

Plongées profondes et gestion de la décompression

Deuxième partie : planification de la plongée

CASV – Préparation niveau 3



Ce que l'on attend de vous

- Les plongées profondes sont riches de contraintes :
 - **stock d'air** diminuant rapidement
 - nécessité de prévoir et réaliser ses **paliers obligatoires**
- ➔ ceci afin d'éviter tout risque de remontée panique et de réduire les risques d'ADD
- Vous devrez donc être capables de les effectuer en **sécurité**
 - ➔ *Connaissance des outils et procédures de décompression*
 - ➔ Gérer l'autonomie en air
 - ➔ Savoir planifier ses plongées

Sommaire

Rappels

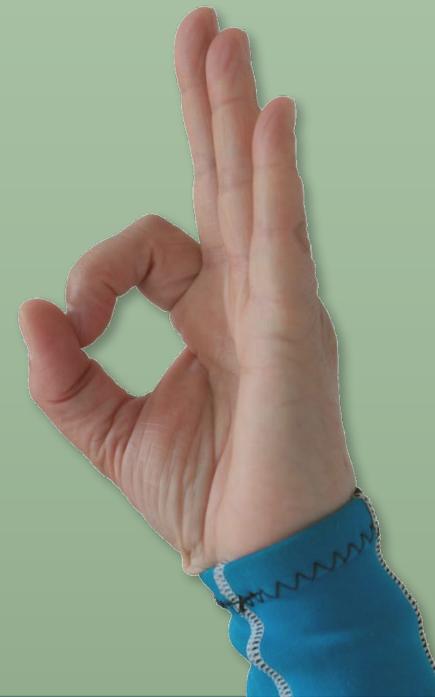
- Pression
- Compressibilité des gaz
- Consommation d'air en plongée
- Facteurs influant sur la consommation

Gestion d'air

- Principes de calcul
- Plongée à 20 m pendant 40 min
- Plongée à 40 m pendant 20 min

Planification de plongée

- Principes
- Plongée à 50 m
- Plongée à 60 m
- Méthodes de calcul rapide
- Et si...



RAPPELS





Pression

- En plongée, nous sommes soumis à la pression ambiante (ou **pression absolue**), qui est la somme des pressions exercées par l'air (**pression atmosphérique**) et par l'eau (**pression relative** ou hydrostatique) :

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{rel}}$$

P_{atm} dépend du lieu (1 bar au niveau de la mer)

P_{rel} augmente de 1 bar tous les 10 m

À la surface : $P_{\text{abs}} = 1 + 0 = 1$ bar

À 60 m : $P_{\text{abs}} = 1 + 6 = 7$ bar

À 5 m : $P_{\text{abs}} = 1,5$ bar



Compressibilité des gaz

- La relation entre la pression P et le volume V d'un gaz est :

$$PV = \text{constante} \text{ ou } P_1V_1 = P_2V_2$$

Combien contient une bouteille de 12 l gonflée à 200 bar ?

$$P_1V_1 = P_2V_2 \rightarrow 200 \times 12 = 1 \times V_2 \rightarrow V_2 = (200 \times 12) / 1 = 2400 \text{ l détenu à 1 bar}$$

Donc une bouteille de 15 l gonflée à 200 bar contient $15 \times 200 = 3000 \text{ l d'air}$

Si je veux remonter avec une réserve de 50 bar, je plonge avec $15 \times 150 = 2250 \text{ l d'air disponibles}$

Les poumons ont un volume d'environ 5 l. Quelle quantité d'air cela représente t'il à 50 m ?

$$P_1V_1 = P_2V_2 \text{ où } P_2 = 6 \text{ bar}, V_2 = 5 \text{ l et } P_1 = 1 \text{ bar} \rightarrow 1 \times V_1 = 6 \times 5 \rightarrow V_1 = (6 \times 5) / 1 = 30 \text{ l d'air (équivalent surface)}$$

À 60 m ils contiennent donc $7 \times 5 = 35 \text{ l d'air (équivalent surface)}$



Consommation d'air en plongée

- On considère qu'un plongeur consomme environ **20 l/min en surface**

*C'est une évaluation haute, apportant une marge de sécurité pour la plupart des plongeurs. Elle doit être nuancée en fonction de la **consommation réelle des plongeurs**, des conditions de plongée et de la marge de sécurité désirée.*

- La consommation à une profondeur donnée est : $C_x = P_{abs} \times C_0$
À 40 m, la consommation est $C_{40} = 5 \times 20 = 100 \text{ l/min}$ et à 60 m, $C_{60} = 7 \times 20 = 140 \text{ l/min}$

- La quantité d'air consommée à une profondeur donnée est : **$C_x \times temps$**
Pour 20 min à 40 m, je consomme $100 \times 20 = 2000 \text{ l d'air}$ et pour 10 min à 60 m, $140 \times 10 = 1400 \text{ l}$

Avec une bouteille de 12 l gonflée à 200 bar et une conso de 20 l/min en surface on peut donc rester :

- À 40 m, $2400 / (20 \times 5) = 24 \text{ min}$
- À 60 m, $2400 / (20 \times 7) = 17 \text{ min}$

Mais c'est sans compter la descente, la remontée, les paliers...



Facteurs influant sur la consommation

- **Physiologie** du plongeur : constante personnelle
- **Condition physique** : hygiène de vie, condition physique, entraînement
- **Équipement** : lestage ± adapté, combi ± ajustée...
- **Froid** : modifie la ventilation
- **Stress** : envie de plonger, froid, visibilité, courant, profondeur...
- **Efforts** : courant, palmage inefficace, mouvements parasites...

*Ces paramètres ont une influence significative sur la consommation en air.
Ils sont à prendre en compte, tant pour la planification d'une plongée, que
lors de son déroulement*

GESTION D'AIR

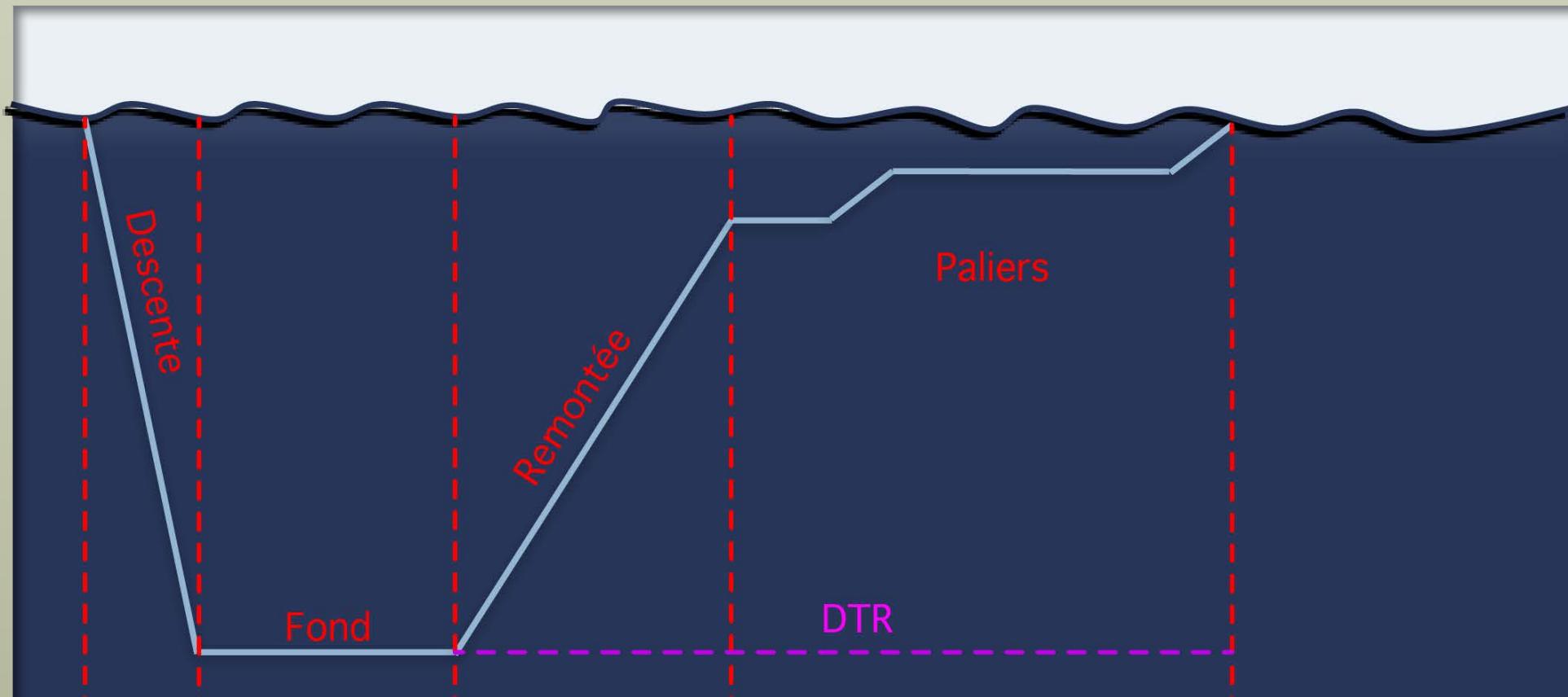




Gestion d'air : principes de calculs

On cherche ici à définir une méthode simple permettant de calculer les besoins en air pour les plongées profondes.

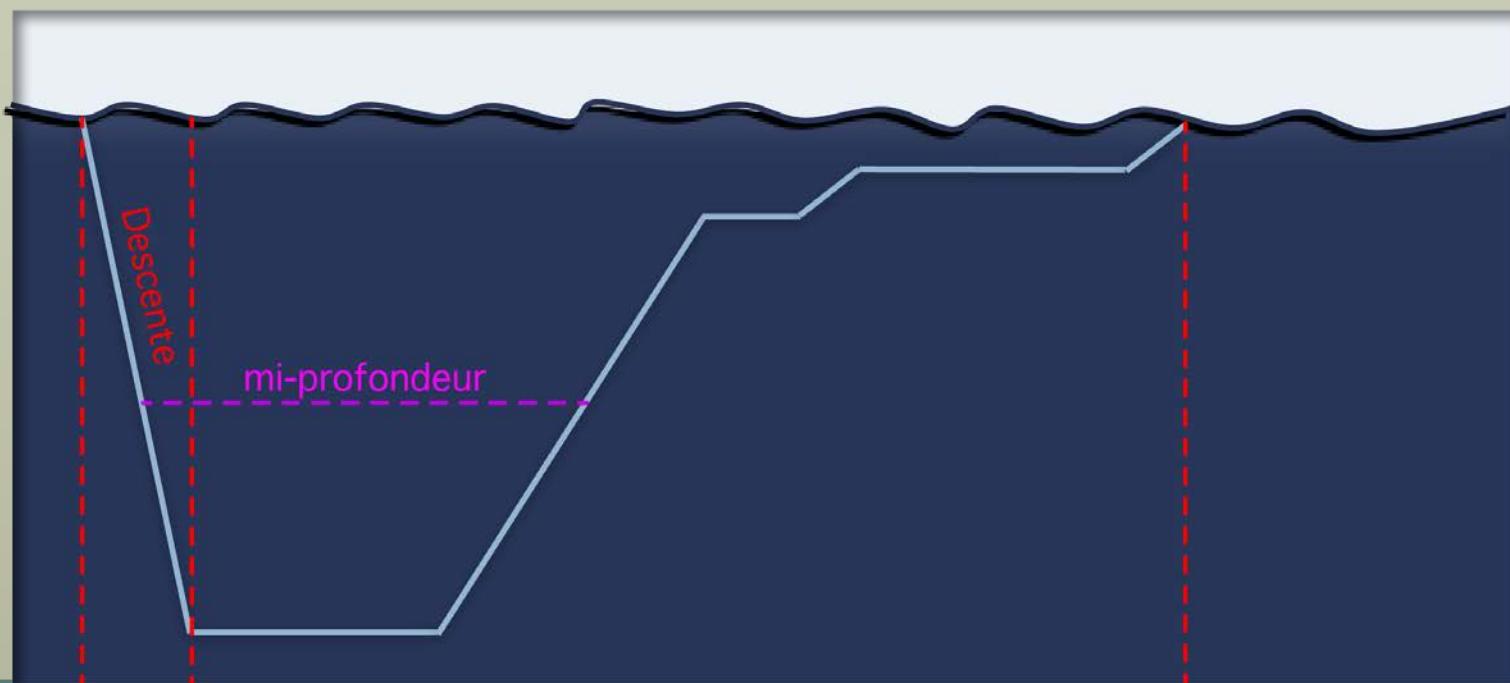
Les phases de la plongée





Gestion d'air : principes de calculs

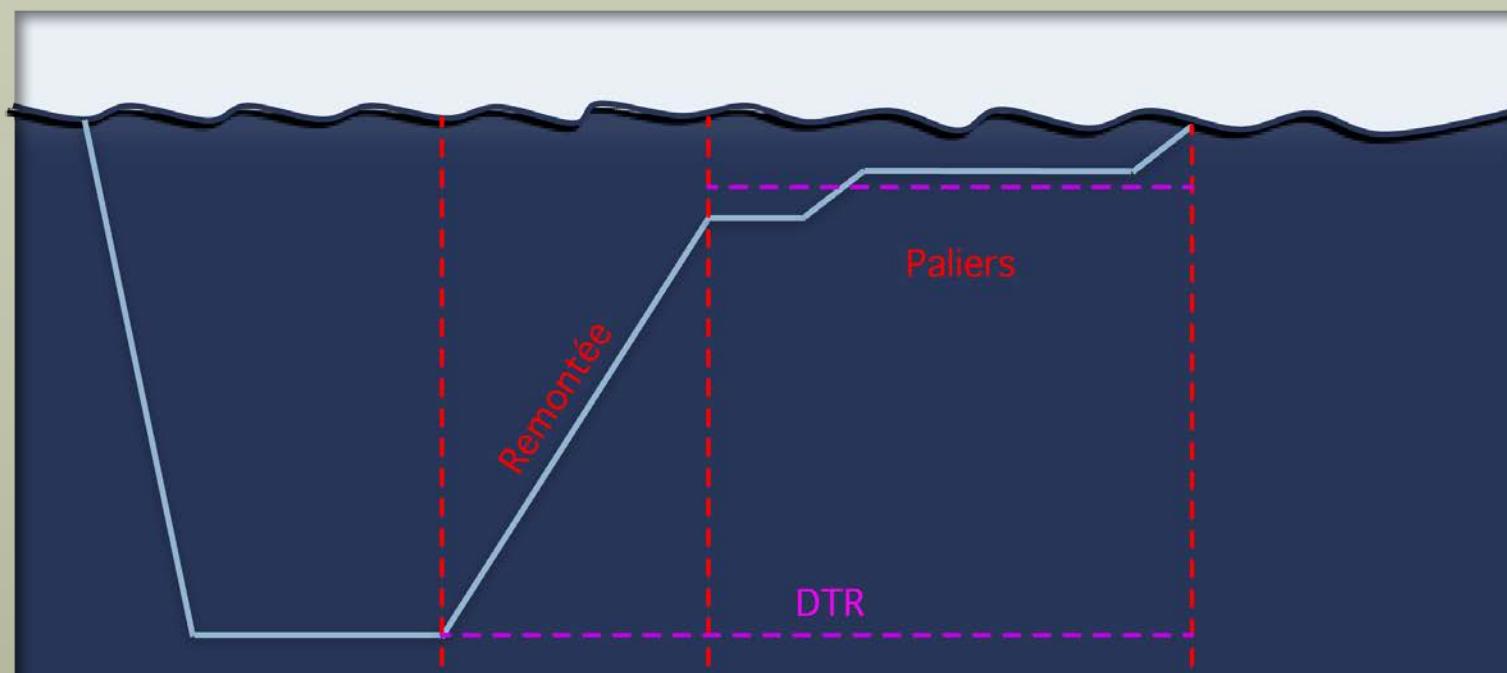
- On considère une **consommation de 20 l/min** en surface
- Sur une **plongée carrée**, la déco proposée par les ordinateurs est similaire à celle des tables, on peut donc planifier nos plongées en utilisant les tables MN90
- On considère une vitesse de **descente de 20 m/min**
- Pour la consommation à la descente, on utilise la mi-pression (air consommé à 25 m pour une plongée à 50 m)





Gestion d'air : principes de calculs

- À l'ordi, on a une **vitesse de remontée de 10 m/min**, mais comme on ralentit dans les derniers mètres, la durée de remontée est d'environ $(\text{Prof}/10)+1$, ou **la durée de remontée est égale à la pression max de la plongée** (ex. : 5 min de remontée pour 40 m)
- Pour la consommation à la remontée, on utilise la mi-pression (air consommé à 25 m pour une plongée à 50 m)
- Pour simplifier les calculs de consommation, on considérera que l'ensemble des paliers se fait à 5 m (1,5 bar)
- **La durée totale de remontée (DTR)** comprend le temps de remontée et celui des paliers





Gestion d'air : plongée à 20 m pendant 40 min

- 20 m / 40 min → pas de palier
- Bloc 12 l à 200 bar → 2400 l d'air disponibles

	Profondeur (m)	Pression (bar)	Durée (min)	Conso (l)	Air restant (l)	Pression (bar)
Surface					2400	200
Descente	10	2	1	40	2360	197
Fond	20	3	39	2340	20	2
Remontée	10	2	3	120	-100	-8
Paliers	5	1,5	0	0	-100	-8

Le temps de plongée ne suffit pas à la planification, on a besoin de gérer la quantité d'air nécessaire



Gestion d'air : plongée à 40 m pendant 20 min

- 40 m / 20 min → 1 min à 6 m et 9 min à 3 m
- Bloc 15 l à 200 bar → 3000 l d'air disponibles

	Profondeur (m)	Pression (bar)	Durée (min)	Conso (l)	Air restant (l)	Pression (bar)
Surface					3000	200
Descente	20	3	2	120	2880	192
Fond	40	5	18	1800	1080	72
Remontée	20	3	5	300	780	52
Paliers	5	1,5	10	300	480	32

On peut réaliser cette plongée mais sans avoir une réserve de 50 bar

PLANIFICATION





Planification : principes

- Le temps de plongée ne suffit pas à la planification
- On doit évaluer la quantité d'air nécessaire pour effectuer les paliers et remonter en sécurité, c'est à dire avoir suffisamment d'air pour la durée totale de la remontée (DTR) et une éventuelle réserve de sécurité

La planification de plongée repose donc sur :

- la **profondeur** max de la plongée (et donc les paliers nécessaires)
- la **DTR** et la quantité d'air nécessaire pour la réaliser
- la **pression de décollage** du fond qui permettra de faire la DTR



Planification : plongée à 50 m

- La durée de remontée depuis 50 m est de 6 min environ
- Si on veut une DTR inférieure à 20 min, on ne doit pas faire plus de 14 min de paliers
- Sur les tables, 50 m / 15 min impose 2 min à 9 m et 9 min à 3 m (soit 11 min de paliers)
- Pour cette DTR il nous faut donc : 50 bar d'air
 - $3,5 \times 20 \times 6 = 420$ l d'air pour la remontée (28 bar sur un 15 l)
 - $1,5 \times 20 \times 11 = 330$ l pour les paliers (22 bar)
- Si l'on veut conserver une réserve de 50 bar en surface, on doit donc quitter le fond quand la pression est de 100 bar
- Si l'on part avec un bloc de 15 l gonflé à 200 bar, on a 100 bar pour la descente et le séjour au fond, soit environ 12 min $((100 \times 15) / 20 / 6)$



Planification : plongée à 50 m

- 50 m / 15 min → 2 min à 6 m et 9 min à 3 m
- Bloc 15 l à 220 bar → 3300 l d'air disponibles
- Pression de décollage → 100 bar
- DTR → 20 min

	Profondeur (m)	Pression (bar)	Durée (min)	Conso (l)	Air restant (l)	Pression (bar)
Surface					3300	220
Descente	25	3,5	2,5	175	3125	208
Fond	50	6	12,5	1500	1625	108
Remontée	25	3,5	6	420	1205	80
Paliers	5	1,5	11	330	875	58



Planification : plongée à 60 m

- 60 m →
- Bloc 15 l à 200 bar →
- Pression de décollage →
- DTR →

Air pour la remontée :

Air pour les paliers :

	Profondeur (m)	Pression (bar)	Durée (min)	Conso (l)	Air restant (l)	Pression (bar)
Surface						
Descente						
Fond						
Remontée						
Paliers						



Planification : plongée à 60 m

- 60 m / 10 min → 2 min à 6 m et 6 min à 3 m
- Bloc 15 l à 200 bar → 3000 l d'air disponibles
- Pression de décollage → 96 bar
- DTR → 15 min

Air pour la remontée : $4 \times 7 \times 20 = 560$ l ou 38 bar → 54 bar de DTR + réserve de 50 bar = 104 bar

Air pour les paliers : $1,5 \times 8 \times 20 = 240$ l ou 16 bar

	Profondeur (m)	Pression (bar)	Durée (min)	Conso (l)	Air restant (l)	Pression (bar)
Surface					3000	200
Descente	30	4	3	240	2760	184
Fond	60	7	7	980	1780	119
Remontée	30	4	7	560	1220	81
Paliers	5	1,5	8	240	980	65

Planification : méthodes de calcul rapide

- **Paliers** : donnés par les tables en fonction de la profondeur et du temps de plongée
- Durée de la remontée : pression max de la plongée (ex. : 50 m / 6 min)
- **DTR** : durée de remontée + paliers
- Conso pour la DTR : 3 bar/min avec un 15 l ou 4 bar/min avec un 12 l
- **Pression de décollage** : air DTR + réserve de sécu

Exemple : 10 min à 60 m

- Paliers : 8 min (2 min à 6 m et 6 min à 3 m)
- Durée de la remontée : 7 min
- DTR : 15 min
- Conso pour la DTR : $3 \times 15 = 45$ bar
- Pression de décollage : 95 bar avec une réserve de 50 bar

Planification : et si...

- **On descend plus profond**

C'est interdit !!!

Cependant, la DTR planifiée sera atteinte plus tôt, donc on remontera avant la durée prévue

- **On descend moins profond**

On aura moins de paliers, donc on pourra rester plus longtemps pour une même DTR

- **On consomme plus que prévu**

On atteindra plus tôt la pression de décollage, donc la remontée sera moins longue

- **Le DP a fixé une durée de plongée max**

On peut le contrôler durant la plongée en additionnant le temps de plongée à la DTR affichée par l'ordinateur

Plongées profondes et gestion de la décompression

- La **planification** consiste à fixer les paramètres de la plongée
- S'il y a un DP (plongées au-delà de 40 m), il peut imposer une profondeur max, une DTR, une durée maximale de plongée...
- Avant la plongée, la palanquée doit s'entendre sur la **profondeur max** et :
 - la **DTR**
 - la **pression de décollage** du fond

La palanquée remontera au **premier des paramètres atteint**



Ben voilà !