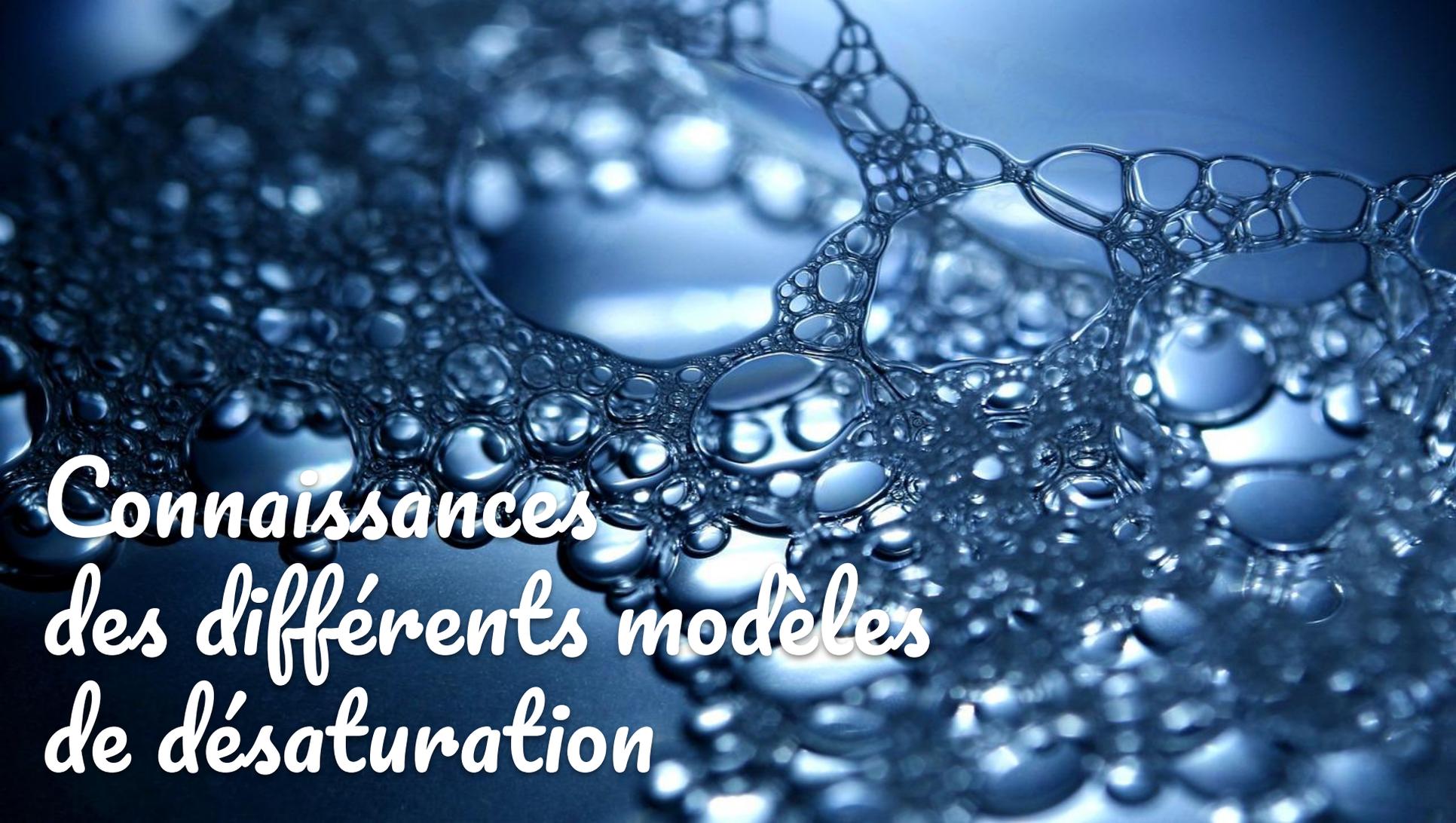


Outils et procédures de décompression

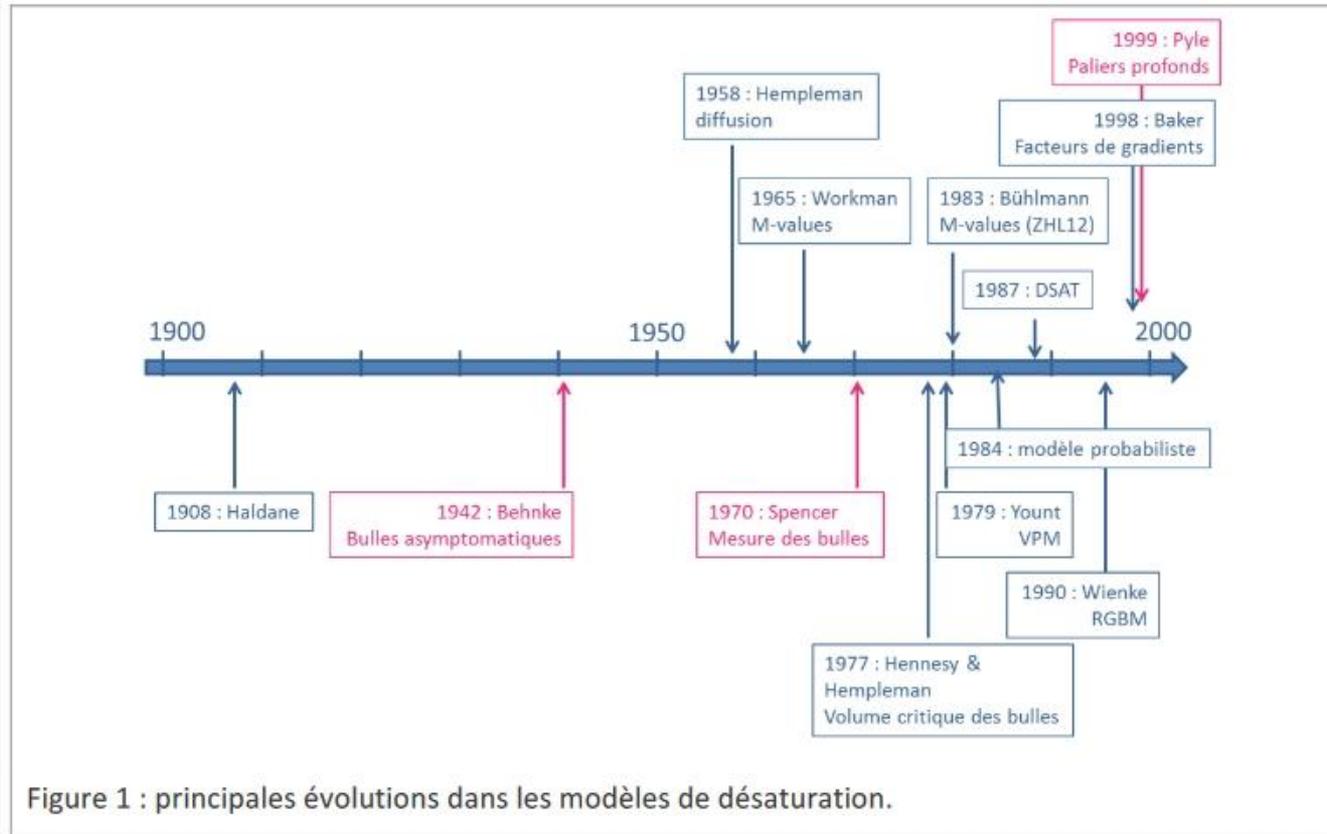
Plongeur
niveau 3



*Connaissances
des différents modèles
de désaturation*

Les modèles de désaturations

Extrait de “La désaturation : pratique et enseignement”, Sophie Le Maout (2016)



Le modèle de Haldane

Modèle par perfusion

L'hypothèse
de **Haldane**
repose sur le fait...

qu'il y a un équilibre instantané au niveau des alvéoles

qu'il y a vascularisation parfaite des tissus et équilibre instantané des échanges sang/tissus en gaz inerte

qu'une liste de compartiments bien sélectionnés permet une approximation de l'organisme

que chaque compartiment absorbe (charge) et élimine (décharge) le gaz inerte selon la même loi

Le modèle de Haldane

Evolution du modèle

- 5 compartiments dans le 1er modèle en 1908
 - 3 compartiments dans le modèle US Navy en 1937
 - 7 compartiments dans les tables GERS 65
 - 12 compartiments dans les tables MN90
 - 6, 8, 12 ou 16 compartiments selon les modèles de Bühlmann (années 80).

Le modèle Bühlmann

ZHL - 8 C ADT MB / ZHL - 16 C ADT MB

*Scubapro, Uwatec,
Subgear, ...*

Reprend le **modèle
Haldanien**

tient compte de la température pour modifier les capacités maximales de dissolution et introduire une marge de sécurité supplémentaire.

prend également en compte le gaz inerte, non seulement en phase dissoute mais aussi en phase gazeuse (sous forme de microbulles).

- possibilité d'activer un palier profond
- possibilité d'activer un palier de sécurité
- vitesses de remontée variable en fonction de la profondeur

Le modèle RGBM

Reduced Gradient Bubble Model

*Suunto, Cressi
Mares, ...*

Modèle hybride

approche haldanienne :
compartiments, M-values

approche "modèle à bulles"

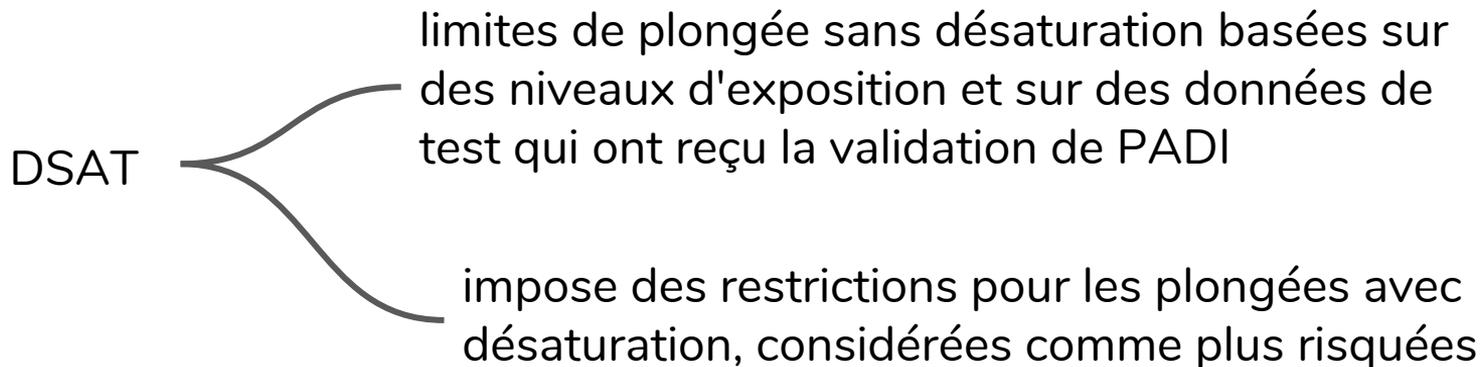
désaturation continue et
notions de profondeur
plancher et plafond

- propose un palier profond (+- débrayable)
- palier de sécurité à 3m (+- débrayable)
- vitesse de remontée fixe de 10m/min

Les modèles Dual Pelagic

DSAT et Pelagic Z+

*Aqualung,
Oceanic,...*



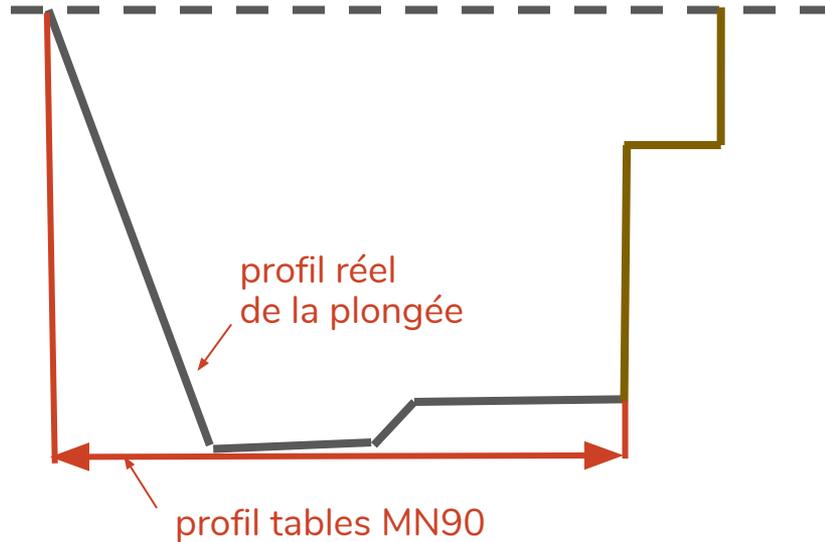
Pelagic Z+ basé sur l'algorithme de Bühlmann ZHL-16c.

- propose un palier profond (lors de plongées >24m sans palier)
- palier de sécurité
- vitesse de remontée variable

The image shows two divers underwater in clear blue water. The diver on the left is partially visible, wearing a black wetsuit and a mask. The diver on the right is more prominent, wearing a black wetsuit, a black mask, and a blue wristwatch. They are both looking towards the camera. The text is centered in the middle of the image in a white, cursive font.

Connaitre
les réglages
de son
ordinateur
et planifier
la plongée

Principe



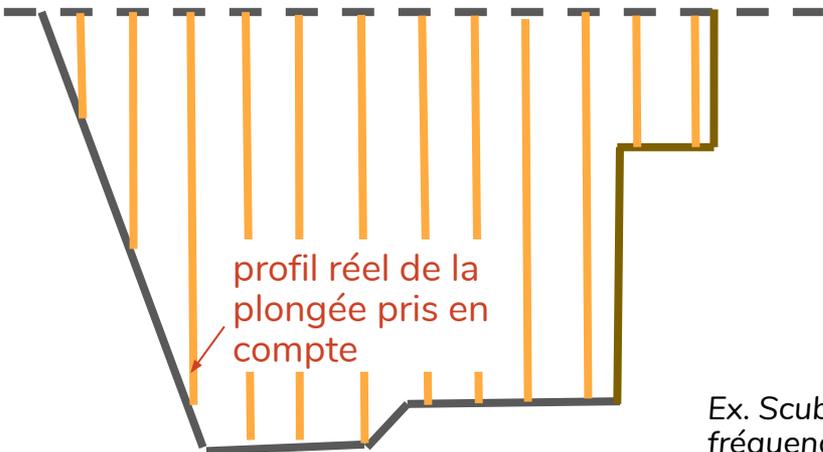
Les tables

profil « **carré** » : prise en compte de la profondeur maximale atteinte par le plongeur comme la profondeur de toute la plongée...

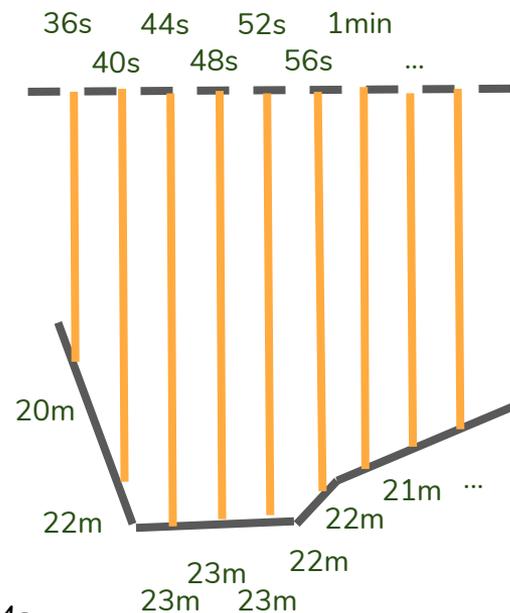
Principe

profil « **en tranches** » : la profondeur est calculée à intervalles réguliers et mémorisée. Le calcul des paliers se fera en prenant en compte chaque profondeur à chaque intervalle...

Les ordinateurs



Ex. Scubapro Galileo Sol,
fréquence d'échantillonnage = 4s



Différents types d'ordinateurs

Ordinateur de poignet



Ordinateur montre

Ordinateur à gestion d'air



Ordinateur en console



Ordinateur multigaz (modifiable durant la plongée)



Différents types d'ordinateurs

	AQUALUNG	CRESSI	MARES	SUUNTO	SCUBAPRO
Poignet	i100 (180€) i300 (250€)	Giotto (220€)	Puck pro (220€) Smart (240€)	Zoop Novo (200€) Vyper Novo (400€)	Sport Matrix (240€)
Gestion d'air	i750T (880€)		Quad air (550€) Icon HD air (700€)	D4i novo air (670€) EON Core air (990€) EON Steel air (1020€) DX black air (1440€)	Galileo Luna air (630€) Mantis 2 air (650€) Galileo Sol air (720€) Galileo 2 (1200€)
Montre	i450T (430€)	Newton (300€)		D4i novo (429€) D6i novo (560€) DX black (1200€)	Chromis (270€) Mantis 1 (400€)
Console	i550 (430€)	Leonardo 3 (300€) Giotto 3 (400€)	Puck air (290€) Puck 3 (330€)	Cobra 3 (700€)	Aladin H Matrix (320€) Galileo 2 G2 (1160€)
Poignet (écran ++)			Nemo Wide 2 (220€) Icon HD (550€)	EON Core (690€) EON Steel (720€)	Galileo Luna (436€) Galileo Sol (560€)

Les conditions d'utilisation

- Lire la notice !
- en posséder une copie sur le lieu de plongée
- **Phase d'initialisation** : affiche toutes les infos, calage du 0m, état de la pile,...



On ne remplace pas une pile ou on ne recharge pas un ordinateur sur le bateau !

Les conditions d'utilisation

- **Personnalisation des paramètres**

possibilité de durcir la décompression lorsque les facteurs qui prédisposent aux accidents de décompression augmentent

les accidents antérieurs,...

le froid (T° eau $< 20^{\circ}\text{C}$)

une condition physique en dessous de la moyenne

des plongées multiples ou successives

la fatigue

la déshydratation

Les conditions d'utilisation

- **Alarmes**

programmables par
l'utilisateur

gérées par
l'ordinateur

le temps de plongée

la profondeur maxi

une heure précise

la pression restante
dans le bloc

le pourcentage de batterie restant

la vitesse maximum de remontée

le non respect des paliers de sécurité obligatoires



Les conditions d'utilisation

- **Multi-gaz** — Air, Nitrox, Trimix,... — réglage manuel des différents pourcentages avec affichage de la pression partielle d'O² et de la profondeur maximale autorisée
- **Vitesse de remontée** — souvent 10m/min ou variables en fonction de la profondeur
- **Planification**
 - simulation de plongées successives
 - affichage de la courbe de sécurité en fonction de l'intervalle surface (intervalle réel ou intervalle prédéfini par l'utilisateur),...

Les conditions d'utilisation

- **Altitude**

l'ordinateur adapte le modèle mathématique en fonction de la zone d'altitude sélectionnée pour donner des temps sans décompression plus courts

<i>Mode d'altitude</i>	<i>Symbol affiché</i>	<i>Zone d'altitude</i>
A0		0 - 300 m
A1		300 - 1500 m
A2		1500 - 3000 m

Extrait du manuel d'utilisation du "Suunto Vyper"

Extrait du manuel d'utilisation du "Mares Puck pro"

- **A0** : depuis le niveau de la mer jusqu'à environ 700 m/2300 pieds
- **A1** : depuis environ 700 m/2300 pieds jusqu'à environ 1500 m/4900 pieds
- **A1** : depuis environ 1500 m/4900 pieds jusqu'à environ 2400 m/7900 pieds
- **A3** : depuis environ 2400 m/7900 pieds jusqu'à environ 3400 m/12100 pieds

Les conditions d'utilisation

- **Paliers**

prise en compte de tous les paramètres de la plongée (profondeurs, temps, vitesse de remontée, réglages personnalisés,...) pour les paliers. Adaptation de l'ordinateur aux différents paramètres.

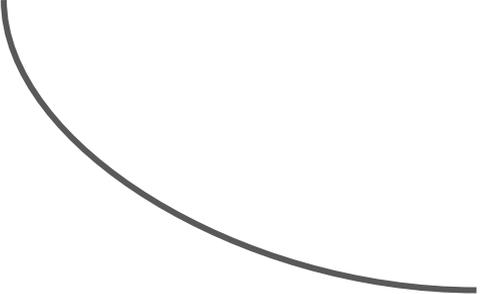
Garder à l'esprit que le **palier de sécurité** ne doit être effectué que s'il n'altère en rien la sécurité du plongeur !

- **Carnet de plongée**

tous les paramètres des dernières plongées effectuées (durée, profondeur, température,...). Possibilité de faire défiler la plongée par tranches sur l'ordinateur.

Les conditions d'utilisation

En cas d'accident



les ordinateurs de tous les plongeurs de la palanquée sont emportés par les autorités afin d'étudier le profil des plongées

Les conditions d'utilisation

- **Interface PC** permet de visualiser ses plongées (profil de la plongée), contrôler a posteriori tous les paramètres, garder une trace de chaque plongée. Idéal pour les exercices



Les limites d'utilisation

- **Rester informé** — rappel des modèles par les constructeurs en cas de problèmes (site du constructeur, du revendeur, revues spécialisées,...)
- **Ne pas se prêter l'ordinateur** — entre 2 plongées (avant désaturation complète) : mémoire de la saturation antérieure prise en compte pour les plongées suivantes. Risque de minoration des paramètres pris en compte pour le calcul de la décompression de la 2ème plongée...

Les limites d'utilisation

- **Ne pas mélanger les procédures**  plongée table le matin et ordinateur l'après-midi
- **Plongées carrées ?**  un ordinateur est plus pénalisant que des tables (marges de sécurité de l'ordinateur)
- **Piles, batteries**  à contrôler avant chaque plongée (prévu dans le protocole de démarrage de l'ordinateur). Ne pas attendre le dernier moment pour les changer !!

Les limites d'utilisation

- **Préconisations du constructeur**

Ex. "Une excursion en altitude peut provoquer une modification de l'équilibre entre la pression d'azote dissous dans le corps humain et la pression ambiante. Lors d'une première plongée en altitude, il est recommandé d'attendre au moins trois heures avant de s'immerger pour permettre au corps de s'adapter au changement de pression atmosphérique."

- **Risques de déprogrammation**

par les ondes électromagnétiques produites par un téléphone portable

Les limites d'utilisation

1.1. MESURES DE SECURITE

Ne pas tenter d'utiliser le multiordinateur de plongée sans avoir lu ce manuel dans son intégralité, y compris tous les avertissements qui suivent. S'assurer d'avoir bien compris l'utilisation, les affichages et les limites de l'instrument. Pour toute question concernant le manuel ou l'instrument lui-même, contacter un revendeur SUUNTO agréé avant toute plongée.

Ne jamais oublier que **CHAQUE PLONGEUR EST RESPONSABLE DE SA PROPRE SECURITE**

Utilisé correctement, l'ordinateur de plongée est un instrument incomparable aidant le plongeur compétent à planifier et réaliser des plongées de type loisir classique ou multiprofondeur sans décompression. **IL NE REMPLACE PAS UN ENSEIGNEMENT CONVENABLE** ni la connaissance des principes de décompression.

DANGER!

L'ORDINATEUR DE PLONGEE EST DESTINE AUX PLONGEURS EXPERIMENTES. L'ordinateur de plongée ne peut se substituer à un entraînement convenable. Un entraînement insuffisant ou inapproprié peut amener le plongeur à commettre des erreurs pouvant entraîner des blessures graves voire mortelles.

DANGER!

UTILISATION INTERDITE EN PLONGEE PROFESSIONNELLE. Les ordinateurs de plongée SUUNTO sont conçus exclusivement pour la plongée loisir. Les impératifs de la plongée professionnelle soumettent les plongeurs à des profondeurs et à des temps d'immersion susceptibles d'augmenter le risque d'accident de décompression. Par conséquent, SUUNTO recommande expressément de ne pas utiliser l'instrument lors de plongées de type professionnel ou demandant des efforts physiques importants.

Cohabitation de différents moyens de décompression

“Plusieurs plongeurs qui effectuent ensemble une plongée présentant les mêmes caractéristiques de durée, de profondeur et de trajet constituent une palanquée.”

aucun des plongeurs ne doit dépasser les consignes de sécurité que lui indique son propre système de décompression (vitesse de remontée, paliers,...)

Or, en fonction du mode de décompression qu'ils utilisent (tables, ordinateurs), les plongeurs de la palanquée auront des vitesse de remontées et des paliers différents.

Cohabitation de différents moyens de décompression

La palanquée doit donc appliquer une procédure respectant le système de décompression le plus contraignant des plongeurs de la palanquée.



Cela implique que les autres plongeurs vont peut-être effectuer plus de palier que ne leur en indique leur système de décompression, d'où la nécessité de planifier la plongée et l'autonomie en air afin d'éviter une situation ingérable.

Cohabitation de différents moyens de décompression

Importance du briefing avant plongée !

Être prévenu dès qu'un des ordinateurs de la palanquée indique :

- une **durée** (déterminée à l'avance) avant la fin du temps de plongée sans palier s'il souhaite plonger en restant dans la courbe sécurité
- une **durée totale de palier** (déterminée à l'avance). Penser à la gestion de l'air !

Cohabitation de différents moyens de décompression

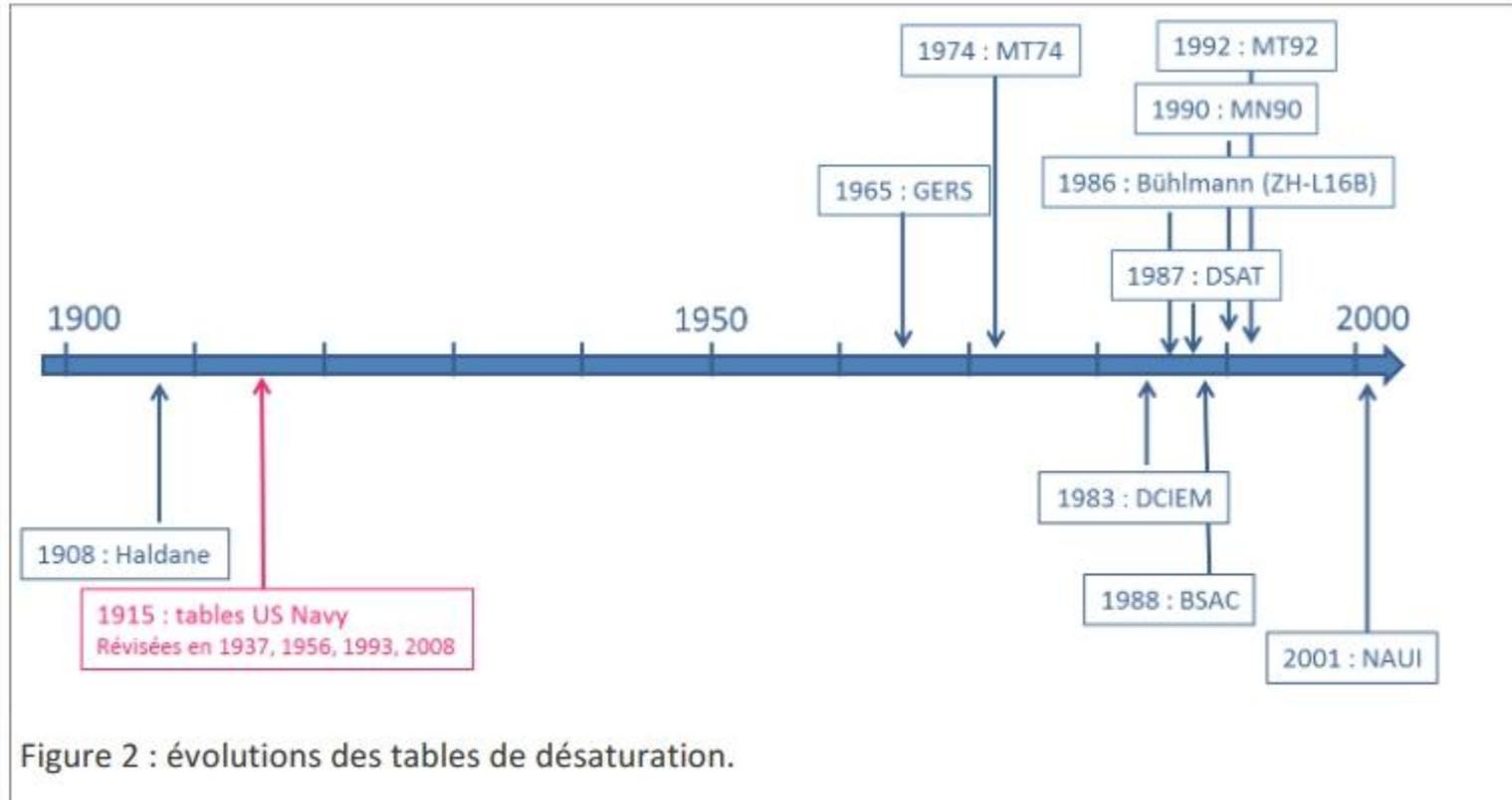
- Dans la palanquée, suivre la **vitesse de remontée** correspondant à l'ordinateur qui annonce la vitesse la plus lente
- Si l'ordinateur d'un plongeur indique un **palier**, toute la palanquée effectue ce palier même si leur ordinateur personnel ne leur en indique pas.
- Si les ordinateurs de plusieurs plongeurs indiquent des **paliers**, toute la palanquée effectue les paliers les plus contraignants à la profondeur donnée. Aucun plongeur ne gagne le palier suivant tant que l'un des plongeurs n'a pas fini son palier à cette profondeur.
- En cas de **successive** : chaque plongeur possède ses propres paramètres de plongée donc pas de problème particulier. Les plongeurs peuvent changer de palanquée entre deux plongées.

Connaissances des procédures tables fédérales

1	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Les modèles de désaturations

Extrait de “La désaturation : pratique et enseignement”, Sophie Le Maout (2016)



Présentation des tables MN90

Définies par la **Marine Nationale** en 1990 pour ses plongeurs

- poids moyen 74 kg + ou - 8 kg
- taille moyenne 175,9 + ou - 5,7 cm
- âge moyen 32,3 + ou - 6,1 ans

Choisies par la FFESSM, elles définissent les règles de décompression (profondeur et durée des paliers) pour la **plongée loisir** dans le cadre des formations conduites par la fédération.

S'appuient sur le **modèle de Haldane** en prenant en compte 12 compartiments : 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 et 120

Conditions d'utilisations des tables MN90

- Plongée loisir
- Plongée à l'air
- Niveau de la mer soit entre 0 et 300m
- 2 plongées par 24h
- 24h de repos par semaine
- vitesse de remontée jusqu'au premier palier entre 15 et 17m/min
- vitesse de remontée entre paliers et jusqu'à la surface de 6m/min
- pas d'interpolation
- pas de plongée au-delà de 60m
- durée mesurée en minutes entières (une minute commencée est considérée comme une minute entière)

La composition des différentes tables de plongée

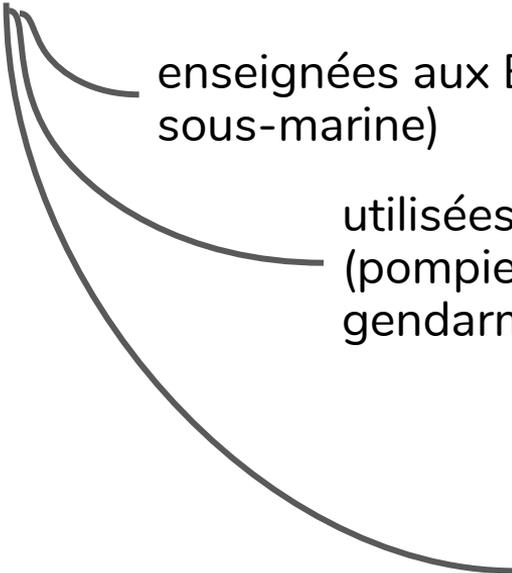
- Les tables proprement dites
- tableau I : évolution de l'azote résiduel entre deux plongées
- tableau II : détermination de la majoration en minutes
- tableau III : diminution de l'azote résiduel par inhalation d'oxy. pur en surface
- tableau IV : durée de remontée jusqu'au 1er palier plus temps interpaliers

DTR « durée totale de remontée » :
du moment où l'on décide de
remonter jusqu'à la sortie en
surface...

GPS « groupe de plongée
successive » : lettre (de A à P) qui
extrapole une quantité d'azote
présent dans les tissus. La lettre
varie en fonction de la profondeur
et du temps passé en plongée...

Les tables MT92

Pour info...



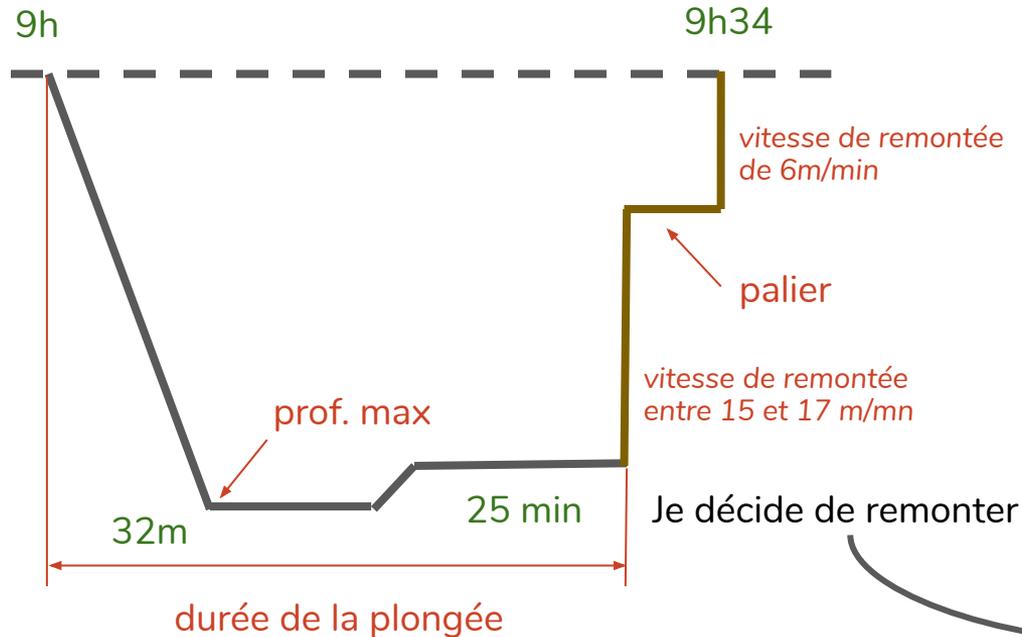
enseignées aux BPJEPS, DEJEPS (ex. BEES option plongée sous-marine)

utilisées en plongée professionnelle,
(pompiers, unités de plongée en gendarmerie,...)

Permettent des plongées à des profondeurs différentes, intègrent paliers à l'oxygène et plongées en altitude, vitesse de descente et de remontées différentes, ne reconnaissent pas les plongées consécutives, procédures en cas de difficultés à tenir un palier à 3m, en cas de mauvaises conditions de plongée, de fatigue,...

Utilisation simple des tables fédérales

Les procédures normales : la plongée simple



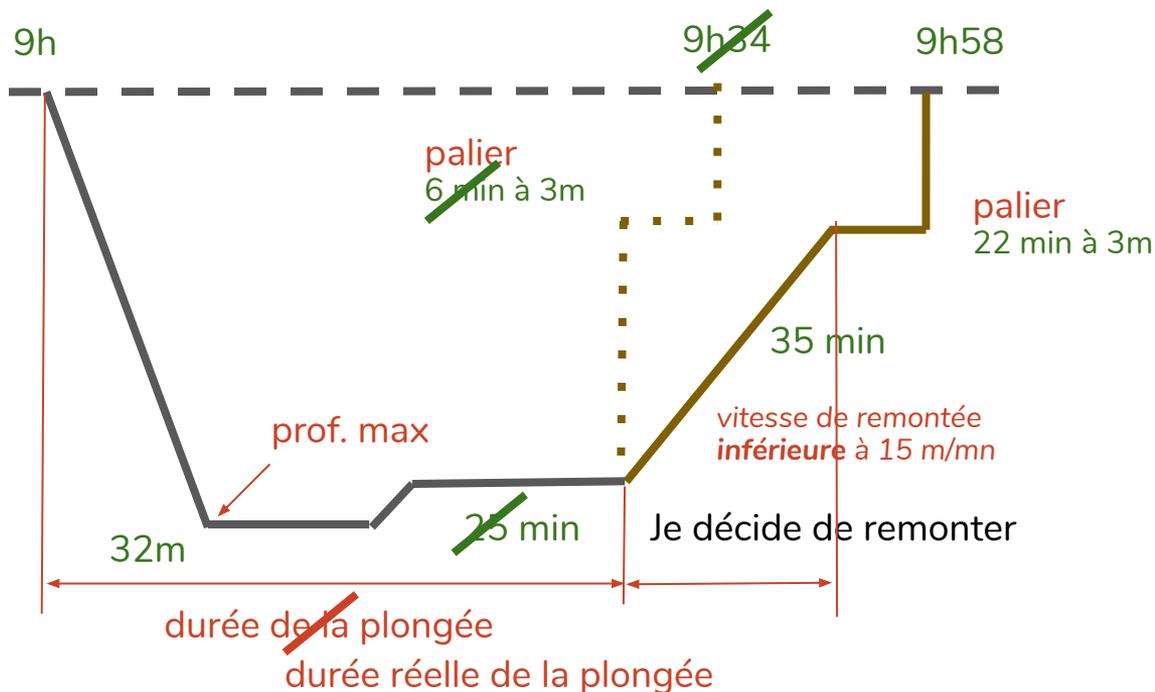
Le palier de sécurité de 3 min à 3m **ne doit pas être fait** lorsqu'il dégrade la sécurité :

- mer mauvaise
- courant
- pas de repères par rapport au bateau
- il fait de + en + sombre,
- difficulté à se stabiliser,...

si la remontée est trop lente, les compartiments courts continuent de se saturer !

Utilisation simple des tables fédérales

Les procédures normales : la remontée lente jusqu'au 1er palier

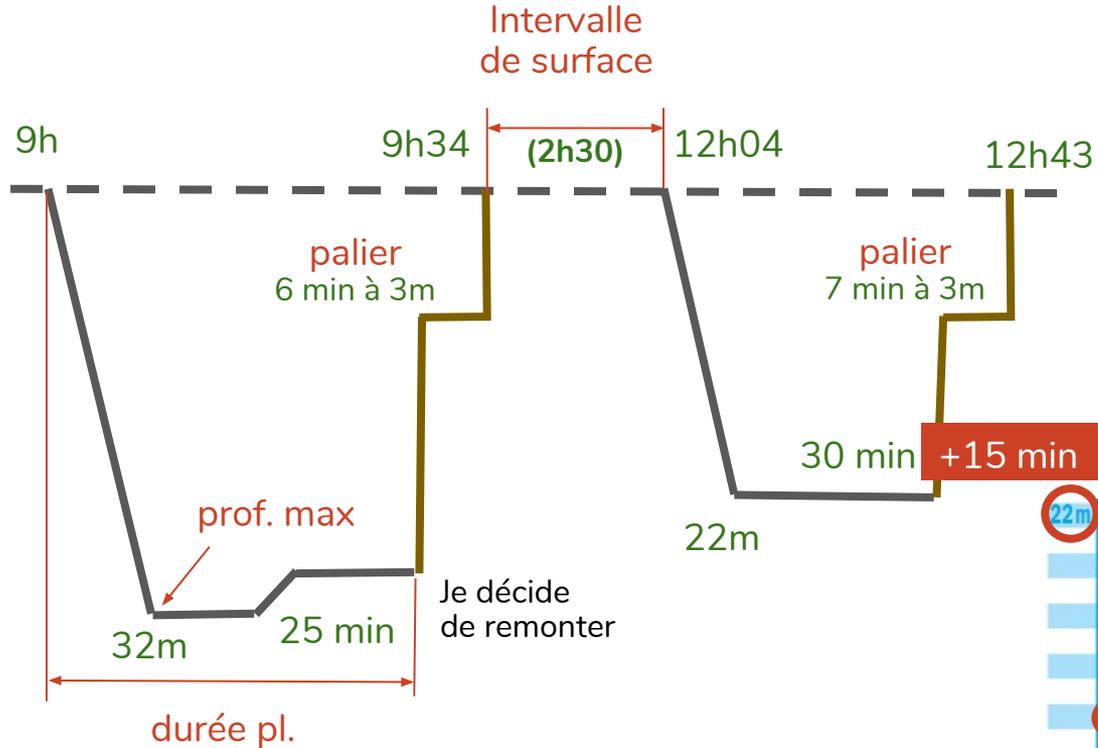


Prof.	Durée	9 m	6 m	3 m	DTR	GPS
32m	20 min			3	6	G
	25 min			6	9	H

Prof.	Durée	9 m	6 m	3 m	DTR	GPS
32m	20 min			3	6	G
	25 min			6	9	H
	30 min			14	17	L
	35 min			22	25	K

Utilisation simple des tables fédérales

Les procédures normales : les plongées successives



Prof.	Durée	9 m	6 m	3 m	DTR	GPS
32m	20 min			3	6	6
	25 min			6	9	H

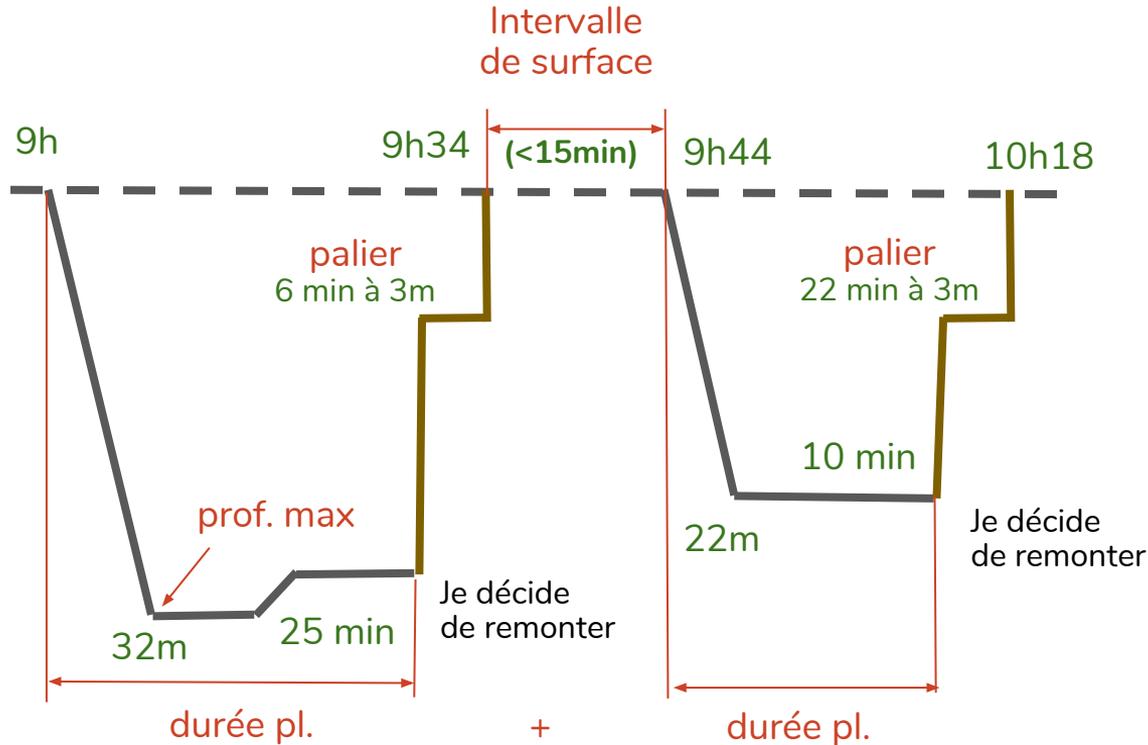
Groupe de plongée successive	Durée de plongée						
	15 min	30 min	45 min	1 h	1 h30	2 h	2 h30
A	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82
B	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84
C	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85
D	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91	0,89	0,88
E	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,90
F	1,05	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,91
G	1,08	1,06	1,04	1,02	0,98	0,96	0,93
H	1,13	1,10	1,08	1,05	1,01	0,98	0,95
I	1,17	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,97

5 min		2	B
10 min		2	C
15 min		2	D
20 min		2	E
25 min		2	F
30 min		2	G
35 min		2	H
40 min	2	4	I
45 min	7	9	I
50 min	12	14	J

Azote résiduel	Durée de plongée				
	12 m	15 m	18 m	20 m	22 m
0,82	4	3	2	2	
0,84	7	6	5	4	
0,86	11	9	7	7	
0,89	17	13	11	10	
0,92	23	18	15	13	
0,95	29	23	19	15	15
0,98	38	30	24	22	20

Utilisation simple des tables fédérales

Les procédures exceptionnelles ou anormales : les plongées consécutives



Prof.	Durée	9 m	6 m	3 m	DTR	GPS
32m	20 min			3	6	G
	25 min			6	9	H
	30 min			14	17	I
	35 min			22	X	K
	40 min	1	29	33		K
45 min	4	34	41		L	

Pour le calcul de l'heure de sortie, on remonte de la profondeur de la 2ème plongée !!

1. Calculer le nombre de mètres depuis le début de remontée jusqu'à l'éventuel premier palier. Cela fournit une distance que l'on divise par 15
2. Ajouter la durée des éventuels paliers ainsi que les durées de passage d'un palier à l'autre.
3. Arrondir la somme obtenue à l'entier immédiatement supérieur.

Utilisation simple des tables fédérales

Les procédures normales : **les plongées successives**

Erreur de planification ?

Profondeur réelle **supérieure**
à la profondeur planifiée

On conserve la majoration planifiée

On calcule les paliers avec la
profondeur réelle

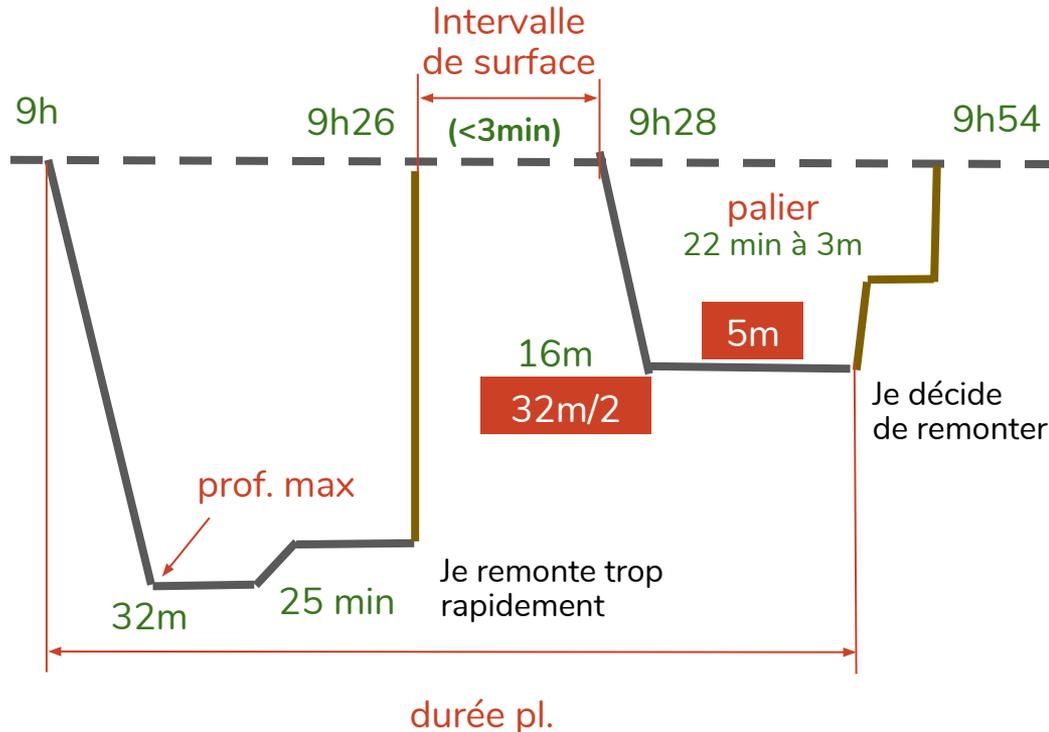
Profondeur réelle **inférieure**
à la profondeur planifiée

On conserve la majoration planifiée

On calcule les paliers avec
la **profondeur planifiée**

Utilisation simple des tables fédérales

Les procédures exceptionnelles ou anormales : les remontées rapides



Prof.	Durée	9 m	6 m	3 m	DTR	GPS
32m	20 min			3	6	G
	25 min			6	9	H
	30 min			14	17	I
	35 min			22	X	K
	40 min		1	29	33	K
45 min		4	34	41	L	

Pour le calcul de l'heure de sortie, on remonte de la profondeur de la 2ème plongée !!

!! Regard critique sur ce protocole car dangereux :

- quand la remontée rapide est prévue : ok
- quand la remontée est accidentelle, la traiter comme un accident (surtout en fin de plongée profonde)