Utilisation des tables de plongée à l'air
Marine Nationale 1990

Réalisation :

Didier Mottais

http://scaphinfo.free.fr

Historique

5ème siècle : Les pêcheurs de perles polynésiens, après de nombreuses apnées profondes, suivies d'une remontée un peu trop rapide, ont de mystérieuses manifestations physiques, pouvant aller de la démangeaison à la paralysie. Heureusement, ils savent que de généreuses offrandes au Dieu des océans parviennent à calmer sa fureur voir même à s'assurer sa protection…

19ème siècle : Premiers séjours durables à des profondeurs de plus en plus élevées.

-- *Cloches*
-- *Pieds lourds*

Apparition des premiers **Accidents De Décompression** (ADD) alors ni nommés, ni expliqués.

Henry, physicien américain, fournit une loi relative à la dissolution des gaz dans un liquide en fonction de la pression, la température, la surface de contact et le temps d'exposition.

Paul Bert préconise, pour des remontées supérieures à 10m, une vitesse lente et régulière.

20ème siècle : Dès 1906, le gouvernement anglais inquiet de l'incidence des ADD chez les travailleurs sous pression (construction de tabliers de quais ou de ponts), demande à l'Ecossais **Haldane** de poursuivre les travaux de Paul Bert.
Il fut le premier à compartimenter le corps humain en fonction de la plus ou moins grande solvabilité de l'azote dans les différents tissus, et à préconiser des arrêts à des profondeurs fixes : **les paliers de décompression**. Son modèle mathématique sert encore à élaborer les tables modernes.

Que se passe t il lors d'une plongée ?

Le plongeur respire de l'air, gaz composé de 21% d'oxygène (**O2**), 79% d'azote (**N2**) et de quelques poussières d'autres gaz.

L'O2 métabolisé par l'organisme ne posera pas de problèmes liés à la décompression.

L'N2 lui, est un gaz inerte, simple diluant, qui va se dissoudre dans les tissus de plus en plus à mesure de l'augmentation de la pression et du temps d'exposition.

Lors de la remontée, la pression va diminuer. L'N2 dissous dans l'organisme tend alors à reprendre sa forme gazeuse.

Si tout ce passe sans accroc, l'N2, véhiculé par la circulation sanguine, sera éliminé au niveau des poumons.

En cas de baisse de pression trop brutale (remontée trop rapide), le dégazage s'effectuera trop violemment et l'N2 reprendra sa forme gazeuse dans le tissu où il se trouve, formant des petites bulles qui, entravant le flux sanguin, provoqueront l'ADD.
Bien que l'ouverture d'une bouteille de champagne semble relever du cataclysme, elle permet de visualiser concrètement cette notion.

Mais **la vitesse de remontée** préconisée de 15 à 17 m/min ne permet pas toujours à elle seule une sortie de l'eau sans soucis. En effet la quantité d'N2 importante arrivant vers les poumons pourrait faire penser au péage de Saint-Arnoult un retour de week-end d'Ascension.
Aussi, pour éviter l'embouteillage fatal, la pause-café s'impose : c'est **le palier de décompression**.
Une fois sur le bateau, on pourrait croire l'affaire classée, mais retour de week-end oblige, la circulation reste dense et la quantité d'N2 circulant reste importante.
12 heures seront nécessaires pour que tout cet **N2 résiduel** soit totalement évacué.

Généralités

C'est la marine nationale (d'où leur nom Marine Nationale 1990) qui a établi ces tables en 1990 afin que les plongeurs militaires de retour de leurs *œuvres de bienfaisances* sortent indemnes de l'eau.
Elles ont donc été bâties avec comme matériel expérimental des marins jeunes et entraînés physiquement, ce qui comme chacun sait est le portrait robot du plongeur loisir de base ! ! !
A décharge, il faut noter que les cobayes ayant servi à calculer les autres modèles de tables existantes n'ont jamais été recrutés dans les hôpitaux ni dans les hospices.

Toute table de plongée (donc les MN90) définit un protocole de décompression afin d'amener le plongeur à remonter en surface en toute sécurité. Ce protocole se base sur deux points à respecter impérativement :

Une vitesse de remontée : la remontée se fait à une vitesse de **15 à 17 mètres par minute** dans le modèle des MN9O (on peut se servir des plus petites bulles recrachées par le plongeur pour trouver cette vitesse : suivez les, ne les dépassez jamais !). De plus, il faudra remonter en **30 secondes d'un palier à l'autre**, et du dernier palier à la surface (ce qui fait une vitesse de 6 m/min : attention, cette vitesse est très lente et un bon entraînement est nécessaire pour la respecter convenablement.

Des paliers : ce sont des arrêts définis à des **profondeurs fixées** par la table et pour des **temps calculés** à l'aide de cette dernière suivant les paramètres de votre plongée. Il en va de votre sécurité de respecter ces paliers ! ! Pour cela, il faut nécessairement être capable de les calculer sans se tromper.

Respecter les vitesses de remontée nécessite un entraînement technique en mer afin d'habituer l'élève plongeur à gérer sa flottabilité, la constance de la vitesse, la précision des arrêts au palier… Le calcul des paliers est un travail « mathématique » qui se fait la plupart du temps en surface (oui, il est bon de préparer ses plongées !) et nécessite donc un apprentissage théorique dont le cours qui suit est l'objectif.

Les tables MN 90 sont construites pour :

- Des plongées à l'air
- 2 plongées maximum par 24 heures
- Une vitesse de remontée de 15 à 17 m/min du fond au premier palier, puis une vitesse de 6m/min de palier en palier et de 3m à la surface (soit 30 secondes entre chaque arrêt)
- Un palmage à la vitesse d'à-peu-près 0,5 nœud (800 m/heure), ceci interdisant tout effort ou tout travail sous l'eau.
- Une profondeur maximale de 60 m. Les profondeurs de 62 et 65 mètres ne sont indiquées que pour des dépassements accidentels, mais dans ce cas, un **Intervalle de surface** de 12 heures minimum devra être respecté avant une nouvelle plongée.

Définition et conventions :

Intervalle de surface (IS) : il s'agit du temps compris entre la sortie de l'eau à l'issue de la 1ère plongée et la mise à l'eau pour la 2ème.

Profondeur (P) : On entend par profondeur ***la profondeur maximum*** atteinte lors de la plongée.

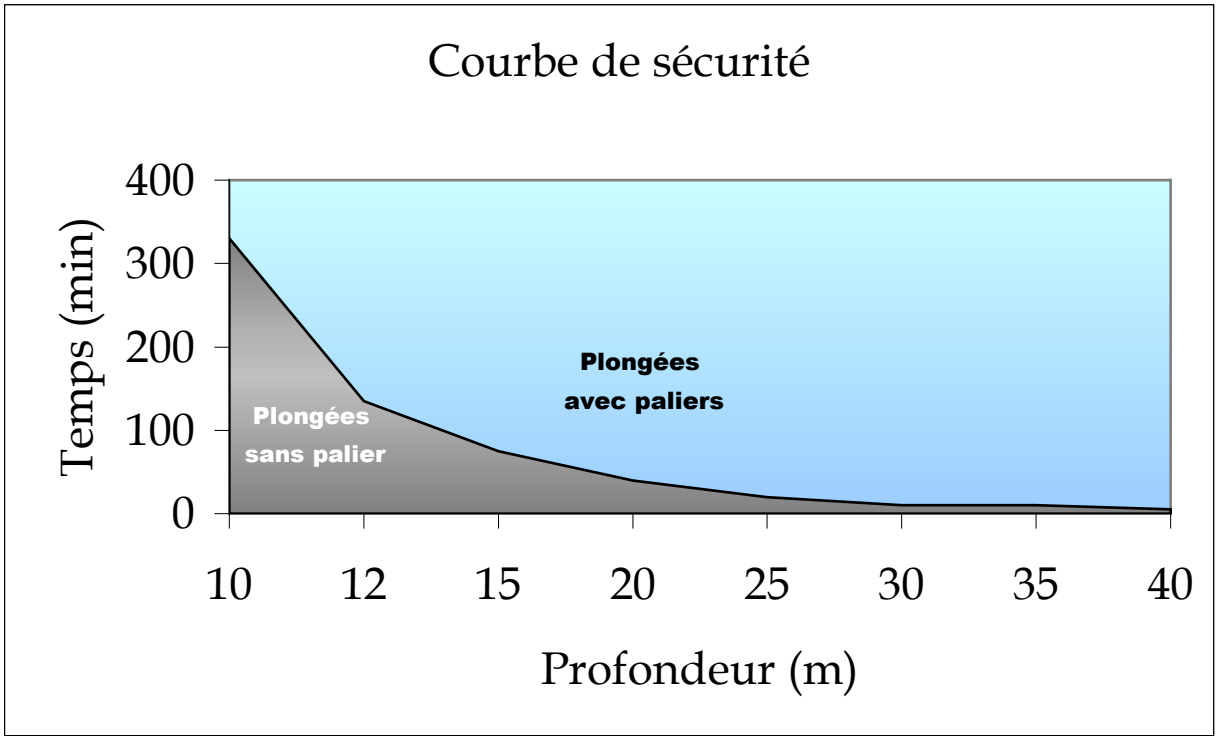
Durée de plongée (DP) : La durée de plongée commence à ***l'immersion*** et finit au moment ou l'on décide de ***quitter le fond,*** pour remonter à la verticale à la vitesse de 15 à 17 m/min
Elle se compte en minutes entières c'est-à-dire que chaque minute commencée est considérée comme entière et écoulée.

Temps de plongée : Le temps de plongée est le temps total de la plongée compris entre ***l'immersion*** et le moment où le plongeur fait surface. Cette durée n'intervient pas dans les calculs de tables mais peut être utile à connaître pour donner son heure de sortie au responsable de surface.

Lecture des MN90 : Les tables doivent être lues dans le ***sens de la sécurité*** aussi si les valeurs **P** et/ou **DP** ne sont pas dans le tableau, il faut prendre les valeurs lues immédiatement supérieures.

Courbe de sécurité : Chaque type de table possède sa propre courbe de sécurité c'est-à-dire le temps maximum que l'on peut passer sans avoir à faire de palier aux différentes profondeurs. Bien qu'il soit fortement conseillé de la connaître par cœur, elle est aisément retrouvable par lecture directe sur le premier tableau.

Profondeur (m)	Temps maxi. (min)
10	***330***
12	***135***
15	***75***
20	***40***
25	***20***
30	***10***
35	***10***
40	***5***



Présentation des tableaux

1er Tableau :

Permet la détermination :

- **Des paliers**, en fonction des paramètres de la plongée effectuée (**P**rofondeur et **D**urée)
- **Des groupes de plongées successives** (**GPS**), représentés par des lettres

Constitué de 5 colonnes :

a) Profondeur.
b) Durée de la plongée en minutes.
c) Profondeur et durée en minutes des paliers éventuels.
Cette colonne pouvant se subdiviser en 4 sous colonnes de 3, 6, 9 et 12 m.
d) Durée totale de la remontée (**DTR),** incluant le temps nécessaire à la remontée et aux paliers, arrondie à la minute entière supérieure.
e) Groupe de plongées successives, qui permettra de rentrer dans le second tableau

2ème Tableau :

Permet la détermination de **l'indice d'N2 résiduel.**

Il présente en abscisse, l'**I**ntervalle de **S**urface et en ordonnée le **G**roupe de **P**longées **S**uccessives
A l'intersection de l'IS et du GPS, on trouve la valeur correspondant à **l'indice d'N2 résiduel**

3ème Tableau :

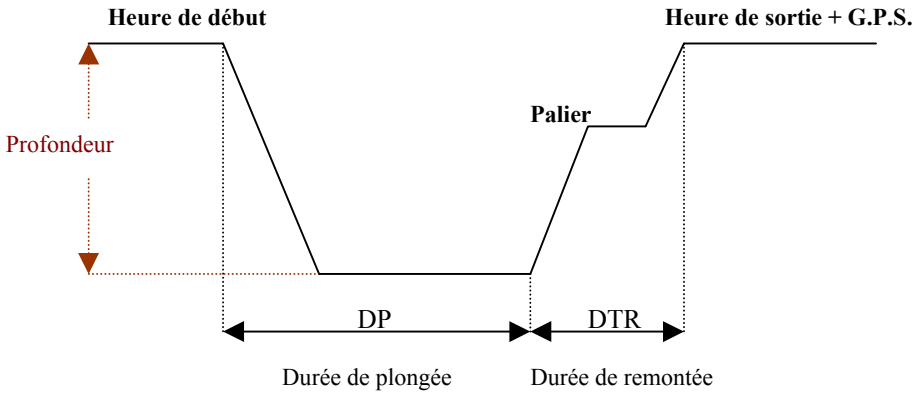
Permet la détermination de la **majoration** pour une plongée successive.

Il présente en abscisse, **l'indice d'N2 résiduel** déterminé grâce au second tableau et en ordonnée **la profondeur** prévue pour la seconde plongée.
A l'intersection on trouve la **majoration** (exprimée en minutes), qu'il faudra appliquer lors de la 2ème plongée.

Plongée simple

On appelle **Plongée simple** une plongée isolée ou séparée de **plus de 12 heures** de la plongée précédente.

Profil type



On prendra soin de bien noter le **G.P.S.** à l'issue de chaque plongée.

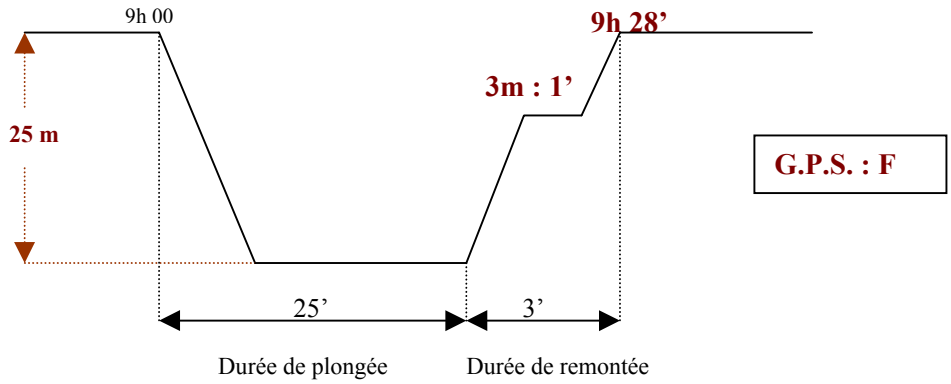
La détermination du ou des paliers éventuels, se fera par lecture directe sur le 1er tableau.

Si les valeurs de durée de plongée ou de profondeur ne se trouvent pas dans le tableau, on prendra les valeurs immédiatement supérieures.

Exemples

A)

Une palanquée s'immerge à 9h00. La profondeur maxi. atteinte est de 25 m et la durée de plongée de 25'.
Paliers éventuels, heure de sortie, G.P.S. ?



Détail de la DTR :

de 25 à 3m = 22m à 15 m/min = 1' 28''
palier à 3m = 1'
de 3m à surf = 3m à 6 m/min = 30''

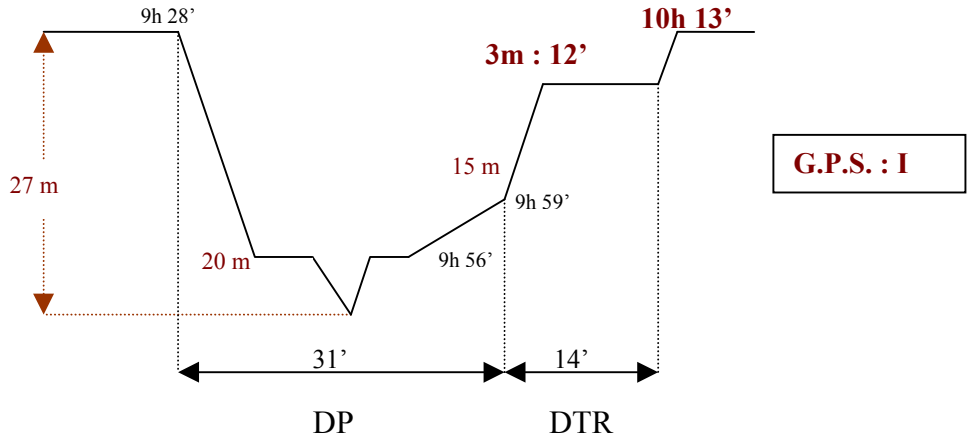
Soit un total de 2'58''

Pour les calculs, toute minute entamée étant considérée comme entière et écoulée, on prendra donc **DTR=3'**

B)

Une palanquée s'immerge à 9h28 à la profondeur de 20 m.
Au cours de la plongée, le maladroit Benny perd sa lampe. Il va la récupérer à 27m et remonte à 20m.
A 9h56, ils décident de remonter le long d'un tombant. Trois minutes plus tard, alors qu'ils se trouvent à 15m, l'un d'entre eux est sur réserve.

Paliers éventuels, heure de sortie, G.P.S. ?



Lecture sur le 1er tableau : Profondeur = 28m
Durée de plongée =35'

Détail de la DTR :

de 15 à 3m = 12m à 15 m/min = 48''
palier à 3m = 12'
de 3m à surf = 3m à 6 m/min = 30''

Soit un total de 13'18''

Pour les calculs, toute minute entamée étant considérée comme entière et écoulée, on prendra donc **DTR= 14'**

Vous avez trouvé 10h14 comme heure de sortie ?

Perdu : Vous venez de tomber dans un piège classique.

La profondeur max. est de 27m, vous avez pris 28m dans le tableau. Superbe !
La durée de plongée est de 31', vous avez pris la valeur de 35'. Extra !
En revanche, la profondeur de fin de plongée est de 15m. La DTR fournie par le tableau est donc erronée puisqu'elle considère une remontée de…28m !

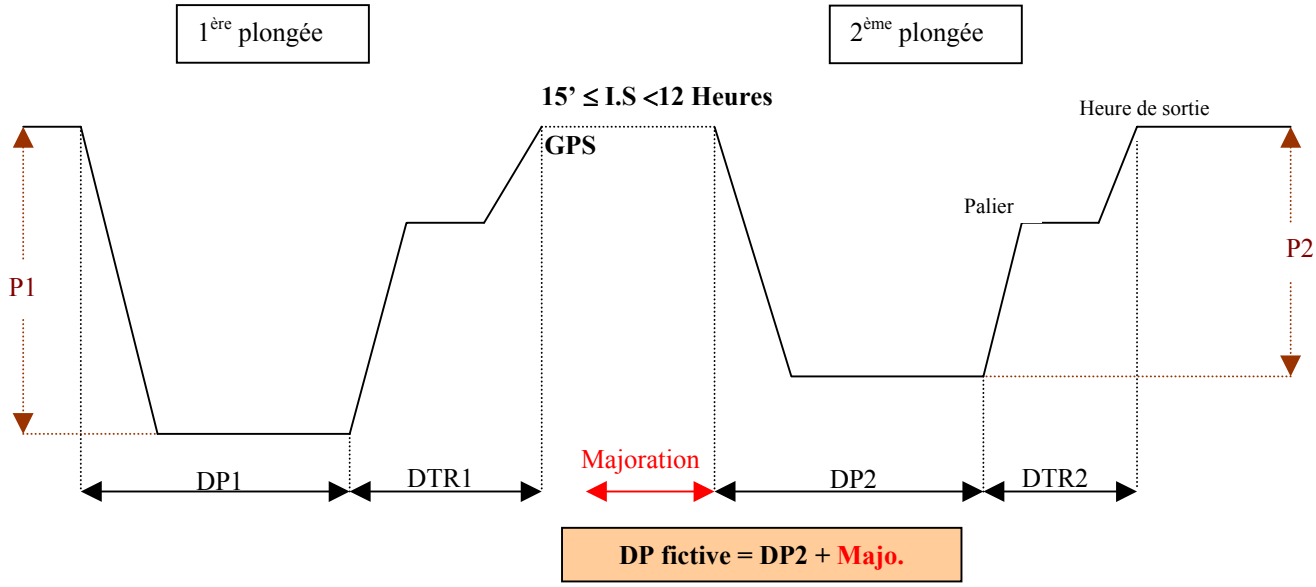
Attention à la profondeur de fin de plongée lors de vos calculs de temps de remontée ou d'heure de sortie.

Plongée successive

On appelle **plongée successive** une seconde plongée ayant un intervalle de surface supérieur ou égal à 15 minutes et inférieur ou égal à 12 heures

15' ≤ IS ≤12h

Profil type



Nous avons vu qu'une fois sortis de l'eau à l'issue d'une plongée, il reste de **l'N2 résiduel** dans l'organisme, en quelque sorte, la mémoire de notre 1ère plongée. Cet N2 va venir s'ajouter à celui dissout lors de la 2ème plongée, ce qui aura pour effet, sur une plongée de profondeur et de temps identiques, l'apparition plus rapide des paliers.
Nous allons donc rechercher **la majoration** (en minutes) permettant de calculer le temps fictif qui sera utilisé dans la table pour calculer les paliers de la 2ième plongée.

1ère étape : Détermination de l'indice d'N2 résiduel

Cet indice figure dans le second tableau à l'intersection du **GPS,** consciencieusement noté à la sortie de la première plongée, et de notre **intervalle de surface**

Si l'**IS** ne se trouve pas répertorié dans le 1er tableau on prendra la valeur **immédiatement inférieure**.
En effet si la valeur retenue est inférieure à la valeur réelle, la désaturation est moins importante (on aura moins désaturé en 1 heure qu'en 1h15 par exemple) ce qui va dans le sens de la sécurité.

2ème étape : Détermination de la majoration en minutes

La majoration figure dans le troisième tableau à l'intersection de **l'indice d'N2 résiduel** que l'on vient de déterminer, et de la **profondeur maxi. prévue** [1]pour la seconde plongée.

Si l'indice d'N2 résiduel ou la profondeur ne figurent pas dans le tableau, on prendra les valeurs immédiatement supérieures, toujours pour aller vers une plus grande sécurité.

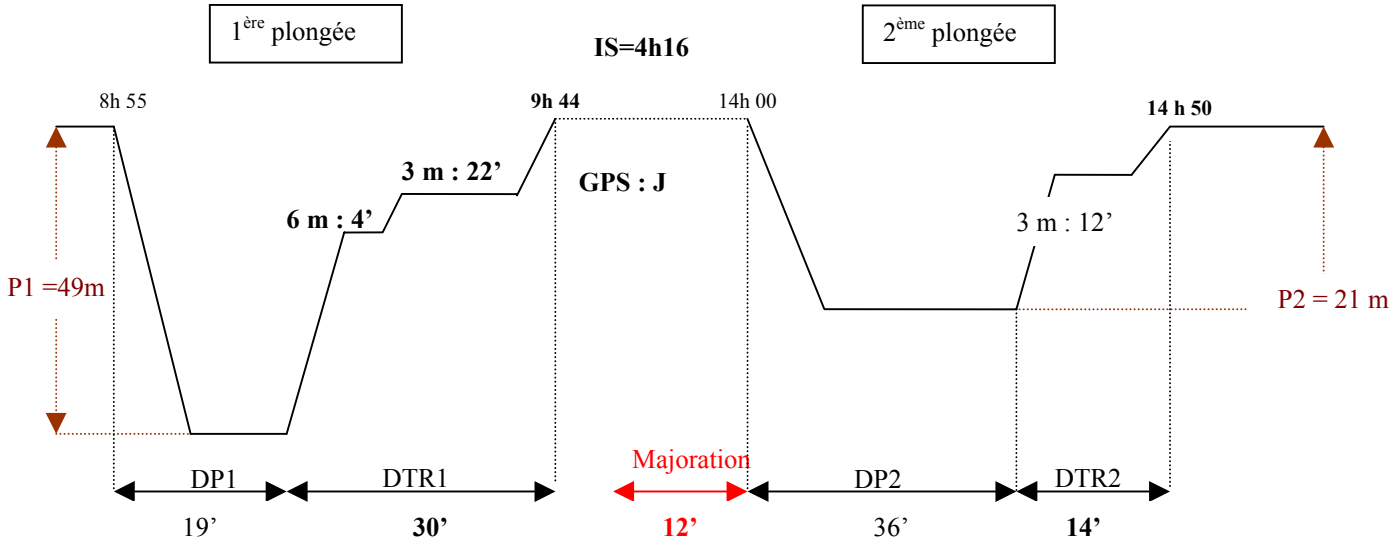
On trouve ainsi une majoration en minutes, expression de l'N2 résiduel. En ajoutant cette majoration à notre durée de plongée, on trouve une durée fictive qu'on utilisera pour entrer dans le 1er tableau afin de déterminer les profondeurs et durées des paliers éventuels.
Compris ? Vérifions

Exemples

A)

Votre palanquée s'immerge à 8h55 pour explorer une épave reposant à 49 m de profondeur.
Après 19' de rêve, Lucie, le chef de palanquée, décide de remonter
Paliers éventuels, durée totale de la remontée, heure de sortie, G.P.S. ?

Le repas passé, vous décidez de replonger à 14h00 pour une plongée de 36' sans toutefois dépasser la profondeur de 21 m.
Majoration, paliers éventuels, durée totale de la remontée, heure de sortie, que Lucie a determinée avant de plonger ?



[1] Il est important de prévoir ses plongées et de suivre les durées et profondeurs décidés à l'avance. En effet, ces calculs étant parfois un peu compliqués, les refaire sous l'eau, en fin de plongée peut être une source d'erreur.

Calcul de la DTR1 :

49m → 6m = 43 m à 15m/min :	2’ 52’’
Palier de 6m →	4’ 00’’
6m → 3m	30’’
Palier de 3m →	22’ 00’’
3m → surface	30’’
	29’ 52’’ **soit 30’**

Détermination de la majoration :

GPS : J
IS : 4h 00
→ **N2 résiduel = 0,91** (0,91 ne se trouvant pas dans le 3ème tableau on prendra 0,92)

N2 résiduel : 0.92
P2 : 22m
→ **majoration = 12’**

Calcul de la DTR2 :

21m → 3m = 18 m à 15m/min :	1’ 12’’
Palier de 3m →	12’ 00’’
3m → surface	30’’
	13’ 42’’ **soit 14’**

B)

Calculs en poche, vous vous remettez à l’eau.
Tout ce passe selon les plans prévus quand soudain l’inimitable Benny perd son timer. Démoralisée mais bonne pâte, Lucie va le récupérer à 29m et remonte à 21m
En se basant sur la même durée de plongée (36’), elle sort ses tables et refait les calculs .
Majoration, paliers éventuels, durée totale de la remontée, heure de sortie ?

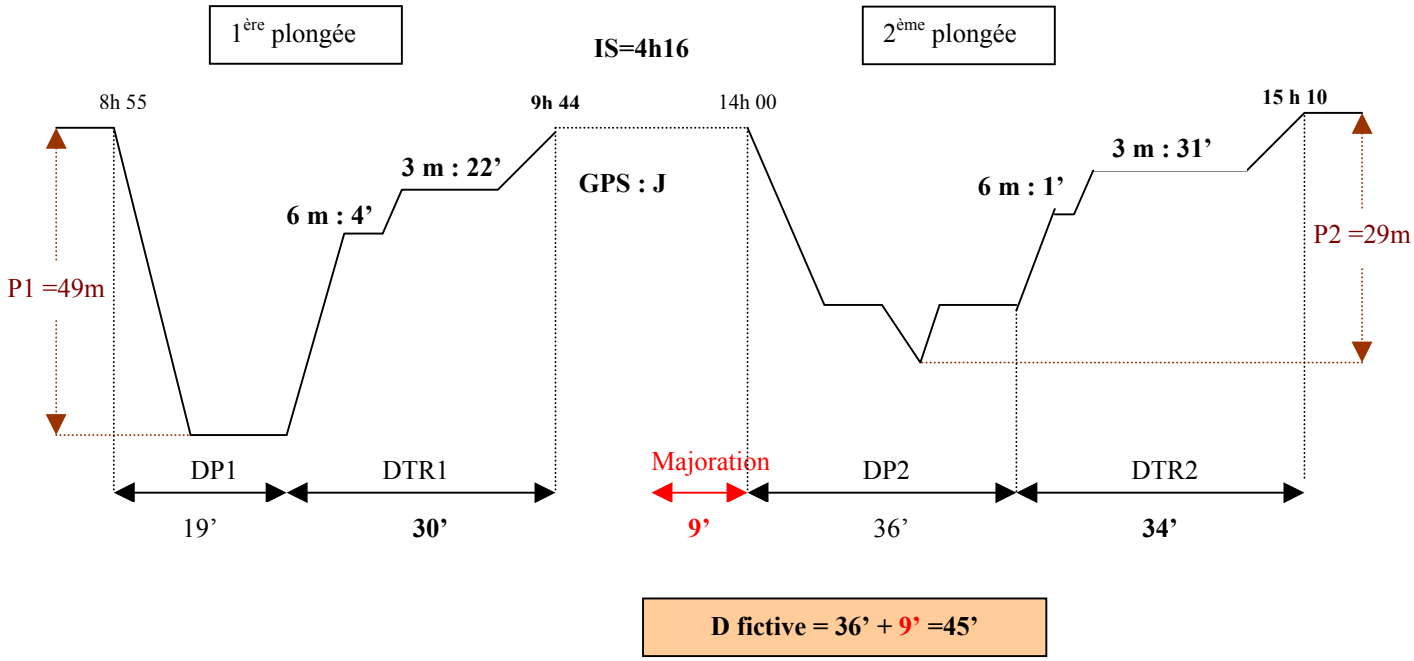
Détermination de la majoration :

GPS : J
IS : 4h00
→ **N2 résiduel = 0,91**

N2 résiduel : 0.92
P2 : 30m
→ **majoration = 9’**

Calcul de la DTR2 :

21m → 6m = 15 m à 15m/min :	1’ 00’’
Palier de 6m →	1’ 00’’
6m → 3m	30’’
Palier de 3m →	31’ 00’’
3m → surface	30’’
	34’ 00’’



C)

Au fait, avant d’aller remercier chaleureusement Benny de vous avoir fait passer autant de temps au palier, une petite précision.
Dans la vraie vie, si un tel cas se produit, pour éviter les erreurs de calculs, on conserve la majoration calculée au sec.
Alors regarder donc le temps que vous auriez pu passer au palier…

D fictive = 36’ + 12’ =48’
P = 29m

Paliers : 3’ à 6m
36’ à 3m
DTR : 41’

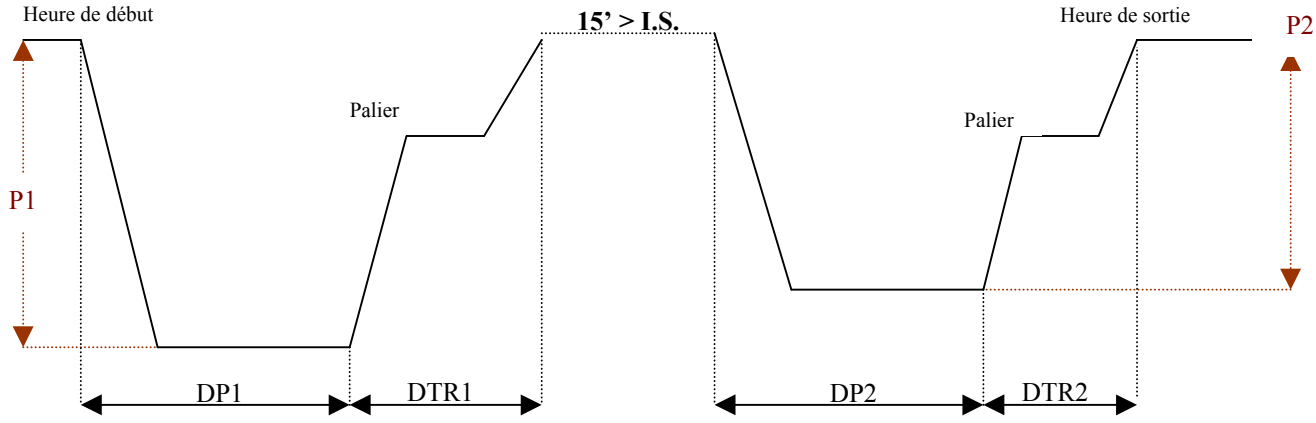
Plongée consécutive

On appelle **plongée consécutive** une seconde plongée ayant un intervalle de surface inférieur à 15 minutes

IS < 15'

Les deux plongées devront alors être considérées comme une seule et même plongée.
En prenant pour durée de plongée, la somme des durées de chacune d'entre elles, et pour profondeur, la profondeur maximum atteinte, on entre dans le premier tableau comme pour une plongée simple.

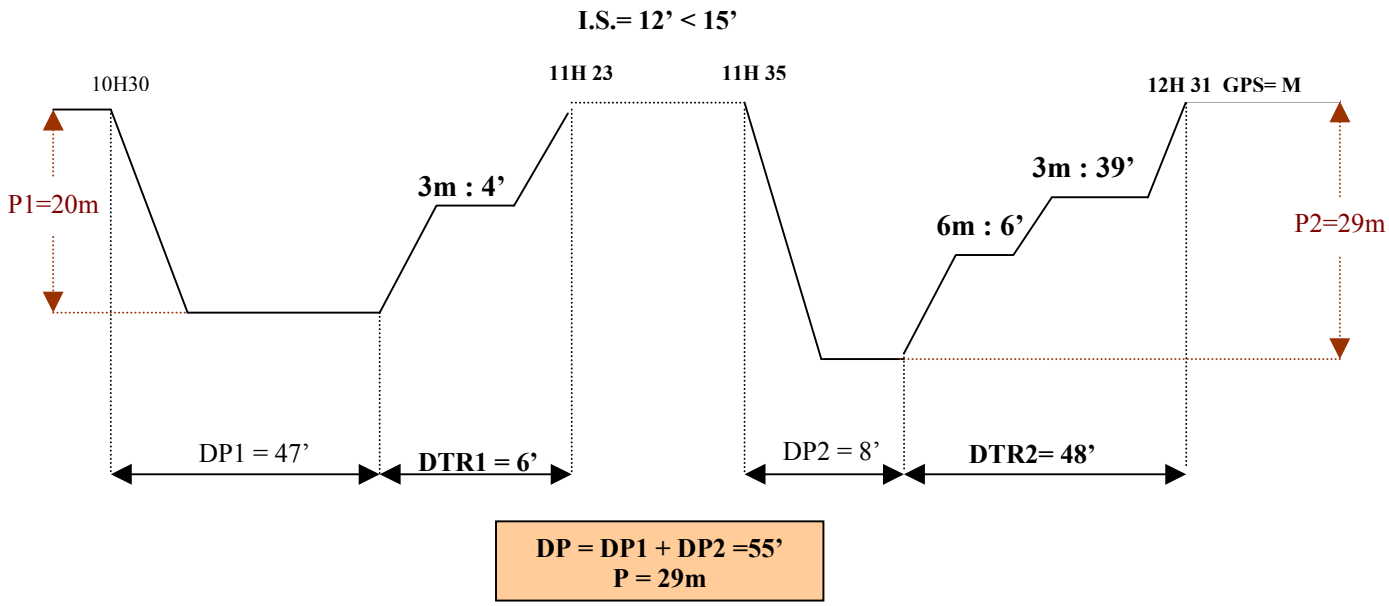
Profil type



DP = DP1 + DP2
Si P1>P2 prendre P1
Si P2>P1 prendre P2

Exemple

Lucie et sa palanquée s'immergent à 10h30. La profondeur maxi. atteinte est de 20 m et la durée de plongée de 47'. Benny ne plongeant pas ce matin là, ils ressortent sans encombres. Mais surprise ! l'ancre est bloquée. C'est encore Lucie qui s'y colle et elle replonge 12' après sa sortie pour libérer le bateau ancré par 29m de fond. L'opération lui demande 8'.
Paliers éventuels, heures de sorties, DTR, G.P.S. ?



Calcul de la DTR1 :

20m → 3m = 17 m à 15m/min :	1' 08''	
Palier de 3m →	4' 00''	
3m → surface	30''	
	5' 38''	**Soit 6'**

Calcul de la DTR2 :

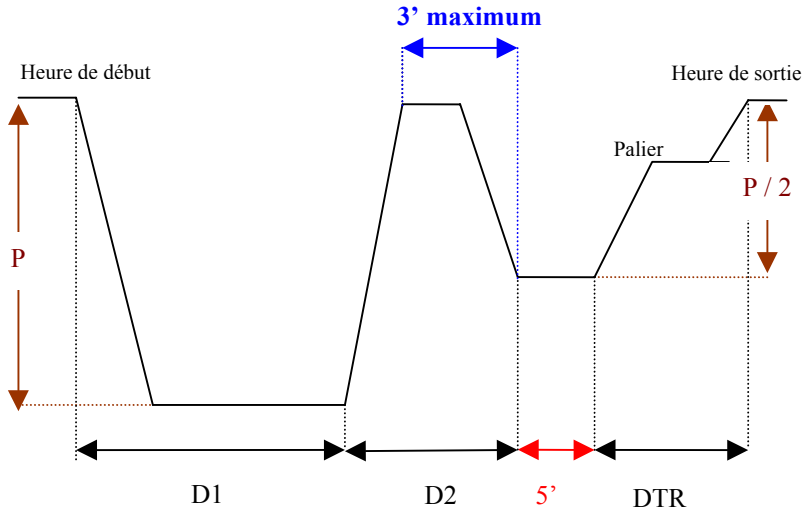
29m → 6m = 23 m à 15m/min :	1' 32''	
Palier de 6m →	6' 00''	
6m → 3m	30''	
Palier de 3m →	39' 00''	
3m → surface	30''	
	47' 32''	**Soit 48'**

Remontée trop rapide

Un incident peut parfois nous obliger à remonter à une vitesse supérieure à 17m/min.(palmage trop rapide, PA bloquée, perte du lest….)
Dans un tel cas, la procédure à suivre est de gagner **en moins de 3'** la moitié de la profondeur maxi atteinte (P/2), encore appelée **mi-profondeur, pour une durée de 5'**.

Pour le calcul des paliers, on prendra pour **P** la profondeur **maxi atteinte** et pour **DP,** le temps écoulé entre **la mise à l'eau et la fin des 5' passées à mi-profondeur.**

Profil type



DP = D1 + D2 + 5'
P = P

Notons que cette procédure n'est applicable que si le plongeur ayant effectué la remontée trop rapide **ne présente aucun symptôme d'accident de décompression**. Dans le cas contraire, on appliquera la procédure d'ADD (évacuation en milieu hospitalier).

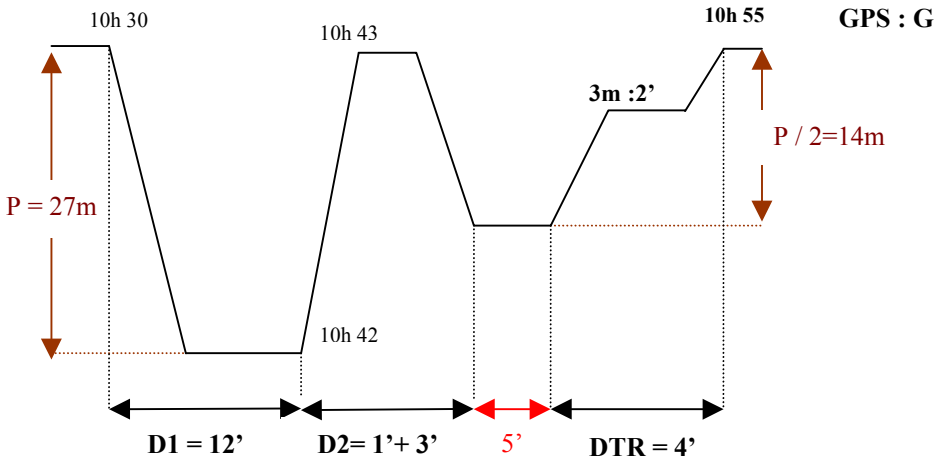
Nota : Attention, pour le calcul de DTR et d'heure de sortie, penser que la plongée finit à la mi-profondeur.

Exemple

A)

Lucie et sa palanquée s'immergent à 10h30 sur un fond de 27m. 12' plus tard Benny, plus en forme que jamais, perd sa ceinture de plombs et remonte inexorablement à la surface qu'il atteint à 10h43.

Procédure à suivre ?
Paliers éventuels, durée de remontée, heure de sortie, G.P.S. ?



DP = 12' + 4' + 5'=21'
P = 27

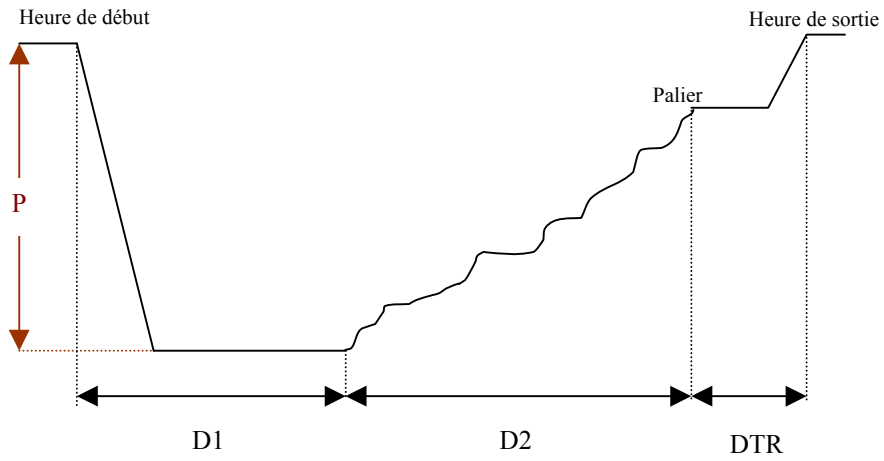
Calcul de la DTR :

14m → 3m = 11 m à 15m/min :	44''
Palier de 3m →	2' 00''
3m → surface	30''
3' 14''	**Soit 4'**

Remontée trop lente

Cas où l'on remonte jusqu'au palier à **une vitesse inférieure à 15m/min**
Dans un tel cas on entre dans le 1er tableau pour calculer les paliers en prenant pour profondeur la profondeur maxi atteinte et pour durée de plongée le temps écoulé de l'immersion à l'arrivée au palier.

Profil type



DP = D1 + D2

Nota : Attention, pour calculer l'heure de sortie penser que la DTR débute à la profondeur du 1er palier.

Dans la théorie et pour les calculs de l'examen, toute vitesse de remontée inférieure à 15m/min est considérée comme « trop lente ». Dans la pratique, il est presque impossible de distinguer une vitesse de 12m/min d'une vitesse de 15m/min De plus, aujourd'hui certains spécialistes tendent à préconiser une vitesse de 10m/min

Exemples

A)

Benny fraîchement promu chef de palanquée, s'immerge le long d'un tombant à 9h48. Après 30' passées à 29m, il décide de remonter. Ils arrivent au palier à 10h21.

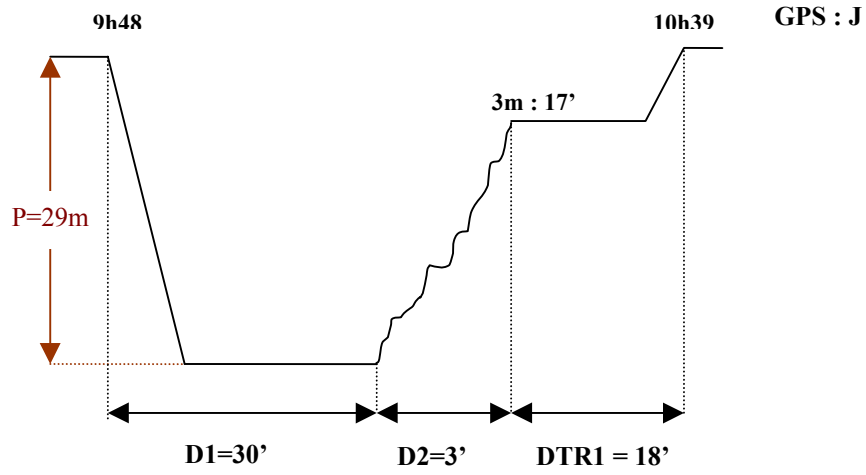
Procédure à suivre ?
Paliers éventuels, durée de remontée, heure de sortie, G.P.S. ?

Remontée :

P=29m et DP=30' ⇒ Palier = 9' à 3m

Fin de plongée à 10h18 et arrivée au palier de 3m à 10h21
⇒ 26m parcourus en 3' soit une vitesse de remontée de 9m/min

On applique donc la procédure de remontée trop lente.



DP = 30' + 3' = 33'
P = 29m

Calcul de la DTR :

Palier de 3m →	17' 00''	
3m → surface	30''	
	17' 30''	**Soit 18'**

Palier interrompu

Dans le cas ou il est nécessaire d'interrompre ou de ne pas exécuter un palier (par manque d'air par exemple) il faut redescendre en moins de 3' au palier interrompu, le refaire entièrement, puis poursuivre la procédure normale.