

# Cinquième plongée (suite)

## Situation

Jérémy et Benoît doivent planifier leur deuxième plongée de la journée.

## Communication

Lundi, 14h au centre de plongée

DP: Jeremy et Benoît, qu'est-ce que vous comptez faire ?

Jérémy : On a prévu de rester 40 minutes à 20 mètres.

DP : Et vos paliers ?

Jérémy : On aura un palier de sécurité de 3 minutes à 3 mètres à faire puisque nous restons dans la courbe de sécurité.

DP : Ce serait juste si vous n'aviez pas plongé ce matin.



Que se passe-t-il dans le cas de deux plongées de suite ?

Quelles conséquences sur la seconde plongée ?

Comment doit-on en prendre compte ?



## Plongées successives

Nous avons vu que lors d'une plongée, le taux d'azote **sature** notre organisme à hauteur de la pression subie (et donc de la **profondeur** de la plongée) et selon la **durée** à laquelle l'organisme est soumis à cette pression. Après la plongée, ce taux d'azote diminue progressivement pour retrouver une valeur normale au maximum au bout de 12h.

Si une palanquée souhaite réaliser une deuxième plongée moins de 12h après la première, elle doit tenir compte de la saturation résultant de la première plongée.

Les tables de la marine nationale MN90 nous permettent de faire une estimation de ce taux d'azote résiduel en fonction du temps entre les deux plongées (**intervalle de surface**).

Deux **plongées successives** sont séparées d'un **intervalle de surface compris entre 15 minutes et 12 heures**.

La table I comporte une colonne intitulée "GPS" pour Groupe de Plongée Successive. En face de la profondeur et de la durée de la première plongée, elle associe une lettre désignant le taux de saturation atteint. La table II nous permet de traduire cette lettre en valeur de saturation effective en fonction de l'intervalle surface.

Enfin, la troisième table permet de calculer le temps qu'aurait mis l'organisme pour atteindre ce taux de saturation à la profondeur prévue pour la seconde plongée. Ce temps sera ajouté à la durée de la seconde plongée pour calculer les paliers ou la durée maximum de la plongée sans palier. On parle de **majoration** de la seconde plongée.



Jérémy et Benoît ont plongé 40 minutes à 20 mètres le matin. Ils sont sortis de l'eau à 11h30. Leur seconde plongée est prévue à 14h30.

### 1 - Estimation du taux d'azote résiduel

D'après la table MN90 de plongée unitaire (annexe 1), ils ont atteint le GPS "H".

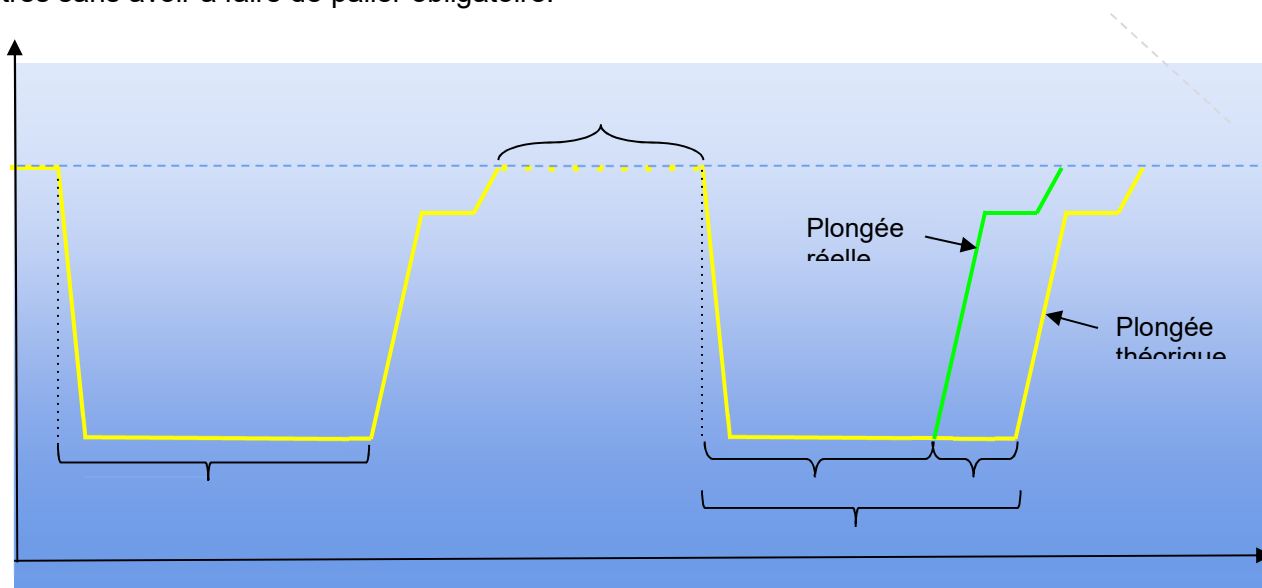
A l'aide du tableau 1 en annexe 2, nous pouvons estimer leur taux d'azote résiduel après un intervalle surface de 3h à 0,93.

### 2 - Calcul de la majoration

Ils prévoient une seconde plongée à 20m. D'après le tableau 2, la majoration qu'ils doivent appliquer à leur plongée est de 17 minutes. La valeur d'azote résiduelle de 0,93 n'est pas indiquée dans ce tableau. Nous avons surestimé le taux à 0,95, ce qui va dans le sens de la sécurité.

### 3 - Planification de la seconde plongée

Cette seconde plongée doit être majorée de 17 minutes. Tout se passe comme si, dès l'immersion, la palanquée avait déjà passé 17 minutes à 20 mètres. Pour rester dans la configuration d'une plongée sans palier (40 minutes à 20 mètres pour une plongée unitaire), la durée réelle de la plongée sera au maximum de  $40 - 17 = 23$  minutes. Formulé autrement, si Jérémy et Benoît restaient sur le principe d'une plongée de 40 minutes à 20 mètres, au niveau de leur saturation en azote, c'est comme s'ils restaient  $40 + 17$  minutes au fond, soit 57 minutes. De ce fait, ils auraient un palier de 13 minutes à 3 mètres. Or, le DP ne les autorise pas à faire de plongée avec palier obligatoire. Ils doivent donc rester dans la courbe de sécurité : 40 minutes à 20 mètres pour une plongée unitaire. Pour cette deuxième plongée de la journée, il faut retrancher les 17 minutes de majoration :  $40 - 17 = 23$  minutes. Ils peuvent donc rester 23 minutes à 20 mètres sans avoir à faire de palier obligatoire.



Synthèse : calcul des paliers pour une plongée successive :

- identification du GPS
- identification du taux d'azote résiduel
- identification de la majoration à appliquer à la deuxième plongée prévue
- ajout de la majoration (fictive) en minutes au temps réel de plongée pour calculer les paliers.



Jérémy et Benoît effectuent leur plongée en respectant la durée de plongée sans palier. De retour en surface, près du bateau :

DP : Je n'arrive pas à relever l'ancre, je vais devoir descendre, elle est à 10m.

Jérémy : Tu veux que je t'accompagne, il me reste 80 bars ?



Jérémy peut-il accompagner le DP ?  
A quelles conditions ?

## Plongées Consécutives

Une seconde plongée **moins de 15 minutes** après une première plongée est dite **consécutives**. Les deux plongées sont considérées comme une seule plongée. Pour le calcul des paliers ou du temps de plongée sans palier, les temps des deux plongées sont cumulés. La profondeur retenue est la profondeur la plus importante. Les paliers calculés doivent être faits dans leur intégralité à la fin de la seconde plongée, même si des paliers ont déjà été effectués à la fin de la première.

Jérémy vient d'effectuer une plongée à 20 mètres d'une durée équivalente à 40 minutes. S'il augmente cette durée en s'immergeant à nouveau, il devra réaliser des paliers de décompression. Etant dans ce cas encadré par le DP, ses prérogatives le lui permettent, mais va se poser le problème de sa réserve d'air.

### 1 - Estimation de la consommation

Jérémy a consommé  $200 - 80 = 120$  bars lors d'une plongée de 23 minutes à 20 m.

En surface, pour une bouteille de 12 litres, 120 bars correspondent à  $12 \times 120 = 1440$  litres.

A 20 mètres, ce volume est divisé par 3 du fait de la pression de l'eau, soit  $1440 / 3 = 480$  litres.

Sa consommation est donc de  $480 / 23 = 20$  litres/minutes.

### 2 - Estimation de la durée de la réserve d'air restante

Il reste à Jérémy 80 bars dont 50 de réserve. Il dispose donc de 30 bars pour accompagner le DP, soit  $30 \times 12 = 360$  litres.

A 10m, ce volume est ramené à  $360 / 2 = 180$  litres.

Avec une consommation de 20 litres / minutes sa réserve durera  $180 / 20 = 9$  minutes.

### 3 - Estimation de la durée de la plongée et du palier

Ces 9 minutes comprennent la durée de la plongée et du palier.

.0 Si Jérémy reste 5 minutes à 10m avec le DP, il aura effectué une plongée théorique de 45 minutes. D'après la table en annexe 1, il aura à effectuer un palier de 1 minute à 3 mètres. Il sera donc immergé au total 6 minutes, ce qui est compatible avec sa réserve d'air. S'il reste 10 minutes, il aura fait une plongée théorique de 50 minutes à 20m, et devra effectuer un palier de 4 minutes, soit une immersion de 14 minutes. Il aura alors consommé  $20 \times 14 = 280$  litres soit presque 50 bars ( $280 \times 2 / 12 = 47$ ). Il remontera sur le bateau avec 30 bars ce qui est fortement déconseillé.



Quoi qu'il en soit, ces calculs ne peuvent pas être effectués durant une plongée. Chaque plongée doit être soigneusement planifiée. Aucun DP ne vous autoriserait à le suivre dans ces conditions.

## Procédures exceptionnelles

Il existe d'autres cas où les paramètres de la plongée doivent être adaptés aux circonstances.

### 1 - Remontée rapide

Il arrive, durant des exercices de remontée assistés par exemple, que la palanquée remonte à une vitesse supérieure à 15 m/min. Si aucun accident n'est intervenu, la palanquée doit redescendre en moins de 3 minutes à la moitié de la plus grande profondeur atteinte, y rester 5 minutes. Ces durées doivent être cumulées pour le calcul des paliers.

### 2- Interruption de palier

Si un palier est interrompu, la palanquée doit redescendre en moins de 3 minutes à la profondeur du palier interrompu et le refaire en totalité.



## Plongée en altitude

En altitude, la pression atmosphérique est inférieure à celle trouvée au niveau de la mer.

Altitude (m)	Pression (bars)	Pression à 20m (bars)	Prof. équivalent mer (m)
3500	0,657	2,657	30,84
3000	0,701	2,701	28,9
2000	0,795	2,795	25,48
1500	0,845	2,845	23,98
1000	0,898	2,898	22,56
800	0,920	2,92	22,02
700	0,931	2,931	21,76
500	0,954	2,954	21,24
300	0,977	2,977	20,74
0 (mer)	1,013	3,013	20

Dans un lac situé à 2000m d'altitude, un plongeur en immersion à 20m subit une pression de 2,795 bars. Le rapport de pression entre le fond de 20 mètres et la surface est alors équivalent à celui d'une plongée à 25 m en mer. Nous utiliserons la table MN90 de plongée unitaire (annexe 1) pour calculer les paliers. La profondeur des paliers doit également être corrigée. Ils sont divisés par la pression atmosphérique (palier moins profonds), tout comme la vitesse de remontée (remontée plus lente).





Cours théoriques PA-20 – Saison 2017-2018  
Déborah Abhervé et Jean-Christophe Barrez

## Les ordinateurs de plongée

L'électronique embarquée apparue dans les années 1980 a rapidement supplanté les tables de plongée, à tel point que les ordinateurs de plongée sont désormais fortement recommandés pour les plongeurs autonomes et les guides de palanquée.

L'ordinateur de plongée mesure en permanence la pression courante à laquelle est soumis le plongeur ainsi que le temps de plongée.

Ces données lui permettent de calculer pendant la plongée, en temps réel, le **taux de saturation en azote** du plongeur. Il en déduit :

- le **temps de plongée restant avant d'avoir à faire des paliers** si le plongeur reste à la profondeur atteinte ("no deco").
- la **profondeur et la durée du prochain palier** à réaliser à la remontée. Au palier il décompte le temps restant et signale la fin du palier.
- la **majoration de la saturation** à appliquer à une éventuelle **plongée successive**.

La **vitesse de remontée** à ne pas dépasser peut varier selon les ordinateurs mais elle est en général de 10 mètres/minutes (contre 15 à 17 mètres/minute pour les tables MN90). Un signal sonore alerte d'une remontée trop rapide.

Pour effectuer ces calculs, l'ordinateur doit connaître la **pression atmosphérique en surface**. Certains ordinateurs sont équipés de capteurs à cet effet, pour les autres, le plongeur doit régler lui-même l'altitude à laquelle il plonge, l'ordinateur se chargeant d'en déduire une valeur théorique de pression. C'est utile notamment en cas de plongée en altitude.

Les ordinateurs donnent également l'évolution de la température au cours de la plongée.

L'ensemble des informations captées et calculées lors de la plongée sont mémorisées et accessibles aux plongeurs après la plongée. Ces informations permettent aux plongeurs d'analyser ses plongées (profil de plongée, stabilité, froid).

**L'ordinateur permet également de planifier une plongée en intégrant des fonctions de simulation.**

Cette fonctionnalité diffère beaucoup d'un ordinateur à l'autre.

Certains ordinateurs prennent en compte des plongées avec d'autres mélanges que l'air (nitrox, trimix). Ils peuvent également être couplés à une sonde mesurant la quantité de gaz restant dans la bouteille.

Les ordinateurs de plongée s'appuient sur des modèles mathématiques de saturation (US-Navy, Spencer, Bühlmann, Comex, RGBM...). Les algorithmes basés sur ces modèles ne donnent pas les mêmes estimations de durée et de profondeur des paliers. Par ailleurs, d'un ordinateur à l'autre, les capteurs de pression sont plus ou moins précis ou le calculateur a tendance à surestimer la pression à la descente et à la sous-estimer à la remontée, de manière à augmenter la sécurité du plongeur.

En plongée autonome, **chaque plongeur doit être équipé de son ordinateur**. Lorsque les ordinateurs d'une même palanquée indiquent des paliers différents, **les paramètres les plus contraignants doivent être appliqués à toute la palanquée**.

**En cas de panne** de son ordinateur, le plongeur doit être en mesure de savoir la durée et la profondeur du palier prévues avant la panne. Il doit alors **mettre immédiatement fin à la plongée** et faire les paliers prévus ou ceux prévus par l'ordinateur le plus contraignant des autres membres de la palanquée.

### Annexe 1 - Table de plongée à l'air (plongée unitaire)





Prof	Durée	3m	DTR	GPS
<b>6m</b>	15 min		1	A
	30 min		1	B
	45 min		1	C
	1h15		1	D
	1h45		1	E
	2h15		1	F
	3h00		1	G
	4h00		1	H
	5h15		1	I
	6h00		1	J
<b>8m</b>	15 min		1	B
	30 min		1	C
	45 min		1	D
	60 min		1	E
	1h30		1	F
	1h45		1	G
	2h15		1	H
	2h45		1	I
	3h15		1	J
	4h15		1	K
5h00		1	L	
6h00		1	M	
<b>10m</b>	15 min		1	B
	30 min		1	C
	45 min		1	D
	60 min		1	F
	1h15		1	G
	1h45		1	H
	2h00		1	I
	2h15		1	J
	2h45		1	K
	3h00		1	L
	4h00		1	M
	4h15		1	N
	5h15		1	O
	5h30		1	P
6h00	1	2	P	

Prof	Durée	3m	DTR	GPS
<b>12m</b>	5 min		1	A
	10 min		1	B
	15 min		1	B
	20 min		1	C
	25 min		1	C
	30 min		1	D
	35 min		1	D
	40 min		1	E
	45 min		1	E
	50 min		1	F
	55 min		1	F
	60 min		1	G
	1h05		1	G
	1h10		1	H
	1h15		1	H
	1h20		1	H
	1h25		1	I
	1h30		1	I
	1h35		1	J
	1h40		1	J
	1h45		1	J
	1h50		1	K
	1h55		1	K
	2h00		1	K
	2h10		1	L
	2h15		1	L
	2h20	2	4	L
	2h30	4	6	M
	2h40	6	8	M
	2h50	7	9	N
3h00	9	11	N	
3h10	11	13	N	
3h20	13	15	O	
3h30	14	16	O	
3h40	15	17	O	
3h50	16	18	O	
4h00	17	19	O	
4h10	18	20	P	
4h15	19	21	P	
4h30	22	24	P	

Prof	Durée	3m	DTR	GPS
<b>15m</b>	5 min		1	A
	10 min		1	B
	15 min		1	C
	20 min		1	C
	25 min		1	D
	30 min		1	E
	35 min		1	E
	40 min		1	F
	45 min		1	G
	50 min		1	G
	55 min		1	H
	60 min		1	H
	1h05		1	I
	1h10		1	I
	1h15		1	J
	1h20	2	4	J
	1h25	4	6	K
	1h30	6	8	K
1h35	8	10	L	
1h40	11	13	L	
1h45	13	15	L	
1h50	15	17	M	
1h55	17	19	M	
2h00	18	20	M	
<b>18m</b>	5 min		2	B
	10 min		2	B
	15 min		2	C
	20 min		2	D
	25 min		2	E
	30 min		2	F
	35 min		2	F
	40 min		2	G
	45 min		2	H
	50 min		2	H
	55 min	1	3	I
	60 min	5	7	J
	1h05	8	10	J
	1h10	11	13	K
	1h15	14	16	K

Prof	Durée	3m	DTR	GPS
<b>18 m</b>	1h20	17	19	L
	1h25	21	23	L
	1h30	23	25	M
	1h35	26	28	M
	1h40	28	30	M
	1h45	31	33	N
	1h50	34	36	N
	1h55	36	38	N
	2h00	38	40	O
	<b>20m</b>	5 min		2
10 min			2	B
15 min			2	D
20 min			2	D
25 min			2	E
30 min			2	F
35 min			2	G
40 min			2	H
45 min		1	3	I
50 min		4	6	I
55 min		9	11	J
60 min		13	15	K
1h05	16	18	K	
1h10	20	22	L	
1h15	24	26	L	
1h20	27	29	M	
1h25	30	32	M	
1h30	34	36	M	
<b>22m</b>	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	
55 min	16	18	K	



## Annexe 2 - Azote résiduel et majoration



Cours théoriques PA-20 – Saison 2017-2018  
Déborah Abhervé et Jean-Christophe Barrez

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	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81
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	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81
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	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81
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	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81
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	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81



Cours théoriques PA-20 – Saison 2017-2018  
 Déborah Abhervé et Jean-Christophe Barrez