

Plongées profondes et gestion de la décompression

Deuxième partie : utiliser son ordinateur en plongée profonde

CASV – Préparation niveau 3



Ce que l'on attend de vous

Vous allez découvrir les plongées profondes

Pour les réaliser en toute sécurité, vous devrez donc :

- comprendre comment fonctionne votre ordinateur sur ce type de plongées
- connaître et comprendre les limites d'utilisation de vos ordinateurs

***Cette maîtrise s'acquiert progressivement,
au cours de plongées de plus en plus engagées***

Sommaire

- **Rappel sur les modèles de décompression**
- **Principes de fonctionnement des ordinateurs**
- **Différents modèles d'ordinateurs**
- **Les limites de l'ordinateur**
- **Réglages de l'ordinateur**
- **Plonger profond avec un ordinateur**
- **Les imprévus**
- **Conclusion**

Quelques termes utilisés ici



- **Déco**

Procédure proposée par un moyen de calcul de la désaturation (table ou ordinateur) permettant de rejoindre la surface avec un taux de risque accepté de déclencher un accident de désaturation.

Il s'agit d'une vitesse de remontée, de profondeur et durée des paliers.

Elle peut inclure plusieurs gaz différents afin de réduire sa durée ou de la sécuriser (voir cours Nitrox).

La déco doit être planifiée avant la plongée, et respectée durant la plongée.

- **DTR**

Durée totale de remontée, du fond jusqu'à la surface en incluant les paliers.

C'est un élément donné par tous les moyens de déco.

- « **TSP** » (*n'existe pas*)

Temps restant sans palier ; « No Dec Time », « NDC »...

Temps restant à *une profondeur donnée* avant l'apparition d'une DTR, donc de paliers.

Quiizz

En utilisant votre ordinateur, donnez la courbe de sécurité

La « courbe de sécurité » n'existe pas !!!!

- La plupart des accidents de désaturation se présentent lors de plongées où les paramètres de désaturation sont respectés
- Ce sont donc bien souvent les **facteurs favorisants** qui entrent en ligne de compte (déshydratation, fatigue, efforts...)
- On parlera alors plutôt de « courbe de plongée sans palier »
- De même, on évite de parler de « palier de sécurité », mais on dira plutôt « paliers additionnels ». Il est bon de les faire si les conditions s'y prêtent, mais, ici aussi, le comportement de plongeur est essentiel par analyse du bénéfice de leur réalisation

*Le respect des **paramètres de plongée** est essentiel, de même que le **comportement de plongeur** en toutes situations !*

La « courbe de sécurité » n'existe pas !!!!

- Pour obtenir la durée de plongée sans palier à une profondeur donnée, utiliser le mode de planification de son ordinateur
- Cette durée varie selon l'historique des plongées pour tenir compte de l'azote résiduel du porteur de l'ordinateur

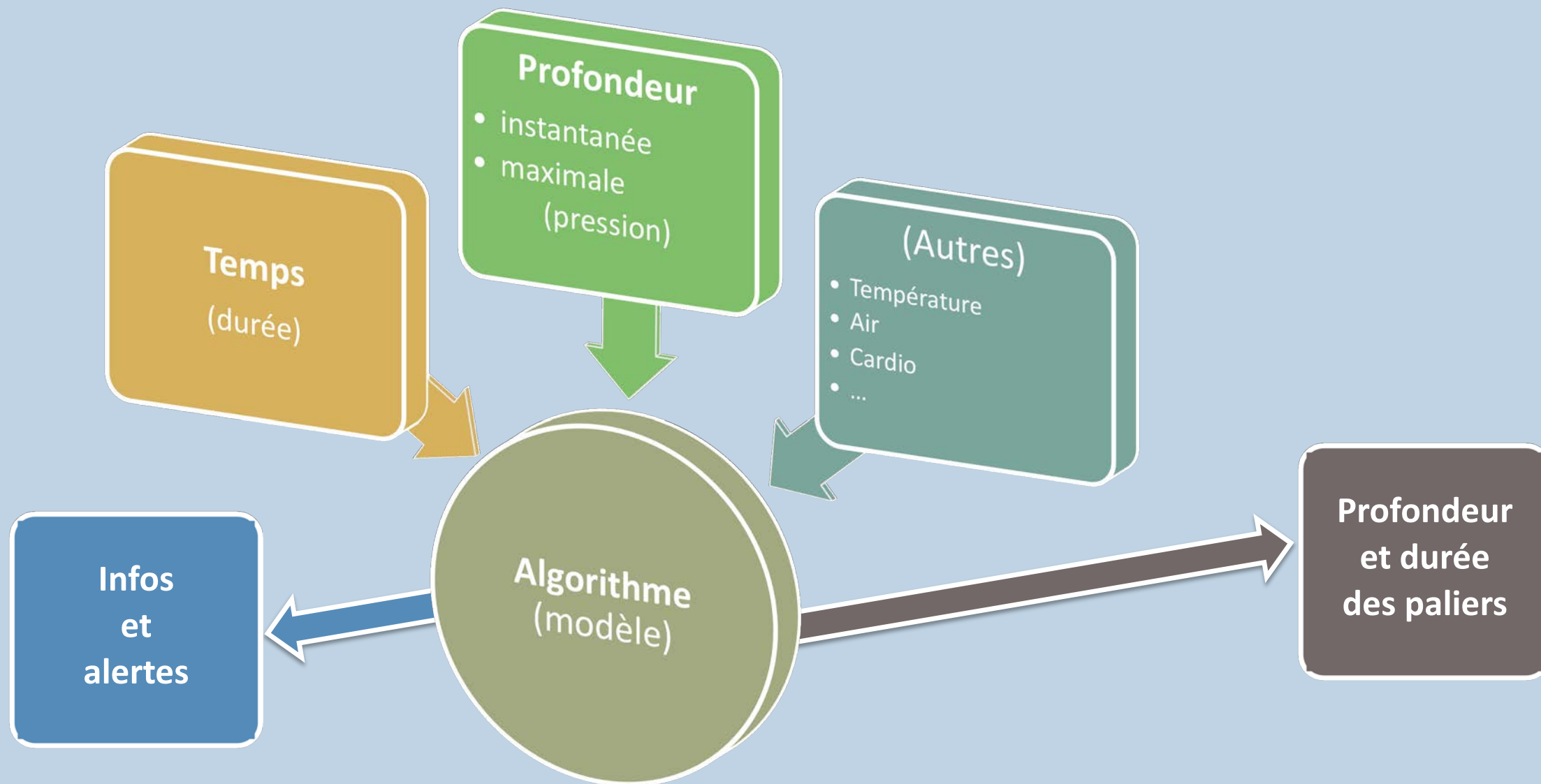
On ne doit donc pas changer de moyen de déco lors d'un séjour plongée pour conserver son historique

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES ORDINATEURS





Principes de fonctionnement : algorithme



Différents modèles : RGBM

- Modèle à faible gradient de bulles (**R**educed **G**radient **B**ubble **M**odel)
- Considère que des micro-bulles circulantes préexistent à la plongée (et ne sont pas pathogènes)
- Le calcul de la désaturation fait en sorte que ni leur nombre ni leur taille n'augmentent suffisamment pour déclencher un accident
- C'est un modèle commercial dont le fonctionnement n'est pas connu du public



Bruce Wienke

CRESSI
SINCE 1946



mares



SUUNTO



Différents modèles : Bühlmann et dérivés

- Modèle qui considère que les compartiments saturent et désaturent différemment en fonction de la profondeur d'évolution
- C'est un modèle ouvert ayant donné lieu à de nombreuses déclinaisons et adaptations (ZHL-8, ZHL-16, ADT...)
- Certains modèles intègrent les micro-bulles ou d'autres paramètres influant sur la déco (température, cardio...)



Albert Bühlmann
(1923-1994)





Comprendre le fonctionnement des ordinateurs

- Les ordinateurs de plongée sont basés sur des **modèles** mathématiques : hypothèses validées par le calcul et testées expérimentalement pour aboutir à des résultats donc le **taux d'erreur est accepté**.
- Ces modèles sont tous dérivés de celui de Haldane : réaction de compartiments fictifs face à la charge/décharge en N_2 .
- En enregistrant en temps réel les paramètres de plongée, ils proposent une décompression supposée sûre.

La fiabilité des ordinateurs repose sur des conditions d'utilisation et comporte des limites qu'il faut connaître



Différents modèles d'ordinateurs

- La **vitesse de remontée** peut être fixe ou variable (ex : 10 m/min constamment ; 30 m/min en profondeur puis 10 m/min)
- La **profondeur des paliers** peut être variable (décompression continue chez Suunto)
- Ils peuvent être plus ou moins **sensibles** aux dépassements de vitesse de remontée ou de profondeur des paliers introduisant une distorsion dans la déco (paliers allongés ou disparaissant moins vite)

Il faut s'entendre, lors de la planification, sur les paramètres à utiliser (vitesse de remontée, profondeurs de paliers), et respecter les conditions imposées par le modèle



Différents modèles d'ordinateurs

Aucune statistique ne permet d'affirmer qu'un modèle est meilleur qu'un autre.

Qu'ils soient plus ou moins conservateurs, les ordinateurs offrent le même degré de sécurité pour la désaturation, c'est à dire le même taux de risque accepté par rapport à la survenue d'un accident de décompression.

Bien entendu, aucun modèle ne peut nous représenter parfaitement...

Il est essentiel de garder un regard critique sur la déco proposée par son ordinateur qui ne nous connaît pas :

état de fatigue, de stress, déshydratation, etc...

LIMITES DES ORDINATEURS





Principes de fonctionnement : limites

Un ordinateur proposera toujours une déco, même si le profil adopté par le plongeur est particulièrement **dangereux** ou sort des limites du modèle.

Il acceptera par exemple de calculer une déco pour la 8^e plongée de la journée, même si aucun modèle ne prévoit de le faire pour **plus de 2 plongées**.

Il proposera la plupart du temps une déco, même si la **vitesse de remontée a été dépassée**.



Principes de fonctionnement : limites

Durant la plongée, l'ordinateur indique le temps restant sans palier à une profondeur donnée (TSP).

Si l'on cherche à éviter l'apparition de la DTR en remontant juste avant que le TSP arrive à 0, on joue avec les limites du modèle.





Principes de fonctionnement : limites

L'ordinateur proposera une déco pour des profils atypiques, même si aucun modèle n'est prévu pour s'y adapter et que ce sont des profils accidentogènes :

- profils inversés
- yoyos
- remontées rapides



RÉGLAGES DE L'ORDINATEUR





Réglages de l'ordinateur

Avant tout utilisation, il faut **régler** son ordinateur

Avant de régler son ordinateur, il faut **comprendre** son fonctionnement

Attention à bien comprendre ce que vous faites avant de procéder aux réglages de votre ordinateur



Réglages de l'ordinateur

- Certains réglages n'auront **pas d'incidence** sur le calcul de la déco :
 - date et heure → *l'ordinateur utilise un chronomètre/compte à rebours*
 - unités (métrique/impérial) → *la déco ne change pas, sa compréhension si...*
 - salinité de l'eau → *profondeur réelle différente de la profondeur affichée*
 - alarmes personnalisées (temps de plongée, profondeur)
- D'autres peuvent **impacter considérablement la déco** :
 - mélange gazeux respiré → *MOD, déco*
 - facteurs personnels durcis → *paliers pouvant être beaucoup plus longs*
 - altitude → *la pression ambiante plus faible impose une quantité d'azote résiduel moins importante en sortie de plongée*

Réglages de l'ordinateur : personnalisation



- **Paliers profonds (Deep Stop)** : 1' ou 2' de palier à mi-profondeur
Pas de bénéfice démontré en plongée à l'air.
Problématiques si les ordinateurs de la palanquée ne sont pas tous réglés de la même manière.
*Il est **déconseillé** de les faire en plongée loisir*

À ne réaliser que quand les conditions s'y prêtent : sous le bateau, de l'air, pas de houle, de courant...

- **Paliers additionnels, dit « de sécurité »** : 3' à 5 m
Proposés de façon optionnelle ou systématique.
Il faut savoir les distinguer des paliers obligatoires.
Peut-être vaut-il mieux les désactiver et choisir de les faire ou pas en fonction des conditions ??



***Ceci doit se décider en concertation
avec tous les plongeurs de la palanquée***



Réglages de l'ordinateur : personnalisation

- **Durcissement du modèle**

On peut choisir de durcir le modèle si les conditions sont défavorables (température basse, mauvaise condition physique, fatigue...).

Le réglage est variable selon les ordinateurs (P1 à P3, -2 à +2, L0 à L9...) et très peu documenté.

L'ordinateur proposera alors des paliers plus longs, voire beaucoup plus long.

Profondeur (m)	Durcissement		
	P0/A0	P1/A0	P2/A0
9	--	163	130
12	124	89	67
15	72	57	43
18	52	39	30
21	37	29	23
24	29	24	19
27	23	18	15
30	18	14	12
33	13	11	9

Exemple de Suunto (anciens modèles)

→ ***variation importante de la déco***

→ ***attention à la planification***

An underwater photograph showing several divers exploring a shipwreck. The scene is dimly lit with a blue-green tint. In the foreground, a large, rusted metal structure, likely part of a ship's hull, is visible. In the middle ground, a diver is positioned near a vertical metal post. To the right, another diver is swimming towards the left, holding a flashlight. A third diver is visible further back on the right, also equipped with a large yellow and black scuba tank. Bubbles are rising from the divers, indicating they are breathing underwater. The overall atmosphere is one of quiet exploration and discovery.

**CE QUE VOUS CONNAISSEZ :
LES PLONGÉES AU NIVEAU 2**

Plongées PA20

- **À 20 m en autonomie**

Les paramètres de la plongée sont fixés par le DP.

Il s'agit de les respecter ou de les restreindre en fonction des conditions ou de son stock d'air.

La DTR n'apparaît quasiment jamais ou elle disparaît durant la remontée.

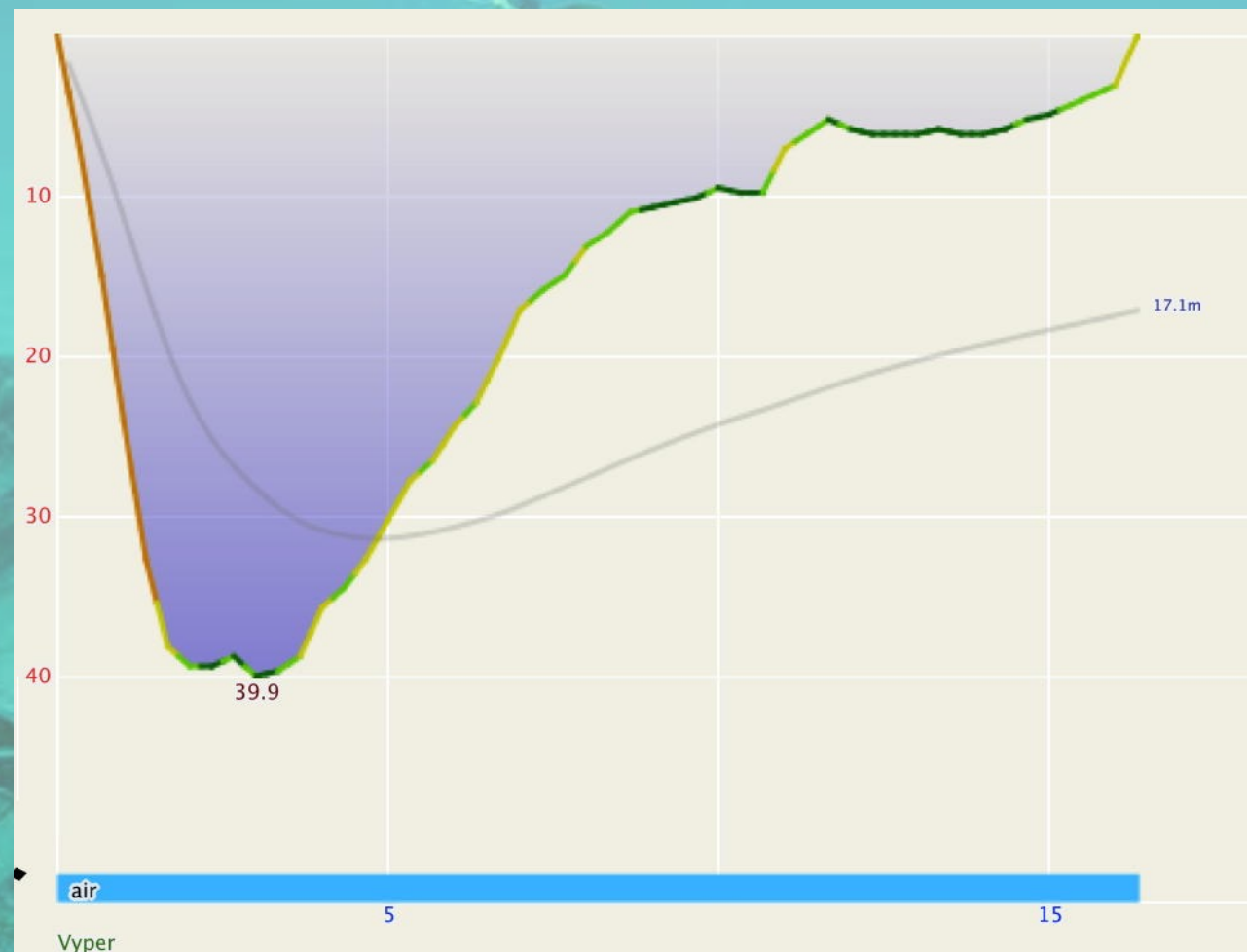


Plongées PE40

- **À 40 m avec un guide**

Le déroulement de la plongée est imposé par le GP selon les directives du DP.

Vous devez être capables communiquer vos paramètres au guide : conso, DTR, profondeur et durée des paliers.



An underwater scene with a blue-green tint. In the center, a large, vertical, cylindrical structure, possibly a ship's hull or a large pipe, extends from the top to the bottom of the frame. Two divers are visible: one on the left and one on the right, both swimming horizontally. Bubbles are rising from the divers, particularly from the one on the right. The water is slightly hazy, suggesting depth.

**CE QUE VOUS ALLEZ DÉCOUVRIR :
PLONGER PROFOND AVEC UN ORDINATEUR**

Les plongées PA60

- Lors de plongées profondes, on entrera pratiquement toujours dans les paliers.
- Le plus souvent, il s'agira de plongées « carrées » : descente et séjour au fond ; remontée et paliers.

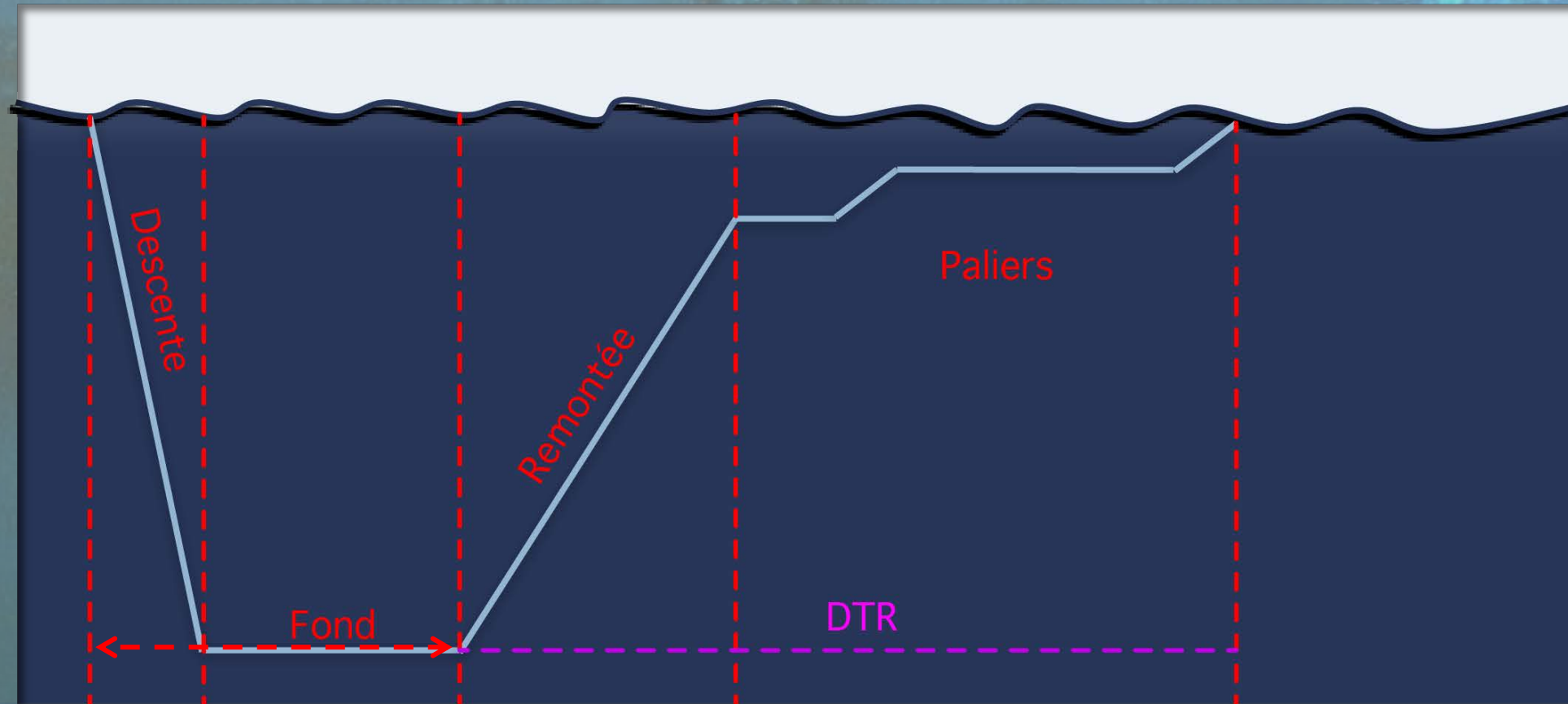
On a vu que sur une plongée « carrée », la déco proposée par les ordinateurs est similaire, voire légèrement plus dure, que les tables. On peut donc utiliser les tables comme outil d'aide à la planification.

Déroulement d'une plongée profonde

Diminution progressive du **TSP**

Apparition de la **DTR** qui augmente de façon *exponentielle*

Disparition des **paliers** en fonction du respect des profondeurs



Les plongées PA60

- **À propos de la DTR**

Son apparition signifie que la sortie d'eau nécessitera la réalisation de paliers de décompression.

Son augmentation **n'est pas linéaire** :

- 10' @ 60 m : DTR 13'
- 15' @ 60 m : DTR 29'*

***1' supplémentaire au fond ajoutera
plusieurs minutes de palier***

! conso ! planification

Déroulement d'une plongée profonde





En surface avant la plongée

- En palanquée, préparer la planification selon les paramètres fixés par le DP ou établir ses propres paramètres (plus limitants) :
 - profondeur max de la plongée
 - temps au fond
 - DTR et/ou durée max des paliers
 - pression de décollage

S'aider du mode Plan de l'ordinateur ou des tables



En surface avant la plongée

- Une fois la planification effectuée et juste avant de plonger :
 - vérifier que son ordinateur est correctement configuré
 - vérifier que son stock d'air correspond toujours à la planification

À la descente



- Contrôle de la profondeur courante
- Ralentissement à l'approche de la profondeur plancher
- À l'arrivée au fond, faire un point sur son stock d'air





Au fond, durant la plongée

- Maintien de la profondeur plancher (alarme de profondeur ?)
- Contrôle régulier du stock d'air
- Contrôle du temps restant avant l'apparition des paliers = diminution du TSP (alarme de durée ?)
 - *anticiper l'apparition des paliers = signaler le passage en DTR (« je rentre dans les paliers »)*
- Contrôle de la DTR → *anticiper la limite fixée*



La remontée



Une fois la première des limites atteinte (temps fond, DTR, pression de décollage), entamer la remontée

→ *communiquer sur la profondeur du 1^{er} palier*

- Contrôle de la vitesse de remontée (alarmes)
- Anticipation de l'approche du premier palier → *réduction de la vitesse*





Aux paliers

- Respecter les paramètres les plus restrictifs :
 - paliers les plus profonds
 - durées les plus longues
- Vérifier régulièrement que le stock d'air sera suffisant pour effectuer tranquillement tous les paliers
- Communiquer sur l'évolution de la déco
- Attendre que tout le monde ait terminé toute sa déco
- Décider ou pas de faire des paliers additionnels



À propos des paliers...

- Les paliers servent à évacuer suffisamment de N_2 pour regagner la surface en sécurité
 - pas d'efforts
 - pas de stress
 - ventilation calme et ample
 - ne pas économiser son air
- Il faut, en palanquée, rester dans la zone préconisée par son ordinateur, sinon les paliers disparaîtront plus lentement
- Si les conditions de mer sont difficiles, on peut, néanmoins, avec l'ordinateur, faire ses paliers à une profondeur légèrement plus importante (5 ou 6 m)





De retour en surface après la plongée

- Se concerter et donner au DP les paramètres effectués :
 - profondeur max
 - temps au fond
 - profondeur et durée des paliers
 - temps total

Contrôler le temps de désaturation total

Contrôler le CNS/OTU (voir cours Nitrox)



QUE FAIRE SI...



Que faire si...

Remontée lente

Plus lente que la vitesse préconisée par l'ordinateur.

Il s'adapte, mais c'est à éviter sur des plongées profondes car la saturation se poursuit (donc les paliers augmentent) ou la désaturation est inefficace (les paliers diminuent très lentement).

Remontée rapide

À éviter absolument !

L'ordinateur signale une vitesse rapide (et peut se bloquer).

Il n'y a pas de procédure de rattrapage prévue par l'ordinateur, mais l'ordinateur peut créer ou durcir les paliers ou pénaliser les plongées suivantes.

Rallonger alors les paliers au maximum.

Que faire si...

Palier à deux sur un embout

Si des paliers sont faits avec échange d'embout, il est recommandé de doubler leur durée (durée indiquée par l'ordinateur).

Palier interrompu

Si l'on peut reprendre les paliers (*en moins de x'*), l'ordinateur continue son décompte et éventuellement rallonge les paliers.

Certains ordinateurs peuvent se bloquer pendant 24 à 48h, empêchant toute plongée successive.

Si les paliers ne peuvent être faits intégralement, déclencher une procédure accident*.

*Voir cours RIFA-P

Que faire si...

Panne d'un ordinateur

Utiliser les moyens disponibles dans la palanquée en les durcissant.
Ou suivre le mode d'emploi de l'ordi.

Ex. Suunto

- *Arrêter la plongée*
- *Remonter dans la zone des 3/5 m*
- *Y faire un palier le plus long possible*
- *Ne pas replonger pendant au moins 24h*

A diver is shown from a first-person perspective, holding a thick, braided rope. The diver is wearing a dark wetsuit and a diving mask. To the left, there is a large, dark, rectangular structure, possibly a piece of equipment or a part of a ship. In the background, a mountain range is visible under a clear sky. The entire image has a teal color overlay.

CONCLUSION

Plongées profondes et gestion de la décompression

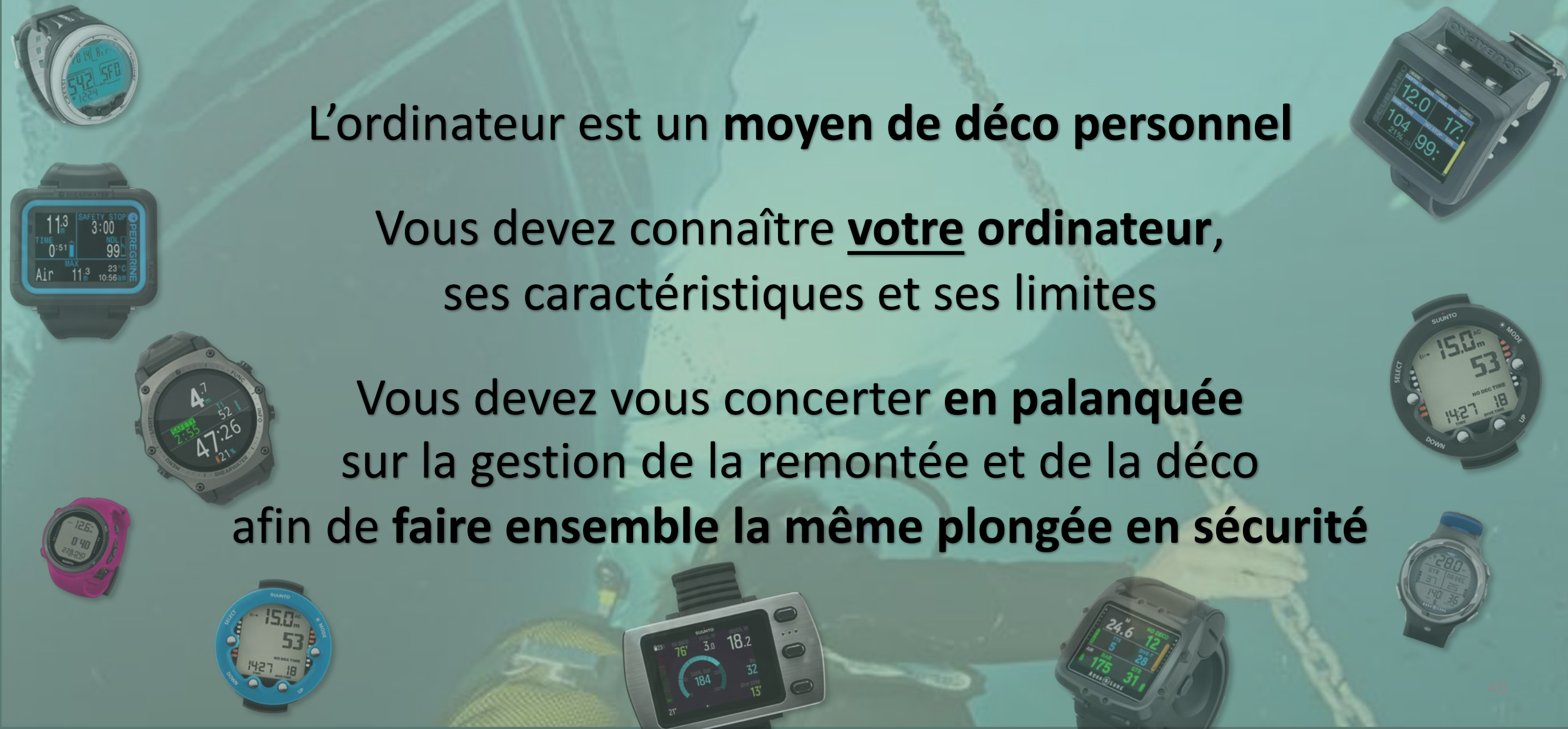
- 👍 L'ordinateur est **direct d'utilisation**, il ne demande pas de calcul
- 👍 Il apporte des **informations en temps réel** sur le déroulement de la plongée (paramètres, alarmes sonores et visuelles)
- 👍 Il suit le profil de plongée réel de celui qui le porte, donc optimise le temps de plongée (moins de paliers)
- 👎 ...mais cela peut causer des **écarts entre les membres de la palanquée**
- 👎 Il ne connaît pas **l'état du plongeur** ni celui du milieu (fatigue, essoufflement, froid, courant...)
- 👍 Il gère les plongées successives, y compris sur tout un séjour, permettant la **planification**
- 👎 ...donc on ne doit **pas changer de moyen de déco** ni s'échanger les ordinateurs
- 👎 Il n'est pas infallible...

Plongées profondes et gestion de la décompression

L'ordinateur est un **moyen de déco personnel**

Vous devez connaître **votre ordinateur**,
ses caractéristiques et ses limites

Vous devez vous concerter **en palanquée**
sur la gestion de la remontée et de la déco
afin de **faire ensemble la même plongée en sécurité**





C'est fini, merci !