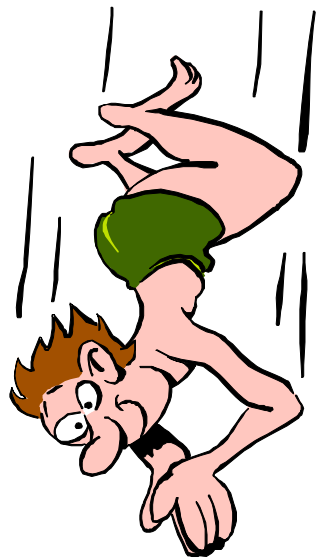




Préparation Niveau II

Cours Théorique



Sommaire

Chapitre	Intitulé	Date	Moniteur
I – 3	Les pressions	Lundi 29-12	Marc
II – 6	La loi de Mariotte	Lundi 29-12	Marc
III - 9	Le théorème d'Archimède	Lundi 5-1	Marc
IV – 14	Dalton	Mercredi 14-1	Alain
V – 19	Henry	Mercredi 21-1	Alain
VI – 20	Oreille, Vision, Acoustique	Mercredi 4-2	Patrick
VII - 24	Appareil respiratoire et circulation Echanges gazeux	Lundi 9-2	Patrice
VIII – 32	Accidents barotraumatiques	Lundi 16-2	Marc
IX	Accidents biochimiques et biophysiques	Mercredi 25-2	Parc
X – 44	Accidents divers	Lundi 2-3	Patrice
XI – 45	Tables, utilisation	Lundi 9-3	Michel
XII – 63	Plongées consécutives/anormales	Mercredi 18-9	Michel
XIII – 64	Plongées successives	Lundi 23-3	Michel
XIV – 81	Danger du milieu	Lundi 6-4	Stéphane
XV - 99	Matériel	Mercredi 8-4	Patrick
XVI – 107	Examen blanc		
XVII - 111	Examen		

Livres : C. Arzilllets (CIP) - Eléments de théorie pour la plongée

Poulet et Barincou - La Plongée - Denoël

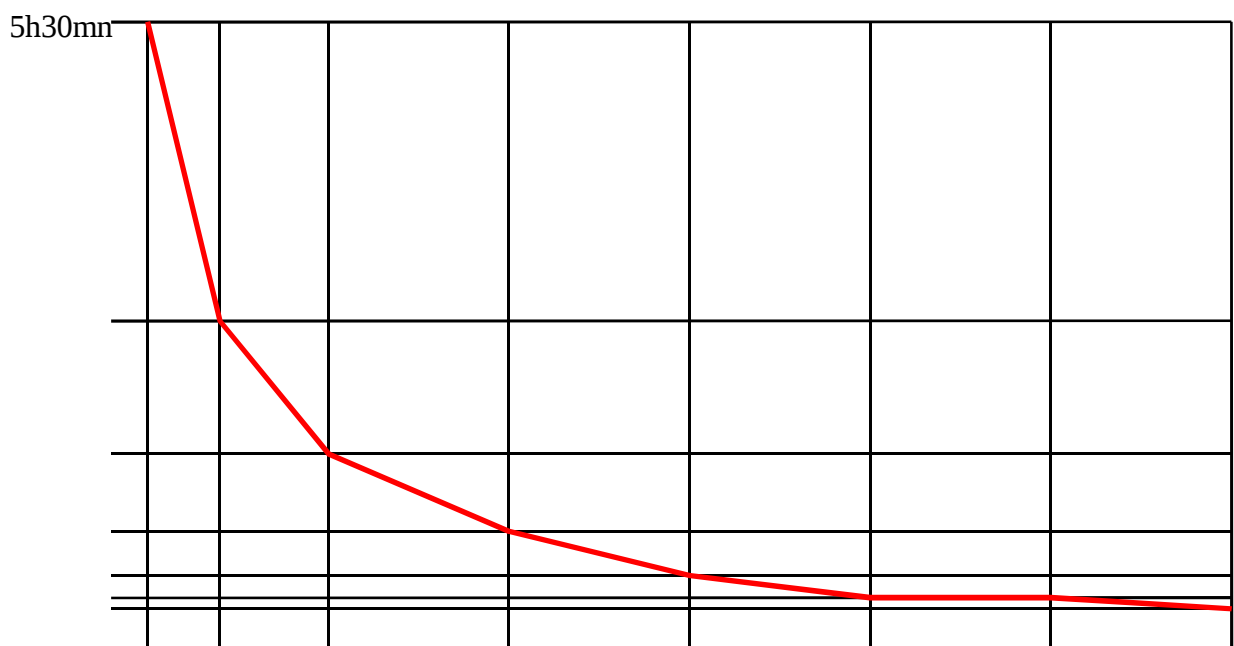
Molle et Rey - Plongée subaquatique - Amphora

Pour l'anecdote, Molle s'est déclaré de niveau BEES 3 (ce fut le premier)

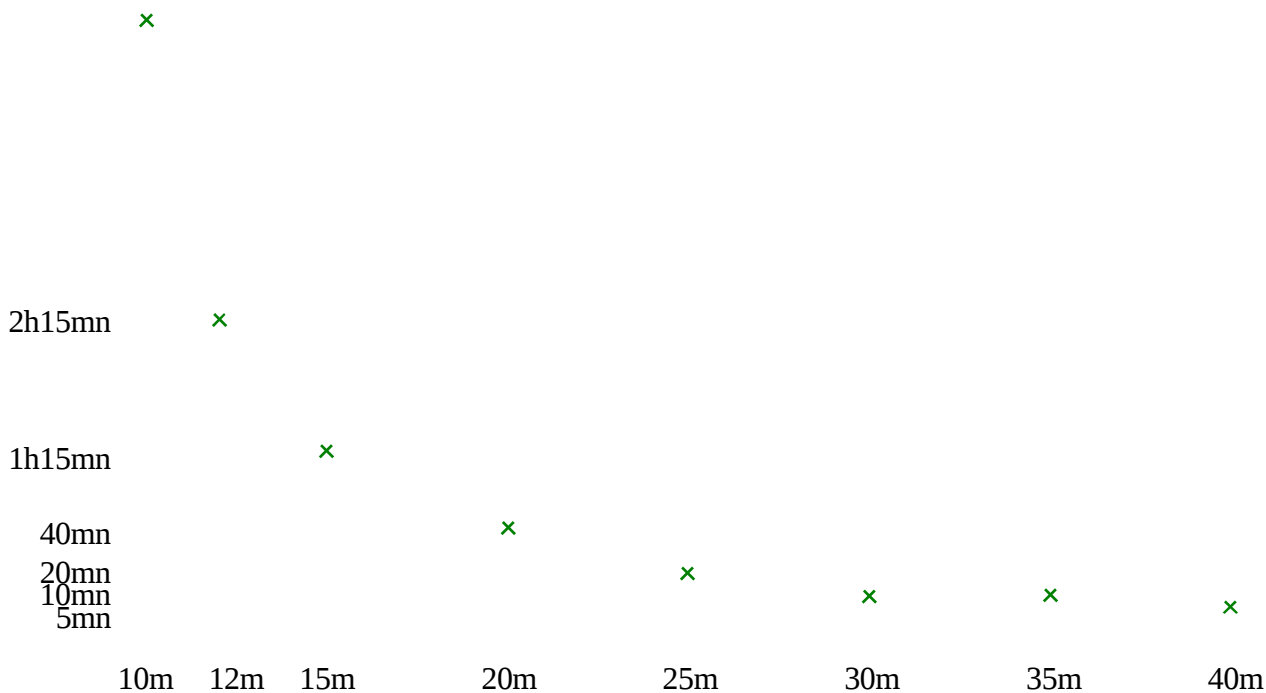
La règle d'or du plongeur

- ⇒ Ne jamais plonger seul, même en apnée
- ⇒ Pas d'apnée après une plongée (accident de décompression)
- ⇒ Eviter de plonger si vous ne vous sentez pas en condition de le faire
- ⇒ Rester au-dessus du chef de palanquée lors de la descente et au-dessous lors de la remontée
- ⇒ Eviter de plonger si vous devez prendre un avion (accident de décompression, un avion est pressurisé à 0,8b)
- ⇒ Ne jamais tenter de redescendre lorsque l'on a effectué ses paliers et que l'on se trouve en surface

La courbe de sécurité



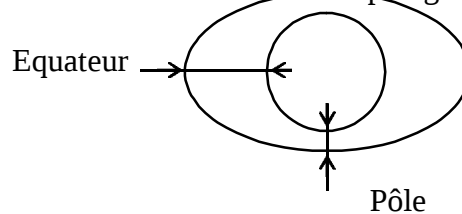
Temps



LES PRESSIONS

Il existe 3 pressions importantes :

- La pression atmosphérique
La pression est différente suivant le lieu de plongée



Pour nous, la pression à 0m est de 1bar

- La pression relative ou hydrostatique
 $P_{rel} = Prof / 10$
Exemple : $Prof = 19m \Rightarrow P_{rel} = 19/10 = 1.9b$

- La pression absolues
 $P_{abs} = P_{atm} + P_{rel}$
Exemple : $Prof = 15.7m \Rightarrow P_{abs} = P_{atm} + P_{rel} = 1 + 15.7/10 = 2.57b$

Exercices

- **Quelles sont les pressions relatives à des profondeurs de 10m, 15m et 110m?**
 $Prof = 10m \Rightarrow P_{rel} = 10/10 = 1b$
 $Prof = 25m \Rightarrow P_{rel} = 25/10 = 2.5b$
 $Prof = 110m \Rightarrow P_{rel} = 110/10 = 11b$
- **Quelles sont les profondeurs pour des pressions relatives de 1.5b, 4b et 0.85b?**
 $P_{rel} = 1.5b \Rightarrow Prof = 10 \times 1.5 = 15m$
 $P_{rel} = 4b \Rightarrow Prof = 40m$
 $P_{rel} = 0.85b \Rightarrow Prof = 8.5m$
- **Quelle est la pression absolue si la pression relative est de 2.6b?**
 $P_{abs} = P_{atm} + P_{rel} = 1 + 2.6 = 3.6b$
- **Quelle est la profondeur si la pression absolue est de 11.1b?**
 $Prof = 10 \times (P_{abs} - P_{atm}) = 10 \times (11.1 - 1) = 101m$

LA LOI DE MARIOTTE

Quand la pression augmente, le volume diminue

$$P_{\text{pression}} \times V_{\text{volume}} = C_{\text{constante}}$$

Exemple : Un ballon contient 1 litre d'air à 3 bars. Il contiendra 3 litres d'air à la pression atmosphérique.

A température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression qu'il subit.

Exercices

- **Un ballon contient 4 litres d'air à la surface. Quel sera son nouveau volume à 10m, à 20m et à 30m de profondeur?**

$$Cste = P \times V = (P_{\text{rel}} + P_{\text{atm}}) \times V \Rightarrow V = Cste / (P_{\text{rel}} + P_{\text{atm}})$$

$$\text{Prof} = 10\text{m} \Rightarrow V = 4 / (1 + 1) = 2\text{l}$$

$$\text{Prof} = 20\text{m} \Rightarrow V = 4 / (2 + 1) = 4/3\text{l}$$

$$\text{Prof} = 30\text{m} \Rightarrow V = 4 / (3 + 1) = 1\text{l}$$

- **Robert consomme 18 litres d'air par minute (à la surface) Combien de temps pourra-t-il rester à une profondeur de 30m avec une bouteille de 10l gonflée à 180b?**

$$\text{Volume d'air disponible} = 10 \times 180 = 1800 \text{ litres d'air}$$

$$\text{Temps à la surface} = 1800 / 18 = 100 \text{ minutes}$$

$$\text{A 30m, la consommation de Robert passe à } 18 \times 4 = 72\text{l/mn}$$

$$\Rightarrow \text{Temps} = 1800 / 72 = 25\text{mn}$$

Autre méthode:

$$Cste = P_0 \times V_0 = 1 \times 1800 = 1800$$

$$Cste = P_{30} \times V_{30} \Rightarrow V_{30} = Cste / P_{30} = 1800 / 4 = 450\text{l}$$

$$\Rightarrow \text{Temps} = 450 / 18 = 25\text{mn}$$

- **Robert consomme 16l/mn à la surface. Combien de temps peut-il rester à 25m de profondeur avec une bouteille de 12l gonflée à 150b avant de passer sa réserve tarée à 50b?**

$$\text{Volume d'air disponible} = 12 \times 150 - 12 \times 50 = 1200\text{l}$$

$$T_0 = 1200 / 16 = 75\text{mn}$$

$$V = Cste / (2.5 + 1) = 1200 / 3.5 = 343\text{l}$$

$$T_{25} = V / 16 = 21.43\text{mn} \Rightarrow 21\text{mn}25\text{s}$$

- **Un ballon a un volume de 3l à la pression relative de 2.5b. Quel est le nouveau volume à la surface et à 40m?**

$$Cste = P_{3.5} \times V_{3.5} = 3.5 \times 3 = 10.5$$

$$\text{Prof} = 0\text{m} \Rightarrow V_1 = Cste / P_0 = 10.5 / 1 = 10.5\text{l}$$

$$\text{Prof} = 40\text{m} \Rightarrow V_5 = Cste / P_5 = 10.5 / 5 = 2.1\text{l}$$

EXERCICES D'APPLICATION

MARIOTTE - ARCHIMEDE

Notations :

P_{ap} : Poids apparent
 $P_{réel}$: Poids réel
 P_{arch} : Poussée d'Archimède

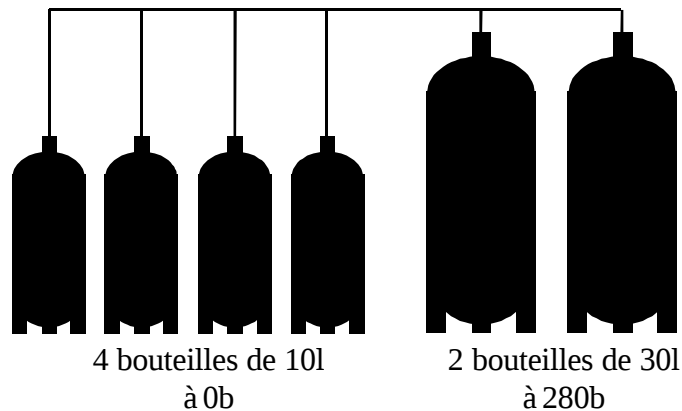
P_{rel} : Pression relative
 P_{atm} : Pression atmosphérique
 P_{abs} : Pression absolue

- **Robert a trouvé une amphore dont le volume est de 17dm³. Elle pèse 19kg.
Que fait l'amphore ?**
 $P_{ap} = P_{réel} - P_{arch} = 19 - 17 = 2 > 0 \Rightarrow$ L'amphore coule
- **Robert a un caisson de caméra de 5dm³ dont le poids est de 3.5kg.
Que fait ce caisson (la densité de l'eau est de 1)?**
 $P_{ap} = P_{réel} - P_{arch} = 3.5 - 5 = -1.5 > 0 \Rightarrow$ Le caisson flotte
Que faut-il faire pour qu'il soit en équilibre?
 On le lest de 1.5kg
- **Robert descend à une profondeur de 40m. Il pèse 80kg et a un volume de 75dm³.
Quelle sera la quantité d'air à mettre dans la bouée (avec un bouteille de 0.5l) pour qu'il soit en équilibre au fond?**
 $P_{ap} = P_{réel} - P_{arch} = 80 - 75 = 5 \Rightarrow$ Il coule
 Il faudra donc gonfler le ballon avec 5l d'air.
- **Quelle est la pression absolue à des profondeurs de 9m, 21m, 36m et 99m?**
 $Prof = 9m \Rightarrow P_{abs} = P_{atm} + Prof/10 = 1 + 9/10 = 1.9b$
 $Prof = 21m \Rightarrow P_{abs} = P_{atm} + Prof/10 = 1 + 21/10 = 3.1b$
 $Prof = 36m \Rightarrow P_{abs} = P_{atm} + Prof/10 = 1 + 36/10 = 4.6b$
 $Prof = 99m \Rightarrow P_{abs} = P_{atm} + Prof/10 = 1 + 99/10 = 10.9b$
- **Quelle sera la variation de pression en pourcentage si Robert remonte de 30m à 10m?**
 $P_{abs30} = 4 \quad P_{abs10} = 2b \Rightarrow 50\%$
Quelle sera la variation de pression en pourcentage si Robert descend de 10m à 30m?
 $P_{abs30} = 4 \quad P_{abs10} = 2b \Rightarrow 200\%$
- **Quelle sont les profondeurs pour des pressions absolues de 8.9b, 6.5b et 1.9b?**
 $P_{abs} = 8.9b \Rightarrow Prof = 79m$
 $P_{abs} = 6.5b \Rightarrow Prof = 55m$
 $P_{abs} = 1.9b \Rightarrow Prof = 9m$

- Robert veut gonfler 4 bouteilles de 10l avec 2 bouteilles tampons de 30l gonflées à 280.
Quelle est la méthode pour avoir au moins 180 bars dans ces 4 bouteilles?

1^{ère} méthode :

Les 6 bouteilles sont reliées ensemble



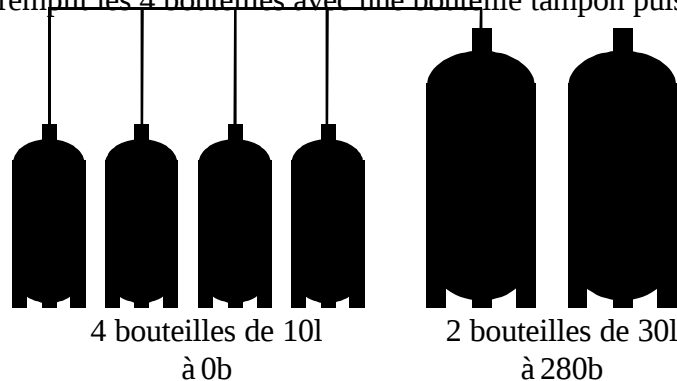
Quantité d'air totale : $Cste = P \times V = (0 \times 4 \times 10) + (280 \times 2 \times 30) = 16800l$

Contenance totale : $V = (4 \times 10) + (2 \times 30) = 100l$

$\Rightarrow P = 16800 / 100 = 168 \text{ bars}$

2^{ème} méthode :

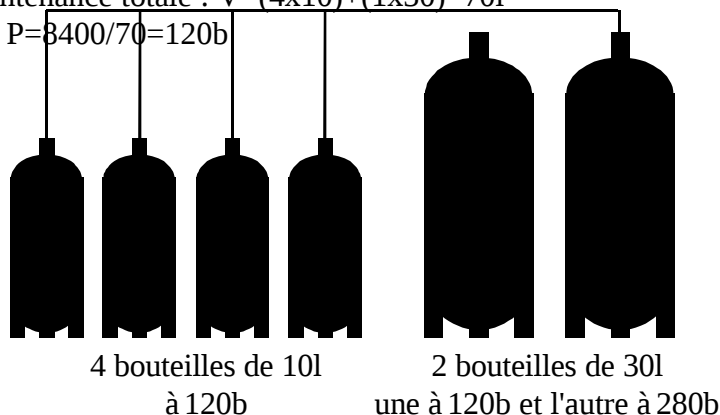
On remplit les 4 bouteilles avec une bouteille tampon puis avec l'autre



Quantité d'air totale : $Cste = P \times V = (0 \times 4 \times 10) + (280 \times 1 \times 30) = 8400l$

Contenance totale : $V = (4 \times 10) + (1 \times 30) = 70l$

$\Rightarrow P = 8400 / 70 = 120b$



Quantité d'air totale : $Cste = P \times V = (120 \times 4 \times 10) + (280 \times 1 \times 30) = 4800 + 8400 = 13200l$

Contenance totale : $V = (4 \times 10) + (1 \times 30) = 70l$

$\Rightarrow P = 13200 / 70 = 188.6b$

On utilisera donc la seconde méthode.

- Robert consomme 20l/mn à 0m. Il descend avec une de ces bouteille à une profondeur de 30m.**
Combien de temps pourra-t-il rester à cette profondeur (on néglige la consommation à la descente) avant de passer sa réserve tarée à 48b?
 Volume d'air disponible = $(10 \times 188) - (10 \times 48) = 1400\text{l}$
 Consommation à 30m : $20 \times 4 = 80\text{l/mn}$ ($P_{\text{abs}} = 4\text{b}$)
 $T_{30} = 1400 / 80 = 17.5\text{mn}$
- Il amène au cours de cette plongée un caisson d'un volume de 10dm^3 et d'un poids de 8000g et un ballon déformable (parachute).**
Que fait ce caisson?
 $P_{\text{ap}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{arch}} = 8 - 10 = -2 < 0 \Rightarrow$ Il remonte
Que faut-il faire pour qu'il soit en équilibre?
 Il faut avoir $P_{\text{ap}} = 0 \Rightarrow$ On ajoute 2kg

DALTON

Composition de l'air :

20.9 % d'oxygène

78.9 % d'azote

0.03 % de gaz carbonique

Autres gazs

On retiendra :

20 % d'O₂

80 % de N₂

On appelle pression partielle d'un gaz (plus loin notée P_p) le produit sa concentration dans le mélange et la pression de ce dernier.

Si on prend un mélange à 30% d'O₂ et 70% de N₂ à 20b :

$$\begin{aligned}\text{Pression partielle d'oxygène : } P_{pO_2} &= 30\% \times 20 \\ &= 0.3 \times 20 \\ &= 6 \text{ bars}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pression partielle d'azote : } P_{pN_2} &= 70\% \times 20 \\ &= 0.7 \times 20 \\ &= 14 \text{ bars}\end{aligned}$$

$$P_{p \text{ gaz}} = \%_{\text{gaz}} \times P_{\text{ression mélange}} \text{ (pression absolue)}$$

Exercices

- **Quelle est la P_{pO_2} et la P_{pN_2} à une profondeur de 35m?**
 $P_{\text{rof}}=35\text{m} \Rightarrow P_{\text{abs}}=4.5\text{b}$
Air : 80% de N₂ + 20% d'O₂
 $P_{pO_2}=4.5 \times 0.2=0.9\text{b}$
 $P_{pN_2}=4.5 \times 0.8=3.6\text{b}$
- **A quelle profondeur la P_{pO_2} est égale à 0.8b?**
 $P_{pO_2}=P_{\text{abs}} \times \%_{O_2} \Rightarrow P_{\text{abs}}=P_{pO_2}/\%_{O_2}$
 $P_{\text{abs}}=0.8/0.2=4\text{b} \Rightarrow P_{\text{rof}}=30\text{m}$
- **Quelle sera la proportion d'O₂ et de N₂ si la P_{pO_2} est de 1.7b à une profondeur de 40m?**
 $P_{pO_2}=P_{\text{abs}} \times \%_{O_2} \Rightarrow \%_{O_2}=P_{pO_2}/P_{\text{abs}}$
 $\%_{O_2}=1.7/5=0.34 \Rightarrow \text{Mélange à 34\% d'O}_2$

LES ACCIDENTS DIVERS

La noyade

- Intrusion d'eau -> poumons => plus d'air
Syncope, arrêt respiratoire et perte de connaissance
- Plus d'échange gazeux
- Syncope -> mort

Traitement

- Donner de l'O₂
- Médecin

Lésions

- En eau de mer, du sang arrive dans les poumons
- En eau douce, l'eau passe dans le sang

L'essoufflement

- Mauvaise gestion des mouvements (mauvais palmage, ...)
-> Les efforts
- Mauvaise ventilation
-> baisse de l'O₂ et augmentation du CO₂

Traitement

- Arrêter les efforts

=> Fin de plongée

Le froid

- Augmentation du rythme respiratoire
-> Essoufflement

=> Fin de plongée

Le milieu

- Epaves, rochers, corail
- Oursins
- Requins
- La murène
- Le congre
- La rascasse
- La vive
- La méduse (filaments invisibles de 5m très urticants)
- les filets

=> Regarder, ne pas toucher

L'apnée

L'oxygène est brûlé et se transforme en CO₂

- suffocation
- noyade -> immersion des voies respiratoires
- syncope
- mort

⇒ Ne pas faire d'hyperventilation

LES TABLES

Rappels et règles de sécurité

- Palanquée : 3 personnes
- Equipe : 2 personnes
- Courbe de sécurité : plongée sans paliers avec un temps obligatoire et à une profondeur déterminée à ne pas dépasser
- Palier de principe : palier de 3mn à 3m lorsque l'on est dans la courbe de sécurité
- Palier de sécurité : palier obligatoire, voir tables
- Accident de décompression : bulles d'azote dans le sang (l'azote est difficile à éliminer)
- Vitesse de remontée : 15 à 17m/mn
- Si l'on se perd dans sa palanquée :
 - on cherche les bulles
 - on remonte un peu
 - si on ne la trouve pas, on remonte (ne pas partir avec une autre palanquée)
- Niveau 2 :

Prérogatives :

 - autonome dans la zone des 20 m -> Espace médian
(sur autorisation du directeur de plongée ou du président du club)
 - encadré dans la zone des 40m -> Espace lointain
(niveau 4 minimum)

Autonomie : capable d'assurer sa sécurité

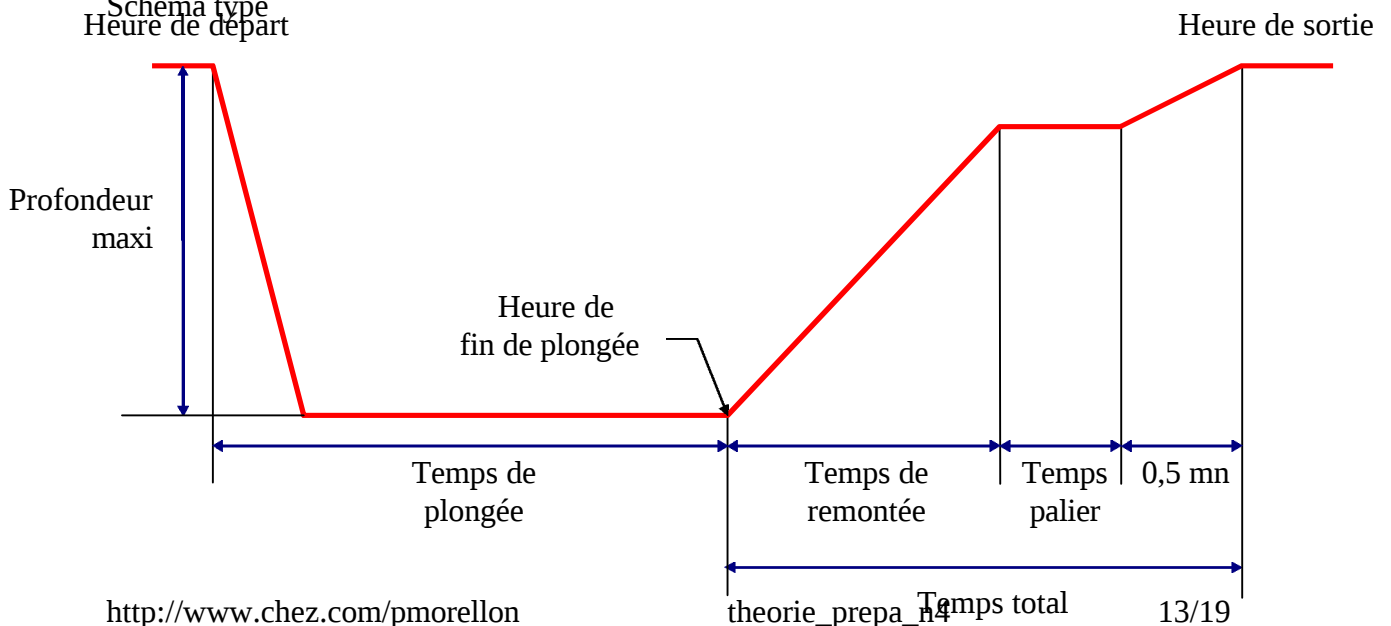
Tables :

 - contrôle la désaturation
 - vitesse de sécurité, respect et durée des paliers pour éviter l'accident de décompression

Calcul d'un temps de plongée (avec la table MN90)

GPS : Groupe de Plongées Successives

Schéma type
Heure de départ



Temps de remontée = (profondeur maxi - profondeur palier)/vitesse de remontée

Temps total = Temps de remontée + Temps de palier + 0.5mn

0.5mn étant un temps qui fixe la vitesse de remontée des 3m de profondeur à la surface

Exercices

En examen, le schéma type doit être recopié à chaque exercice.

En théorie, on ne compte pas le palier de principe

- **Départ 9h00 pour une profondeur de 18m. Signe de fin de plongée par le chef de palanquée 50mn après l'immersion.**
Donner l'heure de sortie, le palier, le GPS
Palier : 50mn à 18m de profondeur => Pas de palier
Temps de remontée et Temps total : $18/15=1.2\text{mn}$
Heure de sortie : 9h52mn
GPS : H
- **Départ 10h00 pour une profondeur de 22m. Signe de fin de plongée par le chef de palanquée 35mn après l'immersion.**
Donner l'heure de sortie, le palier, le GPS
Palier : 35mn à 22m de profondeur => Pas de palier
Temps de remontée et Temps total : $22/15=1.5\text{mn}$
Heure de sortie : 10h37mn
GPS : H
- **Départ 9h30 pour une profondeur de 32m. Signe de fin de plongée par le chef de palanquée 35mn après l'immersion.**
Donner l'heure de sortie, le palier, le GPS
Palier : 35mn à 32m de profondeur => palier de 22mn à 3m de profondeur
Temps de remontée : $(32-3)/15=29/15=1.93\text{mn}$
Temps total : $1.93+22+0.5=24.5\text{mn}$
Heure de sortie : 10h30mn
GPS : K

Si la profondeur ou le temps de plongée n'existent pas dans les tables, prendre le cas le plus défavorable c'est à dire la profondeur supérieure (prendre 35m pour 33m) et le temps supérieur (prendre 1h00 pour 57mn)

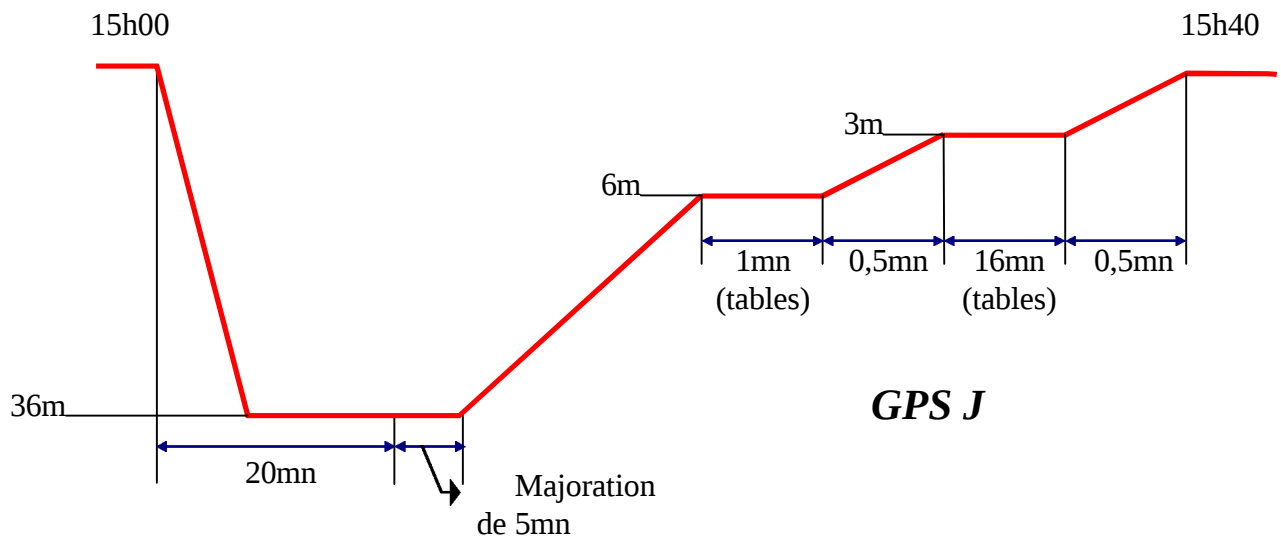
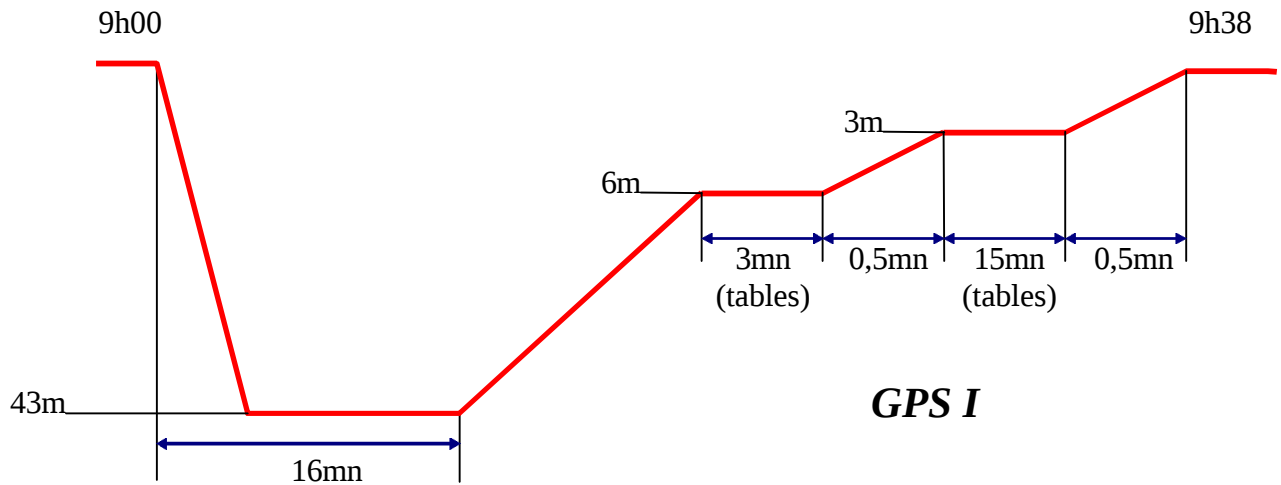
Les plongées consécutives

Une plongée est appelée **consécutives**, si l'intervalle surface entre 2 plongées est inférieur à 15 minutes.

Le calcul du palier de la 2^{ème} plongée sera effectué avec le temps des 2 plongées et la plus grande des profondeurs des 2 plongées

Les plongées successives

On prend en exemple une première plongée de 16mn à une profondeur de 43m. La seconde plongée dure 20mn à une profondeur de 36m.



Il faut systématiquement rechercher la sécurité, donc le temps inférieur. On prend ici un intervalle de 5 heures.

Lorsque l'on redescend à 36m, on prend toujours la sécurité soit 38m et le coefficient supérieur soit 0,89

La majoration sera donc de 5 minutes. Elle ne compte pas dans le temps réel de la plongée.

LE MATERIEL

3 parties :

- La robinetterie
- Le bloc en aluminium ou en acier
- Le sanglage : sac à dos, back-pack ou gilet

Le bloc : comprimé à 200b

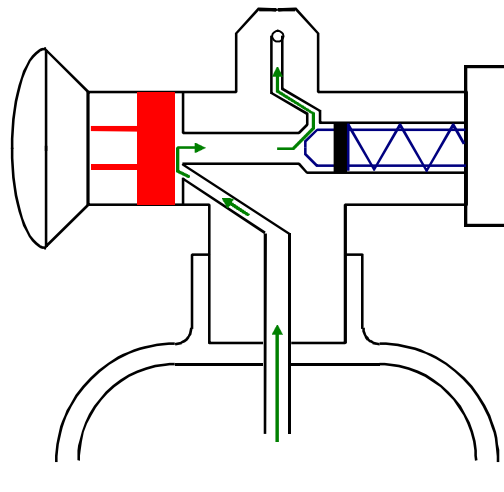
Inscriptions :

- Constructeur
- n° du bloc
- Lieu et année de fabrication
- Volume intérieur
- Poids à vide
- Pression d'utilisation
- Mélange
- Pression d'épreuve (PE) -> 300b
- Poinçon des mines (tête de cheval)

Réépreuve :

- Tous les 2 ans pour un particulier
- Tous les 5 ans pour un club (bloc noté sur un registre) + inspection visuelle tous les ans (par un TIV, technicien d'inspection visuelle)

La robinetterie :



Le détendeur :

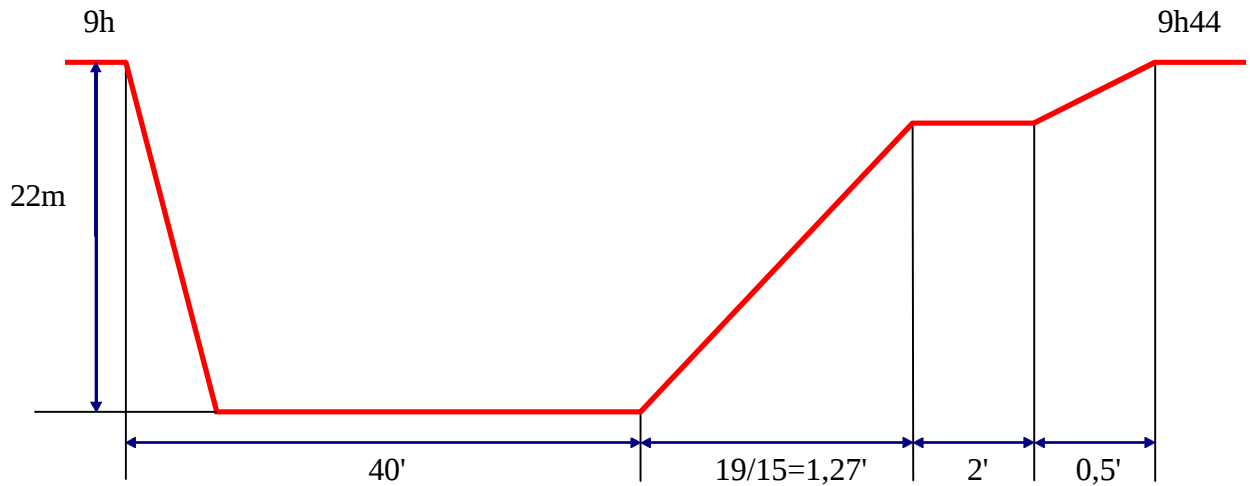
- 1er étage : au niveau du bloc
- 2ème étage : en bouche
- HP = Haute pression (pour manomètre)

Correction de l'examen blanc

- 1) 3b - 1,9b - 11,9b
- 2) 2,9b
- 3) A la surface : $Cste = PV = 1 \times 12 = 12$
à 20m : $P=3 \Rightarrow V=12/3=4l$
à 30m : $P=4 \Rightarrow V=12/4=3l$
- 4) A la surface, Bob consomme 20l d'air par minute $\Rightarrow$ à 20m, il consommera (3b) 60l d'air par minute (20x3)
Volume d'air disponible : $10 \times 180 = 1800l$
 $\Rightarrow$ Bob pourra rester à 20m : $1800/60 = 30mn$
- 5) Poussée d'Archimède = 6kg ($6dm^3 \sim 6l \sim 6kg$)
 $P_{ap} = P_{réel} - P_{arch}$
 $= 5,5 - 6$
 $= -0,5 < 0 \Rightarrow$ Le caisson flotte
Bob devra donc le lester d'un poids de 0,5kg
- 6) L'air est composé de :
20,9% d'oxygène (O_2)
78,9% d'azote (N_2)
0,03% de gaz carbonique (CO_2)
L'oxygène est l'origine des accidents d'hyperoxie et d'anoxie
L'azote est l'origine de la narcose
Le gaz carbonique est l'origine de l'essoufflement
- 7) A 30m ($P=4b$) $P_{pN_2} = 4 \times 0,8 = 3,2b$
à 25m ($P=3,5b$) $P_{pO_2} = 3,5 \times 0,2 = 0,7b$
- 8) $P_{pN_2} = 3,6b \Rightarrow P_{abs} = P_{pN_2}/0,8 = 3,6/0,8 = 4,5b \Rightarrow$ Prof=35m
- 9) Quantité d'air dissout > quantité d'air d'équilibre
- 10) la distance est de $3 \times 4/3 = 4m$
- 11) Vitesse de propagation du son dans l'air : 300m/s
Vitesse de propagation du son dans l'eau : 1500m/s
 $\Rightarrow$ Temps = $4500/1500 = 3s$
- 12) C'est le volume inspiré et expiré lors de chaque cycle respiratoire
- 13) de l'oxygène
- 14) Faux
- 15) Faux
- 16) Plaquage de masque
Oreilles
Sinus
- 17) Si lors d'une remontée le plongeur bloque sa respiration, le volume d'air dans ses poumons se détend
- 18) 1,7b
- 19) Ivresse des profondeurs, on ne sait plus où est le haut et où est le bas
- 20) C'est la différence de température
exemple : exposition au soleil avant de plonger
- 21) 1mn $\rightarrow$ 95%
3mn $\rightarrow$ 80%
4mn $\rightarrow$ 70%
5mn $\rightarrow$ 50%
- 22) Dangers naturels : froid - courant - "animaux" - grottes
Dangers artificiels : épaves - bateaux - filets

23) 12m -> 2h15
20m -> 40mn
30m -> 10mn

24)

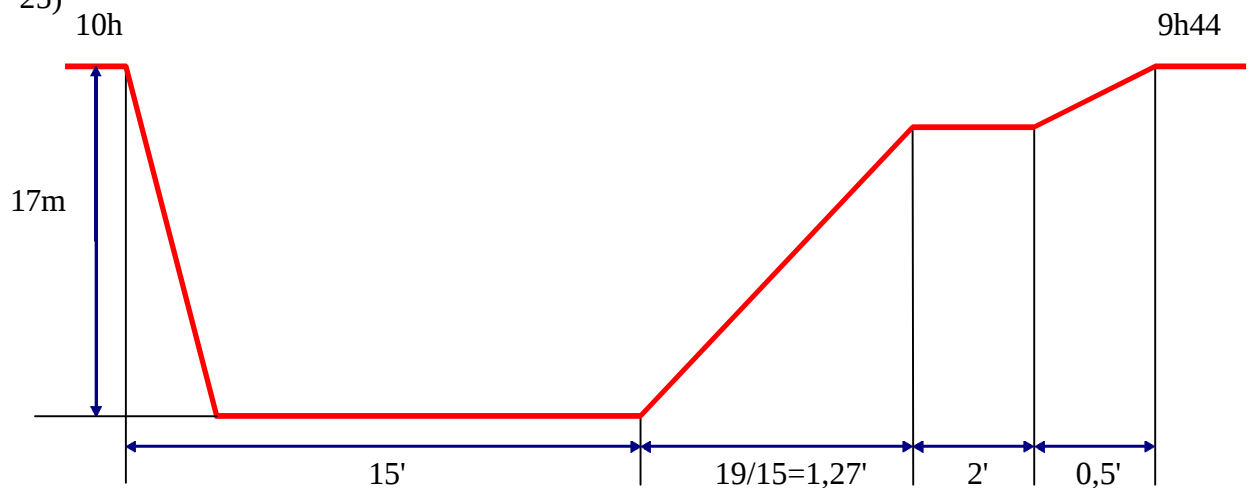


$$\begin{aligned} HS &= 9h + 40' + 1,27' + 2' + 0,5' \\ &= 9h43'57'' \end{aligned}$$

$$HS \approx 9h44'$$

GPS I

25)



GPS I et Intervalle 16mn => coeff 1,17 (valeur choisie : 15 mn, cas le plus défavorable)
majoration de 26' (valeurs choisies : 1,20 et 18m)

$$\begin{aligned} HS &= 10h + 15 + (17-3)/15 + \text{palier}(71'(15+56) \text{ à } 17m) + 0,5' \\ &= 10h + 15 + 0,9' + 14' + 0,5' \end{aligned}$$

$$HS \approx 10h31'$$

GPS K