



Ordinateurs de plongée Niveau IV

Fabrice MERIC
Stagiaire MF1

Sommaire

- Modèles physiologiques
- Exploitation de ces modèles
- Ordinateurs et modèles de décompression
- Principe de fonctionnement des ordinateurs
- Particularités d'utilisation
- Limites d'utilisation
- Les différents types d'ordinateur
- Comparatif entre tables et ordinateurs
- Conclusion

Modèles physiologiques

■ La modélisation

- Elle a pour but de comprendre et prévoir les comportements d'un phénomène complexe observé. Par exemple :
 - Les marées
 - Les climats
 - ...
- Le modèle s'appuie sur une formulation mathématique où interviennent les paramètres les plus influents
- Un modèle sera d'autant plus juste que la prévision correspondra à l'observation, à l'expérience

■ Le phénomène de la décompression

- C'est un phénomène où interviennent à la fois des paramètres physiques et biologiques
- Étudiée depuis plus d'un siècle, de nombreux modèles ont été proposés dans le but de mieux comprendre les mécanismes et proposer les meilleures procédures de décompression

Modèles physiologiques

■ Le modèle haldanien

- Précurseur sur la question, Haldane élabore en **1907** un modèle basé sur la loi physique de dissolution des gaz (loi de Henry). Le corps humain est assimilé à cinq **compartiments** distincts, caractérisés par des temps de saturation différents (**Périodes**)
- Le seuil de sursaturation critique est identique pour tous les compartiments ($Sc=2$)
- La loi qui décrit l'évolution de la saturation et de la désaturation est identique pour chacun des compartiments (loi exponentielle)
- C'est un modèle **par perfusion**, il considère que la diffusion de l'azote dans les tissus est instantanée

Modèles physiologiques

■ Adaptation, évolution du modèle de Haldane

- **Dans les années 30, l'US-Navy** crée des coefficients de sursaturation critique propre à chaque compartiment. **En 1957**, elle définit **six compartiments** pour prendre en compte les plongées successives
- **Workman (1965)** : prend en compte la profondeur et l'amène à définir plusieurs Sc par compartiments. Ce sont les **M-Values**
- **Bühlmann (1983)** : améliore encore la définition des coefficients Sc en intégrant deux variables a et b pour prendre en compte la pression atmosphérique (**altitude**). La composition de **l'air alvéolaire** est également pris comme référence
- **Spencer (début années 70)** : travail sur la détection des **bulles silencieuses** par effet Doppler et modification du modèle US-Navy

Modèles physiologiques

- Adaptation, évolution du modèle de Haldane
 - **COMEX (1974, 1992)** : adaptation aux besoins des travailleurs hyperbares. Modèle basé sur une banque de données statistiques de 80000 plongées dont plus de 500 plongées analysées par détection de bulles circulantes. **Vingt compartiments** sont pris en compte
 - **Thalman (1985)** : il introduit un modèle avec une désaturation linéaire (**algorithme E-L**, exponentiel en charge – linéaire en décharge) pour prendre en compte les bulles qui engorgent le filtre pulmonaire notamment pendant l'intervalle de surface

Modèles physiologiques

■ Les modèles non haldaniens

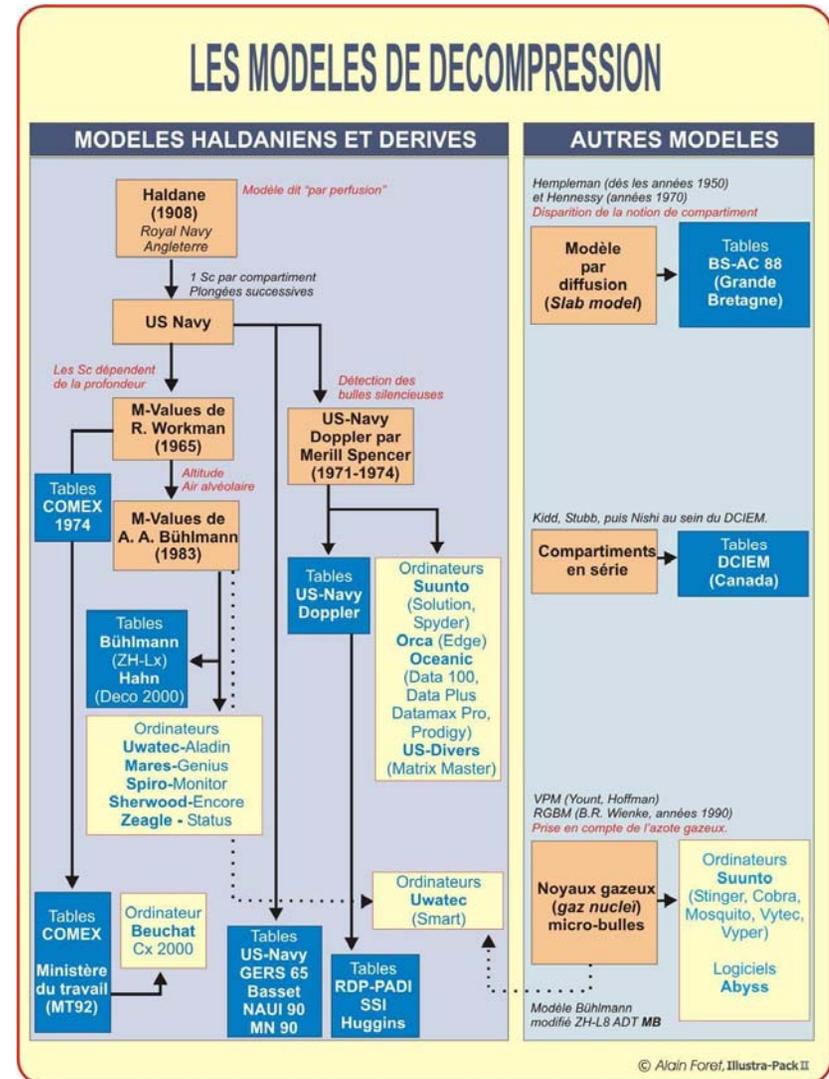
- **Hempleman (1952) : modèle par diffusion ou « slab model ».** Par opposition au modèle par perfusion, il considère la résistance mécanique des tissus lors des phases d'absorption et d'élimination de l'azote
- **Nishi (1983) :** le modèle considère des **compartiments en série** et non en parallèle ce qui permet d'intégrer des échanges gazeux entre compartiments. Association de perfusion et diffusion
- **Wienke (1990) : RGBM (Reduced Gradient Bubble Model),** modèle qui permet de prendre en compte des micro bulles (ou noyaux gazeux), relais à la production de bulles plus importantes lors de la remontée
- **Modèle probabiliste :** propose différentes procédures de décompression en fonction du taux de risques accepté par le plongeur

Exploitation de ces modèles

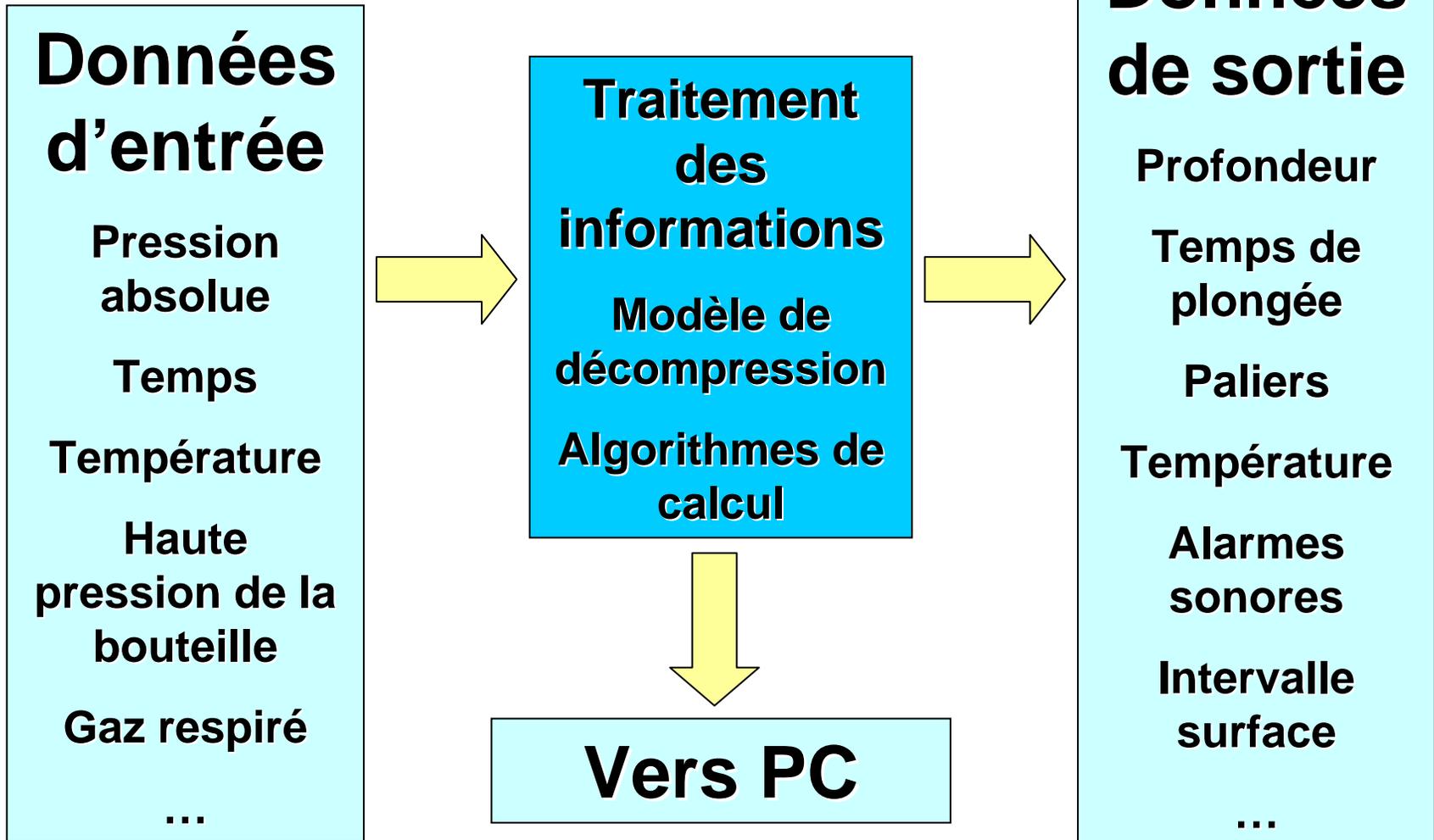
- A travers des tables de plongées : les paramètres nécessaires à la décompression (profondeur palier, durée) sont calculés à l'avance et notés dans des tableaux
- A l'aide d'un ordinateur de plongée qui calculera en temps réel les paramètres de la décompression

Ordinateurs et modèles de décompression

Ci-contre un résumé reprenant l'ensemble des modèles de décompression en les associant avec les ordinateurs du marché



Principe de fonctionnement des ordinateurs

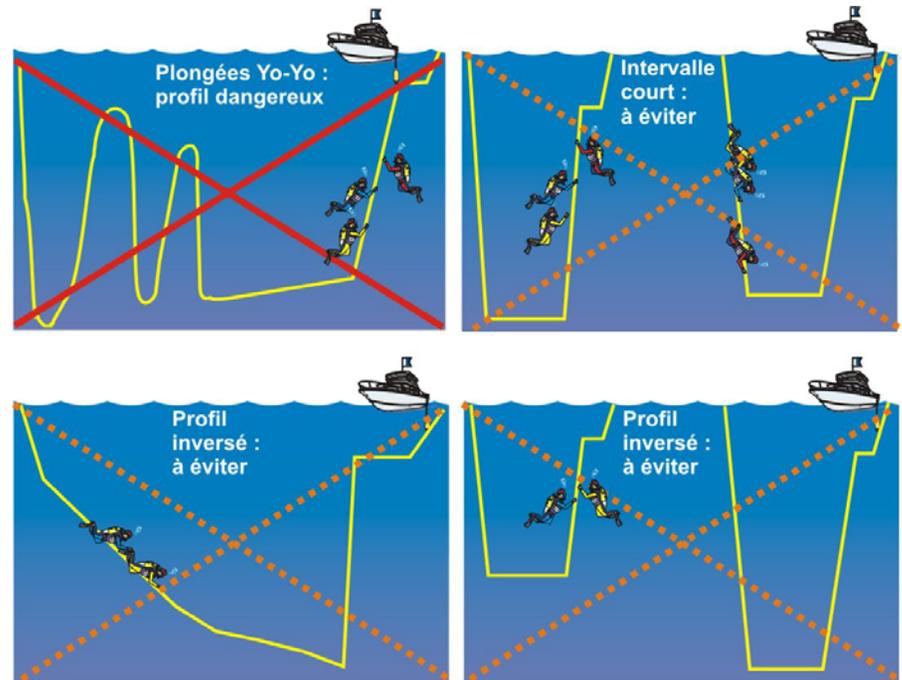


Particularités d'utilisation

- Initialisation
 - Les ordinateurs ne sont pas tous identiques et nécessitent de prendre des précautions avant immersion (surtout anciens modèles)
 - Toujours penser à activer et initialiser l'appareil avant de s'immerger
- Vitesse de remontée
 - Fixe. En général 10m/min
 - Ou paramétrable
- Nombre de compartiments
 - De 8 pour l'Aladin Pro ...
 - ... à 20 pour le CX2000
- Paramétrage de l'altitude
 - Manuel
 - Automatique
- Planification des plongées
- Carnet de plongée

Limites d'utilisation

- Les profils dangereux
 - Yoyo
 - Plongées consécutives
 - Successives rapprochées
 - Profil inversé
- Comportements à risque
 - Effort violent
 - Fatigue
 - Alcool
 - Autres facteur aggravants ...
- Usage personnel
- Les piles

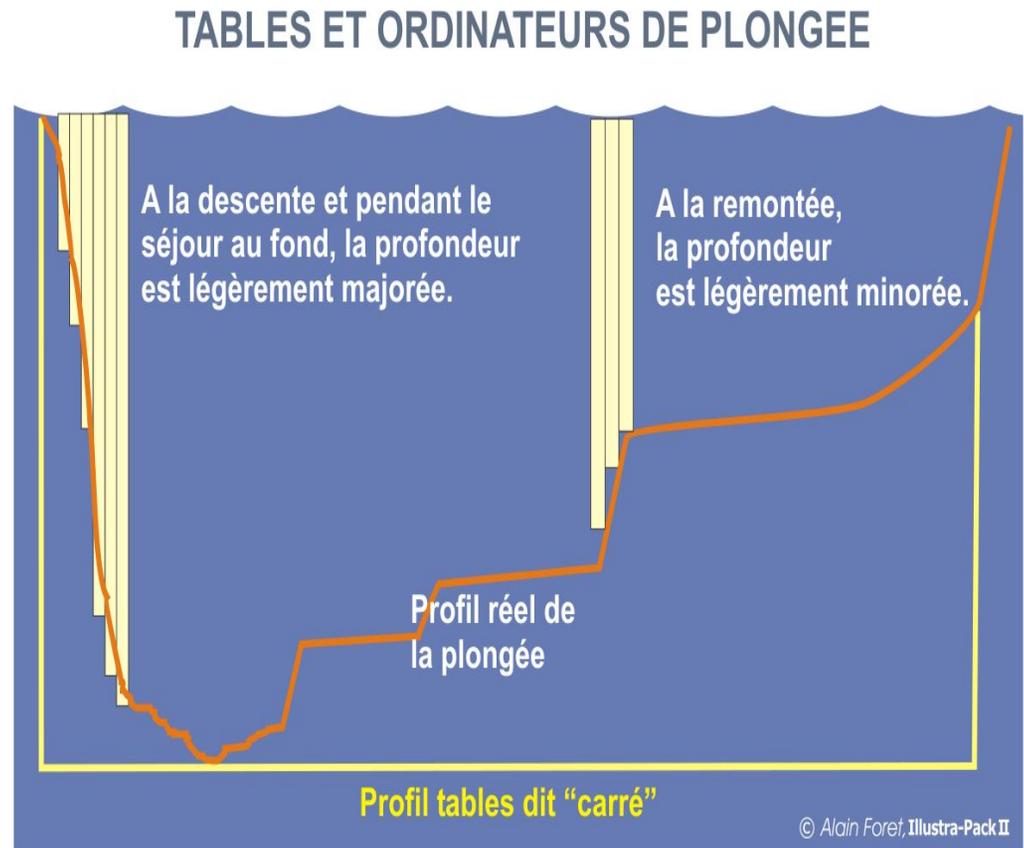


Les différents types d'ordinateur

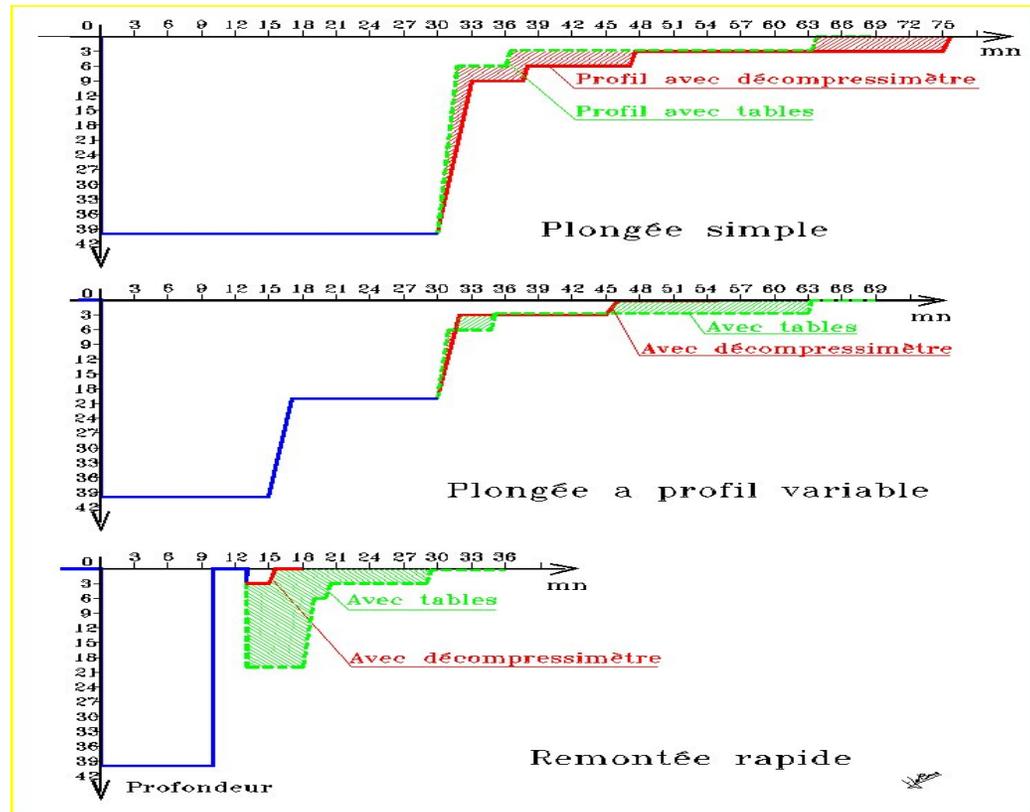
Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
<p>Ils indiquent des paliers sans préciser leur durée</p> <p>Pas de gestion de l'autonomie en air possible</p> <p>Ordinateurs réservés à la plongée sans palier</p>	<p>Ils signalent précisément la profondeur et la durée des paliers</p> <p>Ils indiquent également la durée totale de remontée</p> <p>Ordinateurs polyvalents utilisés couramment en plongée loisir</p>	<p>Ils intègrent un capteur HP qui communique par onde avec un émetteur sur la bouteille</p> <p>Ordinateurs à gestion d'air</p>	<p>Ils tentent de prendre en compte les facteurs aggravants.</p> <p>Ils proposent également des procédures de secours en cas de remontée rapide ou interruption de paliers</p>	<p>Idem type 2, 3 ou 4 en intégrant un paramétrage du gaz respiré</p> <p>Ordinateurs air, nitrox</p>

Comparatif entre tables et ordinateurs

- La table considère que le plongeur est resté pendant toute la durée de la plongée à la profondeur maxi. L'évolution de la tension finale des tissus n'est donc pas pris en compte.
- L'ordinateur, quant à lui approche au plus près le profil réel de la plongée en l'assimilant à une succession de plongée élémentaire d'une durée très courte



Comparatif entre tables et ordinateurs



Comparatif entre tables et ordinateurs

	Tables MN90	Ordinateurs
Courbe de sécurité	Cf niveau I	Différentes suivant les modèles
Vitesse de remontée	15 à 17m/min	Plus lentes ~ 10m/min ou variable selon modèles
Durée de la plongée	Du seuil d'immersion au début de la remontée	Du seuil d'immersion au seuil d'émersion
Décompression	Par paliers	Paliers ou décompression continue ou interdite

Comparatif entre tables et ordinateurs

	Tables MN90	Ordinateurs
Plongées successives	Intervalle de 15 min	Différent, souvent 10 min
Intervalle entre 2 plongées	Consécutives ou successive	Peu d'importance dans la distinction
Plongée en altitude	Profondeur fictive Paliers	Changement des seuils de calcul 3, 6 ou 9m ou 2, 4 ou 6m
Décompression à l'oxygène	Oxygène au palier ou en surface	Non prévu actuellement

Conclusion

- Les procédures de décompression sont nombreuses, il est important de gérer ces différences au sein d'une même palanquée
 - Planification de la plongée
 - Cohésion de la palanquée
 - Vitesse de remontée unique ...
 - ... Suivant la procédure de décompression la plus sécurisante
- L'ordinateur a ses propres limites, il ne les indiquera pas forcément
- En cas de panne, un profondimètre et un jeu de tables immergeables seront toujours très utiles