**Les tables MN 90 – FFESSM**

Plan : 1. Utilisation des tables

- Rappel des conditions d’utilisation

- Les différents types de plongée (simple, successive, remontée lente)

- Les profils anormaux (consécutive, remontée rapide, interruption de palier)

- Exercices

2. Utilisation de l’O2 pur pour la désaturation

- Les paliers à l’O2 pur

- Exemple

- Respiration d’O2 pur en surface

- Simulation et conclusion

3. Les plongées en altitude

-La modification de la pression atmosphérique

- Profondeur et vitesse équivalentes

- Instruments et altitude

- Exercices

Justification : Votre futur statut de guide de palanquée implique que vous devrez gérer la désaturation de toute votre palanquée. Une connaissance pointue des différents instruments et leur utilisation dans des contextes divers vous est nécessaire.

1. Utilisation des tables

**- Rappel des conditions d’utilisation**

Les tables MN 90 sont utilisables sans modification pour :

* Des plongées à l’air uniquement
* 2 plongées par 24 h max
* A une altitude de 300m max
* Avec une vitesse de remontée de 15m/min (soit 4m / sec) jusqu’au 1er palier puis 6m/min (soit 30 sec pour 3 m) entre chaque palier et jusqu’à la surface
* Avec un effort modéré

Rappel des termes utilisés :

**La durée de plongée** : depuis l’immersion jusqu’au moment où la palanquée remonte à une vitesse de 15 m / min, en dessous de cette vitesse le temps écoulé est à inclure dans le temps de plongée

**La DTR** : Durée Totale de Remontée : temps de remontée du fond jusqu’ au 1 er palier( 15 m/ min), le temps du ou des paliers, le temps de remontée entre les paliers et le temps de remontée du dernier palier jusqu’à la surface ( 6 m/ min)

**Le temps d’immersion** : depuis la mise à l’eau et jusqu’au retour en surface : durée de plongée + DTR

**L’intervalle de surface** : temps écoulé depuis le retour en surface lors de la 1ère plongée et jusqu’au moment de l’immersion de la 2ème plongée

*Schéma*

Pour lire les tables on utilise :

* La durée de plongée
* La profondeur max atteinte au cours de la plongée
* Les paramètres immédiatement supérieurs si absence des paramètres réels dans les tables

**- Les différents types de plongée**

**La plongée simple**

Séparée de la dernière plongée par au moins 12 h, lecture directe des paliers

*Lecture avec reconstitution de la courbe de plongée sans palier.* A savoir par cœur

**La plongée successive**

C’est une plongée strictement comprise entre 15 min et 12 h après une précédente. L’azote résiduel de la 1ère plongée est prise en compte à la 2ème plongée avec la majoration, calculée via le GPS.

1. Lecture des paliers et du GPS pour la première plongée
2. Calcul de la DTR et déduction de l’heure de sortie de la 1ère plongée
3. Calcul de l’intervalle de surface
4. Calcul de l’azote résiduel par le report dans le tableau I du GPS et de l’intervalle de surface
5. Calcul de la majoration par le report dans le tableau II du taux d’azote résiduel et de la profondeur prévue de la 2ème plongée
6. Détermination de la durée de la 2ème plongée avec l’ajout de la majoration au temps réel de plongée effectué
7. Calcul des paliers pour la 2ème plongée
8. Calcul de la DTR et de l’heure de sortie pour la 2ème plongée

Exercice : 1 ère plongée à 10 h00 à 43 m pendant 16 min. 2ème plongée à 15h30 sur 19m pendant 31 min. Schéma ? Palier ? GPS ? Heure de sortie ?

*16 min à 43 m donne 3 min à 6m et 15 min à 3 m GPS I*

*DTR : 2,5 min de remontée + 3 min + 0,5 min + 15 min + 0,5 min = 21,5 min soit 22 min*

*Heure de sortie 16 min + 22 min = 10h38*

*2ème plongée à 15h30 soit 4h52 d’intervalle = 4h30 GPS : I donne 0,88*

*Soit 0,89 dans tab II à 20m (pour 19 m) = 10 min de majo*

*Donc 2ème plongée 31 min + 10 min de majo = 41 min à 19 m soit 45 min à 20m donne 1 min à 3 m*

*DTR : 1 min + 1 min plaier + 0,5 min = 2,5 min soit 3 min donc heure de sortie = 16 h 04*

Remarque :

* si dépassement de la profondeur prévue : possibilité de recalcul de la majo sous l’eau , sinon conservation de la majo calculée (va dans le sens de la sécurité) et calcul des palier avec la profondeur réellement atteinte.
* Si non atteinte des paramètres fixés : possibilité de recalcul de la majo sous l’eau , sinon la conserver et calculer les paliers avec la profondeur prévue initialement (va dans le sens de la sécurité)

**La remontée lente**

Toute remontée effectuée à une vitesse inférieure à 15 m /min est considérée comme lente et est à inclure dans le temps de plongée.

* **Les profils anormaux**

**La consécutive**

C’est une plongée effectuée entre strictement 3 et 15 min après une première plongée. Les 2 temps de plongée s’additionnent sans compter le temps en surface et la profondeur retenue est celle maximum atteinte durant les 2 plongées.

**Exemple**

Immersion à 8h30 sur 26 m pendant 15 min puis ils mettent 6 min pour gagner le 1er palier. Retour en surface puis ré immersion 11 min plus tard pour décrocher l’encre à 11 m pendant 7 min. Palier ? GPS ? heure de sortie ?

Remontée lente + consécutive

*Durée de plongée : 15 min + 6 min = 21 min à 26 m donne dans les tables 2 min à 3 m heure de sortie : 8h54*

*11 min plus tard : 7 min à 11 m : consécutive*

*Durée de plongée 21 min + 7 min = 28 min à prof max soit 26 m donne 30 min à 28 m soit 6 min à 3 m GPS H*

*Calcul DTR : 0,5 + 6 + 0,5 = 7 min*

*Donc heure de sortie : 9 h 19*

**La remontée rapide**

Il s’agit d’une remontée à une vitesse supérieure à 15m/ min. C’est un facteur important d’ADD et considérée comme un incident de plongée.

La procédure : Vous avez 3 min max pour vous ré immerger et descendre à la mi profondeur max atteinte et y effectuer un palier de 5 min. La durée de plongée court jusqu’à la fin du palier de 5 min. Effectuer les paliers indiqués si pas de palier obligatoire, réaliser au moins 2 min à 3 m.

Si impossibilité de se ré immerger : agir comme en cas d’accident avéré, déclenchement des secours

**Exemple**

Immersion à 9h00 sur 42 m pendant 10 min puis à 9h25 la palanquée est à 14 m et l’un d’eux est victime d’une panique et remonte à la surface en quelques secondes. palier ? GPS ? heure de sortie ?

*Durée de plongée : 25 min + 3 min + 5 min( à 21 m) = 33 min à 42 m donne 11 min à 6m et 37 min à 3 m*

*DTR = 1 + 11 + 0 ,5 + 37 + 0 ,5 = 50 min donc heure de sortie 10h23*

**L’interruption de palier**

C’est la non réalisation de tout ou partie d’un palier obligatoire.

La procédure : vous avez 3 min max pour redescendre à la profondeur du palier interrompu et le refaire en intégralité.

Si impossibilité de se ré immerger : agir comme en cas d’accident avéré, déclenchement des secours

**Exemple**

Immersion à 8h30 sur 33 m pendant 24 min puis remontée et au bout 6 min de palier une perte de lest entraine une remontée à la surface. Palier ? GPS ? heure de sortie ?

Durée de plongée : 24 min DTR : 2 + 6 + 3 + 11+ 0,5 = 23 min

Heure de sortie 9h17 GPS : I

- Exercices

* 1 ère plongée à 9h30 sur 37 m pendant 12 min puis 11 min plus tard la palanquée est au 1 er palier.

Palier ? GPS ? HS ? *23 min à 37 m : 1 min à 6 m et 16 min à 3 m GPS : J HS : 10h11 (DTR : 18 min)*

- 2ème plongée à 15h15 à 21 m durant 22 min puis fin de plongée. 12 min après le retour en surface, redescente à 11 m pour décrocher le mouillage. 4 min pour y parvenir mais se fait entrainer par la parachute et perce en surface rapidement et se réimmerge en 3 min . Procédure ? palier ? HS ?

*Successive puis consécutive avec remontée rapide.*

*Inter de surf : 5h04 et GPS : J N2Res : 0,88 à 21m =9 min de majo*

*Durée de plongée : 22 + 9 +4 + 3 + 5 = 43 min 43 min à 21 m = 7 min à 3 m*

*Fin du palier de 5 min à 16h03 et HS : 16h11*

* 1ère plongée à 10h20 sur 43 m durant 14 min. Mais au bout de 2 min de palier à 3 m retour en surface suite à panne d’air. Changement de bloc et retour à 3 m en 3 min. Palier ? GPS ? HS ?

*Palier 1 min à 6 m et 6 min à 3m GPS : H*

*DTR : 2,5 + 1 +0,5 + 2 + 3+6 + 0,5 = 15,5 min = 16 min donc HS : 10h50*

- 2ème plongée planifiée à 28 m et ne souhaite pas faire de palier. Quel sera l’intervalle de surface afin de disposer d’un maximum de temps sous l’eau ?

*28 m sans palier : 15 min max dans tab II : à 28 m : majo mini 2 min avec N2 res : 0,82*

*Donc dans tab I avec GPS : H il faut attendre 8h 00 pour avoir N2 res à 0,82 ( donc plongée pdt 13 min , 8h après)*

* Riri plonge à 34 m pendant 19 min , il sort à 10h00. Fifi plonge à 27 m pendant 32 min , il sort à 10h15. Ils veulent plonger ensemble à 14h30 sur 21m . Quel sera la durée max de leur plongée sachant qu’ils ne veulent pas faire de palier ?

*Riri sort en H son I de Surf = 4h30 pour 21m donne majo de 9 min*

*Fifi sort en I son I de suf = 4h15 pour 21 m donne majo de 12 min*

*Donc à 21m 35 min max sans palier - les 12 min de majo = max 23 min d’explo ensemble à 21m*

* 1ère plongée à 47 m pendant 14 min. Palier ? GPS ?

*2 min à 6m et 7 min à 3 m GPS H*

2ème plongée prévue 4h15 plus tard, à quelle profondeur maxi peuvent ils aller sachant qu’ils ne veulent pas faire plus de 10 min de palier. Combien de temps pourra durer leur explo ?

*GPS : H avec 4h15 plus tard donne 0,89*

*Dans les tables 10 min de palier : à 25 m 40 min reste à calculer la majo : à 25 m : 0,89 donne 8 min*

*Donc l’explo optimum est à 25 m avec une durée de 32 min*

1. L’utilisation de l’O2 pur pour la désaturation

**- Les paliers à l’O2 pur**

RAPPEL : LOI DE DALTON : les pressions partielles : P abs X %gaz = PPgaz

IMPORTANT : la PPO2 ne doit jamais dépasser **1,6 b** (souvent rabaissée à 1,4b) quelque soit la profondeur ou le % du mélange. Au-delà risques important d’ **hyperoxie.**

Or avec une déco à l’O2  100% la PP02 max de 1,6 b est atteinte à :

Pabs max = PPmax gaz / % gaz  1,6 / 1 = 1,6 soit 6m

**L’inhalation d’O2 pur n’est possible qu’à une pression de 1,6b max soit 6 m de profondeur max. Donc cette procédure n’est applicable que pour les paliers à 6 et 3 m et pour les plongeurs possédant la qualification PN-C ( plongeur nitrox confirmé).**

Temps de palier modifié :

* **La durée des paliers effectués à l’O2 pur = 2 /3 X durée de palier des tables (arrondi à la min supérieure)**
* La durée du temps de palier à l’O2 pur après recalcule doit être d’au moins 5min (bénéfice de la dénitrogénation vérifiée qu’après 5 min)
* Si le temps de palier recalculé est strictement inférieur à 5 min, garder le temps de paliers initial prévu par les tables à l’air
* La détermination du GPS reste la même

Avantages :

* Temps de palier réduit
* Baisse du risque d’ADD
* Fatigue moindre

Inconvénients :

* Risque de crise hyperoxique si dépassement de la pression 1,6b ( effet Paul BERT : neuro-toxicité de l’O2)
* Surcout éventuel du prix de la plongée

**-Exemple**

Plongée à 10h00 sur 54 m pendant 18 min. Palier possibles à l’O2 ? DTR ? HS ? GPS ?

*Palier 1 min à 9m : O2 pur impossible*

*Palier 6 min à 6 m : avec réduction 4 min donc < à 5 min : donc garde 6 min à l’O2*

*Palier 27 min à 3 m : avec réduction 18 min à l’O2*

*Donc DTR : 3 + 1 + 0,5 + 6 + 0,5 + 18 + 0,5 = 29,5 soit 30 min donc HS : 10h48 GPS : K*

**- Respiration d’O2 pur en surface**

Avantages :

* Baisse significative du Taux de N2 résiduel par rapport à l’air
* Optimise la désaturation sur un intervalle de surface court

Inconvénients :

* Respiration d’O2 à 1b donc hyperoxie si prolongée au-delà de 6h : effet Lorrain Smith : pneumotoxicité de l’O2)
* Doit rester exceptionnel et ne pas excéder 3h30 d’inhalation

Le tab III donne le taux de N2 résiduel en fonction du temps écoulé sous 02 pur en fonction du taux de N2 initial

- soit directement après le retour en surface (lecture simple du tab III)

-soit en reportant le taux de N2 résiduel lu dans le tab I après respiration d’air en surface

**-Simulation et conclusion**

Un plongeur sort d’une plongée avec un GPS : L et doit replonger 3 h 00 plus tard.

* Désaturation avec respiration **d’air durant 3h :**

GPS : L après 3 h00 donne taux de N2 résiduel de **0,99**

* Désaturation avec respiration **d’O2 durant 2h00 puis à l’air pendant 1 h00** :

GPS : L donne équivalence 1,33 dans tab III 1,33 après 2h00 à l’air donne 0,94

Toujours dans tab III 0,94 equivaut à GPS : D report dans tab I : D après 1h00 à l’air donne **0,93**

* Désaturation avec respiration **d’air durant 1h00 puis 2h00 sous O2 pur** :

GPS : L donne après 1hoo à l’air 1,17 de N2 résiduel puis dans tab III 1,17 donne 1,20

Toujours dans tab III 1,20 après 2h00 de respiration d’O2 pur donne **0,85**

**Conclusion**: Afin d’optimiser un intervalle de surface avec respiration d’O2 pur , mieux vaut **l’inhaler en fin** **d’intervalle** afin de faire chuter le taux de N2 résiduel et par la même la majoration pour être moins pénalisé pour la plongée suivante.

1. Les plongées en altitude

- **La modification de la pression atmosphérique**

**Rappel**: La pression atmosphérique au niveau de la mer est de 1b. Cela représente le poids de la colonne d’air.

La pression atmosphérique baisse de 0,1 b tout les 1000m d’altitude

Ex : au bord d’un lac situé à 2000m, il règne une pression atmosphérique de 0,80 b.

**Conversion**: la pression peut aussi être exprimée en hecto pascal : hPa ou en mm de mercure : mmHg

Au niveau de la mer règne  : 1,013b = 1013 hPa = 760 mmHg

**Pres Atmo en bar = Pres Atmo en mmHg / 760 mmHg**

Cette modification de pression atmosphérique à la surface en fonction de l’altitude entraine un changement de rapport de pression lors d’une immersion.

Ex :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Pres atmo | Profondeur réelle | Pression absolue | Rapport de pression |
| mer | 1b | 30 m | 4 b | X par 4 |
| Lac à 2000m | 0,80 b | 30 m | 3,8 b | X par 4,75 |

3 options se présentent pour plonger en altitude

* Utiliser des tables spécifiques altitude ( Bülhmann notamment)
* Utiliser un ordinateur avec le réglage de la pression atmosphérique (manuel ou automatique)
* Calculer des équivalences des paramètres pour rentrer dans les tables MN 90

Pour ce dernier cas de figure :

- la profondeur atteinte,

-la profondeur des paliers

- la vitesse de remontée

doivent être recalculée afin de pouvoir utiliser les tables MN 90 ( altitude 300m max sans modification).

**- Profondeur et vitesse équivalente**

Calcul de la **profondeur équivalente** = prof. Réelle en lac X Pres Atmos. Mer / Pres Atmos lac

Ex : 25m en lac à 2000m prof équivalente = 25m X 1b / 0,80b = 31,25 m

Calcul de la **profondeur de palier**  en lac = Prof palier en mer X Pres Atmo lac / Pres Atmo mer

Ex : 3 m en mer prof équivalente en lac = 3m X 0,80b / 1b = 2,40 m

Calcul de la **vitesse de remontée** en lac = vitesse en mer X Pres Atmo lac / Pres Atmo mer

Ex : 15m / min en mer vitesse équivalente en lac = 15 X 0,80b / 1b = 12 m / min

**Remarques**

* la DTR reste constante : on remonte plus lentement d’une profondeur moins importante
* les calculs se font en mètre et non en bar
* en cas d’erreur de procédure le même protocole qu’en mer s’applique : ré immersion en – de 3 min et retour à profondeur réelle du palier ou à mi profondeur réelle
* la détermination du GPS est identique à l’utilisation en mer

**- Instruments et altitude**

  - **le tube de Bourdon** : basé sur la déformation d’un tube provoquée par l’augmentation de la pression et entrainant ainsi une aiguille par le biais d’une crémaillère. Ces profondimètres sont étalonnés au niveau de la mer à 1b et accusent donc un retard en cas de plongée en altitude. La profondeur réelle est égale à la profondeur lue + la prise en compte de la différence de pression atmosphérique. Ex à 1000m, différence de 0 ,1b donc – 1 m, à 2000m, différence de 0,2b donc – 2 m par rapport à la profondeur réellement atteinte.

- le **profondimètre à membrane** : composé de 2 chambres l’une étanche , l’autre humide, séparées par une membrane dont la déformation due aux changements de pression, entraine une aiguille reliée à un pas de vis. La même correction de profondeur que pour le tube Bourdon est à appliquer.

-le **profondimètre électronique** : la pression s’applique sur des capteurs piezo électrique qui le transmettent via une impulsion électrique à une carte électronique qui le traduit en mètre sur un écran lisible.

**- Exercices**

Immersion à 10h00 dans un lac d’altitude où règne un pression atmosphérique de 570 mmHg. Profondeur 32 m pendant 19 min. Palier ? DTR ? HS ? GPS ?

*Pression atmo en bar = pres. Atmo. en mmHg / 760 hPa donc 570 mmHg / 760 hPa = 0,75 b soit 2500m*

*Calcul de la profondeur équivalente = 32 X 1b / 0,75b = 42,66 b soit 43 m*

*Dans les tables 19 min à 43 m donne 3 min à 6m et 15 min à 3 m.*

*Calcul de la profondeur réelle des paliers à 6m : 6 X 0,75 b / 1 = 4,5 m*

*A 3 m : 3 X 0,75 b / 1 = 2,25 m*

*Calcul de la vitesse de remontée au 1er palier : 15 X 0,75 b / 1 = 11,25 soit 11 m / min*

*Entre les paliers : 6 X 0,75 b / 1 = 4,5 soit 4 m / min*

*Calcul de la DTR : 2,4 + 3 + 0,75 + 15 + 0,75 = 21,9 soit 22 min*

*Donc heure de sortie : 10h00 + 19 min + 22 min = 10h41 GPS I*