

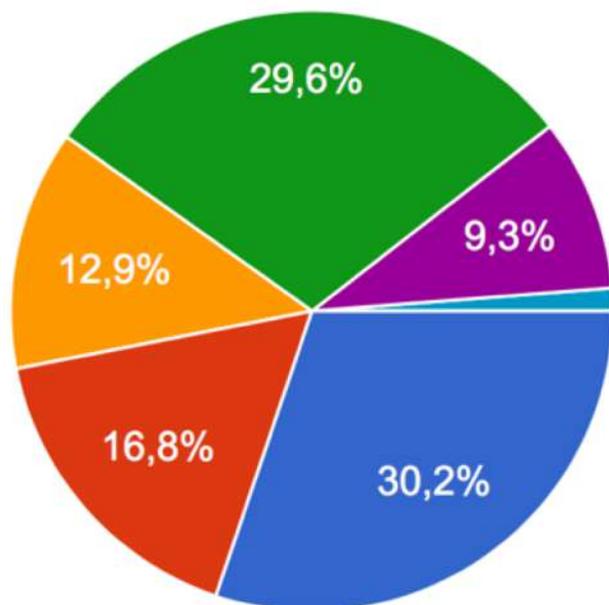


ENQUÊTE

REMONTÉES ET PROTOCOLES DE DESATURATION

## 1462 PERSONNES ONT RÉPONDU

Questionnaire en ligne posé aux abonnés *Plongée Plaisir* et sur la page Facebook *Plongée Plaisir*, du 03 au 08 mars 2019



- Plongeur
- Encadrant (Guide de palanquée, niveau 4, CMAS 3\*, Dite Leader, Dive Master, ...)
- Initiateur, CMAS 1\*
- Moniteur 1er degré (MF1, BEES1, DEJEPS, Moniteur CMAS 2\*, OWSI...)
- Moniteur 2e degré ou + (MF2, BEES2/3, DESJEPS, Moniteur CM...)
- Autre

## STATISTIQUES

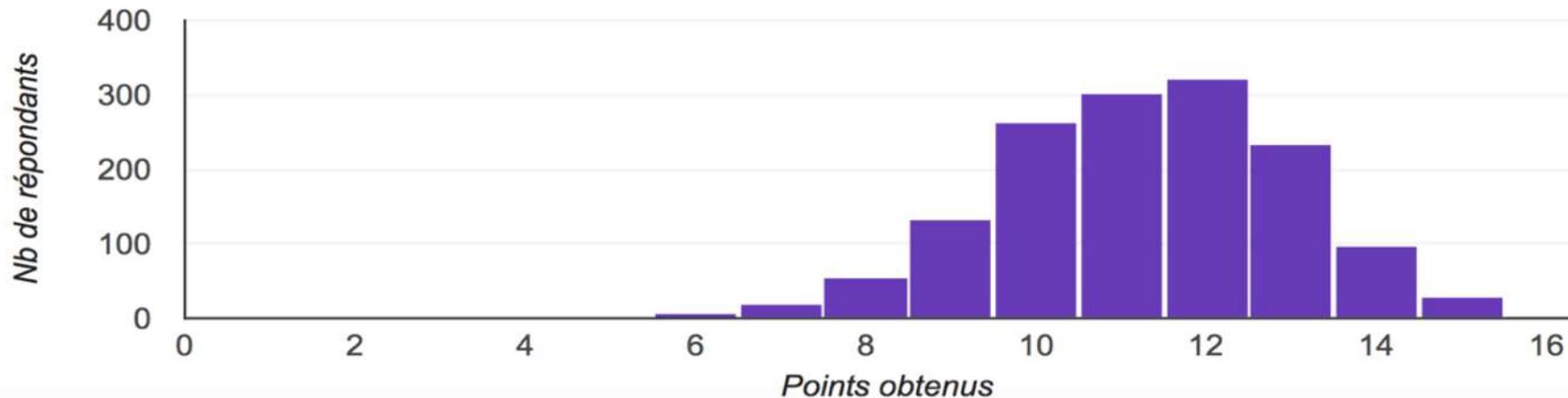
En comptant 1 point par bonne réponse, la moyenne se situe à 11,28/16 alors que la médiane (50% des réponses en dessous, 50% au-dessus) est à 11/16. L'étendue des résultats va de 5/16 à 16/16.

**Moyenne**  
11,28 points sur 16

**Médiane**  
11 points sur 16

**Plage**  
5 – 16 points

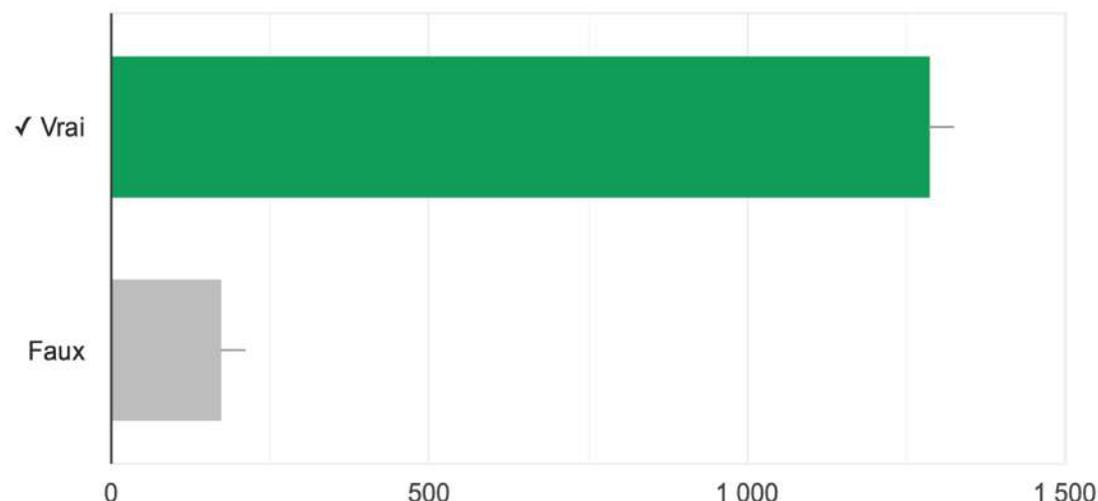
Répartition du total des points



1

Les tables et les ordinateurs de plongée sont obligatoirement créés à partir d'un modèle de désaturation.

1288 réponses correctes sur 1462



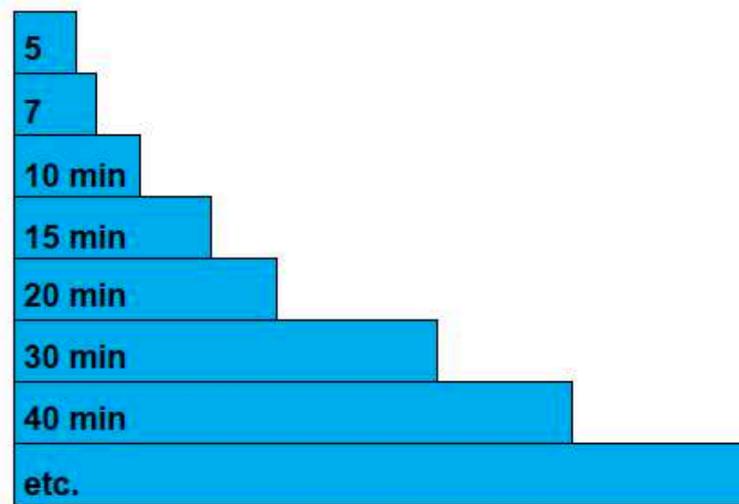
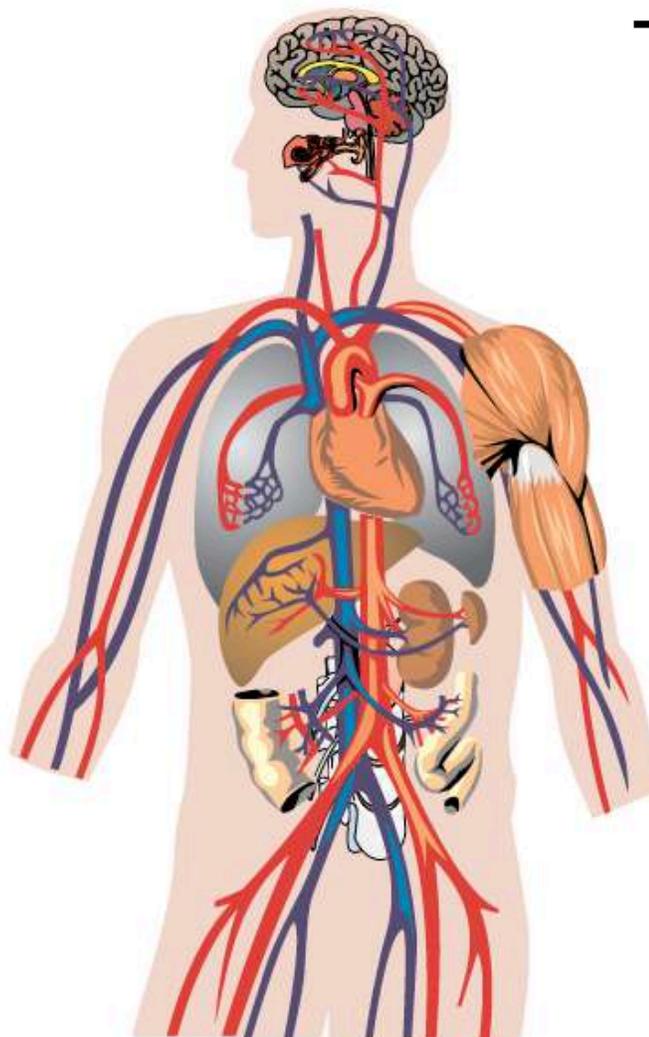
### LE MODELE : A LA BASE DE TOUT

S'il n'y a pas de modélisation de la désaturation, il n'y a pas de possibilité de définir des formules de calculs (modèle mathématique).

En conséquence, sans modèle, impossible de proposer un quelconque calcul de la désaturation.

Un MODELE est donc bien à la base de toute table ou ordinateur de plongée. L'approche « probabiliste » n'y échappe pas. Pas plus que le VPM ou tout autre approche.

## REMONTEES ET PROTOCOLES DE DESATURATION



Modèle de désaturation : la complexité du corps humain est résumée à quelques compartiments. On voit ainsi que les modèles sont extrêmement simplifiés et que, s'ils fournissent des résultats satisfaisants dans une utilisation « classique », ils ne peuvent assurer une désaturation sûre à **100 % des individus dans 100 % des cas.** **Ne jamais confondre les « compartiments » avec de véritables « tissus » humains.**

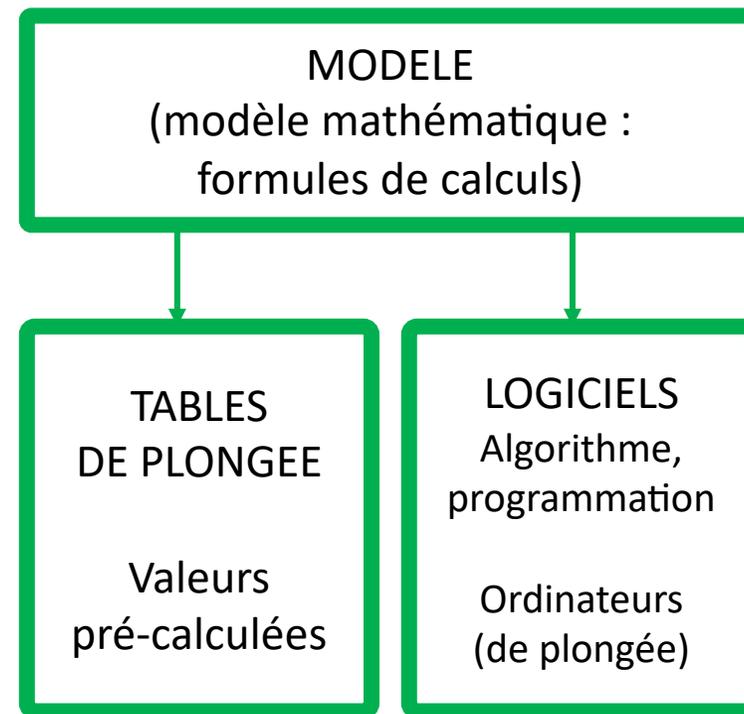
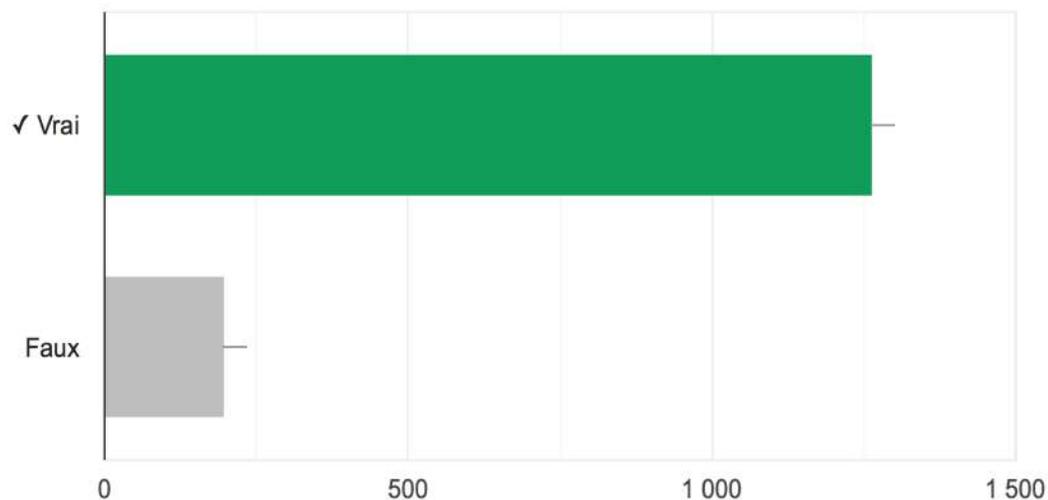
Extrait de *Plongée Plaisir 4*,  
Editions GAP

REMONTEES ET PROTOCOLES DE DESATURATION

2

Un même modèle de désaturation peut donner lieu à une présentation sous forme de tables de plongée ou d'ordinateur de plongée.

1265 réponses correctes sur 1462



Un même modèle (ex. Bühlmann) peut être présenté sous forme de tables ou de logiciel (ordinateurs).

## Exemples de modèles utilisés par les principaux ordinateurs du marché

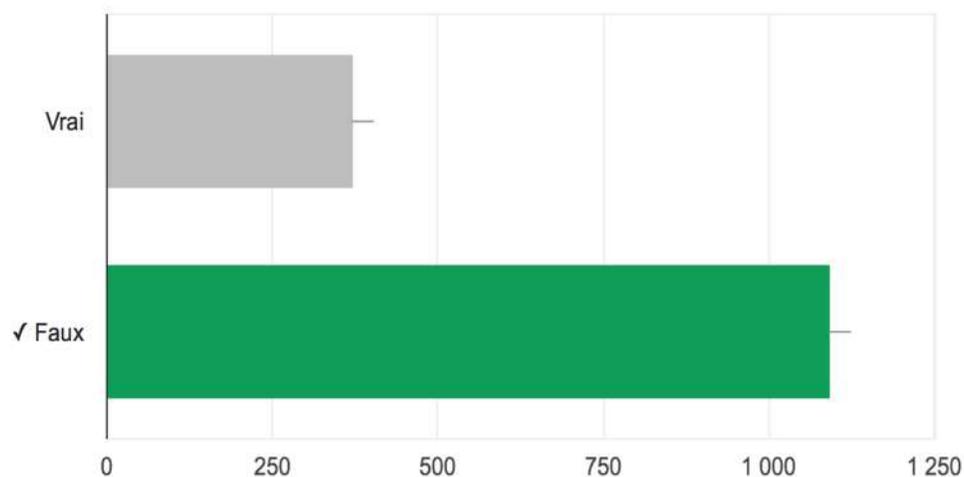
Marques	Type	Référence du modèle de désaturation
AQUA LUNG	Azote dissous	Bühlmann Pelagic Z+ (PZ+)
ATOMIC	Azote dissous + germes gazeux	Atomic RGBM
CRESSI	Azote dissous + germes gazeux	RGBM – Bruce Wienke
HOLLIS	Azote dissous	Bühlmann ZH-L16C
LIQUIVISION	Azote dissous	Bühlmann ZH-L16C
MARES	Azote dissous + germes gazeux	RGBM Mares-Bruce Wienke
OCEANIC	Azote dissous	Au choix Bühlmann PZ+ ou US-Navy (Rodgers & Powell – DSAT)
OSTC	Azote dissous	Bühlmann ZH-L16C
PETREL	Azote dissous	Bühlmann ZH-L16C
SCUBAPRO	Azote dissous + germes gazeux	Bühlmann ZH-L8 ADT MB
SUUNTO	Azote dissous + germes gazeux	Suunto Fused RGBM – Bruce Wienke

## Exemples de modèles utilisés sous la forme de tables de plongée

Tables	Type	Référence du modèle de désaturation
Bühlmann	Azote dissous	Bühlmann
MN90	Azote dissous	MN90 – Jean-Louis Méliet
US-NAVY	Azote dissous	US-NAVY
BS-AC	Azote dissous	Hempleman, modèle par diffusion ou « slab model »
Comex	Azote dissous	Comex
Ministère du travail MT92	Azote dissous	Comex
DCIEM	Azote dissous	DCIEM (Canada), Kidd et Stubbs

### 3 Un ordinateur de plongée sait gérer les remontées rapides

1091 réponses correctes sur 1462



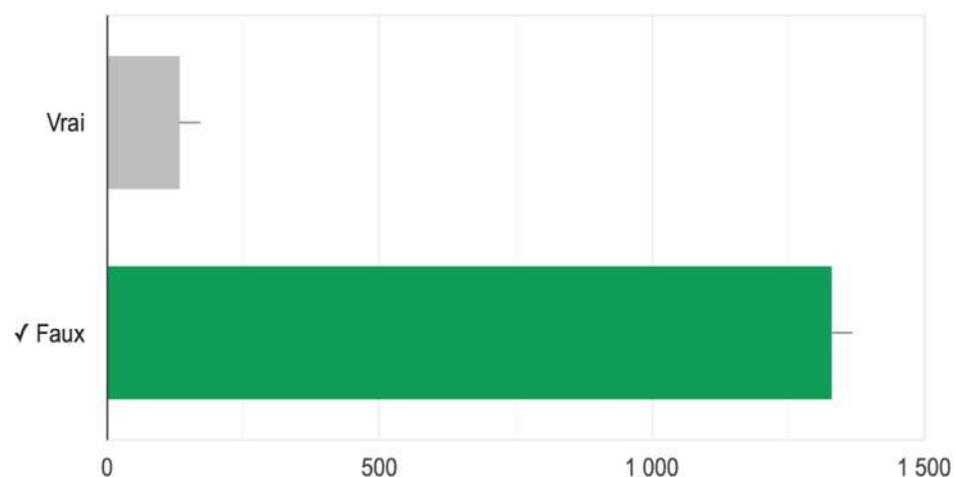
#### Toute remontée rapide est **DANGEREUSE**.

- Un ordinateur, comme une table de plongée, ne sait plus ou moins « gérer » que ce qui est modélisé sur le **plan physiologique**, ce qui aboutit à une formule mathématique après validation.
- Les remontées rapides se situent au-delà de la vitesse du modèle et ne peuvent donc pas, par définition, être modélisées.
- En conséquence, aucun modèle ne peut prendre en compte les remontées rapides.
- De ce fait, aucun ordinateur et aucune table ne savent les « gérer ». *La procédure de « rattrapage » de demi-profondeur (MN90, MT92-Comex, Bühlmann) ne fait pas partie du modèle, mais du mode d'emploi (voir Question 5)*

4

Tant qu'un ordinateur de plongée n'est pas en mode "erreur" ou "SOS", c'est que tout va bien.

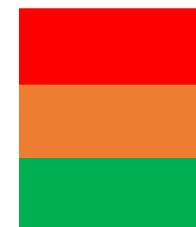
1329 réponses correctes sur 1462



**UN ORDINATEUR (LOGICIEL) DE PLONGÉE :  
UNE SIMPLE MACHINE QUI FAIT LES CALCULS  
QUI ONT ÉTÉ PROGRAMMÉS.**

En conséquence, un ordinateur peut très bien continuer à effectuer normalement ses calculs, sans aucune autre indication, alors même que vous êtes à risque d'accident.

**IL NE FAUT JAMAIS FAIRE UNE CONFIANCE  
AVEUGLE A UN ORDINATEUR DE PLONGEE.**



Ce n'est que dans les cas extrêmes qu'un ordinateur passe en mode « erreur »  
Zone à risque non détectée par les ordinateurs (aucun affichage)  
Zone non dangereuse

Violation persistente d'une consigne, passage en mode « erreur »

Ce n'est que dans les cas extrêmes qu'un ordinateur passe en mode « erreur »

DE MANIÈRE GÉNÉRALE : LIMITE DES MODÈLES

Facteurs individuels de risques

Saturation supérieure à celle prévue par le modèle (effort, essoufflement, froid, ...)

Profils : dents de scie, yo-yo, remontées rapides, interruption de paliers

Comportements : monter et descendre au palier, Valsalva au palier, efforts à glotte fermée en état de saturation, etc.

Zone à risque non détectée par les ordinateurs ou, dans tous les cas, sans passage en mode « erreur ».

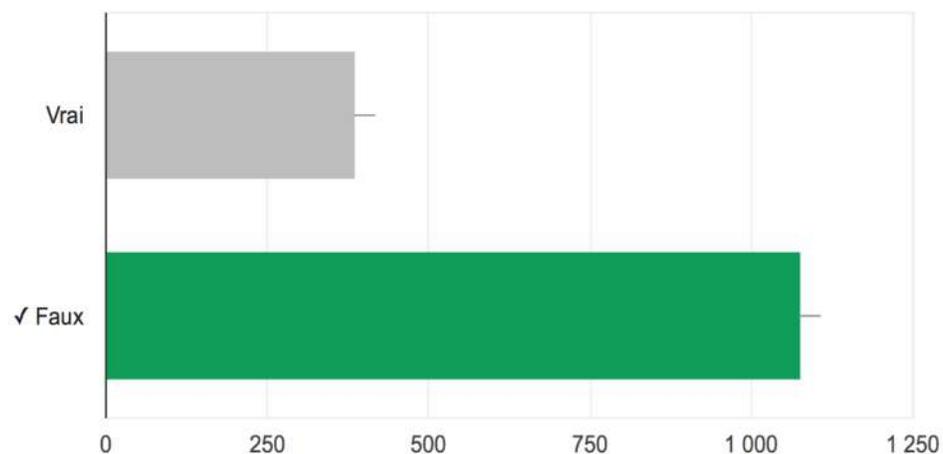
Respect strict des hypothèses et limites du modèle de désaturation

Zone non dangereuse

5

La procédure de demi-profondeur (5 min) est spécifique aux tables MN90, elle ne peut pas être utilisée avec un ordinateur de plongée.

1076 réponses correctes sur 1462



**Toute remontée rapide est DANGEREUSE.  
5 min à demi-profondeur : une procédure empirique**

- La procédure de 5 minutes à demi-profondeur n'est pas spécifique aux tables MN90.
- Elle ne fait pas partie du modèle des tables MN90.
- Elle a été mise en place par le mode d'emploi, pour les tables MN90 comme pour les tables du ministère du travail (MT92, Comex) ou celui de la FSSS (Cmas.ch) pour les tables Bühlmann.
- Cette procédure peut donc être mise en place avec des ordinateurs de plongée. C'est un choix qui n'enlève rien à la dangerosité des remontées rapides et au côté empirique de cette procédure.

## Que prévoient les modèles de désaturation en cas de « remontée rapide » ?

Rien !

La vitesse de remontée fait partie intégrante de la phase de désaturation et donc du modèle. De ce fait, aucun de modèle ne peut « gérer » une vitesse de remontée supérieure à celle prévue .

Tout au plus, certains ordinateurs peuvent prévoir dans leur algorithme de « pénaliser » la désaturation (augmentation du temps de palier) en cas de remontée rapide. Cela signifie que le développeur qui a programmé l'algorithme a trouvé une astuce de contournement. Mais pas que le modèle sait « gérer » la situation.

En particulier, cela n'efface pas la dangerosité de ces remontées, qui favorisent l'apparition et l'accumulation de bulles, sans même que l'ordinateur de plongée se mette en mode « SOS » ou « erreur ».

## Que prévoient certains « modes d'emploi » des modèles de désaturation en cas de remontée rapide ?

De nombreux plongeurs font une confusion entre le modèle de désaturation et son mode d'emploi ou sa transcription en algorithme (programmation logicielle).

Un modèle mathématique de désaturation (Bühlmann, RGBM, US-Navy, Comex, MN90, ...) est un ensemble d'équations qui, à partir d'hypothèses plus ou moins simplificatrices, permettent de déterminer les paliers à effectuer en fonction du profil de la plongée (temps, profondeur).

Un modèle a toujours un « domaine de validité » et donc des « limites d'utilisation ». Au-delà de ces limites, le modèle continue à faire ses calculs, pouvant ainsi donner l'impression au plongeur non-averti qu'il « gère » la situation alors même que ce n'est plus le cas. Dans cette hypothèse, le plongeur se croit « en sécurité » alors qu'il est en danger.

C'est ce qui explique que 70% des accidents de désaturation se produisent aujourd'hui malgré le respect des procédures de désaturation (statistiques FFESSM et DAN).

**L'ORDINATEUR NE FAIT PAS TOUT !**

**LIRE LA NOTICE D'UN FABRICANT EST ESSENTIEL MAIS NE VAUT PAS FORMATION SUR LA DESATURATION.**

**LES MONITRICES ET MONITEURS DE PLONGEE DOIVENT Y ETRE PARTICULIEREMENT ATTENTIFS .**

Ce n'est que dans des cas extrêmes que les modèles se considèrent en « erreur ».

## MODE D'EMPLOI DES MODELES

Face aux remontées rapides, il est apparu que la simple augmentation des temps de palier était insuffisante et qu'il fallait proposer une autre approche.

Sur la base du rapport 1:2 mis en œuvre par Haldane (1908) et admis par de nombreux auteurs dont Paul Bert (1878), un protocole empirique, mais qui s'est avéré efficace, a été proposé. Il consiste à se ré-immerser à demi-profondeur de la profondeur maximum atteinte. Ce protocole a été adopté par de nombreux modes d'emploi, **à la condition qu'aucun accident ne soit déclaré** : tables MN90, ministère du travail (MT92,Comex), FSSS (Cmas.ch) pour les tables Bühlmann.

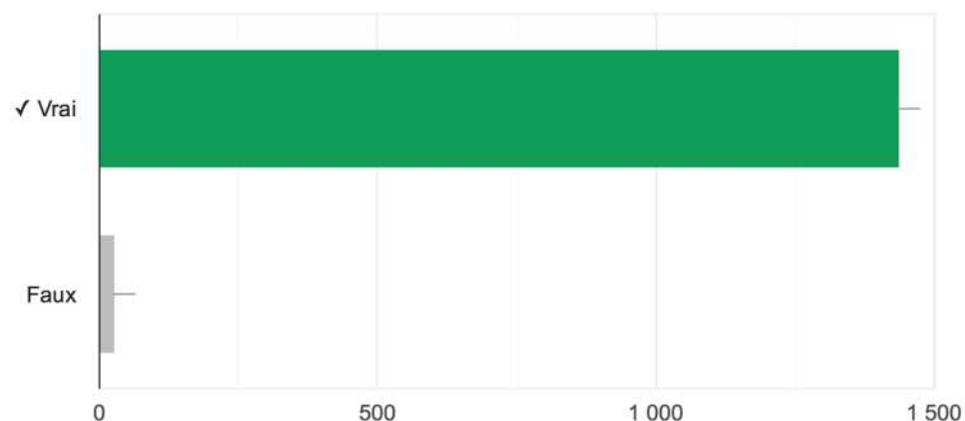
**Il s'agit d'une procédure de « rattrapage » sans accident déclaré et pas d'une procédure de ré-immersion thérapeutique.**

En cas de signes d'accidents ou de suspicion d'accident possible (saturation élevée, fin de plongée, remontée panique, ...) la seule procédure à adopter est de lancer une procédure d'alerte et de secours. Le corollaire est l'obligation de déclaration d'incident ou d'accident grave (art R322-6 du code du sport) qui donne lieu à une enquête (art. R322-8).

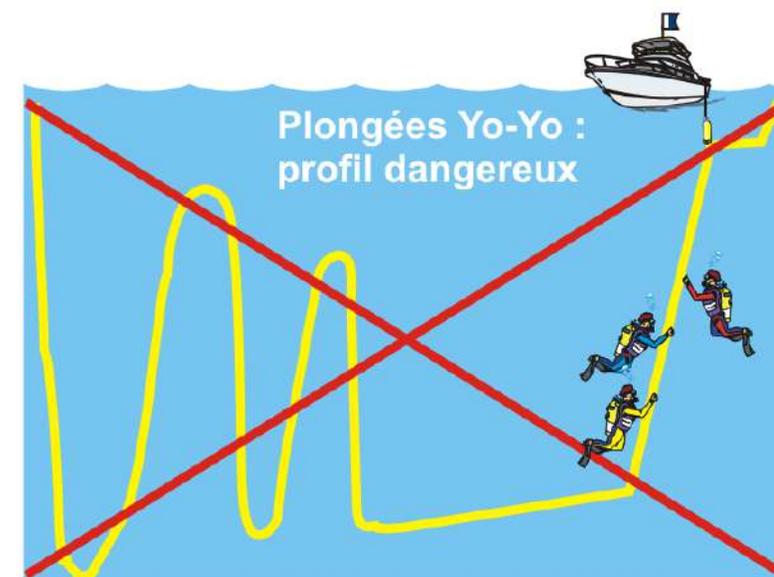
6

Faire plusieurs montées et descentes au cours d'une même plongée, même à la vitesse préconisée (10 m/min) aug... risques d'accidents de désaturation.

1436 & nbsp; réponses correctes sur 1462



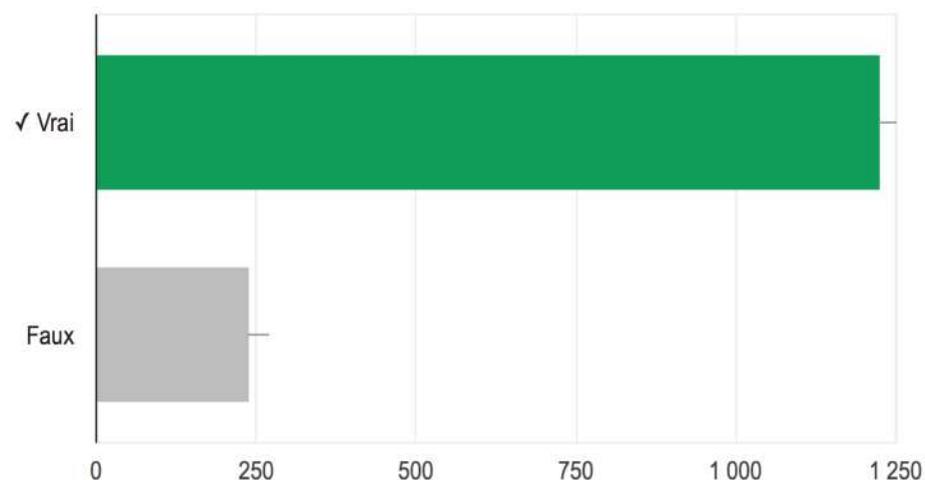
**Faire plusieurs montées et descentes au cours d'une même plongée (yo-yo, dents de scie), même à 10 m/min, augmente les risques d'ADD.**



7

70% des accidents de désaturation dans le monde se produisent malgré le respect des consignes des ordinateurs de plongée.

1225 réponses correctes sur 1462



Si les risques sont relativement faibles, les études récentes (Commission médicale FFESSM, DAN) montrent que 70 % à 80 % des ADD surviennent malgré le respect des procédures (ordinateurs, tables). Cela signifie que l'amélioration constante des modèles permet de bénéficier désormais d'une désaturation sûre, mais que les cas qui persistent se situent majoritairement **en dehors du domaine de validité des modèles et protocoles de désaturation** (ordinateur, tables).

Pour plonger en sécurité, il faut donc non seulement :

1) respecter un protocole de désaturation ;

mais également prendre en compte :

2) l'existence de **facteurs individuels de risque** ;

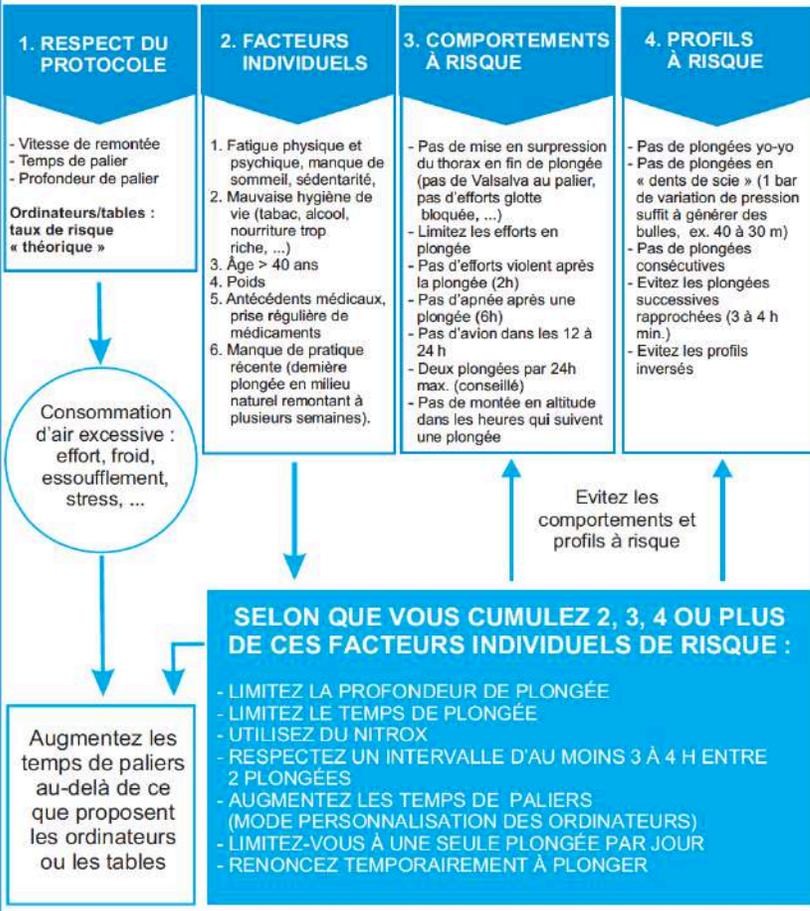
3) les **profils de plongée dangereux** ;

4) les **comportements à risque**.

*Voir les livres Plongée Plaisir à partir du niveau 2.*

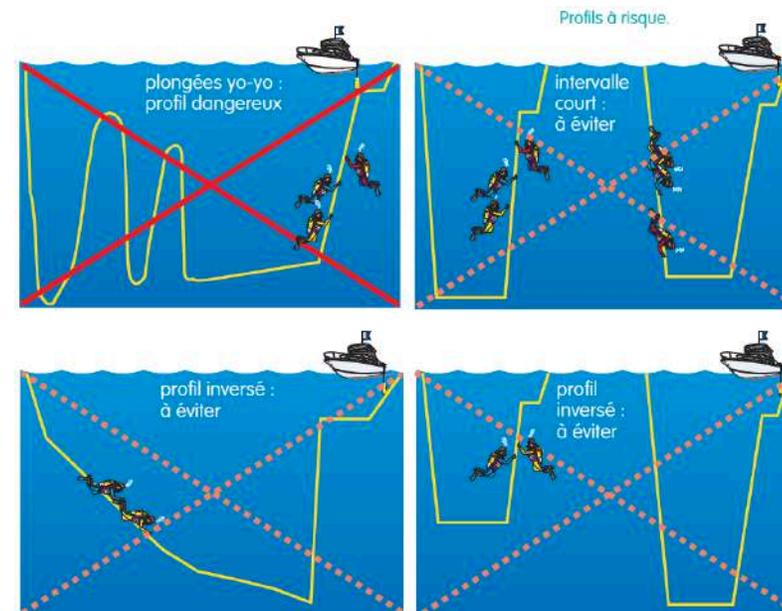
### AIDE-MÉMOIRE

### Prévention des risques d'accident de désaturation



Pour plonger en sécurité, il faut donc non seulement

- 1) respecter un protocole de désaturation ;
- 2) l'existence de **facteurs individuels de risque** ;
- 3) les **profils de plongée dangereux** ;
- 4) les **comportements à risque**.



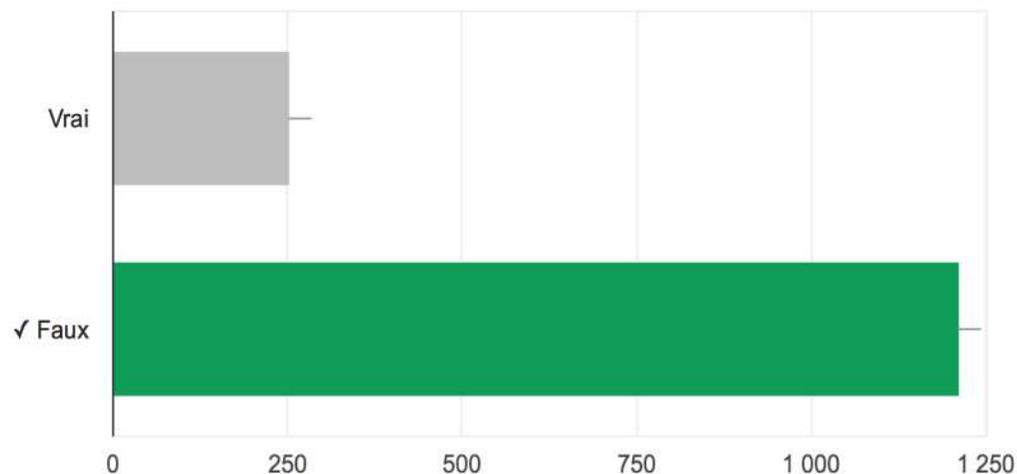
*EXEMPLE EXTRAIT D'UNE NOTICE D'UTILISATION D'UN ORDINATEUR DE PLONGÉE*

*LE RISQUE D'ACCIDENT DE DÉCOMPRESSION (ADD) EXISTE POUR TOUT PROFIL DE PLONGÉE, MÊME EN RESPECTANT LES TABLES DE PLONGÉE OU EN SUIVANT LES INDICATIONS D'UN ORDINATEUR DE PLONGÉE. AUCUNE PROCÉDURE, AUCUN ORDINATEUR DE PLONGÉE NI AUCUNE TABLE DE PLONGÉE NE SUPPRIME TOTALEMENT LE RISQUE D'ACCIDENT DE DÉCOMPRESSION OU DE TOXICITÉ DE L'OXYGÈNE !*

8

Remonter lentement avec un ordinateur de plongée est dangereux.

1211 réponses correctes sur 1462



Les remontées lentes ne sont pas, *a priori*, des remontées dangereuses au regard de la désaturation.

Cela n'empêche pas certaines notices d'utilisation de le prétendre, mais sans apporter de références scientifiques.

*Est-ce simplement pour se protéger juridiquement ?*

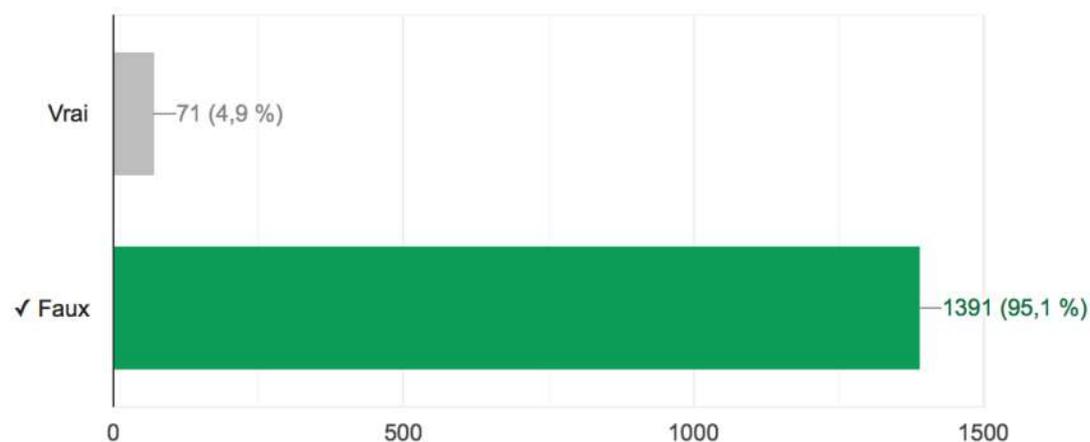
Retenir toutefois que :

- Toute remontée lente depuis une grande profondeur augmente la saturation, donc les paliers et les risques d'ADD ou d'erreur de procédure (panne d'air) ;
- Les remontées excessivement lentes (certains plongeurs ne « remontent plus » et lambinent à la remontée) peuvent poser des questions. Mais à notre connaissance, aucune publication scientifique n'est encore parue sur le sujet.

9

Lire une notice d'utilisation d'un ordinateur de plongée permet de bien comprendre la désaturation et peut remplacer la lecture de livres ou d'articles sur la désaturation et modèles de désaturation.

1391 réponses correctes sur 1462



Lire une notice d'utilisation permet de connaître le mode d'emploi d'un ordinateur de plongée mais pas de maîtriser le sujet de la désaturation.

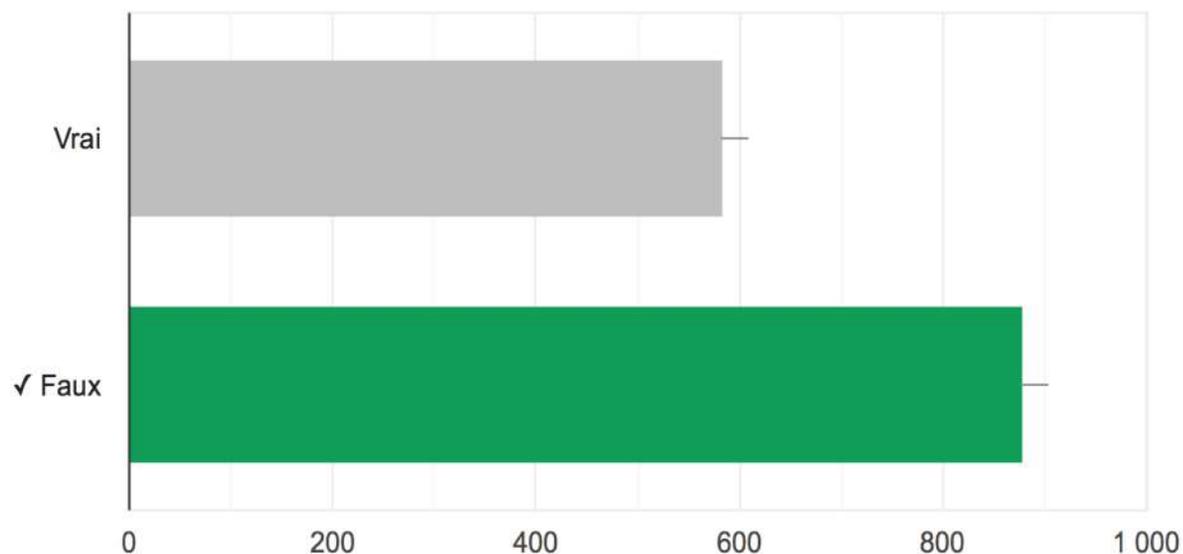
Une notice d'utilisation poursuit un double objectif :

- Renseigner l'utilisateur sur la marche à suivre pour utiliser le produit ;
- Protéger le concepteur/fabricant contre tout risque de poursuite.

10

Un ordinateur sait gérer les interruptions de palier.

878 réponses correctes sur 1462



Les interruptions de palier sont des procédures dangereuses.

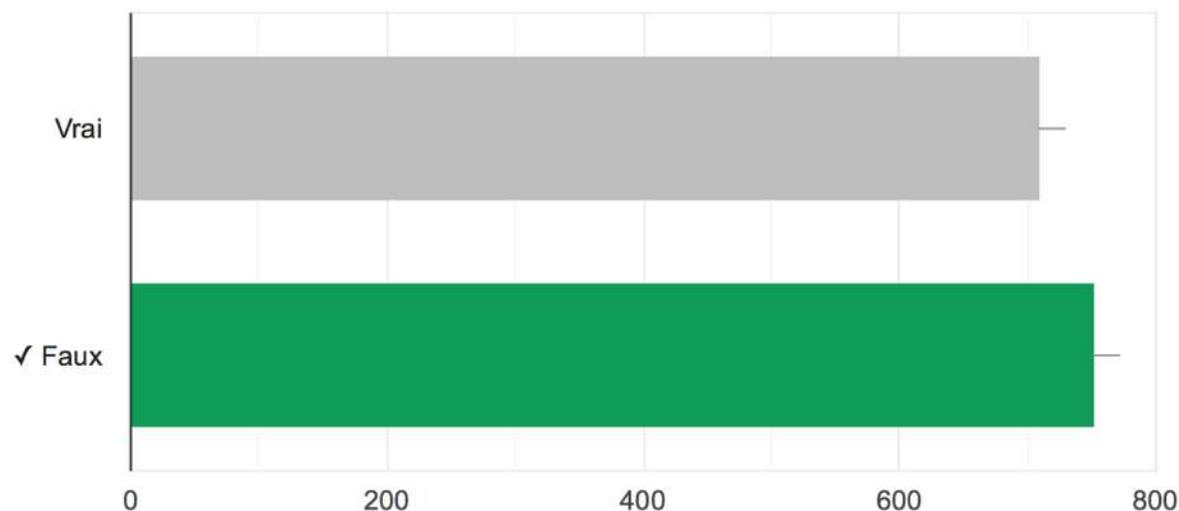
Un modèle de désaturation ne sait pas plus « gérer » les interruptions de paliers que les remontées rapides (voir question 3).

*En conséquence, un ordinateur n'offre aucune garantie en cas d'interruption de palier.*

11

Il est impossible de mixer tables et ordinateurs au cours d'une même plongée.

752 réponses correctes sur 1462



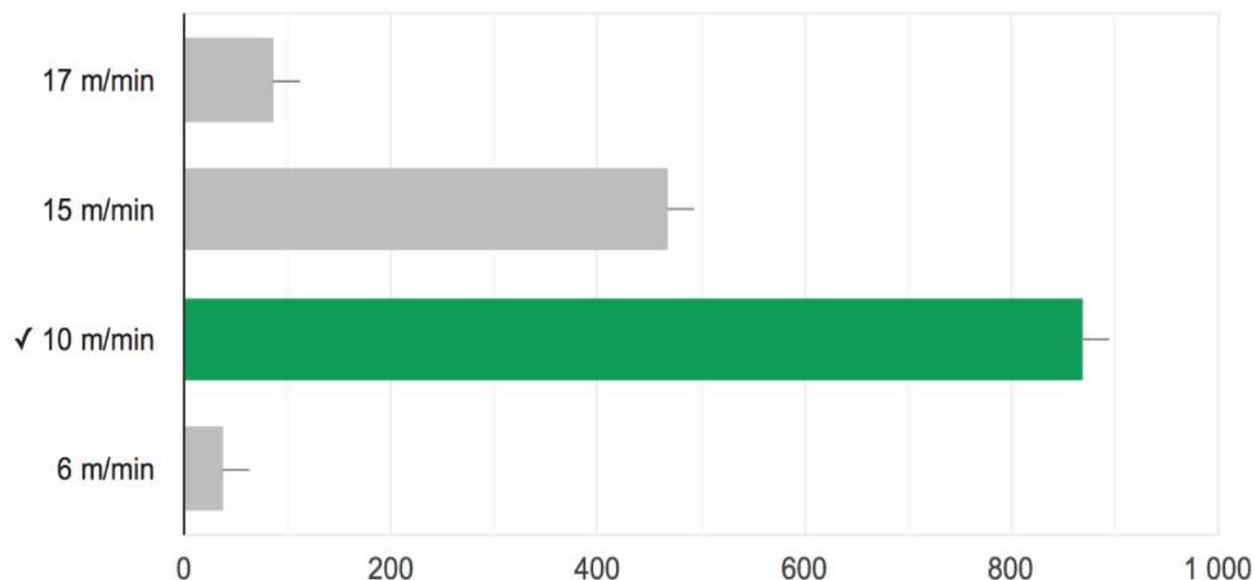
Sur le principe, mixer tables et ordinateurs n'est pas impossible.

*Tout dépend ce que l'on fait.*

12

La bonne vitesse de remontée en plongée est :

870 réponses correctes sur 1462



Aujourd'hui, la bonne vitesse de remontée est fixée à 10 m/min.

*Publication citée par P. Bennett sur le sujet :*  
Lang MA, Egstrom GH, eds.  
*Biomechanics of Safe Ascents Workshop.*  
AAUSDSP-BSA-01090, Costa Mesa, CA: American Academy of Underwater Sciences, 1990. [Téléchargez la publication en cliquant](#)

Historiquement, le calcul de la vitesse de remontée n'est pas issu d'une démarche scientifique.

« En 1878, Paul Bert, qui met en évidence le rôle de l'azote dans les accidents de désaturation, propose une désaturation « suffisamment ralentie », de l'ordre de 1 m par minute.

En 1908, J.-S. Haldane, qui crée les premières tables de plongée\*, préconise une vitesse d'environ 10 m/min avec une zone acceptable entre 3 et 10 m/min.

Jusqu'en 1957, la vitesse de remontée reste aux alentours de 8 à 10 m/min.

A partir de 1958, une controverse apparaît entre les hommes-grenouilles de l'US-Navy (*Cdr. Francis Douglas Fane*) et les plongeurs pieds lourds. Les premiers demandent une vitesse de 30 m/min tandis que les seconds restent campés sur une vitesse de remontée de 3 à 6 m/min.

Les âpres discussions débouchent sur un compromis purement empirique. Il est décidé de définir une valeur médiane :  $(30 + 6) / 2 = 18$ . C'est la vitesse de remontée des tables US-Navy, en vigueur de 1958 à 1997. Cette vitesse est également retenue par les tables RDP-PADI (qui ne sont qu'une adaptation des tables US-Navy) et les tables MN-90 adoptent une valeur proche : 17 m/min>\*\* (aujourd'hui 15 à 17 m/min).

A partir des années 1980/1990, de nombreux physiologistes s'intéressant à la plongée préconisent alors une valeur comprise entre 9 et 12 m/min, basée sur le niveau de bulles générées (effet Doppler).

La vitesse de 10 m/min\*\*\* est aujourd'hui retenue sachant qu'il est conseillé de ralentir encore cette vitesse dans la zone des 10 mètres et entre les paliers pour adopter une vitesse d'au plus 6 m/min.

\**Prévention de la maladie de décompression*, A. E. Boycott, G. C. C. Damant et J. S. Haldane, traduction Alain Foret, Editions Téthys, 2008, à l'occasion du centenaire de la publication originales en anglais.

\*\*Alain Foret, *Plongée Plaisir - Mémento Ordinateurs de plongée*, Editions GAP, 2015.

\*\*\*Lang MA, Egstrom GH, eds. *Biomechanics of Safe Ascents Workshop*. AAUSDSP-BSA-01090, Costa Mesa, CA: American Academy of Underwater Sciences, 1990. [Téléchargez la publication en cliquant ici.](#)

13

Un ordinateur de plongée fait ses calculs en permanence (sauf s'il est en erreur). Il peut donc être utilisé comme le plongeur le souhaite.

722 réponses correctes sur 1462



Un ordinateur de plongée n'est qu'une machine qui exécute des calculs. Il serait donc sage que ce soit son utilisateur qui le maîtrise plutôt que l'inverse.

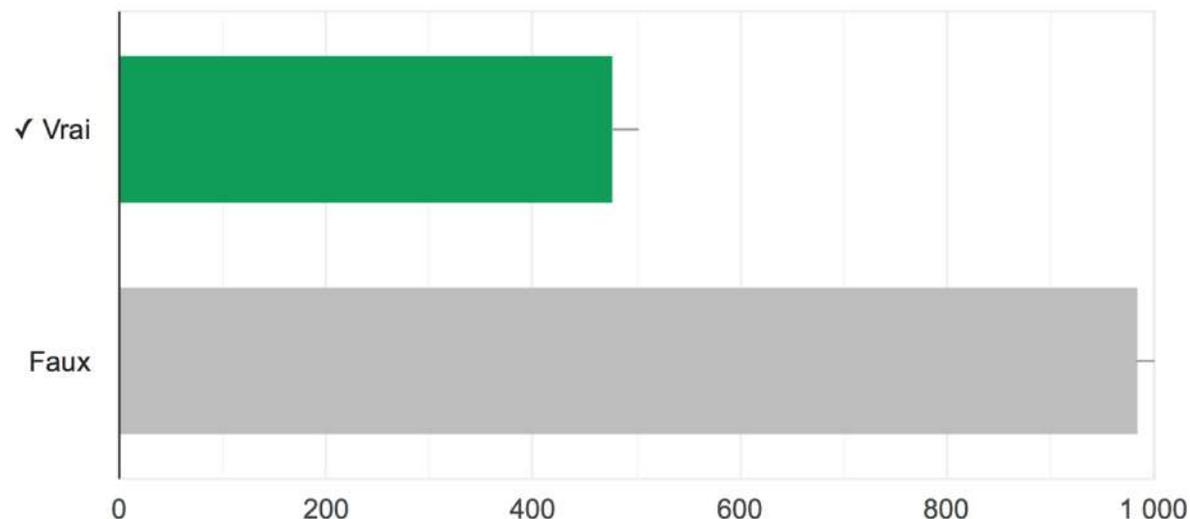
Si vous pensez que c'est l'ordinateur qui décide, alors vos plongées sont à risque accru.

Question à se poser : « Ce que je fais est-il bon ou mauvais pour mon corps ? » Si vous n'en savez rien, c'est que vous devez compléter votre formation.

14

Lorsqu'un ordinateur propose un palier à 3 m, il est tout à fait possible de la réaliser à 6 m (= ne jamais faire de palier à 3 m, tout faire à 6 m).

477 réponses correctes sur 1462



Un ordinateur de plongée fait ses calculs en permanence.

Faire le palier de 3 m à 6 m est donc possible. Cela n'aura pour seul effet que d'accroître le temps de palier prévu à 3 m.

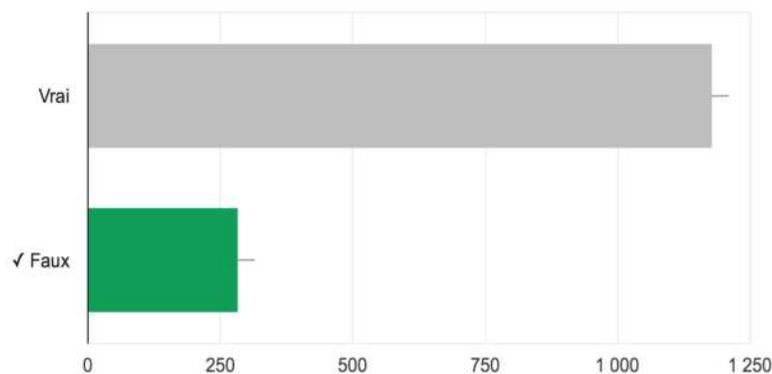
Objectifs possibles :

- Éviter de se situer trop près de la frontière limite du risque (3 m);
- Rester dans une zone confortable en cas de mer agitée.

15

Il est interdit d'utiliser un ordinateur de plongée pour faire autre chose que ce qui est écrit dans la notice d'utilisation.

284 &nbsp;réponses correctes sur 1462



Ce n'est pas « interdit », au sens où un ordinateur de plongée exécute les ordres de son utilisateur, qui prend ses responsabilités.

S'il fallait se conformer strictement à la notice :

- Vous ne pourriez pas dépasser 40 m avec certains ordinateurs (il est recommandé « expressément aux plongeurs sportifs de ne pas dépasser 40 m »).

Et vous ne pourriez pas faire de paliers obligatoires :

- « Les plongées comportant des paliers de décompression obligatoires ne sont pas recommandées »).
- Cet ordinateur « est destiné à la plongée sans décompression, NON pour une plongée utilisant volontairement la décompression. »
- Cet ordinateur « ne doit PAS être utilisé pour toute plongée ayant un caractère de compétition, ou plongée « à profil carré », ou plongée avec décompression ».

Ce ne sont que quelques exemples.

Le maître mot est « Plongez de manière responsable en sachant ce que vous faites et pourquoi vous le faites ».

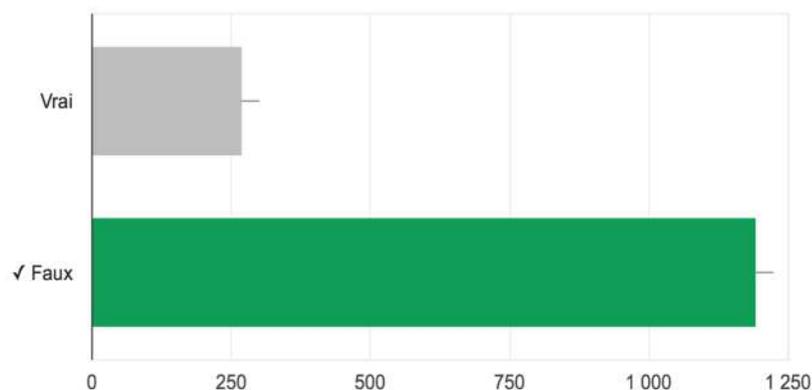
UN ORDINATEUR EST UNE SIMPLE AIDE A LA DESATURATION.

**IL FAUT COMBATTRE LE RISQUE DE DERESPONSABILISATION QU'UNE MACHINE PEUT ENGENDRER.**

16

Les fabricants d'ordinateurs de plongée sont responsables des paliers proposés.

1193 réponses correctes sur 1462



Les fabricants n'assument pas les conséquences de l'utilisation de leurs ordinateurs et s'en déchargent juridiquement dans leurs notices, généralement dans la rubrique « avertissements ».

**Exemple de clause dans une notice :** *Bien que l'ordinateur de plongée repose sur des technologies et des recherches récentes en matière de décompression, n'oubliez pas qu'un ordinateur est incapable de prendre en compte les fonctions physiologiques réelles d'un plongeur. Toutes les procédures de décompression connues à ce jour, y compris les tables de la marine américaine, reposent sur des modèles mathématiques théoriques utilisés comme base de travail pour réduire le risque d'accident de décompression.*

**Autre exemple :** *Un ordinateur de plongée est un instrument électronique, en tant que tel il n'est pas exempt de défaillances. Afin de vous prémunir d'une improbable défaillance, en plus de l'ordinateur, l'utilisateur doit avoir à sa disposition un profondimètre, un manomètre immergeable, une montre ou un chronomètre et des tables de plongée.*

**Autre exemple :** *L'ordinateur de plongée ne peut pas garantir contre un possible accident de décompression.*

Cela nous renvoie à la question 14.