

Une revue des examens MF2

La Physique SIMPLIFIÉE

Stage Initial MF2, Lyon janvier 2016

Sotiris Vlachos IR RABA n.60

A savoir pour tout examen :

- ⊙ Equilibrage des bouteilles
 - AIR
 - Mélanges
 - Remplissage, Compresseur, etc
- ⊙ La décompression
 - Période, gradient
 - Haldane
 - Modèles récents
- ⊙ Optique
- ⊙ Acoustique
- ⊙ Relevage
- ⊙ Van-der-Waals

La quantité de gaz

- ⦿ $PV = nRT$, n = le nombre de molécules!
- ⦿ $\Rightarrow PV \sim$ quantité de gaz !
- ⦿ On peut donc définir une nouvelle unité pour cette quantité: Le litre*bar

$$PV = nRT$$

- ⦿ La quantité du gaz

- ⦿ P_{abs} et/ou P_{rel} (lu au manomètre)

La conservation de la masse

- ⦿ On ne peut ni produire ni détruire de la masse (des molécules)
- ⦿ La quantité de gaz reste alors invariable (même si on change la pression, la température ou le volume !)
- ⦿ Les quantités de gaz peuvent alors être additionnées ou soustraites

12lt a 4b ont 48lt.b de gaz !

- ⦿ Une bouteille de 12 lt a 4bar de pression contient l'équivalent de 48lt.bar de gaz
- ⦿ (C'est le calcul habituel quand « on ramène le contenu d'une bouteille à la pression de 1 bar »)
- ⦿ Tous les problèmes sont faciles si on travaille avec les quantités de gaz.....

La température

- ⦿ En physique il y a seulement une unité de température:
- ⦿ Le degré Kelvin !!!!
- ⦿ $X \text{ Celsius} + 273 = Y \text{ Kelvin}$

La pression absolue (P_{abs}) et celle lue au manomètre (P_{rel})

- ⦿ $P_{abs} = P_{rel} + 1$ ($1 = P_{atm}$ à l'étalonnage)
- ⦿ Tout calcul DOIT se faire avec la P_{abs}
- ⦿ EXEPTION : pour les exercices d'équilibrage, on peut s'en servir de la P_{rel}

$$P_{abs1} * V1 + P_{abs2} * V2 = P_{abs3} * V3$$

$$(P_{rel1} + 1) * V1 + (P_{rel2} + 1) * V2 = (P_{rel3} + 1) * V3$$

$$V1 + V2 = V3$$

$$\Rightarrow P_{rel1} * V1 + P_{rel2} * V2 = P_{rel3} * V3$$

Le gonflage aux compresseurs

Le débit d'un compresseur est le volume d'air qu'il inspire

- A la pression atmosphérique

Il suffit de faire les calculs avec la
QUANTITE (!) Volume x Pression atm.

- a) Bouteilles tampons
 Notre station de gonflage située au niveau de la mer est composée de 10 bouteilles tampons de 50 litres à 220 bars, montées en série. On veut gonfler simultanément, à 180 bars, six blocs de 12 litres chacun. Au départ, deux blocs sont vides, deux autres sont encore gonflés à 30 bars, les deux derniers affichent au manomètre 84 bars. Quelle sera la pression finale dans les tampons ?
- b) Pour gonfler les bouteilles tampons, et éventuellement les blocs en direct, on utilise un compresseur de 12 m³ / h théorique ; Expliquez comment se définit cette notion de débit théorique.
- c) Il comporte 4 étages. On admettra par facilité que le taux de compression de 4 est identique pour chacun d'eux, La vitesse de rotation de celui-ci est de 1 300 tours / min
- 1) Que signifie : un taux de compression égal à 4 ?
 2) Quelle est la pression finale théorique que peut vous délivrer votre compresseur ? 3) Quelle est la cylindrée (volume) du premier étage ?
- d) Comprimer de l'air de qualité dite « respirable » (norme EN.) à de hautes pressions, rend nécessaire un certain nombre de dispositifs de filtration : quels sont-ils et donnez le rôle de chacun d'eux ?
- e) Au niveau de la mer, ce compresseur est utilisé pour gonfler un bloc de 15 litres "vide" jusqu' à 230 bars. Calculez le temps de ce gonflage.
- Une station de gonflage identique se trouve à 2 000 mètres d'altitude. Comment le gonflage de ce même bloc sera-t-il modifié ?

- ⊙ c) Définitions :
 - 1) Définition du taux de compression
- ⊙ Le taux de compression pour un piston, est, en théorie, le rapport entre le volume maximum et minimum qui se trouve au-dessus du piston pendant son mouvement alternatif.
- ⊙ Pour le compresseur c'est le facteur multiplicateur que l'on incrémente, à chaque cycle, pour
- ⊙ chaque étage de ce compresseur. 2) Pression finale théorique
- ⊙ Compresseur à 4 étages soit $4 \times 4 \times 4 \times 4 = 256$ bars 3)
- ⊙ Cylindrée du premier étage du compresseur
- ⊙ Débit d'air par minute : $12\ 000 / 60 = 200$ litres
 Volume d'air aspiré à chaque cycle dans premier étage = $200 / 1\ 300 = 0.15$ litre soit $150\ \text{cm}^3 =$ cylindrée du premier étage

- ⊙ e) Calculs des différents débits
 - Au niveau de la mer
Volume en air de la bouteille : $15 \times 230 = 3450$ litres
Temps de gonflage : $60 \times 3450 / 12\ 000 = 17.25$
minutes soit 17 minutes et 15 secondes
 - ⊙ - En altitude
Pression atmosphérique = 0.8 bar
Débit horaire : $12\ 000\ L \times 0.8 = 9600$ litres
Si bloc complètement vide et à la pression atmosphérique du lieu.
 - ⊙ Temps de remplissage du bloc 15 litres : Vide, le bloc contient 15 litres à 0.8 bar soit 12 litres d'air à 1 bar. On néglige la différence de volume à la pression normobare.
Temps de gonflage : $60 \times 3450 / 9\ 600 = 21,56$
minutes soit 21 minutes et 34 secondes
En altitude, il faut plus de 4 minutes supplémentaires pour gonfler la même bouteille (volume et pression) qu'à l'altitude « niveau de la mer »

- **b) Débit théorique**

Le débit théorique d'un compresseur à piston est mesuré à l'aspiration, à la pression atmosphérique de 1b. Il est déterminé par la cylindrée du premier étage (le volume de son premier étage) et la vitesse de rotation. A la pression atm de 1 b, le débit d'aspiration est donc égal au débit de sortie. Débit d'aspiration = Volume du 1er étage x Vitesse de rotation.

En altitude ($P_{atm} < 1b$), il convient de considérer le débit à la sortie du compresseur à la place du débit théorique. Il faut donc introduire le facteur correctif habituel : $P_{atm\ alt} / P_{atm\ mer}$

Le débit à la sortie du compresseur est donc : Débit = $V_{1er\ étage} \times Vitesse \times P_{atm\ alt} / P_{atm\ mer}$

Le débit en air comprimé du compresseur diminue. Pour un même bloc avec une même pression finale au niveau de la mer et en montagne, le temps de gonflage sera plus long en altitude qu'au bord de la mer, dans le rapport $P_{atm\ alt} / P_{atm\ mer}$.

Fabrication des mélanges

- ⦿ Membrane, stick etc
- ⦿ Lyre, B50 (O₂), tampons et compresseur

NB : Equilibre

- ⦿ A : Equilibre des pressions
- ⦿ B : Equilibre des gaz
- ⦿ 15lt 40/60 @ 50b + B50 O2 @ 200b
- ⦿ A : ... 81% O2
- ⦿ B : ... 95% O2
- ⦿ (interet de la soupape anti-retour!)

Nitrox par Pp

- ⦿ On calcul d'abord l'apport en N₂ par le dernier etape du gonflage (ex compresseur)
- ⦿ En suite on trouve le besoins en O₂...

Exemple

- ⦿ Vous devez gonfler 4 blocs de 12L à 200 bars avec un mélange Nitrox 40/60.
- ⦿ Pour cela vous disposez de : 1 compresseur d'air
1 bouteille B50 d'O₂ gonflée à 150 bars
- ⦿ 2 blocs de 12 L gonflés à 40 bars au Nitrox 32/68
- ⦿ 2 blocs de 12 L gonflés à 35 bars au Nitrox 39/61 (On prendra la composition de l'air 20% O₂ 80% N₂)

- ◎ *Equilibrer les 4 blocs sur la rampe de gonflage*
 - *Volume d'O2 dans les 4 bouteilles*
 $(12 \times 0,32 \times 40 \times 2) + (12 \times 0,39 \times 35 \times 2) = 634,8L$ à 1 bar
 - *Volume d'N2 dans les 4 bouteilles*
 $(12 \times 0,68 \times 40 \times 2) + (12 \times 0,61 \times 35 \times 2) = 1165,2L$ à 1 bar
 - *On veut 4x12x0,4x200=3840 L d'oxygène à 1 bar*
 - *On veut 4x12x0.6x200=5760 L d'azote à 1 bar*
- ◎ *Il manque donc $5760 - 1165,2 = 4594,8L$ d'azote rajoute à 1 bar grâce au compresseur*
- ◎ *Le compresseur devra injecter $4594,8 / 0,8 = 5743,5L$ d'air à 1bar dans les 4 bouteilles. Dont $5743,5 \times 0,2 = 1148,7L$ d'oxygène à 1 bar*
- ◎ *Il faudra donc admettre au B50 $3840 - (634,8 + 1148,7) = 2056,5L$ d'O2 à 1bar Il restera une pression dans la B50 $((50 \times 150) - 2056,5) / 50 = 108,87$ bars*
- ◎ *La pression dans les 12L étant de $(2056,5 + (2 \times 12 \times 40) + (2 \times 35 \times 12)) / 48 = 80,34$ bars Le reste du gonflage se faisant au compresseur*

Archimede

- Suite à un entraînement organisé en lac (densité de l'eau = 1), vous êtes chargé de relever l'ancre du bateau posée sur un fond de 40 mètres. Elle a un volume de 10 dm³ pour une densité de 3,5.
- a) Combien de litres d'air pouvez-vous mettre dans le parachute de levage en sachant que vous n'utiliserez pas plus de 5 bars de votre bi 2×10 litres ? (2 pts)
- b) L'ancre peut-elle remonter ? (1 pt)
- c) Vous avez l'idée d'utiliser un bout entre l'ancre et le parachute de levage. Quelle doit être sa longueur pour que l'ancre remonte ? (2 pts)
- (20-no-10)

Optique et acoustique

- Citez et définissez les modifications des rayons lumineux pénétrant dans l'eau. Donnez un exemple pratique en rapport avec chaque phénomène défini.
- En plongée, pour voir nettement, le port du masque est obligatoire, pourquoi ?
- Dans quelle mesure notre appréciation sous-marine des tailles et des distances va-t-elle être modifiée ?
- En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine des sons. Pourquoi ?

- **Citez et définissez les modifications des rayons lumineux pénétrant dans l'eau. Donnez un exemple pratique en rapport avec chaque phénomène défini.**
- *Les rayons lumineux pénétrant un liquide (milieu d'indice différent) subissent des phénomènes physiques.*
- ➤ **-Réflexion** : les rayons lumineux sont réfléchis sur la surface de l'eau selon l'angle d'incidence.
- *En plongée : Pour profiter au maximum de la lumière du jour, il faut plonger quand le soleil est au zénith, pas de réflexion: les rayons pénétreront dans l'eau perpendiculairement à la surface. Ex : Réflexion moindre si surface sans clapot.*
- ➤ **-Réfraction** : en rentrant dans l'eau, la partie du rayon lumineux qui n'est pas réfléchi va changer d'angle de direction (variable selon de l'indice de réfraction). La luminosité sera moins importante
- *Ex : On retrouve ce phénomène avec le port du masque. Voir « Vision sous-marine »*
- ➤ **-Absorption** : atténuation par le milieu aquatique des rayonnements en fonction de leur longueur d'onde et de la profondeur. Transformés en chaleur
- *En plongée : L'intensité lumineuse diminue avec la profondeur ; de jour, les couleurs disparaissent plus ou moins rapidement. Besoin d'apport de lumière artificielle pour restituer les bonnes couleurs en immersion.*
- ➤ **-Diffusion** : Phénomène d'atténuation des rayons lumineux par réflexions et réfractions successives dans le milieu aquatique.
- *En plongée: Phénomène lié aux particules en suspension sur lesquels les rayons lumineux vont se réfléchir et être absorbés en se réfractant.*

- ① **En plongée, pour voir nettement, le port du masque est obligatoire, pourquoi ?**

En vision aérienne, l'œil (le cristallin) accommode en faisant converger les rayons lumineux sur la rétine (fond de l'œil) : l'image est nette. Dans l'eau, sans masque, le cristallin est inopérant et l'image se forme en arrière de la rétine → l'image est floue. Pour retrouver une image nette, il faut intercaler une couche d'air (vision aérienne) → rôle du masque.

- ① **Dans quelle mesure notre appréciation sous-marine des tailles et des distances va-t-elle être modifiée ?**

- ① *Les rayons lumineux qui passent de l'eau à l'air vont être déviés par réfraction divergente. L'angle sous lequel nous voyons les objets est donc plus grand → nous voyons les objets plus gros (facteur $4/3$) et plus proches (facteur*

Acoustique

- ⦿ **En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine de ces sons. Pourquoi ?**
- ⦿ *Sur terre, la vitesse de propagation du son est de ~ 330 mètres/seconde. A cette vitesse, grâce au système auditif humain et par l'écartement des 2 oreilles, il nous est permis d'entendre mais aussi de localiser, dans l'espace, la direction de la source sonore. En effet, une des deux oreilles est stimulée avant l'autre*
- ⦿ *Sous l'eau, la vitesse de propagation du son, est près de 5 fois plus rapide que dans l'air (~ 1500 mètres / seconde) \rightarrow délai de perception raccourci de 5 fois. Mais le son se déplace trop vite, l'espace entre les 2 oreilles n'est pas assez important et la boîte crânienne joue le rôle de caisse de résonance qui amplifie la réception \rightarrow d'où détermination de l'origine de la source sonore impossible.*

La décompression à la Haldane

⊙ Compartiment

- Période
- S_c

⊙ Tension

- En équilibre
- Evolution dans le temps

⊙ Coeff de S_{sat} et S_c

Lois d'Henry

« A température donnée,
la CONCENTRATION de gaz dissouts à
saturation dans un liquide est
proportionnelle à la pression du gaz au-
dessus de ce liquide »

$$C = Q/V = a * P$$

La tension d'un gaz

- ⊙ C/a = Tension d'un gaz dans un liquide
- ⊙ définition conventionnelle, pour pouvoir dire:
En équilibre $T = P$
- ⊙ La tension en soi n'est pas observable....
(mais seulement la concentration des molécules du gaz dans le liquide)

Coefficient de saturation et formation des bulles

⊙ $C_s = T_p(N_2)/P_p(N_2)$

- $C_s < 1 \Rightarrow$ sous-saturation
- $C_s = 1 \Rightarrow$ saturation
- $C_s > 1 \Rightarrow$ sursaturation

⊙ Formation des bulles: sursaturation critique si $T_p(N_2)/P_{abs} > S_c$ d'un compartiment....

La décompression selon Haldane

⦿ Compromis entre

- Diminution au max de la $P_p(N_2)$ pour accélérer la désaturation $T_f = T_0 + (T_f - T_0)(1 - 0.5^{t/T})$
- Diminution au min de la P_{abs} pour ne pas favoriser la formation des bulles.

Le calcul de décompression MN90

- MN90
- 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120
- $(T_n = T_{n-1} * \text{sqrt}(2))$
- Périodes et courbe « hors accidents » => Sc
- (pour chaque comp. Calculer la PpN2 pour chaque point sur la curve; Sc=max(Pp))... voir tableau...

Les compartiments « courts » ont un Sc plus élevé, les gaz sont moins solubles dans celles-ci (donc ils se saturent vite avec peu de molécules de gaz)

VPM - RGBM

- VPM : modèle de perméabilité variable

Une bulle devient plus perméable quand on baisse la pression ambiante et moins perméable quand on l'augmente.

(Le «surfactant» (feuille monomoléculaire au tour) se détruit !)

Pression dans la bulle + Pression du «surfactant» =

Pression ambiante + A/r (tension de surface, «Laplace»)

(bulle, rayon r)

VPM

Diminution du P_{abs}

⦿ On « détruit » le « surfactant » :

Forces pour comprimer : $P_{abs} + A/r$

Forces pour élargir la bulle : P_b (à l'intérieur de la bulle)

(au début, en équilibre $P_b = P_{abs}$)

Si on diminue la P_{abs} moins que A/r la bulle s'écrase

...Plus que A/r : la bulle grossit!

Les petites bulles ont besoin d'une grande diminution de la pression pour grandir, les grandes une petite !

VPM

- ⦿ Bulles = microbulles – bulle nuclei – les endroits où les vraies bulles vont se former
- ⦿ Distribution des bulles : Exponentiel (plus des petites bulles que des grandes)
- ⦿ A chaque palier (changement du Pabs) un nombre des bulles sont formées -> un volume V de gaz libéré
- ⦿ V max à libérer en total avant de créer des problèmes
- ⦿ Itérations pour définir un profil de remontée qui ne libère pas plus que V_{max} en total

VPM -RGBM

- ⊙ Plusieurs compartiments
- ⊙ Élasticité des bulles
- ⊙ Effets mémoire (les microbulles pas fois ne s'écrasent pas complètement, ils réapparaissent plus tard ...)
- ⊙ Effets de la $P_p\text{CO}_2$, $P_p\text{H}_2\text{O}$
- ⊙ ...

Exercices MF2 2009 (1)

Pour la préparation de votre plongée, vous désirez gonfler deux bi-bouteilles vides, pression 0 bar, de volume 2×10 litres chacun.

Le mélange à obtenir sera un NITROX à 32% d'oxygène, pression 200 bars.
(Les pressions sont lues au manomètre).

Quelle devra être la pression minimale de votre B 50 d'oxygène (La B 50 a un volume de 50 litres)?

- ⊙ On doit gonfler 40 l à 200 bar soit 8000 litres d'air
- ⊙ On veut 32% d'O₂ soit 2560 l d'O₂ nécessaires
- ⊙ Donc le reste, c'est de l'azote soit $8000 - 2560 = 5440$ l de N₂
- ⊙ Pour apporter 5440 l de N₂, il me faudra $5440/0,8 = 6800$ l d'air
- ⊙ Dans ces 6800 l d'air, j'ai $6800 \times 20\% = 1360$ litres d'O₂
- ⊙ C'est à dire que l'air que je mettrai dans mes blocs m'apportera 1360 l d'O₂
- ⊙ Comme je dois mettre 2560 l d'O₂ pour avoir un mélange à 32%, je devrai prendre dans mon B 50 : $2560 - 1360 = 1200$ l d'O₂
- ⊙ Ce qui donne $1200 / 40 = 30$ bars de pression d'équilibre
- ⊙ Donc pression nécessaire dans B 50 :
- ⊙ $(P_2 \times V_2) = P_{\text{équi}} \times (V_1 + V_2)$
- ⊙ soit $P_2 \times 50 = 30 \times (40 + 50)$
- ⊙ soit $P_2 = 30 \times (40+50) / 50 = 54$ bars

Exercices MF2 2009 (2)

On dispose d'un bloc de 12 litres Nitrox (32/68) de 240 bars dans lequel la pression, après une plongée, n'est plus que de 20 bars. On utilise un tampon Nitrox composé d'un mélange de 40/60 de 50 litres gonflé à 250 bars. On charge le bloc de 12 litres sur le tampon jusqu'à l'équilibre des pressions et on referme les communications.

- 1 - Quelle est la composition finale du mélange et la pression dans le bloc de 12 litres.
- 2— A quelle profondeur pouvez-vous plonger avec ce nouveau mélange ?

Exercices MF2 2009 (3)

- La plongée estivale du matin fait utiliser habituellement 11 blocs de 12 L à 200 b dans lesquels il reste en moyenne 30 b et 7 blocs de 15 L dans lesquels il reste 70 b.
- Le local de gonflage, sera équipé de 6 tampons de 50 L à 250 b utilisés en une seule série.
- On disposera d'une rampe de gonflage avec laquelle on gonflera les blocs par série de 6.
- l'utilisation obligatoire du compresseur pour monter les bouteilles à 200 b soit limitée à 30 minutes.
- Quel est le débit minimum du compresseur qui doit être acheté pour répondre au cahier des charges. Vous argumenterez votre choix par le calcul et vous arrondirez votre résultat à une valeur qui vous paraîtra pertinente compte tenu des types de compresseurs qui existent sur le marché.
- Combien de temps le compresseur devra-t-il tourner pour remettre les tampons à leur valeur initiale pour préparer la plongée de l'après-midi.

- Gonflage de la 1ere serie de 6 blocs de 15 litres à 70b sur les 6 tampons de 50l à 250b, pression finale blocs 200 :
- $6*15*130 = 11700 / 6*50 = 39$ b Il reste donc $250-39 = 211$ b dans les tampons
-
- Gonflage de la seconde série de 1 bloc de 15l à 70 b et de 5 blocs de 12l à 30 b sur les tampons, équilibre final
- $1*15*70 + 5*12*30 + 6*50*211 = (15+5*12+6*50)P$, donc $P = 66150/375 = 176.4$ b
-
- Gonflage de la troisième série de 6 blocs de 12l à 30 b sur les tampons, équilibre final
- $6*12*30 + 6*50*176.4 = (6*12+6*50)*P$ donc $P = 55080/372 = 148$ b
-
- Il faut encore $6*12*52 + 5*12*23.6 + 15*23.6 = 5514$ l pour arriver à 200 b par gonflage direct sur compresseur.
- En 30 minutes, cela fait un débit de $5.514/0.5 = 11$ m³/h ou 183 l/mn

Exercices MF2 2009 (4)

Pour une plongée de 2 heures à 30 mètres, en considérant exclusivement les compartiments 30 min et 60min (S_c respectifs 1,82 et 1,58) (Evidemment, ce cas n'a aucune correspondance avec la réalité. Il n'est destiné qu'à expliciter le processus de calcul)

- ⊙ Déterminez la profondeur du premier palier
- ⊙ En imaginant une remontée instantanée, Déterminez la TN_2 des deux compartiments après 1 h d'élimination à l'air
- ⊙ En imaginant une remontée instantanée, Déterminez la TN_2 des deux compartiments après 1 h d'élimination à l' O_2

- B-Pour une plongée de 2 heures à 30 mètres, en considérant exclusivement
- les compartiments 30' et 60' (Sc respectifs 1,82 et 1,58) ,
- La profondeur du premier palier sera de :
- $T0 = 0,8$ bar et $TF = 4 \times 0,8$ soit 3,2 bar
- **Compartiment 30' :**
- $TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,9375$ (4 périodes)
- $TN2 = 0,8 + (3,2 - 0,8) \times 0,9375$
- $TN2 = 3,05$ bar
- Profondeur palier : $PA = TN2/SC$ soit 1,67 bar **soit 6,7m**
- **Compartiment 60' :**
- $TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,75$ (2 périodes)
- $TN2 = 0,8 + (3,2 - 0,8) \times 0,75$
- $TN2 = 2,6$ bar
- Profondeur palier : $PA = TN2/SC$ soit 1,64 bar **soit 6,4m**
- Donc 9 m
- En imaginant une remontée instantanée, la $TN2$ des deux compartiments après 1 H d'élimination **à l'air** sera respectivement de :
- Elimination à l'air donc $TF = 0,8$ bar

Compartiment 30' :

$TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,75$ (2 périodes)

$$TN2 = 3,05 + (0,8 - 3,05) \times 0,75$$

$$TN2 = 1,36 \text{ bar}$$

Compartiment 60' :

$TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,5$ (1 période)

$$TN2 = 2,6 + (0,8 - 2,6) \times 0,5$$

$$TN2 = 1,7 \text{ bar}$$

En imaginant une remontée instantanée, la $TN2$ des deux compartiments après 1 H d'élimination **à l'O2** sera de :
Elimination à l'O2 donc $TF = 0$

Compartiment 30' :

$$TN2 = 3,05 + (0 - 3,05) \times 0,75$$

$$TN2 = 0,76 \text{ bar}$$

Compartiment 60' :

$$TN2 = 2,6 + (0 - 2,6) \times 0,5$$

$$TN2 = 1,3 \text{ bar}$$

Exercices MF2 2009 (4)

- ⦿ Trois compartiments sont étudiés au cours d'une plongée de 30 minutes à 35 mètres.
 - a – Quelle sera la tension d'azote dans les compartiments : 10 mn, 15 mn, 30 mn ?
 - b - sachant que $Sc.$: 10 mn = 2,38 ; 15mn = 2,2 ; 30mn = 1,82, lequel sera le compartiment directeur et quelle sera la profondeur du premier palier ?

a – Quelle sera la tension d'azote dans les compartiments suivants : 10', 15', 30'?

$$Tf = 4,5 * 80 / 100 = 3,6$$

*10' : $30/10 = 3$ périodes.

$$TN2 = 0,8 + [(3,6 - 0,8) * 87,5\%] = 2,45 \text{ b}$$

*15' : $30/15 = 2$ périodes.

$$TN2 = 0,8 + [(3,6 - 0,8) * 75\%] = 2,9 \text{ b}$$

*30' : $30/30 = 1$ période.

$$TN2 = 0,8 + [(3,6 - 0,8) * 50\%] = 2,2 \text{ b}$$

b - sachant que $Sc_{10'} = 2,38$, $15' = 2,2$, $30' = 1,82$ quelle sera la profondeur du premier palier et quel sera le compartiment directeur ?

$$Sc = TN2 / Pabs \rightarrow Pabs = TN2 / Sc$$

$$*10' : Pabs = 2,45 / 2,38 = 1,03 \text{ soit arrêt à } 0,3m$$

$$*15' : Pabs = 2,9 / 2,2 = 1,32 \text{ soit arrêt à } 3,2m \rightarrow \text{Compartiment directeur.}$$

$$*30' : Pabs = 2,2 / 1,02 = 1,02 \text{ soit arrêt à } 0,2m$$

$$*15' : Pabs > 1,3b \text{ Compartiment directeur} \rightarrow \text{palier à } 6m.$$