

Procédures de désaturation

Gaëlle Hirn - MF2 (PALM)

Michaël Morin – MF2 (CPI)

Franck Lorrain - Plongeur d'or (PALM)



Pourquoi ce cours ?

- Comprendre les bases de la désaturation
- Etre capable d'en tenir compte pour adapter votre comportement de futur GP

Procédures de désaturation



???

20 min		2	5	F
25 min		4	7	H
30 min		9	12	I
35 min		17	20	J
40 min		24	27	K
45 min	1	31	35	L
50 min	3	36	42	M



Les procédures de désaturation

- Les modèles de désaturation
- Utilisation des tables MN90
- Coexistence de plusieurs procédures de désaturation

Les modèles de désaturation

Problème :

Comment faire en sorte que l'on puisse plonger
puis ... rentrer tranquillement chez soi ?

Modèle de Haldane

- Corps modélisé en compartiments
- Si la tension d'azote dans un compartiment dépasse une certaine valeur alors un ADD se produit
- Ce seuil propre à chaque compartiment est le coefficient de sursaturation critique (Sc)

Modèle de Haldane

- Autrement dit, la remontée est possible si

$$\frac{TN_2}{P_{abs}} \leq Sc$$

- C'est le modèle utilisé pour les tables MN90 (12 compartiments de 5' à 120')

Modèle de Bühlmann

- Prise en compte de l'air alvéolaire (ce qui en fait un modèle adapté à la plongée en altitude)
- Même principe que Haldane mais le seuil est variable en fonction de la pression ambiante (donc de la profondeur) : M-Values (reprise du modèle de Workman)

Modèle de Bühlmann

- Utilisé par Scubapro, Uwatec (Aladin, Galiléo)
- Modèle ZH-L8 (8 compartiments) pour la plongée à l'air ou au nitrox
- Modèle ZH-L16 (16 compartiments) pour la plongée au trimix

Modèle VPM/RGBM

- Au contraire des modèles précédents on admet qu'il y a des bulles, mais il ne doit pas y en avoir trop
- On quantifie le volume de bulles et ce volume ne doit pas dépasser une certaine limite
- Il impose des paliers plus profonds

Modèle VPM/RGBM

- C'est le modèle des ordinateurs Cressi, Mares, Suunto

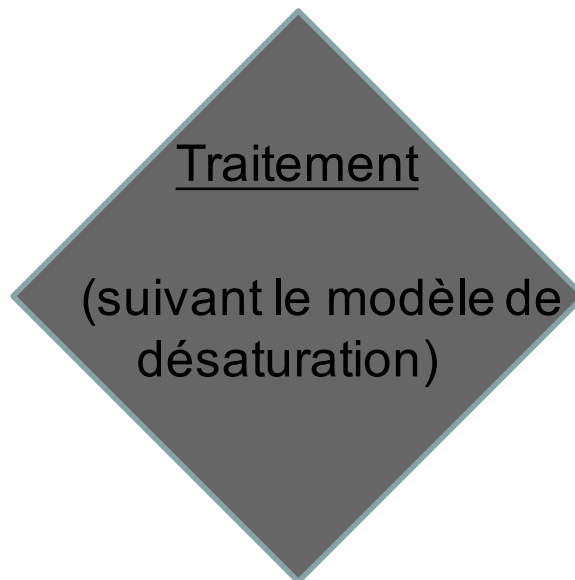
Principe de fonctionnement d'un ordinateur

Données d'entrée

- Pression
- Temps

Et éventuellement

- Température
- HP de la bouteille
- Gaz respiré
- ...



Données de sortie

- Profondeur
- Temps de plongée
- Temps avant palier
- Paliers
- Alarme sonore ou visuelle

- Température
- Délai avion, altitude ...

Utilisation des tables MN90

The image displays four tables from the MN90 diving tables, which are used for calculating residual oxygen and nitrogen absorption during dives. The tables are arranged in a 2x2 grid, tilted at an angle.

- Tableau I: Evolution de l'excès résiduel entre deux plongées** (Residual oxygen evolution between two dives). This table shows the relationship between the duration of the previous dive (in minutes) and the duration of the current dive (in minutes), resulting in a residual oxygen value (in minutes).
- Tableau II: Détermination de la saturation en minutes** (Determination of saturation in minutes). This table shows the relationship between the duration of the dive (in minutes) and the resulting saturation level (in minutes).
- Tableau III: Distribution de l'excès résiduel par inhalation d'oxygène par en surface** (Distribution of residual oxygen by inhalation of oxygen on the surface). This table shows the relationship between the duration of the dive (in minutes) and the resulting residual oxygen value (in minutes).
- Tableau IV: Durée de remontée jusqu'au premier palier plus temps interpaliers, en minutes** (Ascent time to the first stop plus inter-stop times, in minutes). This table shows the relationship between the duration of the dive (in minutes) and the resulting ascent time (in minutes).

Conditions d'utilisation

- plongée à l'air au niveau de la mer
- 2 plongées maximum par 24 heures
- maximum 60 mètres
- plongées ne nécessitant qu'un effort modéré
- élaborées pour une population de militaires :
hommes jeunes et en bonne condition
physique, ce qui n'est pas forcément le cas de
la population des plongeurs ...

Conditions d'utilisation

- plongée simple : pas d'autre plongée dans les 12 heures précédentes
- plongées consécutives : plongée après un intervalle de surface strictement inférieur à 15 minutes
- plongées successives : plongée après un intervalle de surface compris entre 15 minutes et 12 heures

Conditions d'utilisation

- vitesse de remontée : 15 à 17 m/min jusqu'au premier palier puis 6 m/min (soit 30 s) entre les paliers et entre le dernier palier et la surface

Plongée simple

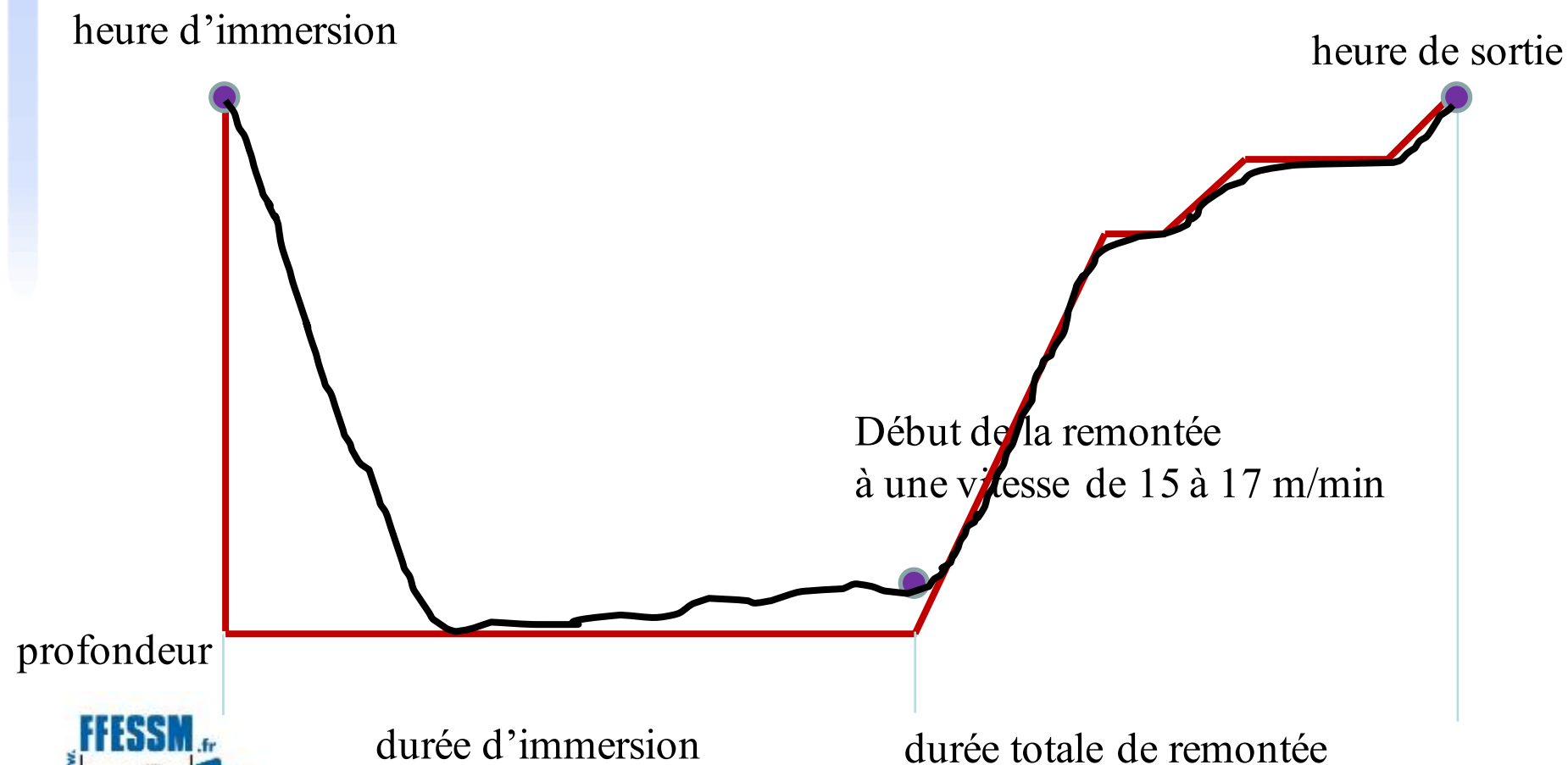
On utilise uniquement le tableau principal

Prof	Durée	9m	6m	3m	DTR	GPS
32m	20 min			3	6	G
	25 min			6	9	H
	30 min			14	17	I
	35 min			22	25	K
	40 min		1	29	33	K
	45 min		4	34	41	L
	50 min		7	39	49	M

Plongée simple

- durée ou durée d'immersion : c'est la durée comprise entre le début de l'immersion et le début de la remontée à une vitesse de 15 à 17 m/min
- profondeur : c'est la profondeur maximale atteinte au cours de la plongée
- DTR : durée totale de remontée (palier + temps de remontée)

Plongée simple



Plongée simple

Pas d'interpolation des valeurs :

- si la durée effective ne figure pas dans les tables, on prend la durée immédiatement supérieure
- si la profondeur effective ne figure pas dans les tables, on prend la profondeur immédiatement supérieure

→ on va dans le sens de la sécurité

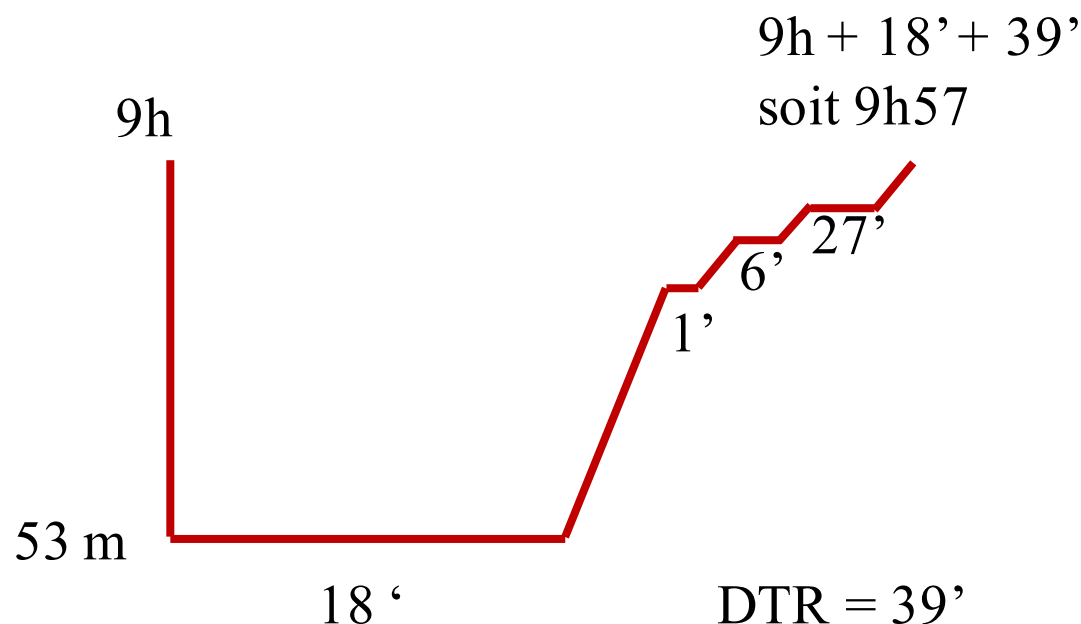
Plongée simple

Exemple :

Deux plongeurs s'immergent à 9 h 00 à une profondeur de 53 mètres pendant 18 minutes. Donnez les paliers éventuels et l'heure de sortie.

On prend 55m et 20'
paliers : 1' à 9m, 6' à 6m
et 27' à 3m.

DTR = 39' HdS : 9h57



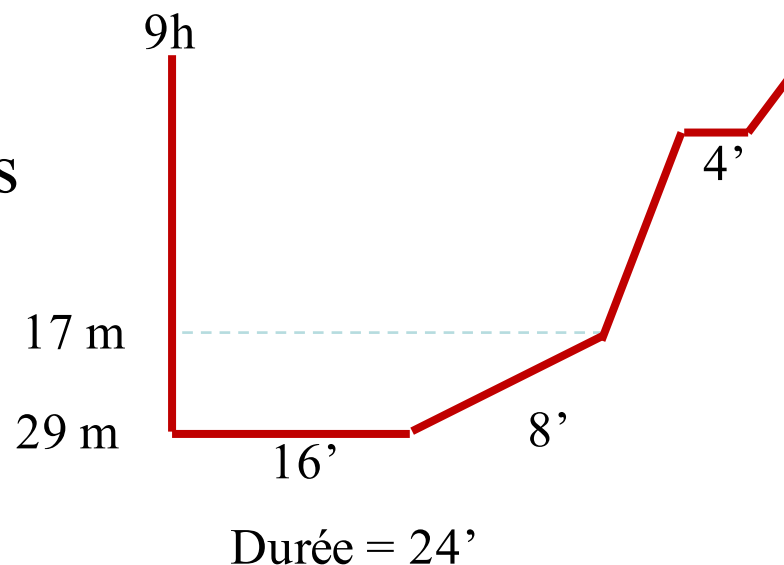
Cas de la remontée lente

Exemple : Boule et Bill s'immergent à 9h00 pour une plongée de 16 minutes à 29 mètres. Ils remontent lentement le long du tombant et mettent 8 minutes pour arriver à 17 mètres. Paliers ?

remontée lente jusqu'à 17 mètres

durée : $16' + 8' = 24'$

paliers : 4' à 3m



Plongées consécutives

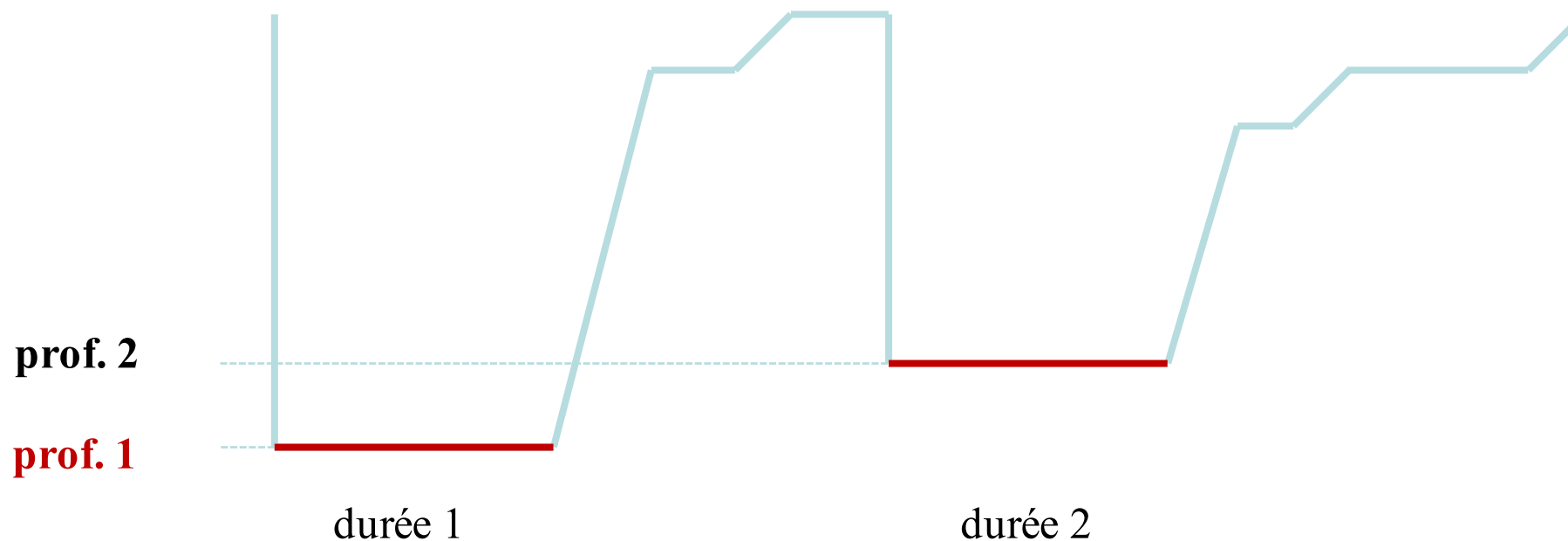
- intervalle de surface < 15 minutes
- on considère qu'il s'agit d'une seule et même plongée

Plongées consécutives

- durée : durée d'immersion de la première plongée + durée d'immersion de la deuxième plongée
- profondeur : profondeur maximale atteinte au cours des deux plongées

Attention : ce sont des plongées à risque qui doivent rester exceptionnelles !

Plongées consécutives



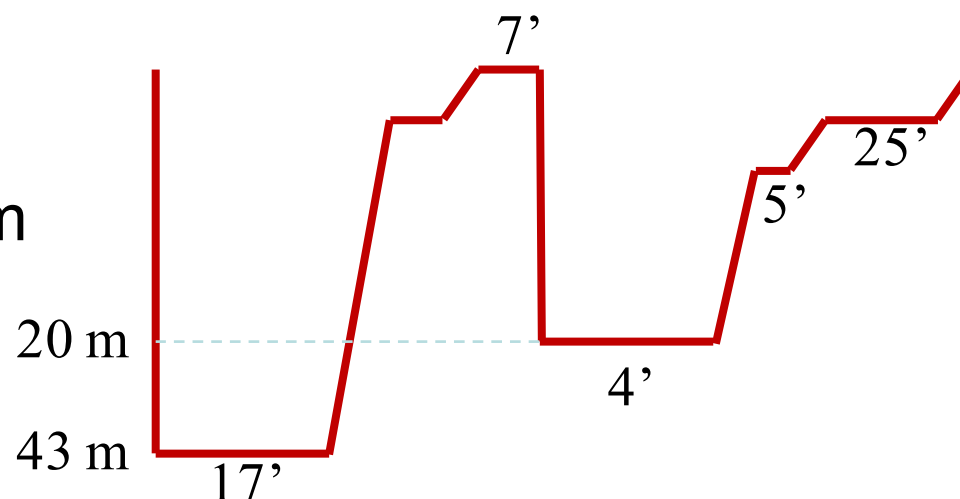
$$\text{durée} = \text{durée 1} + \text{durée 2}$$

$$\text{profondeur} = \max (\text{prof.1}, \text{prof. 2})$$

Plongées consécutives

Exemple : Vous effectuez une première plongée de 17 minutes à une profondeur de 43 m. 7 minutes après être sortis de l'eau, vous replongez à une profondeur de 20 m pendant 4' pour décoincer le mouillage. Paliers de la deuxième plongée ?

durée = 17 + 4 soit 21'
profondeur = 43m
paliers : 5' à 6m et 25' à 3m



Plongées successives

- intervalle de surface compris entre 15 minutes et 12 heures

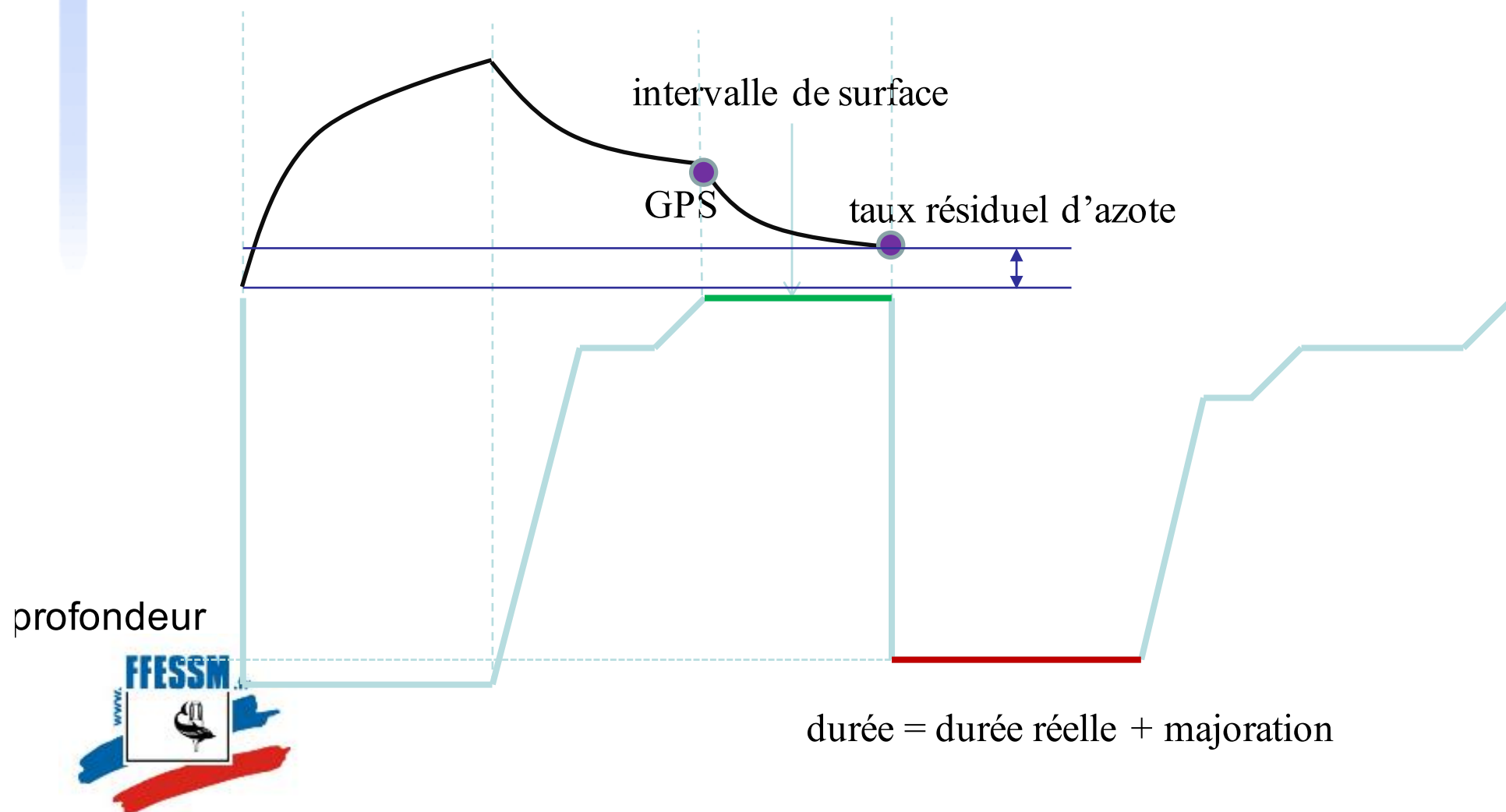
Plongées successives

- Pourquoi 12 heures ?

Tables MN90 : modèle Haldanien à 12 compartiments dont le plus lent a une durée de 120'

On le considère totalement désaturé au bout de 6 périodes soit 6 * 120' = 720' = 12h

Plongées successives



Plongées successives

On entame la deuxième immersion avec une saturation en azote supérieure à celle qui est prévue pour entrer directement dans les tables : c'est comme si on avait déjà séjourné un certain temps au fond.

Plongées successives

La majoration est le temps qu'il aurait fallu rester à la profondeur de la deuxième plongée pour atteindre ce niveau de saturation.

Plongées successives

Calcul de la majoration

On utilise dans l'ordre :

- le GPS de la première plongée qui correspond à la charge résiduelle en azote à l'issue de la deuxième plongée
- le tableau I qui donne la nouvelle charge en azote en fonction du temps passé en surface
- le tableau II qui donne la majoration en minutes en fonction de la profondeur de la deuxième plongée

Plongées successives

TABLEAU I : EVOLUTION DE L'AZOTE RÉSIDUEL ENTRE DEUX PLONGÉES

INTERVALLES DE SURFACE

Groupe de plongée successive	15 min	30 min	45 min	1h	1h30	2h	2h30	3h	3h30	4h	4h30	5h	5h30	6h	6h30	7h	7h30	8h
A	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
B	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
C	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81
D	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81
E	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81
F	1,05	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82
G	1,08	1,06	1,04	1,02	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82
H	1,13	1,10	1,08	1,05	1,01	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82
I	1,17	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83
J	1,20	1,17	1,14	1,11	1,06	1,02	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83
K	1,25	1,21	1,18	1,15	1,09	1,04	1,01	0,97	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83
L	1,29	1,25	1,21	1,17	1,12	1,07	1,02	0,99	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83
M	1,33	1,29	1,25	1,21	1,14	1,09	1,04	1,01	0,97	0,94	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84
N	1,37	1,32	1,28	1,24	1,17	1,11	1,06	1,02	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,85	0,85	0,84
O	1,41	1,36	1,32	1,27	1,20	1,13	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84
P	1,45	1,40	1,35	1,30	1,22	1,15	1,10	1,05	1,01	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84

si l'intervalle de surface ne figure pas dans le tableau on prend l'intervalle immédiatement inférieur.

Plongées successives

TABLEAU II : DETERMINATION DE LA MAJORATION EN MINUTES
PROFONDEUR DE LA DEUXIEME PLONGEE.

Azote résiduel	12m	15m	18m	20m	22m	25m	28m	30m	32m	35m	38m	40m
0,82	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
0,84	7	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2
0,86	11	9	7	7	6	5	5	4	4	4	3	3
0,89	17	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5
0,92	23	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7
0,95	29	23	19	17	15	13	12	11	10	10	9	8
0,99	38	30	24	22	20	17	15	14	13	12	11	11
1,03	47	37	30	27	24	21	19	17	16	15	14	13
1,07	57	44	36	32	29	25	22	21	19	18	16	15
1,11	68	52	42	37	34	29	26	24	22	20	19	18
1,16	81	62	50	44	40	34	30	28	26	24	22	21

- quantité d'azote résiduel pas dans le tableau :
on prend la quantité directement supérieure
- profondeur pas dans le tableau :

on prend la profondeur directement supérieure



Plongées successives

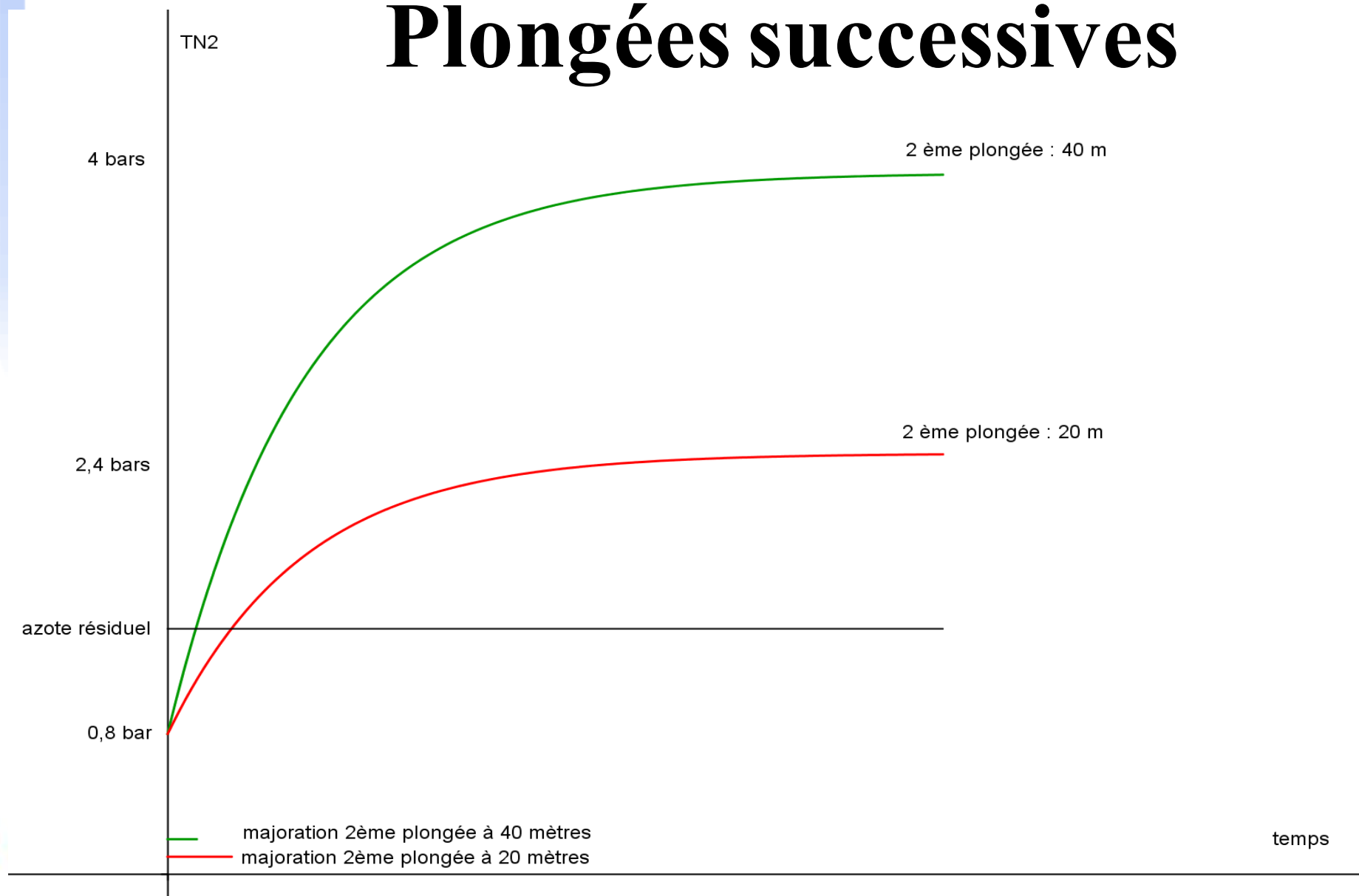
Une petite question ...

Pourquoi la majoration diminue-t-elle lorsque la profondeur de la deuxième plongée augmente ?

Plus la deuxième plongée est profonde plus le gradient est important.

Il faut moins de temps pour parvenir à la quantité d'azote avec laquelle on entame cette plongée.

Plongées successives



Plongées successives

Exemple :

Première plongée.

Départ : 9H00 Prof : 39 m Durée : 26 minutes

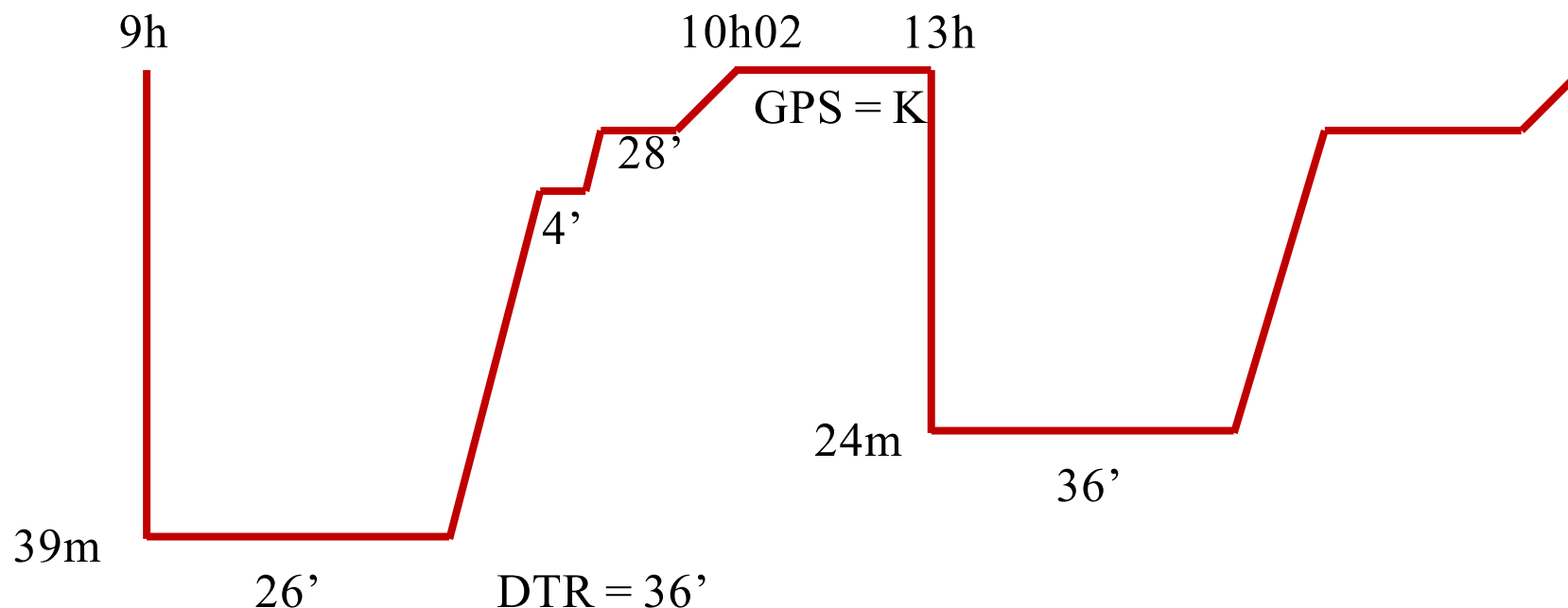
Deuxième plongée.

Départ : 13H00 Prof : 24 m Durée : 36 minutes

Paliers éventuels ?

Plongées successives

<- 2h58 ->



Première plongée : 4' à 6m, 28' à 3m, DTR = 36'

HdS = 10h02, GPS = K

Intervalle de surface : 2h58



40m	5 min			3	C
	10 min		2	5	E
	15 min		4	7	G
	20 min	1	9	14	H
	25 min	2	19	25	J
	30 min	4	28	36	K

Plongées successives

Calcul de la majoration :

GPS = K

intervalle de surface = 2h58

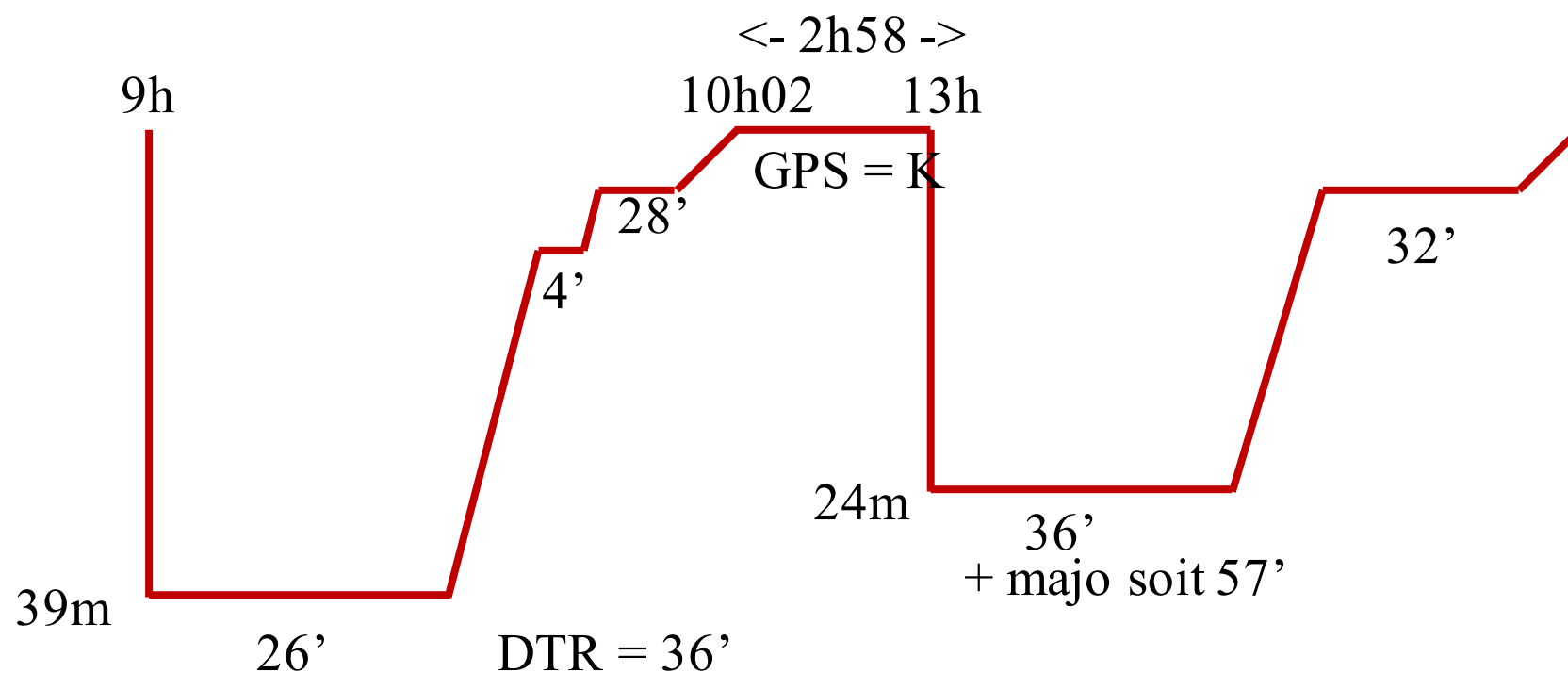
→ azote résiduel : 1,01

Groupe de plongée successive	15 min	30 min	45 min	1 h	1 h 30	2 h	2 h 30	3 h
A	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81
B	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83
C	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85	0,85
D	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86
E	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88
F	1,05	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,91	0,90
G	1,08	1,06	1,04	1,02	0,98	0,96	0,93	0,91
H	1,13	1,10	1,08	1,05	1,01	0,98	0,95	0,93
I	1,17	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94
J	1,20	1,17	1,14	1,11	1,06	1,02	0,98	0,96
K	1,25	1,21	1,18	1,15	1,09	1,04	1,01	0,97
L	1,29	1,25	1,21	1,17	1,12	1,07	1,02	0,99

Azote résiduel	12 m	15 m	18 m	20 m	22 m	25 m
0,82	4	3	2	2	2	2
0,84	7	6	5	4	4	3
0,86	11	9	7	7	6	5
0,89	17	13	11	10	9	8
0,92	23	18	15	13	12	11
0,95	29	23	19	17	15	13
0,99	38	30	24	22	20	17
1,03	47	37	30	27	24	21
1,07	57	44	36	32	29	25
1,11	68	52	42	37	34	29

→ majoration : 21'

Plongées successives



Deuxième plongée :
Durée fictive : $36' + 21' = 57'$
Paliers : 32' à 3m

Plongées successives

- La majoration se calcule en surface : que fait-on si les paramètres de la deuxième plongée ne correspondent pas aux paramètres prévus pour le calcul ?
 - si la profondeur effective est inférieure à celle prévue on ne recalcule pas la majoration et on entre dans la table avec la profondeur prévue
 - si la profondeur effective est supérieure à celle prévue on ne recalcule pas la majoration mais on entre dans la table avec la profondeur réelle atteinte

Palier interrompu

- redescendre dans les 3 minutes au palier interrompu
- refaire ce palier en intégralité
- terminer les autres paliers prévus

Remontée rapide

- dans les 3 minutes, redescendre à mi-profondeur
- y réaliser un palier de 5 minutes
- calculer les paliers en prenant comme durée de la plongée la durée totale du début de la plongée à la fin du palier à mi-profondeur
- dans tous les cas faire au minimum un palier de 2 minutes à 3 mètres
- la vitesse de remontée entre le palier à mi-profondeur et le premier palier de décompression est de 15 à 17 m/min

Coexistence de
différentes procédures

Coexistence de plusieurs procédures de désaturation



???



20 min	2	5	F
25 min	4	7	H
30 min	9	12	I
35 min	17	20	J
40 min	24	27	K
45 min	1	31	L
50 min	3	36	M





Coexistence de
différentes procédures

Coexistence de plusieurs procédures de désaturation

	Tables	Ordinateur
Début de plongée	Dès l'immersion	Sous un certain seuil (pression suffisante)
Durée de plongée	De l'immersion au début de la remontée à 15m/min	Du seuil d'immersion au seuil d'émersion
Vitesse de remontée	15 à 17 m/min	Suivant les modèles : <ul style="list-style-type: none">• 10 m/min tout le temps• Dégressive Plus lente que celle des tables
Fatigue/Effort/ Température	Non prévu	Prise en compte par certains modèles
Remontées anormales	Procédures prévues	Suivre la procédure de l'ordinateur....

Coexistence de plusieurs procédures de désaturation

Constat :

- De nombreux modèles
- De nombreux réglages
- Des écarts importants surtout après plusieurs plongées

Coexistence de
différentes procédures

Coexistence de plusieurs procédures de désaturation

Une règle :

- Vitesse de remontée la plus lente
- Paliers les plus longs

Coexistence de plusieurs procédures de désaturation

Un cas à part : les débutants sans moyen de
désaturation

Suivre la procédure de l'encadrant et ce même
s'il a changé

(risque limité : profondeur limitée, temps
généralement assez court)

Quelques questions

- Paliers profonds ?
- Paliers de principe ?

Un cas concret

En tant que guide de palanquée, vous plongez mardi après-midi avec Julien et Aline, tous les deux N2, qui sont équipés du même modèle d'ordinateur.

Au moment de remonter, voici ce qu'indique l'ordinateur de Julien ...



... et celui d'Aline



Votre ordinateur donne une procédure de désaturation similaire celle d'Aline.

Un cas concret

- 1) Quelles peuvent être les causes d'un tel écart de durée de remontée ?
- 2) Comment allez-vous gérer la remontée ?
- 3) En tant que GP, quelles précautions auriez-vous du prendre pour éviter un temps de remontée aussi long ?

Un cas concret

1) Quelles peuvent être les causes d'un tel écart de durée de remontée ?

Julien a durci son ordinateur

Julien a déjà effectué une plongée auparavant

2) Comment allez-vous gérer la remontée ?

Respecter la procédure la plus sécuritaire et donc effectuer les paliers indiqués par l'ordinateur de Julien

3) En tant que GP, quelles précautions auriez-vous du prendre pour éviter un temps de remontée aussi long ?

Demander à Julien et Aline s'ils ont plongé le matin

Leur demander s'ils ont durci ou non les réglages de leurs ordinateurs

Fixer une DTR maximale

Mettre en place une communication visant à respecter cette DTR ou à indiquer par exemple le temps restant avant de rentrer dans les paliers

Contrôler plus régulièrement les paramètres au cours de la plongée

Planifier avant de partir la plongée avec les différents ordinateurs

Le rôle du GP

- Il est responsable du déroulement de la plongée ...
- S'assurer que la procédure de désaturation choisie est adaptée à l'ensemble des membres de la palanquée
- Etre conscient qu'il y a à peu près autant de procédures que de moyens de désaturation

Le rôle du GP

- Être conscient qu'il peut y avoir de gros écarts entre deux ordinateurs : réglages, paramètres pris en compte (consommation par exemple), nombres de plongées sans désaturation complète (et dans ce cas les écarts peuvent vite être très significatifs)

Le rôle du GP

- Avant de partir dialoguer, voire planifier la plongée avec les différents ordinateurs
- Mettre en place une communication permettant de limiter la durée des paliers et de respecter les consignes du DP
- S'assurer que les plongeurs encadrés ont choisi un réglage compatible avec la plongée envisagée

Des questions ?