

Pression dans un liquide et plongée

Objectifs du T.P. :

- Découvrir la pression dans un liquide
- Découvrir comment la pression agit sur la dissolution d'un gaz dans un liquide
- Établir les conséquences de ces découvertes dans la plongée sous-marine

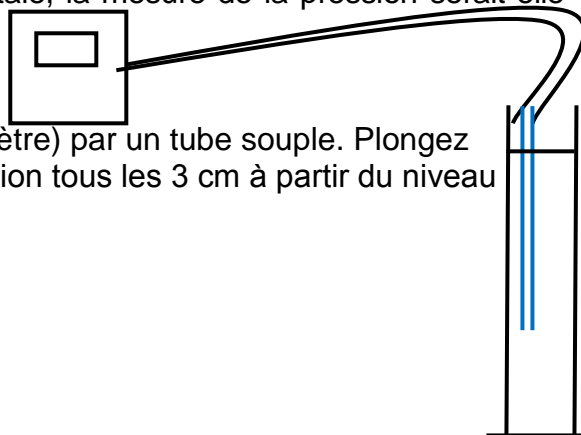
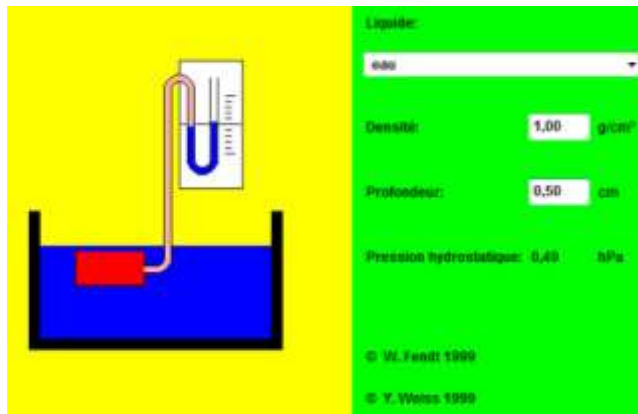
I – Pression dans un liquide au repos

Ouvrez le lien suivant :

<http://www.proftnj.com/pression.htm>

- 1) De quel facteur la pression dans l'eau dépend-elle ?
- 2) Comment évolue la pression quand ce facteur augmente ?

3) Si vous pouviez déplacer votre sonde de façon horizontale, la mesure de la pression serait-elle constante, en augmentation ou en diminution ?



Expérience au bureau

Un tube effilé en verre est relié à un manomètre (pressiomètre) par un tube souple. Plongez ce tube dans l'éprouvette et relevez les valeurs de la pression tous les 3 cm à partir du niveau 0 de plongée dans l'eau dans le tableau suivant :

z (cm)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
P (hPa)											

II – Dissolution d'un gaz dans un liquide

Dans un liquide, certains gaz comme le dioxyde de carbone ou le dioxygène peuvent se dissoudre. Ils sont donc en solution dans le liquide (ou solvant) et ne sont donc plus sous forme gazeuse mais dispersés dans le solvant et suivis du préfixe (aq), comme les ions, si le solvant est l'eau. Sous certaines conditions, ils peuvent repasser sous forme gazeuse et donc suivis du préfixe (g).

a. Expérience 1

Dans une seringue, prélevez environ 20 mL d'eau gazeuse. Attention, il ne doit pas y avoir d'air ! Bouchez fermement l'extrémité de la seringue, la pointe vers le haut, en laissant le piston libre. Observez. Agitez vigoureusement la seringue puis enlevez votre doigt.

b. Expérience 2

Rebouchez la seringue avec le doigt, la pointe toujours vers le haut. Poussez fort sur le piston puis maintenez-le fermement. Observez. Agitez vigoureusement puis observez à nouveau.

c. Expérience 3

La seringue restant bouchée, la pointe toujours vers le haut, tirez au maximum sur le piston puis maintenez-le fermement dans cette position. Observez. Agitez vigoureusement puis observez à nouveau.

On parle de **dégazage** lorsque des bulles se forment dans un liquide et s'en échappent.

1) Parmi les titres suivants, attribuez le bon à chacune des expériences précédentes :

- dégazage par diminution de pression
- dégazage par agitation
- dissolution par augmentation de pression

- 2) Comment varie la force pressante quand vous tirez le piston ? quand vous le poussez ?
- 3) Dans les situations de dégazage, ce dernier est-il instantané ? Quelle opération permet-elle de l'accélérer (expérience 1)
- 4) Comment doit évoluer la pression au dessus du liquide pour que l'espèce, sous forme gazeuse, se dissolve davantage (expérience 2) ? Existe-t-il un moyen d'accélérer cette dissolution ?
- 5) Complétez : La quantité de gaz dissous dans un liquide _____ quand la pression augmente. Si la pression diminue, alors la solubilité de ce gaz dans le liquide _____ et des bulles de gaz se forment dans le liquide : c'est le phénomène de _____.

III – Application : la plongée sous-marine

1) La variation de pression avec la profondeur



« 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 d'environ 1 bar (10^5 Pa) à l'air libre au niveau de la mer (pression atmosphérique), le poids de l'eau au-dessus du plongeur immergé soumet celui-ci à une pression additionnelle d'environ 1 bar tous les 10 mètres en eau de mer et environ 0,98 bar tous les 10 mètres en eau douce.

Par exemple, à 25 mètres de profondeur, un plongeur est soumis à 3,5 bars de pression totale (1 bar de pression atmosphérique et 2,5 bars de pression hydrostatique) ; cette pression inhabituelle pour un être humain adapté au milieu terrestre va provoquer différents phénomènes, que le plongeur doit connaître et gérer sous peine de mettre sa santé (voire sa vie) en danger. »

2) Pourquoi faut-il souffler en remontant ?

« La majeure partie du corps humain, composée de liquides/solides approximativement incompressibles, n'est pas directement affectée par les variations de pression. En revanche, l'air contenu dans les différentes cavités du corps (oreille moyenne, sinus, appareil respiratoire...) voit son volume varier de manière inversement proportionnelle à la pression ambiante, suivant la loi de Boyle-Mariotte.

Lorsque le plongeur remonte à la surface, la diminution de pression s'accompagne d'une augmentation du volume d'air contenu dans les poumons. En aucun cas, le plongeur ne doit bloquer sa respiration lors de la remontée car l'air va continuer à se dilater jusqu'à atteindre la limite d'élasticité des poumons. »

- 1) Quelle loi nous permet d'affirmer que « la diminution de pression s'accompagne d'une augmentation du volume d'air contenu dans ses poumons ».
- 2) Si à 10 m de profondeur, une quantité d'air occupe un volume de 3,0 L, quel volume occupera cette même quantité à la surface de l'eau ?
- 3) Quelle conséquence une remontée sans expulser l'air aurait-elle sur les poumons du plongeur ?

3) Pourquoi faut-il remonter lentement ?

« L'air est constitué d'environ 20 % de dioxygène et 80 % de diazote, deux gaz solubles dans l'eau. Au cours d'une plongée, la pression qui s'exerce sur le plongeur augmente avec la profondeur. Il en est de même pour celle de l'air qu'il respire, entraînant une augmentation de la solubilité des gaz dans le sang.

En voici les conséquences :

- le dioxygène devient toxique pour une pression supérieure à 1,6 bar et le diazote entraîne une narcose (ou ivresse des profondeurs) pour une pression supérieure à 5,6 bar dont les effets sont nombreux : euphorie, angoisse, discours intérieur, troubles de la vision, répétition de gestes sans effet, retard de réaction...

- au cours d'une remontée, la pression diminue et les gaz dissous doivent être évacués. Le dioxygène est consommé par les poumons tandis que le diazote se vaporise et passe dans le sang. Si la remontée est trop rapide, le diazote n'a pas le temps de s'évacuer et il y forme des grosses bulles qui peuvent boucher les vaisseaux sanguins et provoquer une embolie pulmonaire par obstruction d'une artère alimentant les poumons. »

Le plongeur doit donc respecter des paliers de décompression :

Profondeur	Durée de plongée	Palier à 3 m
28 m	15	-
	20	1
	25	2
	30	6
	35	12
	40	19
30 m	15	1
	20	2
	25	4
	30	9
	35	17
	40	24
32 m	15	1
	20	3
	25	6
	30	14
	35	22
	40	29 (+1 min. à 6m)

MN90 - Vitesse de remontée : 15 m/min - 10 sec./m entre les paliers



Exemple : un groupe de plongeur s'immerge à 14h00 fait toute sa plongée à 28 mètres avec une incursion rapide à 31 mètres. Le début de la remontée a lieu à 14h31.

L'entrée dans la table devra être : **32** mètres (entrée immédiatement supérieure à 31 mètres), pour une durée de **35** minutes (supérieure à 31 minutes). Ils devront donc effectuer un palier de **22** minutes à 3 mètres.

Remarque : s'ils avaient plongé une minute de moins, ils seraient entrés dans la table à **32** m, **30** min. et n'auraient fait que **14** min. de palier. De même, s'ils avaient évité leur rapide incursion à 31 mètres, ils seraient entrés dans la table à **28** m, **35** min. et n'auraient fait que **12** min. de palier.



- 1) Comment évolue la pression lors de la remontée ?
- 2) Comment évolue la solubilité des gaz de la remontée ?
- 3) Pourquoi faut-il évacuer les gaz au fur et à mesure de la remontée ?
- 4) Comment est évacué le dioxygène de l'air ?
- 5) Expliquez l'utilité des paliers de décompression.

6) Autre application :

http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/XML/db/csp physique/metadata/LOM_CSP_QSpaliersDecompressionSol.xml

« Les astronautes portent une combinaison pressurisée. À l'extérieur de la station spatiale, la pression dans la combinaison est inférieure à la pression qui règne dans la station (typiquement 0,3 bar dans la combinaison à l'extérieur de la station pour une pression de 1 bar à l'intérieur). S'ils sortaient directement de la station, sans préparation, ils seraient confrontés au même risque qu'un plongeur qui remonte sans faire de palier. Pour éviter cela, les astronautes sont placés pendant 4 heures de respiration sous oxygène pur avant toute sortie dans l'espace. »

- a. Quel gaz est dangereux pour les astronautes ?
- b. Que va-t-il produire dans le sang lors d'une sortie ?
- c. Comment l'élimine-t-on des poumons pour protéger l'astronaute ?

Quelques infos prof supplémentaires :

L'homme ne peut pas résister au vide spatial pour de nombreuses raisons. Reste à définir celle qui surviendra la première.

- le froid : l'inertie thermique de son corps est grande, car il est fait d'eau essentiellement. Le côté au soleil va chauffer, le côté au vide va commencer à geler. Il faudra un bon moment pour mourir de ça.
- le manque d'oxygène : la pression dans ses poumons va devenir immédiatement nulle. Plus aucune molécule d'oxygène ne va passer dans le sang, au contraire, le peu qui reste dans le sang veineux va diffuser vers le poumon et vider le sang pulmonaire de toute trace d'oxygène. Le sang qui arrivera au cerveau six secondes plus tard ne pourra plus alimenter les neurones. Les cellules grises n'ayant que 4 secondes de réserve vont se mettre en sommeil et le cosmonaute perdra conscience immédiatement. Trois minutes plus tard, ces neurones seront morts. C'est la mort cérébrale officielle.
- la chute de pression provoquera une distension de toutes parties du corps contenant des gaz. D'où des risques de douleurs abdominales ou de dents mal soignées. Mais le cosmonaute en scaphandre a déjà subi avant sa sortie une longue décompression à 500 hPa. Ce risque est faible et non mortel.
- la chute de pression fera passer toute l'eau du corps au dessous de sa pression de vapeur saturante à 37°, qui est de 6,3 hPa. Elle va donc commencer à bouillir. De la vapeur d'eau va se créer sous la peau. Mais la peau est solide et peut maintenir une pression de 6 hPa un bon moment, même s'il y a des fuites, ce qui ralentira l'ébullition. Il devrait pouvoir résister quelques longues minutes, peut être bien plus.
- la chute de pression provoque le dégazage des gaz en solution dans le corps (dans le sang, les graisses, les os). Le plus important est l'azote, mais il a été drainé lors de la dénitrogénéation avant la sortie spatiale (pendant 4 heures de respiration sous oxygène pur). Donc même si le risque existe, la formation de bulles d'azote, puis de caillots dans le sang qui bouchent les vaisseaux du cerveau, il faut environ 20 min pour que ça devienne mortel.

Conclusion : c'est le manque d'oxygène qui va tuer notre cosmonaute. Heureusement pour lui, en moins de 10 secondes il sera inconscient, ou tellement en hypoxie, qu'il trouvera la situation plutôt amusante.