EN FONCTION DE LA PRESSION

Vous disposez du matériel suivant

- ✓ seringue hermétiquement fermée
- ✓ eau pétillante.

Proposer un protocole permettant de répondre à la deuxième problématique.

Faire l'analogie avec le phénomène observé lors de l'ouverture d'une bouteille de soda.

LOI DE BOYLE-MARIOTE

Une quantité de gaz (environ 60 mL) est enfermée dans une seringue graduée en millilitre. L'embouchure de la seringue est reliée par un tuyau à un capteur de pression. La pression est lue en bar ou en pascal. Le volume du gaz est lu sur les graduations de la seringue. Un thermomètre dans la salle indique la température ambiante.

- α Déplacer très lentement le piston de la seringue tous les millilitres.
- α Dresser un tableau de mesures comportant le volume et la pression. Compléter ce tableau en calculant le produit $P \times V$.
- α Que peut-on dire du produit $P \times V$?

Pression et plongée

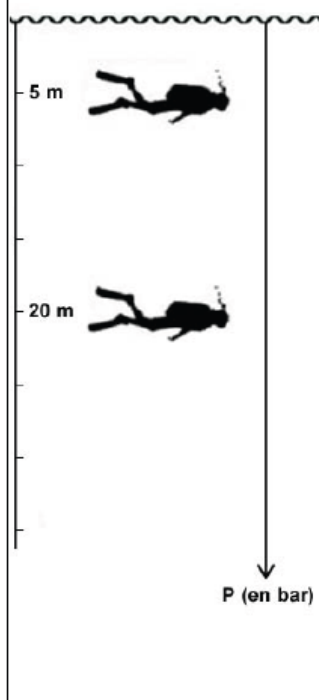
Document 1 (d'après l'encyclopédie collective *Wikipédia*)

Le facteur principal influant sur l'organisme humain en plongée est la pression exercée par l'eau. Celle-ci augmente avec la profondeur : alors que nous sommes soumis à une pression atmosphérique d'environ 1 bar (soit 10^5 Pa) à l'air libre, l'eau au-dessus du plongeur immergé soumet celui-ci à une pression additionnelle d'environ 1 bar tous les 10 mètres. Par exemple, à 25 mètres de profondeur, un plongeur est soumis à 3,5 bars de pression totale. Cette pression, inhabituelle pour un être humain adapté au milieu terrestre, va provoquer différents phénomènes que le plongeur doit gérer sous peine de mettre sa santé en danger.

Document 3 (d'après l'encyclopédie collective *Wikipédia* et un site internet relatif à la santé)

La majeure partie du corps humain, composée de liquides et de solides incompressibles, n'est pas directement affectée par les variations de pression. En revanche, l'air contenu dans les différentes cavités du corps voit son volume varier de manière inversement proportionnelle à la pression ambiante. Les accidents dus aux variations anormales de pression dans les organes creux du corps humain sont appelés des barotraumatismes. Ceux-ci touchent les différentes cavités en contact avec l'air inspiré : oreilles, sinus, intestin (en plongée, cela concerne également l'espace situé entre le masque et le visage)... Les barotraumatismes ORL par exemple peuvent aller du simple œdème dans l'oreille moyenne ou interne, type otite par exemple, à la perforation du tympan.

Document 2



Document 4 (d'après l'encyclopédie collective *Wikipédia*)

Lorsqu'un gaz se trouve en contact avec un liquide, il va s'y dissoudre progressivement jusqu'à atteindre une limite. Si la pression augmente, de plus en plus de gaz se dissout dans le liquide. À l'inverse, si la pression diminue trop rapidement, le gaz s'échappe du liquide en formant des bulles, comme d'une bouteille de soda au moment de l'ouverture.

Le corps humain, qui est essentiellement constitué de liquide, est donc soumis au même phénomène d'absorption et de restitution des gaz. Lors de la remontée, si la pression baisse trop rapidement des bulles pathogènes vont se former dans l'organisme. Suivant la localisation de leur apparition, ces bulles peuvent entraîner notamment des accidents circulatoires, des paralysies et des douleurs articulaires, que l'on regroupe sous le terme d'accidents de décompression.

L'enjeu pour le plongeur est de remonter suffisamment doucement pour qu'il n'y ait pas formation de bulles, ou que les bulles formées soient suffisamment petites pour être asymptomatiques. Il faut absolument respecter des paliers de décompression en fonction de la durée et de la profondeur de la séance de plongée.

Questions :

- 1.1. Comment la pression varie-t-elle avec la profondeur ?
- 1.2. Quelle est la pression à 25 m de profondeur ?
- 1.3. Proposer une graduation pour l'axe de droite du document 2.
- 1.4. Quelle est la cause de la « pression additionnelle » subie par le plongeur ?
- 3.1. Le volume occupé par les os varie-t-il avec la profondeur ? Justifier la réponse.
- 3.2. Lors d'une plongée, même à faible profondeur, des douleurs peuvent être ressenties au niveau du tympan. Expliquer pourquoi.
- 3.3. Expliquer le terme « barotraumatisme ».
- 4.1. Comment varie la quantité de gaz dissous dans le sang lorsque la pression diminue ?
- 4.2. Décrire puis expliquer ce qui se produit pour le gaz d'un soda lorsqu'on ouvre la bouteille.
- 4.3. Proposer un protocole d'expérience qui permette de vérifier les réponses aux questions 4.1. et 4.2.
- 4.4. Expliquer les termes « bulles pathogènes » et « bulles asymptomatiques ».
- 4.5. Quel est l'intérêt de respecter, en plongée, des paliers de décompression du point de vue des gaz dissous dans le sang ?
5. Proposer un titre pour chacun des 4 documents.

Document professeur

PROTOCOLE EXPERIMENTAL POSSIBLE :

La pression dépend-elle de la profondeur ?

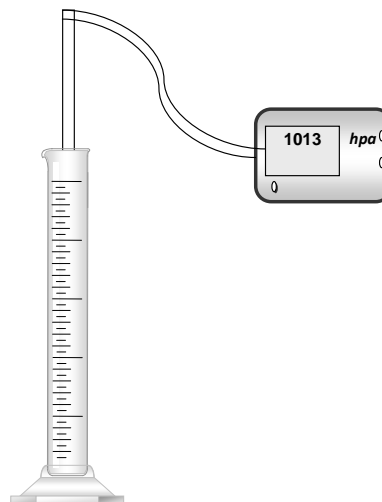
Pour vérifier cette hypothèse mettre en œuvre l'expérimentation

A) Matériel :

- Eprouvette graduée de 250 mL (graduation du haut vers le bas par cm).
- Manomètre muni d'un tuyau plastique rallongé par un tube de verre.
- Tableur (Régressi ou Excel).

B) Expérience

- Mettre de l'eau dans l'éprouvette graduée.
- Plonger le manomètre comme indiqué sur la figure.
- Faire varier progressivement la profondeur d'immersion.
- A chaque mesure (tous les 2 ou 3 cm), relever la pression.
- Consigner vos résultats dans un tableau.



Remarque : On peut prendre une règle en papier graduée dont le zéro sera mis à la surface du liquide ou garder l'éprouvette graduée.

C) Exploitation :

- En utilisant un tableur, représenter graphiquement les points obtenus.
- Proposer un modèle rendant compte de l'évolution de la pression en fonction de la profondeur dans l'eau.
- Trouver l'équation de la courbe après modélisation.
- Conclure sur la valeur de la pression à 30 m de profondeur.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL POSSIBLE :

La dissolution d'un gaz dans un liquide dépend-elle de la pression ?

- A) Expérience : Dans le piston de la seringue on verse de l'eau gazeuse
- B) Observation : On observe des bulles de gaz quand on tire sur le piston de la seringue.
- C) Analogie avec une bouteille de soda que l'on ouvre et conclusion.
- D) Conclusion sur les effets physiologiques des gaz dissous dans le corps.

Travaux Pratiques : Accident de plongée



Témoignage d'un plongeur américain de la côte Ouest des Etats-Unis :

« Mes amis et moi étions au large lorsqu'un requin de grande taille nous a surpris... Par chance, nous avons pu remonter à la surface mais en ce qui me concerne trop rapidement, ayant été le plus proche du requin : je n'ai ni eu le temps, ni le réflexe, pris par mon effroi, d'expirer suffisamment et j'ai été victime d'un accident barotraumatique : mes poumons ont subi des dégâts par déchirement... Heureusement, cela ne m'a pas été fatal(...) Nous étions alors à une profondeur de 10 m, sous 2 bars de pression seulement, suivi de ma remontée en surface, sous 1 bar de pression...

Questions :

- 1) Qu'est ce qui peut provoquer le déchirement des tissus pulmonaires lors de la remontée ?
- 2) Quelle expérience pourriez-vous mettre en œuvre pour vérifier votre hypothèse ?

Travail attendu pour répondre à ces deux questions :

Etape 1 - Emettre par écrit des hypothèses, les soumettre au professeur. (groupes de 4)

Etape 2 - Proposer un protocole expérimental utilisant un matériel raisonnable, sensé et évidemment disponible au laboratoire du Lycée. (groupes de 4)

Etape 3 - Réaliser le protocole validé par le professeur (groupes de 2)

Etape 4 - Enfin, déduire de vos mesures une relation entre grandeurs physiques qui explique très simplement le phénomène dont a été victime le plongeur. (groupes de 2)

Conclusion :

Que faut-il faire, en plongée, lors de la remontée, pour éviter un accident barotraumatique ?
Justifiez votre réponse à l'aide du travail précédent.

FICHE PROFESSEUR

La situation problème et son objectif

Amener les élèves à élaborer un protocole expérimental permettant d'établir une relation entre la pression et le volume (loi de Boyle-Mariotte). Faire usage de ce modèle prédictif. Discuter de son usage.

Les prérequis

Le vocabulaire nécessaire et l'aspect microscopique ont été abordé précédemment.

Déroulement possible de la séquence TP

Un scénario est proposé afin de bien distinguer les 3 phases de cette séquence :

1. Appropriation de la situation (groupe de 4) : Analyse de la situation ; Réponses aux questions ; Le protocole - 60 min.
2. Réalisation du protocole (groupe de 2) : Réalisation expérimentale ; Prise de mesures ; Traitement ; Exploitation - 30 min.
3. Usage de la loi de Boyle-Mariotte (groupe de 2) : pratiquer la déduction, démontrer, conclure - 30 min.

Remarque : les élèves ne pourront s'empêcher de pousser la seringue jusqu'au bout...ce qui dépassera la pression maximale mesurable.

FICHE MATERIEL- TP Boyle-Mariotte.

- Seringue + pressiomètre (x 9 si possible)
- Tableur Excel - 9 postes.