



**UTILISATION**

**DES**

**TABLES DE PLONGEE**

**MARINE NATIONALE 90**

Bernard LARGEAULT  
Instructeur Régional

Aux anciens, aux amis qui m'ont élevé  
dans la pratique et l'enseignement de la plongée.  
Aux plus jeunes pour lesquels j'ai à cœur  
de remettre régulièrement sur le métier  
l'ouvrage pour qu'il reste d'actualité.

## TABLE DES MATIERES

1 - Introduction : Définitions	page :	4
2 - Plongée simple :	page :	7
2 - 1 Définition	page :	7
2 – 2 Remontée lente	page :	7
2 – 3 Remontée rapide	page :	9
2 – 4 Palier interrompu	page :	10
3 - Seconde plongée :	page :	11
3 – 1 Intervalle	page :	11
3 – 2 Plongée consécutive	page :	11
3 – 3 Plongée successive	page :	13
4 - Plongées hors standard :	page :	17
4 – 1 Plongée en altitude	page :	17
4 – 2 Plongée aux mélanges	page :	20
4 – 3 Paliers à l'oxygène	page :	21
4 – 4 Respiration d'oxygène entre deux plongées	page :	21
5 – Bibliographie et tables MN 90	page :	23
ANNEXE – Tables MN 90	page :	24

La Commission Technique Nationale de la FFESSM a décidé peu de temps après leur parution, d'adopter les tables de plongée "Marine Nationale 90" (en abrégé : "MN 90") pour l'enseignement et les examens fédéraux. Elles remplacent donc les tables "GERS 1965" précédemment utilisées. Comme pour celles-ci, on emploie les MN 90 dans la limite de deux plongées par jour, à l'air et au niveau de la mer. Elles sont données pour des immersions limitées à 60 mètres et si les profondeurs de 62 et 65 mètres sont indiquées, c'est uniquement parce qu'autrefois les *dépassements accidentels* de la profondeur maximale étaient autorisés. Ces dépassements ne sont plus autorisés par le nouveau Code du Sports du 5 Janvier 2012, paru au Journal Officiel le 22 février 2012.

Les M.N. 90, utilisées par la F.F.E.S.S.M. se composent aujourd'hui de 5 tableaux :

- La table des plongées simples à l'air.
- Le tableau donnant la tension d'azote après intervalle à la surface.
- Le tableau donnant la majoration en minutes.
- Le tableau donnant la tension d'azote après inhalation d'oxygène pur.
- Le tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur.

La table et les tableaux sont joints à la fin du présent document.

## **1 - Définitions :**

Dans la première table des MN90 communément appelée "Table des plongées simples", la colonne de gauche est intitulée : **Profondeur**

Définition : On appelle "Profondeur" d'une plongée, la profondeur maximale atteinte au cours de l'immersion.

Exemple : au cours d'une plongée, une palanquée s'immerge d'abord sur un fond de 18 mètres, puis descend sur un tombant de 32 mètres et revient sur un fond de 25 mètres avant de regagner la surface. La "profondeur" de cette plongée est : 32 mètres.

Règle : Si la valeur de la profondeur de la plongée n'est pas inscrite dans la colonne de gauche de la table, on prend la *valeur immédiatement supérieure*.

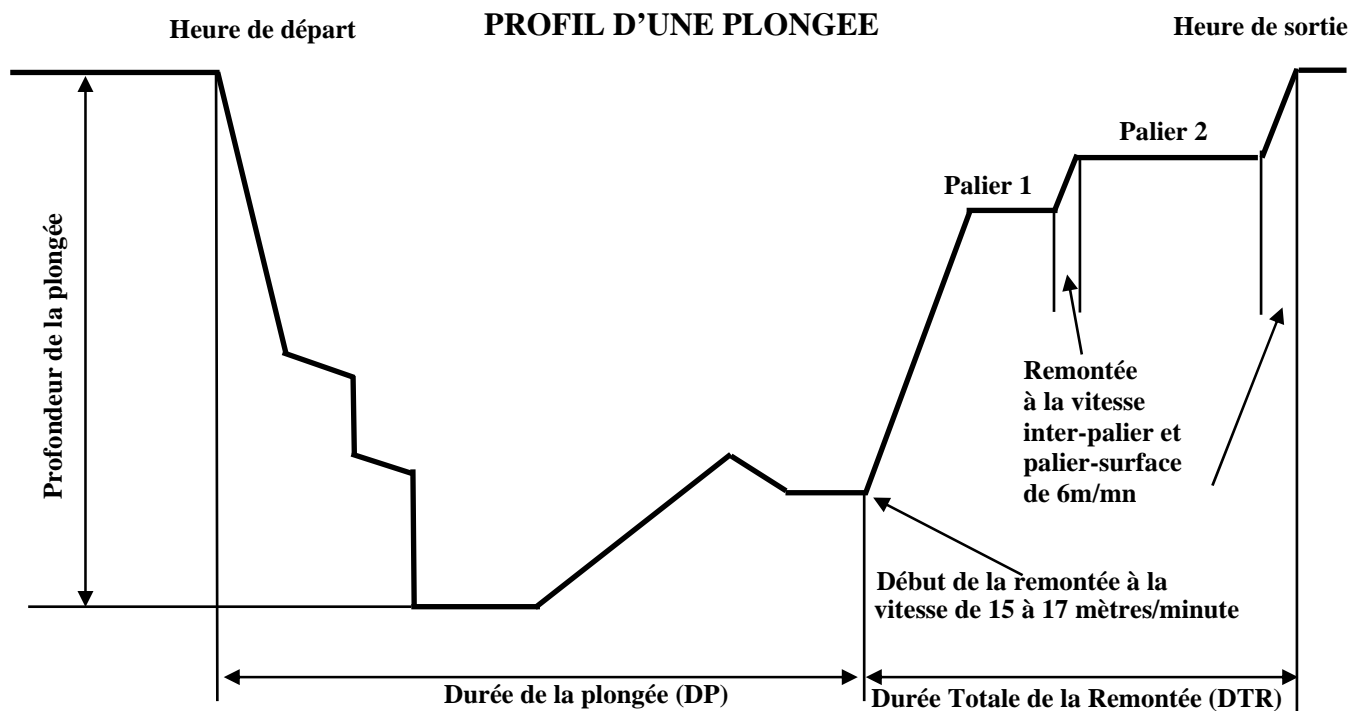
Exemple : si la profondeur d'une plongée est de 39 mètres, on prend dans la table la profondeur : 40 mètres.

La deuxième colonne est intitulée : **Durée**

Définition : On appelle "Durée" d'une plongée, l'intervalle de temps compris entre le début de l'immersion et le début de la remontée effectuée à la vitesse préconisée de 15 à 17 mètres/minute.

Règle : Si la valeur de la durée de la plongée n'est pas inscrite dans la deuxième colonne de gauche de la table, on prend la *valeur immédiatement supérieure*.

Exemple : Si la durée d'une plongée est de 28 minutes, on prend dans la table la durée : 30 minutes.



Exemple : si l'on considère une plongée dont la profondeur est 39 mètres et la durée 28 minutes, on prend dans la table la profondeur 40 mètres et 30 minutes pour durée. Sur la ligne, on lit dans les colonnes "Durée des paliers" : 4' à 6 m et 28' à 3 m

Profondeur	Durée de la Plongée	Durée des Paliers			Groupe de Plongée Successive
		9 m.	6 m.	3 m.	
40 m.	5				C
	10			2	E
	15			4	G
	20		1	9	H
	25		2	19	J
	30		4	28	K
	35		8	35	L
	40		13	40	M
	45	1	18	45	N
	50	2	23	48	O
	55	5	26	52	O
	60	8	29	57	P

Nota : Certaines tables disponibles dans le commerce, disposent d'une colonne complémentaire intitulée : "Durée Totale de la Remontée". Suivant l'année d'impression, cette colonne a d'abord existé, puis a été supprimée conformément à la procédure de décompression mise en place par la Marine Nationale dans la circulaire du 17 décembre 1997, puis est réapparue compte tenu des nouvelles vitesses de remontée préconisées.

La Durée Totale de la remontée (DTR) est la somme, arrondie à la valeur entière immédiatement supérieure, de la durée de la remontée et de la durée des paliers éventuels.

La Durée Totale de la Remontée (DTR) est calculée en deux étapes :

-1) Durée de la remontée jusqu'au premier palier : la distance à remonter jusqu'au premier palier est divisée par la vitesse de remontée préconisée : durée = Distance / vitesse soit:  $d = D / 15$

-2) Durée de la remontée d'un palier à l'autre (ou du palier de 3 m à la surface) : la vitesse de remontée préconisée entre les paliers est 6m/mn soit 30 secondes ou 0,5 minute entre chaque palier.

La somme de ces durées est arrondie au chiffre entier immédiatement supérieur.

Il est aussi possible d'utiliser le « Tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur ».

La Durée Totale de la Remontée (DTR) est égale à la Durée de la Remontée (DR), plus la durée des paliers.

#### Exemple:

En reprenant les données de l'exemple précédent, 28 minutes à 39 mètres, on lit dans la table les valeurs correspondant à 30 minutes à 40 mètres. La décompression impose un palier de 4 minutes à 6 mètres et un autre de 28 minutes à 3 mètres. La durée de la remontée se calcule comme suit :

La distance à remonter est :  $D = 39 \text{ m} - 6 \text{ m} = 33 \text{ m}$ . La durée est donc :  $d = 33 / 15 = 2,2'$

La durée de la remontée entre chacun des paliers est : 30 secondes  $\times 2 = 60''$  soit  $1'$

La somme des deux durées précédentes donne donc :  $DR = 2,2' + 1' = 3,2'$  d'où  $DR = 4'$

On peut aussi lire directement cette valeur dans le « Tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur ». On remonte de 40 mètres, avec un palier à 3 mètres. On lit donc  $DR = 4'$

La Durée Totale de la Remontée est donc :  $DTR = 4' + 28' + 4' = 36'$

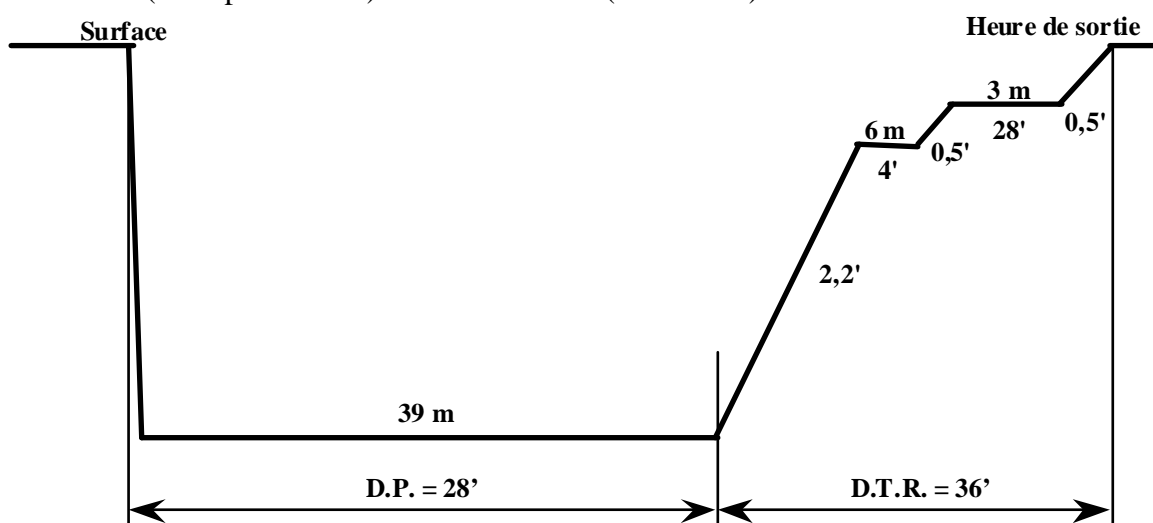
Nota : Une petite astuce permet également de faire le calcul en seconde, en multipliant par 4 la distance à remonter :

$D = 39 \text{ m} - 6 \text{ m} = 33 \text{ m}$ . La durée est donc :  $d = 33 \times 4 = 132''$  soit  $2'12''$ . La durée de la remontée entre chacun des paliers est : 30 secondes  $\times 2 = 1'$ . La somme des deux durées précédentes donne donc :  $DR = 2'12'' + 1' = 3'12''$  d'où  $DR = 4'$ . La Durée Totale de la Remontée est donc :  $DTR = 4' + 28' + 4' = 36'$

En poursuivant la lecture de la ligne, on lit la lettre "K" dans la colonne "Groupe de plongée Successive", dont l'explication est donnée un peu plus loin.

#### Recommandation :

Afin de simplifier la représentation schématique des plongées, on prendra soin d'écrire les profondeurs au-dessus des lignes symbolisant le parcours d'immersion, et les durées en dessous. On écrit les durées totales sur une même ligne horizontale. Cela permet notamment de ne pas mélanger les mètres (de la profondeur) avec les minutes (des durées).



Nota : Cette procédure de calcul de la durée de remontée est uniquement destinée à déterminer l'heure de sortie, heure à partir de laquelle d'autres calculs sont faits ultérieurement. Dans la pratique, on respecte la vitesse de remontée jusqu'au premier palier, la vitesse de remontée entre les paliers et on note précisément l'heure de sortie ainsi que la profondeur et la durée de chaque palier réalisé.

## 2 - Plongée simple :

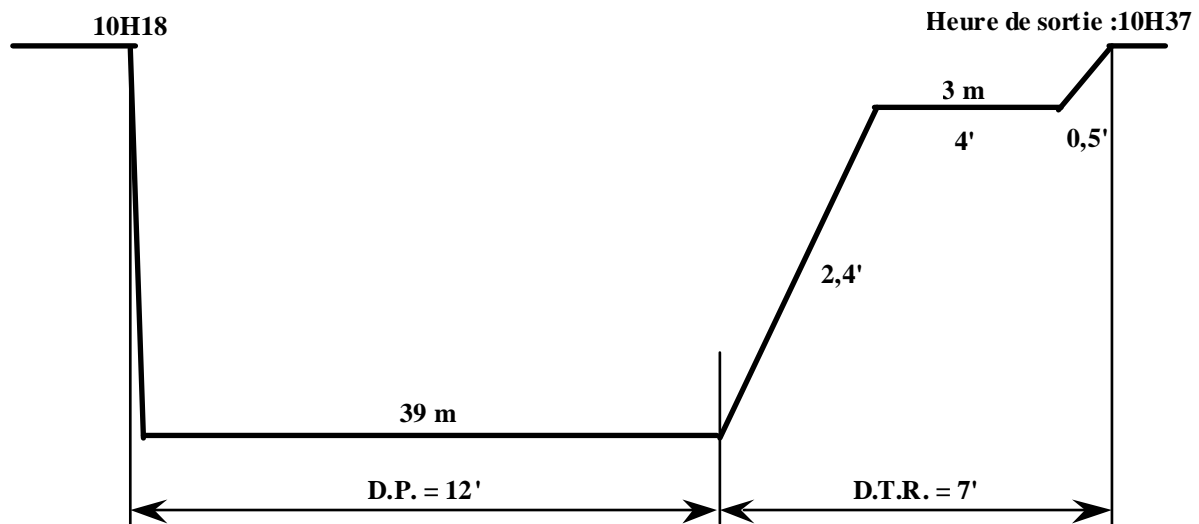
### 2 – 1 Définition :

On appelle "Plongée simple" ou "Plongée isolée", la plongée lorsque c'est la seule de la journée, ou la première lorsqu'il y en a plusieurs, ou bien encore la plongée débutée plus de 12H00 après la précédente.

La détermination des paliers et de la durée de la remontée dans le cas d'une plongée simple est celle vue précédemment, à savoir : entrer dans la table avec la profondeur atteinte (ou la profondeur immédiatement supérieure) et la durée de la plongée (ou la durée immédiatement supérieure) et lire les paliers; la durée totale de la remontée est calculée comme vu plus haut.

Ainsi, connaissant l'heure d'immersion, on peut en déduire l'heure de sortie de la palanquée.

Exemple : soit une palanquée s'immergeant à 10H18 pour faire une plongée de 12 minutes à 39 mètres. Déterminer les paliers et l'heure de sortie.



La profondeur de la plongée est 39 mètres, donc on entre dans la table avec la valeur 40 m.

La durée de la plongée est 12 minutes, donc on entre dans la table avec la valeur 15'.

On lit sur la table des plongées simples : 4' à 3 m

La durée de la remontée (DR) se calcule comme suit :

Distance de remontée :  $D = 39 \text{ m} - 3 \text{ m} = 36 \text{ m}$

Durée de la remontée jusqu'au premier palier :  $d = 36 / 15 = 2,4'$

Durée de la remontée entre palier et surface : 0,5' D'où  $DR = 2,4' + 0,5' = 2,9'$  soit 3'

On lit la même valeur en prenant directement le Tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur.

On en déduit l'heure de sortie :  $10\text{h}18 + 12' + 4' + 3' = 10\text{h}37$

### 2 – 2 Cas d'une remontée lente :

Définition : On appelle "Remontée lente", une remontée exécutée à une vitesse inférieure à la vitesse préconisée de 15 à 17 m/mn

Règle : Dans le cas d'une remontée lente, la durée de la plongée comprend la durée de la remontée lente.

Exemple : Une palanquée s'immerge à 10h18. Elle reste 12 minutes sur un fond de 39 mètres et remonte en 7 minutes progressivement à 25 mètres où elle décide de remonter jusqu'au premier palier à la vitesse préconisée de 15 mètres/minute.

Dans cet exemple, la profondeur de la plongée est de 39 mètres et la durée de la plongée est de : 12 + 7 soit 19 minutes. On entre donc dans la table avec 40 mètres et 20 minutes, et on lit les paliers à respecter soit : 1 minute à 6 mètres et 9 minutes à 3 mètres.

Profondeur	Durée de la Plongée	Durée des Paliers			Groupe de Plongée Successive
		9 m.	6 m.	3 m.	
40 m.	5				C
	10			2	E
	15			4	G
	20		1	9	H
	25		2	19	J
	30		4	28	K
	35		8	35	L
	40		13	40	M
	45	1	18	45	N
	50	2	23	48	O
	55	5	26	52	O
	60	8	29	57	P

Attention : Pour la détermination de la durée de la remontée exécutée à la vitesse préconisée, celle-là n'étant effective qu'à partir de 25 mètres, la durée de la remontée (DR) se calcule comme suit :

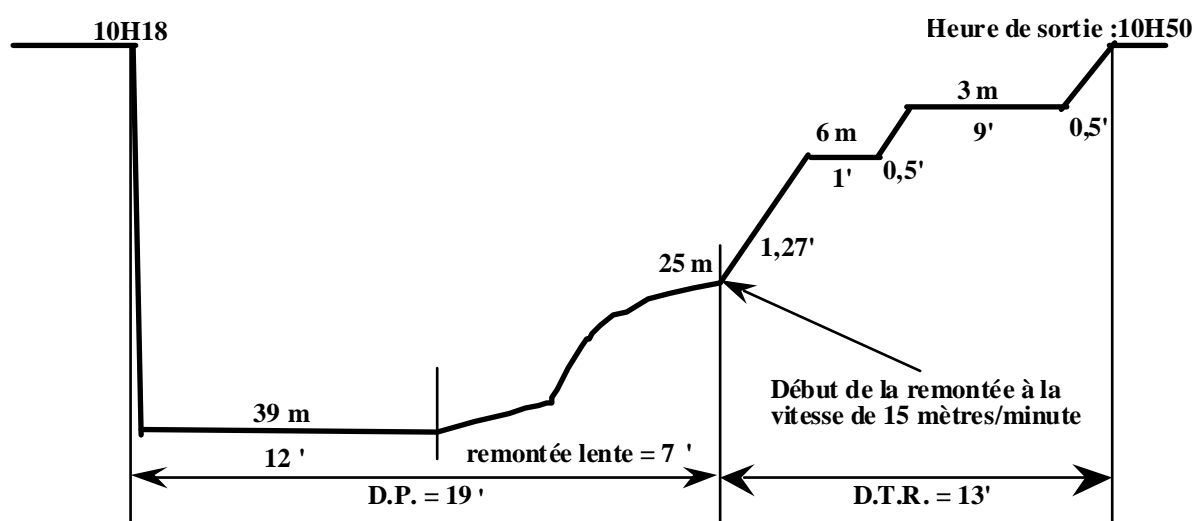
Distance à remonter : 25 m - 6 m = 19 m

Durée de la remontée jusqu'au premier palier :  $19 / 15 = 1,27'$

Durée de la remontée entre paliers et palier/surface : 1' d'où DR =  $1,27' + 1' = 2,27'$  d'où DR=3'

On lit la même valeur en prenant directement le Tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur.

L'heure de sortie est donc : 10h18 + 12' + 7' + 3' + 1' + 9' = 10h50



Nota : A l'extrême, on peut remonter lentement jusqu'au palier, la durée de la plongée inclut alors la durée de toute la remontée jusqu'au palier.



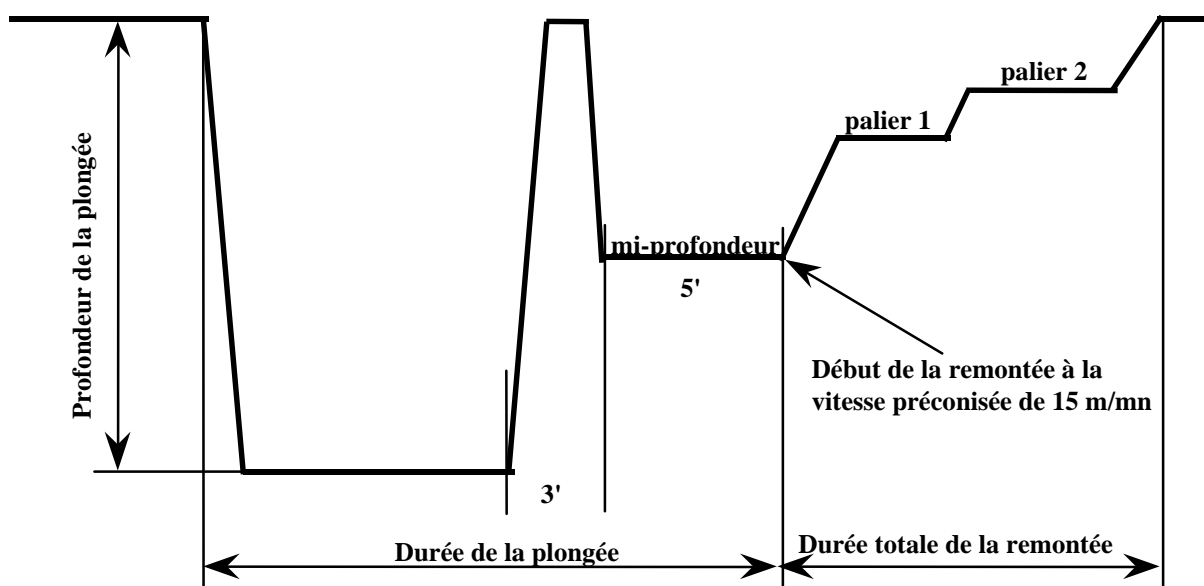
## 2 – 3 Cas d'une remontée rapide :

Définition : On appelle "Remontée rapide", une remontée exécutée à une vitesse supérieure à la vitesse préconisée de 15 à 17 m/mn

C'est notamment le cas, lorsqu'un incident nous oblige à palmer rapidement vers la surface, ou par exemple lors d'un exercice de remontée d'un plongeur en difficulté avec un P.A. trop gonflé, lors d'un sauvetage, etc...

Procédure : Dans le cas d'une remontée rapide, on doit redescendre à la moitié de la profondeur maximale atteinte lors de la plongée, le plus rapidement possible et si possible en moins de trois minutes, et y rester 5 minutes. On entre dans la table des plongées simples avec pour "Profondeur", la profondeur maximale atteinte et pour "Durée", la somme des durées d'immersion, depuis l'immersion jusqu'à la fin des 5 minutes de palier à mi-profondeur, (y compris la durée de la remontée rapide, le temps passé en surface, la redescente et la durée du palier à mi-profondeur).

Avertissement : Dans la pratique, cette procédure s'applique exclusivement lorsqu'aucun symptôme n'est décelé, sinon on doit appliquer la procédure d'accident de décompression.



Exemple : soit une palanquée s'immergeant à 10H25 et qui après 13 minutes à 37 mètres remonte très rapidement en surface. Elle retourne en 3' minutes à son premier palier. On cherche à déterminer les différents paliers et l'heure de sortie de la palanquée.

La profondeur de la plongée est 37 mètres. Dans la table, on prend : 38 m

La durée de la plongée est : 13' + 3' + 5' = 21'. Dans la table, on prend : 25' et on lit : 1' à 6 m et 16' à 3 m

Attention : comme on remonte d'un palier situé à mi-profondeur de la profondeur de la plongée, c'est à dire de 18,5 mètres, la durée de la remontée se calcule avec la vitesse préconisée de 15 à 17 m/mn comme suit :

Distance à remonter : 18,5 m - 6 m = 12,5 m

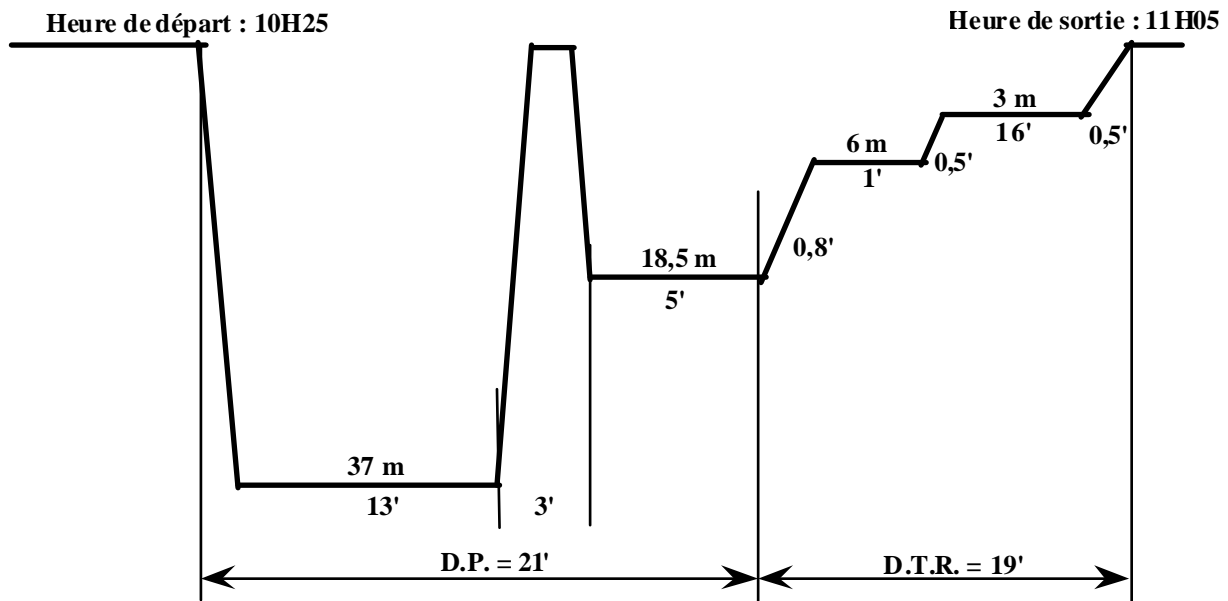
Durée de la remontée jusqu'au premier palier : 12,5 / 15 = 0,8'

Durée de la remontée entre paliers et palier/surface : 1 mn d'où DR = 0,8' + 1' = 1,8' D'où DR = 2'

On lit aussi la même valeur en prenant directement le Tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur.

La durée totale de la remontée (DTR) est donc :  $DTR = 2' + 1' + 16' = 19'$

On obtient alors le schéma suivant :



L'heure de sortie est donc :  $10h25 + 13' + 3' + 5' + 2' + 1' + 16' = 11h05$

### **EXCEPTION :**

Dans le cas où la plongée ne nécessite pas de palier, (par exemple si l'on fait une remontée rapide après 10 minutes de plongée à 20 mètres, puis 3 minutes pour redescendre à 10 mètres puis 5 minutes à 10 mètres, ce qui donne donc une plongée de 18 minutes à 20 mètres : la table ne donne pas de palier), on effectue obligatoirement un palier de 2 minutes à 3 mètres.

### **2 – 4 Palier interrompu :**

Procédure : Dans le cas d'un palier qui n'a pas été exécuté entièrement, on doit reprendre la procédure à partir du palier interrompu, c'est à dire refaire entièrement le palier interrompu et faire les suivants éventuels.

Exemple : soit une plongée dont les paliers indiqués par la table sont :

- 1' à 9 m
- 5' à 6 m
- 23' à 3 m

Si on interrompt le palier de 6 mètres au bout de 2 minutes, il y a lieu de recommencer et de faire entièrement les 5 minutes à 6 mètres et les 23 minutes à 3 mètres.

### **Recommandation pratique :**

Après toute plongée comportant une remontée rapide ou un palier interrompu, il est prudent de ne pas replonger avant 24 heures.

### 3 - SECONDE PLONGEE :

#### 3 – 1 Intervalle:

Définition : On appelle intervalle, le temps compris entre la sortie d'une plongée simple (ou plongée isolée) et le début de la plongée suivante.

Règle :

- Si l'intervalle entre deux plongées est strictement inférieur à 15 minutes, la deuxième plongée s'appelle "plongée consécutive".

- Si l'intervalle entre deux plongées est égal ou supérieur à 15 minutes et inférieur à 12 heures, la deuxième plongée s'appelle "plongée successive".

#### 3 – 2 Plongée consécutive :

Règle : Dans le cas d'une plongée consécutive, on prend pour "Profondeur", la profondeur maximale atteinte au cours des deux immersions et pour "Durée", la somme des durées des deux plongées.

Exemple 1 :

Première plongée : 13 minutes à 37 mètres. La table indique 4 minutes à 3 mètres.

On calcule la Durée Totale de la Remontée : DTR = 7'

Intervalle : 12 minutes

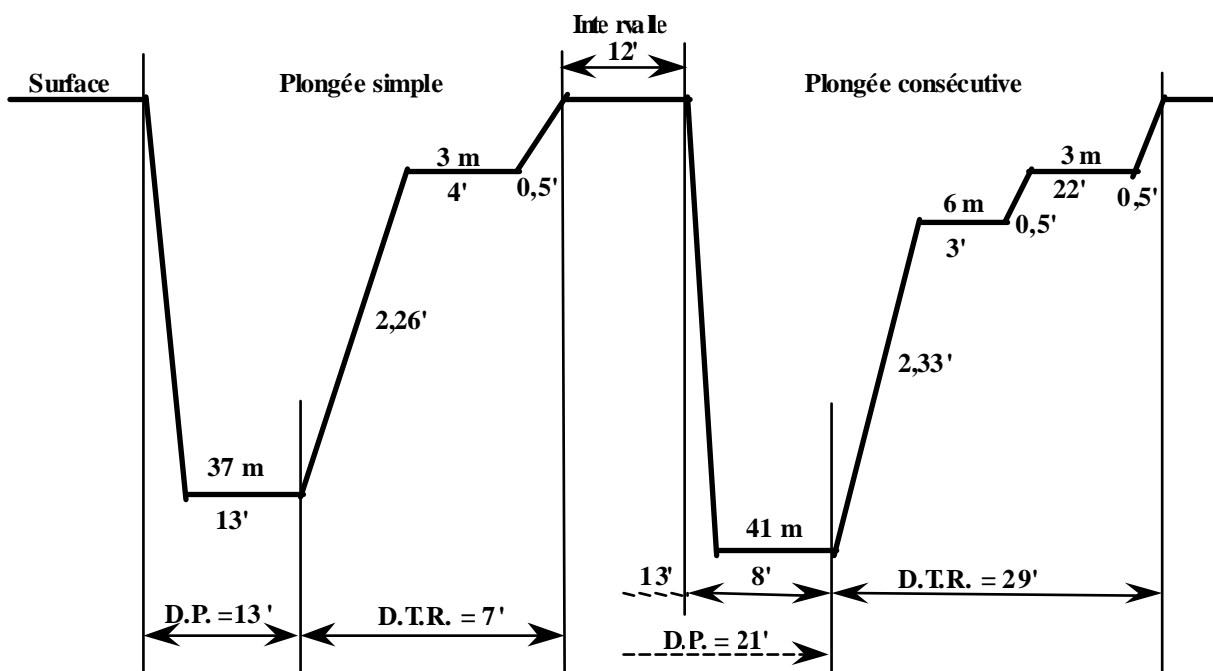
Seconde plongée : 8 minutes à 41 mètres.

On prend dans la table : Profondeur : 42 mètres Durée : 13' + 8' = 21' donc on prend 25'

On lit donc les paliers suivants : 3' à 6 m, 22' à 3 m

et on calcule la Durée Totale de Remontée : DTR = 29'

D'où le schéma suivant :



Important:

Dans le schéma de la page précédente, on a pris soin de mentionner en trait pointillé, les durées non réalisées au cours de la plongée consécutive mais dont on se sert pour entrer dans les tables afin de lire les paliers à exécuter. Ainsi convenu, il est aisé de ne pas confondre :

- les durées effectivement réalisées, entrant dans le calcul de l'heure de sortie,
- et les durées non réalisées (appelées aussi "durée fictive"  $D_f$ ) entrant dans la détermination des paliers.

Prenons un autre exemple que l'on retrouve fréquemment dans la pratique, c'est à dire une première plongée dans l'espace lointain, suivie par une seconde plongée dans l'espace médian, par exemple pour aller décrocher l'ancre.

Exemple 2 :

Soit une plongée de 13 minutes à 41 mètres, heure de départ : 10h31, suivie après un intervalle de 12 minutes, d'une seconde plongée de 8 minutes à 18 mètres.

Première plongée : 13 minutes à 41 mètres.

La table donne 5 minutes de palier à 3m. Distance à remonter :  $D = 41 - 3 = 38m$

Durée de remontée jusqu'au premier palier :  $38 / 15 = 2,53'$  d'où :

Durée Totale de la Remontée:  $DTR = 2,53' + 0,5' + 5' = 8,03'$  d'où  $DTR = 9'$

Intervalle : 12 minutes => La seconde immersion est une "plongée consécutive".

Seconde plongée : 8 minutes à 18' mètres. On prend dans la table : Profondeur : 42 mètres

Durée :  $13' + 8' = 21'$ . Donc, on prend 25' et on lit donc les paliers suivants :

3 minutes à 6 m et 22 minutes à 3 m

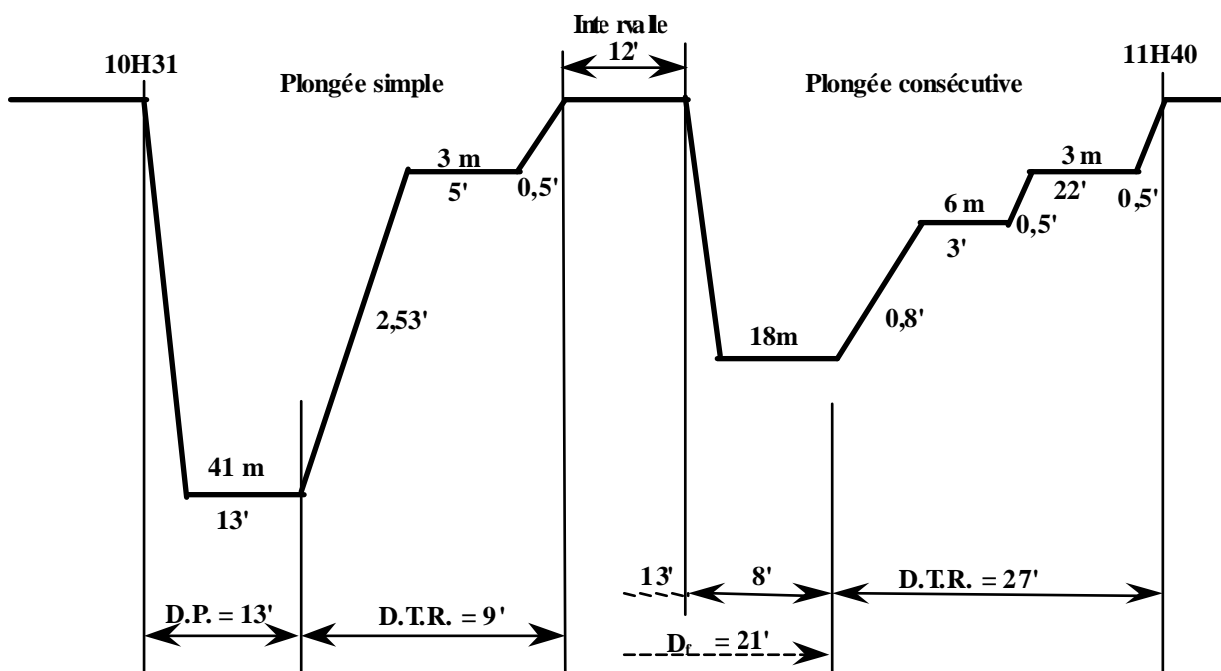
Attention : Comme on remonte de la profondeur 18 mètres (et non de 41), on prend pour durée de remontée, celle calculée à partir de la profondeur de 18 mètres soit  $18 - 6 = 12 m$

D'où une durée de remontée jusqu'au premier palier de  $12/15 = 0,8$  minute.

La durée de remontée entre paliers et palier/surface est :  $0,5' + 0,5' = 1 mn$

La Durée Totale de la Remontée est donc :  $DTR = 3' + 22' + 1' + 1' = 27'$

D'où le schéma suivant :



L'heure de sortie de la seconde plongée est :  $10h31 + 13' + 9' + 12' + 8' + 27' = 11h40$

### 3 – 3 Plongée successive :

Rappelons que c'est le cas d'une plongée dont l'intervalle avec la plongée précédente est au moins de 15 minutes et au plus de 12 heures.

Après la première plongée, nous sommes en sursaturation. La tension d'azote diminue progressivement pour devenir négligeable après 12 heures. Entre 15 minutes et 12 heures, nous devons en tenir compte et nous utilisons le "Groupe de Plongée Successive" (G.P.S) représenté par une lettre située dans la dernière colonne de la table des plongées simples. (Il reflète la tension résiduelle d'azote dans le compartiment (ou tissu) de période 120 minutes).

Cette lettre varie de A à P suivant la valeur de la tension résiduelle d'azote dans le tissu 120 minutes au moment de l'émersion. Cette lettre est remplacée par un astérisque dans le cas où la plongée successive est interdite.

Profondeur	Durée de la Plongée	Durée des Paliers					Groupe de Plongée Successive
		15 m.	12 m.	9 m.	6 m.	3 m.	
60 m.	5					2	D
	10				2	6	G
	15			1	4	19	J
	20			3	8	32	L
	25			5	15	41	M
	30		1	8	22	48	O
	35		4	11	28	54	P
	40		6	17	30	62	P
62 m.	5					2	*
	10				2	7	*
	15			1	5	21	*

A partir du Groupe de Plongée « G.P.S. » lu sur la table des plongées simples, on va déterminer la "majoration".

### Majoration :

La majoration est une durée de plongée fictive qui équivaut au temps qu'il faudrait pour "acquérir" à la profondeur de la seconde plongée, la même tension d'azote que la tension d'azote résiduelle de la première plongée.

A partir de cette définition, on peut faire quelques observations.

En ne faisant varier qu'un des paramètres (profondeur de la première plongée, durée de la première plongée, intervalle, profondeur de la seconde plongée), on observe :

- plus la première plongée est profonde, plus la majoration est importante
- plus la première plongée est longue, plus la majoration est importante
- plus l'intervalle entre les deux plongées est long, moins la majoration est importante
- plus la deuxième plongée est profonde, moins la majoration est importante

(et si l'on allonge la durée de la seconde plongée, cela ne change pas la durée de la majoration ! mais seulement les paliers dus à la seconde plongée)

Pour calculer la majoration, on procède en deux étapes :

Etape 1 :

On détermine d'abord la tension d'azote dans le tissu 120 minutes. Pour cela, on utilise le "Tableau donnant l'azote résiduel après intervalle à la surface" : on entre en vertical (en colonne), le Groupe de Plongée Successive et en horizontal (en ligne), l'intervalle entre les deux plongées ; on lit au croisement des deux, la tension d'azote recherchée.

Règle : Si l'intervalle entre les 2 plongées n'est pas inscrit dans le tableau, on prend dans la table l'intervalle immédiatement inférieur. *(Si l'on prenait la valeur supérieure, on entrerait dans les tables avec un intervalle plus grand que réellement, ce qui n'irait pas dans le sens de la sécurité car on déclarerait avoir plus désaturé que ce que l'on a effectivement désaturé.)*

On lit alors une valeur comprise entre 0,80 et 1,45. C'est la tension d'azote dans le tissu 120 minutes. Cette valeur s'exprime en bar.

Exemple : On émerge d'une première plongée avec un coefficient "G" et on va replonger après un intervalle de 2h45.

Dans le tableau, on entre dans la colonne "G" et dans la ligne "2h30" ; on lit alors "0,93". Cela signifie : la tension d'azote dans le tissu 120 minutes est égale à 0.93 bar.

Etape 2 :

On entre dans le "Tableau donnant la majoration en minutes" :  
- en colonne, la tension d'azote lue dans le tableau précédent, et  
- en ligne, la profondeur de la seconde plongée.

Règles :

Si la tension d'azote lue dans le "Tableau donnant l'azote résiduel après intervalle en surface" n'est pas dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", on prend la valeur *immédiatement supérieure*. *(si l'on prenait la valeur inférieure, on entrerait dans les tables avec une tension d'azote inférieure à celle de notre corps, ce qui n'irait pas dans le sens de la sécurité).*

Si la profondeur de la seconde plongée n'est pas dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", on prend la valeur immédiatement supérieure; c'est cette même valeur que l'on prend pour déterminer les paliers de la seconde plongée.

Observations importantes :

La Marine Nationale, soucieuse de ne pas modifier ses procédures, est revenue au principe en vigueur dans l'utilisation des tables GERS 65 qui était : "Si la profondeur de la seconde plongée n'est pas dans le "Tableau donnant la majoration en minutes" (dans le cas des tables GERS 65, c'était la réglette), on prend la valeur *immédiatement inférieure*. "

La FFESSM a choisi de conserver la procédure définie à l'origine par le concepteur des tables, à savoir : Si la profondeur de la seconde plongée n'est pas dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", on prend la valeur immédiatement supérieure ; c'est cette même valeur que l'on prend pour déterminer les paliers de cette seconde plongée.

### Exemple 1:

Reprenons notre exemple précédent : on sort d'une première plongée avec un coefficient "G".  
On replonge 2h45 plus tard à 26m. On cherche la majoration.

D'après le premier tableau, la tension d'azote est égale à 0,93b. On entre alors dans le "Tableau donnant la majoration en minutes". Ayant une tension de 0,93b on prend en colonne 0,95. La profondeur de la seconde plongée étant de 26 mètres, on prend, la ligne 28m et on lit alors une majoration de 12'.

### Exemple 2:

Soit une plongée de 17 minutes à 41 mètres, heure de départ 10h41.

La palanquée s'immerge une seconde fois à 15h30 et reste 21 minutes à 23mètres.

On demande paliers, heure de sortie pour chaque plongée.

Première plongée : 17 minutes à 41 mètres

La table des plongées simples donne, pour 20' à 42m. : 1' à 6m, 12' à 3m

Le calcul de la durée totale de remontée donne 17' et un coefficient GPS "I".

L'heure de sortie est : 10h41 + 17' + 17' = 11h15

L'intervalle est : 15h30 - 11h15 = 4h15

Pour calculer la majoration, on entre dans le "Tableau donnant l'azote résiduel après intervalle en surface" avec un G.P.S. = "I" et un intervalle de 4h00. On lit alors  $TN_2 = 0,90$  b. On entre dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", on prend la valeur immédiatement supérieure, c'est à dire  $TN_2 = 0,92$  b. et pour profondeur 25m.

On lit donc une majoration de 11'.

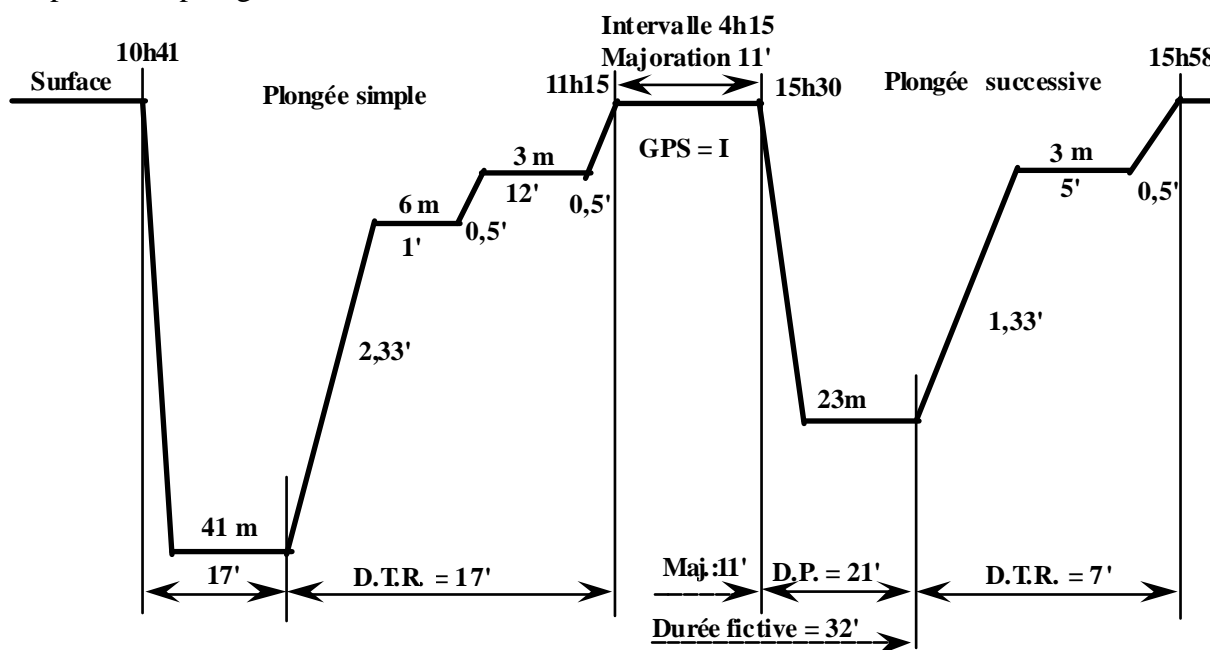
Seconde plongée : 21' à 23m

Durée fictive = durée de la plongée + majoration soit :  $d = 21' + 11' = 32'$

On entre donc dans la table avec une durée fictive de 35' et une profondeur de 25m.

On lit alors : 5' à 3m ; on calcule la durée totale de la remontée : DTR = 7'

Le profil des plongées est donc le suivant :



L'heure de sortie est égale à : 15h30 + 21' + 5' + 2' = 15h58

## **NOTA IMPORTANT**

Dans la pratique, deux cas peuvent se produire :

Premier cas :

Vous faites le calcul de votre majoration pour une deuxième plongée à certaine profondeur et vous plongez plus profond.

Par exemple, vous faites le calcul de votre majoration pour une deuxième plongée à 20m et vous plongez à 25m. Dans ce cas, vous devez calculer vos paliers avec la majoration de 20m et la profondeur de 25m. En effet, en prenant la majoration calculée pour 20m, celle-ci est supérieure à celle de 25m. Le calcul va bien dans le sens de la sécurité.

Second cas :

Vous faites le calcul de votre majoration pour une deuxième plongée à certaine profondeur et vous plongez moins profond.

Par exemple, vous faites le calcul de votre majoration pour une deuxième plongée à 25m et vous ne plongez qu'à 20m. Dans ce cas, vous devez calculer vos paliers avec la majoration de 25m et vous rentrez dans les tables avec une profondeur de 25m. En effet, en prenant la profondeur de 25m, les paliers seront supérieurs à ceux mentionnés pour une plongée à 20m. Le résultat va bien dans le sens de la sécurité.



## 4 - PLONGEES HORS STANDARD

### 4 – 1 Plongée en altitude :

Au niveau de la mer, la pression atmosphérique est, selon les unités, égale à 760 mmHg, 1 013 mbars, 1 013 hPa. En altitude, la pression atmosphérique diminue. En première approximation, on admet que cette diminution est quasi linéaire jusqu'à une altitude de 5 000m. Cette diminution fait qu'au départ d'une immersion en altitude, le plongeur (qui est resté plus de 12 heures à cette altitude) n'est pas saturé à 0,8 bars d'azote (comme il l'est au niveau de la mer), mais plus faiblement (à 80% de la pression atmosphérique du lieu). La tension d'azote acquise en plongeant, par rapport à la saturation d'origine (celle qu'on a juste avant de s'immerger) est plus grande en altitude qu'en mer, pour une même profondeur. Ainsi, notre plongeur, s'immergeant en altitude, fait varier son coefficient de sursaturation beaucoup plus en altitude qu'en mer pour une plongée à une même profondeur. S'immerger à une certaine profondeur en altitude revient donc à s'immerger en mer plus profondément. Le rapport de ces deux profondeurs est directement proportionnel au rapport des pressions atmosphériques.

$$\frac{\text{Profondeur "table"}}{\text{Profondeur réelle}} = \frac{\text{pression atmosphérique Mer}}{\text{pression atmosphérique Altitude}}$$

### Profondeur fictive :

On appelle profondeur fictive, la profondeur avec laquelle on va chercher les paliers dans la table des plongées simples à l'air, en fonction de la pression atmosphérique à laquelle s'effectue la plongée.

En altitude, on utilise donc la table des plongées simples, en multipliant la profondeur réelle d'immersion par le rapport (toujours plus grand que 1) des pressions atmosphériques.

$$\text{Profondeur "table"} = \text{Profondeur réelle} \times \frac{\text{pression atmosphérique Mer}}{\text{pression atmosphérique Altitude}}$$

### Exemple :

Soit une immersion dans un lac situé à une altitude de 2 000 m où la pression atmosphérique est de 608 mmHg (810 hPa). Si nous plongeons à une profondeur réelle de 16m, la profondeur à laquelle nous plongerions si nous étions en mer, serait :

$$16 \times 760 / 608 = 20\text{m}$$

On peut également écrire :

$$16 \times 1013 / 810 = 20\text{m}$$

### Détermination des paliers :

La procédure pour déterminer la durée des paliers reste inchangée. Les durées des paliers sont celles lues sur la table à la profondeur précédemment calculée (dans notre exemple, on lit les paliers à la profondeur de 20m alors qu'on ne plonge qu'à 16m en altitude).

### **Profondeur réelle des paliers :**

La détermination des profondeurs auxquelles doivent être exécutés ces paliers, suit la même règle que précédemment, à savoir :

$$\frac{\text{Profondeur réelle du palier}}{\text{Profondeur "table" du palier}} = \frac{\text{pression atmosphérique altitude}}{\text{pression atmosphérique mer}}$$

#### **Exemple :**

Soit une plongée de 20 minutes à une profondeur de 34 mètres dans un lac où la pression atmosphérique est de 608 mmHg (810 hPa).

La profondeur à lire dans la table est telle que :  $34/P = 608 / 760$  d'où  $P = 42,5\text{m}$

On prend donc dans la table : 45m D'où, les paliers : 3' à 6m et 15' à 3m

On fait donc un palier de 3 minutes à une profondeur telle que :  $P/6 = 608 / 760$  d'où  $P = 4,8\text{m}$

et un palier de 15 minutes à une profondeur telle que :  $P/3 = 608 / 760$  d'où  $P = 2,4\text{m}$

La durée totale de la remontée se calcule, sans changement de procédure par rapport aux plongées en mer, à savoir dans l'exemple présent :

Distance à parcourir selon la table (distance fictive) jusqu'au premier palier :

$$42,5 - 6 = 36,5 \text{ m soit une durée : } D = 36,5 / 15 = 2,43'$$

Durée de la remontée entre paliers et palier/surface : 1 mn d'où  $DR = 2,43' + 1' = 3,43'$

soit 4 minutes.

La durée totale de la remontée est donc égale à :  $DTR = 3' + 15' + 4' = 22'$

### **Vitesse réelle de remontée :**

On peut également faire le calcul de la vitesse réelle de remontée. Ainsi, on peut écrire, dans l'exemple proposé :  $V_R = (34 - 4,8) / 2,43 = 12 \text{ m/mn}$

On peut aussi écrire, par rapport à la vitesse préconisée en mer (15 m/mn), la vitesse de remontée dans le cas de notre exemple est de :  $15 \times 608 / 760$  soit  $V_R = 12 \text{ m/mn}$

### **Indication des profondimètres :**

Suivant leur technologie, les profondimètres ne subissent pas les mêmes modifications de lecture lorsqu'ils sont utilisés en altitude.

- Profondimètre capillaire également appelé type loi de Mariotte : étant mis à la pression ambiante au moment de leur utilisation, ces profondimètres indiquent directement la profondeur fictive, c'est à dire la profondeur à lire dans la table, ce qui en fait un avantage certain. Cependant, s'ils sont précis à faibles profondeurs, ces profondimètres demeurent de lecture très approchée à partir de l'espace médian. Pour obtenir la profondeur réelle à partir d'un profondimètre capillaire, il suffit donc multiplier la profondeur lue par la pression atmosphérique (exprimée en bar) du lieu.

Exemple :

Soit une profondeur de 40 mètres lue sur un profondimètre capillaire, avec  $P_{\text{atmos.altitude}} = 810 \text{ hPa}$

La profondeur réelle est :  $P_{\text{Réelle}} = P_{\text{capillaire}} \times P_{\text{atmos.altitude}} / P_{\text{atmos.mer}}$

D'où, selon l'unité utilisée :  $P_{\text{Réelle}} = 40 \times 608 / 760 = 40 * 810 / 1013 = 40 \times 0,8 / 1 = 32 \text{ m}$

- Profondimètre à membrane ou à tube de bourdon : le mécanisme de ces profondimètres est enfermé dans une cavité étanche et ajusté à zéro à la pression atmosphérique normale, c'est à dire à 1 013 hPa (1bar). En conséquence, lorsqu'ils sont en altitude, ces profondimètres accusent un retard égal à la diminution de pression atmosphérique. Ils n'indiquent zéro que lorsqu'ils subissent de nouveau une pression de 1 bar.

Exemple :

Si la pression atmosphérique en altitude est de 810 hPa (608 mmHg ou 0.8 bar), le retard est donc égal à 213 hPa (152 mmHg ou 0,2 bar). Dans ce cas, l'unité la plus facile à utiliser est le bar. Le retard de 0,2 bar est rattrapé à 2 mètres de profondeur, et à cette profondeur le profondimètre indique alors zéro.

Si le profondimètre indique 30 mètres, la profondeur réelle est donc :  $P_{\text{Réelle}} = 30 + 2 = 32 \text{ m}$

A la réciproque de l'exemple précédent, la profondeur à prendre dans la table est :

$P_{\text{Table}} = P_{\text{Réelle}} \times P_{\text{atmos.mer}} / P_{\text{atmos.altitude}} = 32 \times 1 / 0,8 = 40 \text{ m}$

- Profondimètre à membrane ou à tube de bourdon avec remise à zéro : certains appareils sont équipés d'une couronne permettant d'ajuster la lecture du zéro. En recalant à zéro le profondimètre avant la plongée en altitude, on compense le retard et on lit donc directement la profondeur réelle.

En reprenant le même exemple que précédemment, la lecture du profondimètre avec remise à zéro indique 32 mètres pour une profondeur réelle de 32 mètres. La profondeur à prendre dans la table est comme précédemment :

$P_{\text{Table}} = P_{\text{Réelle}} \times P_{\text{atmos.mer}} / P_{\text{atmos.altitude}} = 32 \times 1 / 0,8 = 40 \text{ m}$

- Profondimètre électronique : en prenant soin de se référer à la notice des appareils utilisés, ces profondimètres prennent généralement en compte la pression atmosphérique ambiante et en tiennent compte pour l'affichage de la profondeur. Dans la plupart des cas, celle affichée est directement la profondeur fictive, équivalente à celle qu'on lirait sur la table. Il n'y a donc pas de calcul complémentaire à faire. Cependant, il faut être vigilant car quelques appareils nécessitent un certain temps d'initialisation avant leur utilisation.

## 4 – 2 Plongée aux mélanges suroxygénés:

Avec l'apparition progressive du Nitrox, il est devenu courant de respirer des mélanges en plongée sportive. Il est donc d'usage d'en comprendre les règles qui permettent d'utiliser les tables standard lors d'une immersion avec un mélange suroxygéné. Ce paragraphe est une courte introduction sur les règles d'utilisation des tables MN 90 lorsque l'on plonge en respirant un mélange suroxygéné. Il ne remplace pas la formation spécifique Nitrox pour l'utilisation de ce mélange en plongée.

Dans une plongée à l'air, les calculs de dissolution de l'azote sont basés sur un pourcentage voisin de 80%. Dans une plongée avec un mélange suroxygéné, il y a diminution de la pression partielle d'azote respiré, donc diminution de la dissolution de ce gaz. Par conséquent, et en première approximation, en dissolvant moins d'azote, il y en aura moins à restituer, d'où une diminution du temps de désaturation et donc une diminution de la durée des paliers.

Procédure : D'abord, on commence par calculer les profondeurs maximales accessibles en fonction des pressions partielles admissibles pour chacun des gaz composant le mélange. Puis, on calcule la profondeur équivalente à laquelle on plongerait, si l'on plongeait à l'air, cela afin d'utiliser la même table des plongées simples.

### Profondeur équivalente :

On appelle profondeur équivalente, la profondeur avec laquelle on plongerait à l'air avec la pression partielle d'azote avec laquelle on plonge au mélange.

Pour déterminer cette profondeur, on calcule le rapport des pressions absolues qui est égal au rapport des pressions partielles d'azote respiré.

$$\frac{\text{Pression absolue équivalente}}{\text{Pression absolue "table"}} = \frac{\text{pression partielle N}_2 \text{ du mélange}}{\text{pression partielle N}_2 \text{ atmosphérique}}$$

### Exemple :

Soit un mélange 40% O<sub>2</sub>, 60% N<sub>2</sub> :

En admettant que les pressions partielles maximales admissibles pour O<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> soient respectivement de 1,6 b et 5,6 b, les profondeurs maximales accessibles sont :

Pour l'oxygène :  $1,6 = P_{\text{abs}} \times 0,4 \Rightarrow P_{\text{abs}} = 4$  bars d'où une profondeur de 30 mètres.

Pour l'azote :  $5,6 = P_{\text{abs}} \times 0,6 \Rightarrow P_{\text{abs}} = 9,3$  bars d'où une profondeur de 83 mètres.

La profondeur limite est donc la plus faible des deux soit : 30 mètres.

En plongeant à cette profondeur, on calcule la profondeur équivalente comme suit :

$$\frac{\text{Pression absolue équivalente}}{4 \text{ bars}} = \frac{0,60}{0,80}$$

La pression absolue équivalente est donc égale à :

$P_{\text{abs}} = 4 \times 0,6 / 0,8 = 3$  bars, soit une profondeur équivalente de 20 mètres.

On voit donc ici l'intérêt de respirer ce mélange en plongée, où l'on plonge à 30 mètres et on fera les paliers lus à la profondeur de 20 mètres.

Deux possibilités sont alors offertes :

- soit on cherche à rester un temps maximum sans faire de palier ; dans ce cas, on peut rester 40 minutes à 30 mètres, au lieu de 10 minutes si l'on plongeait à l'air
- soit on doit rester un certain temps, et dans ce cas les paliers seront plus courts : par exemple, si l'on plonge 60 minutes, on ne fera que 13 minutes à 3 mètres au lieu de faire 10 minutes à 6 mètres et 43 minutes à 3 mètres si l'on plongeait à l'air.

La durée de la remontée, la vitesse de remontée jusqu'au premier palier, la vitesse de remontée entre paliers (et entre le palier à 3 mètres et la surface) ne sont pas modifiées par l'utilisation d'un mélange suroxygéné. La procédure de remontée est donc inchangée.

#### **4 – 3 Paliers à l'oxygène :**

Bien qu'il soit relativement rare de faire des paliers à l'oxygène pur en plongée sportive, il est aussi d'usage d'en connaître les règles d'utilisation.

La pression partielle limite d'oxygène admise en France est de 1,6 bars. D'où une limite d'utilisation au palier de 6 mètres. On peut donc utiliser l'oxygène pur, pour les paliers à 6 mètres et à 3 mètres.

Les durées des paliers sont égales au 2/3 des durées mentionnées dans la table des plongées simples pour autant que le palier à effectuer soit au moins égal à 5 minutes. En deçà, on considère que l'effet de l'oxygène n'est pas suffisant pour opérer une réduction de la durée du palier.

Exemple : Soit une plongée de 85 minutes à 25m.

Les paliers selon les tables (à l'air) donnent : 9' à 6m et 48' à 3m

Exécutés à l'oxygène pur, les paliers sont :

$9 \times 2 / 3$  : soit 6' à 6m et,

$48 \times 2 / 3$  : soit 32' à 3m

#### **4 – 4 Respiration d'oxygène pendant l'intervalle entre deux plongées :**

Le fait de respirer de l'oxygène normobar pendant l'intervalle entre deux plongées augmente le gradient de pression partielle d'azote, et donc facilite son élimination du corps. Ainsi, la tension d'azote dans les tissus diminue-t-elle plus rapidement. La majoration, calculée pour une seconde plongée, s'en trouve donc diminuée.

Sortant d'une plongée avec un coefficient GPS, le "tableau donnant l'azote résiduel après inhalation d'oxygène pur" indique la tension d'azote et permet de déterminer le nouveau coefficient GPS à prendre, en fonction de la durée d'inhalation d'oxygène.

Règle : Dans le cas où la durée d'inhalation effective ne serait pas indiquée dans la table, on prendra la durée immédiatement inférieure.

Exemple :

Soit une plongée d'où l'on sort avec un coefficient GPS de "H".

On inhale de l'oxygène pur pendant 40 minutes

Que deviennent le coefficient GPS et la majoration si on replonge immédiatement après, à 20 mètres ?

Que deviennent le coefficient GPS et la majoration si on replonge 2 heures après la fin de l'inhalation d'oxygène, à 20 mètres ?

En terminant la plongée avec un GPS de "H", on lit dans le "Tableau donnant la majoration après inhalation d'oxygène pur", sur la ligne "30 min." la valeur de la tension d'azote au bout d'une demi-heure d'inhalation d'O<sub>2</sub>, soit TN<sub>2</sub> = 1,06 b

On lit le nouveau GPS dans le même tableau sur la ligne "0 min." pour une valeur de tension d'azote égale ou immédiatement supérieure à 1,06 b précédemment calculée. En l'occurrence, on prend 1,07 b, c'est à dire un GPS "F".

- soit on replonge immédiatement, et dans ce cas, la majoration est lue dans la colonne 1,07 dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", et pour une nouvelle plongée à 20 mètres, on lit une majoration égale à 32'

- soit on replonge, après un nouvel intervalle de 2 heures après la fin de l'inhalation d'oxygène pendant lequel on ne respire plus de l'oxygène normobar mais de l'air, le GPS étant "F", la nouvelle tension d'azote lue dans le "Tableau donnant l'azote résiduel après intervalle en surface" au bout de 2 heures est 0,94 b.

Dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", on lit donc dans la colonne 0,95 une majoration de 17'.

Reprenons la même plongée avec un GPS de "H" et commençons la désaturation par 2 heures de respiration à l'air puis 40 minutes d'inhalation d'O<sub>2</sub>. Dans le "Tableau donnant l'azote résiduel après intervalle en surface" au bout de 2 heures la tension est de 0,98 b. On lit alors dans le "Tableau donnant la majoration après inhalation d'oxygène pur", en partant de la ligne "0 minute" et la colonne 0,98 sur la ligne "30 min". la valeur de la tension d'azote au bout d'une demi-heure d'inhalation d'O<sub>2</sub>, soit TN<sub>2</sub> = 0,90 b. Dans le "Tableau donnant la majoration en minutes", en partant de la colonne 0,92 et en replongeant à une profondeur de 20 mètres, on lit une majoration de 13 minutes.

Pour optimiser la diminution de la majoration, il est donc préférable de respirer de l'oxygène juste avant l'immersion de la seconde plongée, plutôt que juste après l'émersion de la première plongée.

## **5 - BIBLIOGRAPHIE :**

CEPISMER PROCES VERBAL 03/90 MARINE NATIONALE

UTILISATION DES NOUVELLES TABLES DE PLONGEE 1990 : Francis IMBERT

LES DOSSIERS DE CTN INFO – FFESSM – 1994

LES DOSSIERS DE CTN INFO FFESSM – 1995

CIRCULAIRE MARINE NATIONALE du 17 décembre 1997

MANUEL D'INSTRUCTION TABLES DE PLONGEE MN90 Jean Claude RIPOLL

PLONGEE PASSION – Jean-Michel OYHENART Patrick MIOULANE

SUBAQUA – FFESSM

CODE DU SPORT : Journal Officiel 22 Février 2012

## **ANNEXE – TABLES MN90 :**

- Tables des plongées simples
- Tableau donnant l'Azote résiduel après intervalle en surface
- Tableau donnant la majoration en minutes
- Tableau donnant l'Azote résiduel après inhalation d'oxygène pur
- Tableau donnant la durée de la remontée en fonction de la profondeur.