

# Plongées profondes et gestion de la décompression

Troisième 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
  - juste équilibre à trouver entre durée de la plongée et **durée des paliers**
  - gestion constante des paramètres prévus et **adaptation** aux conditions
- ➔ *ceci afin d'éviter tout risque de remontée panique et de réduire les risques d'ADD*
- Vous devrez donc être capables d'effectuer ces plongées en **sécurité**
  - ➔ *Connaissance des outils et procédures de décompression* } *Dernier cours*
  - ➔ Gérer l'autonomie en air
  - ➔ Savoir planifier ses plongées\*

# Sommaire

## Rappels du niveau 2

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

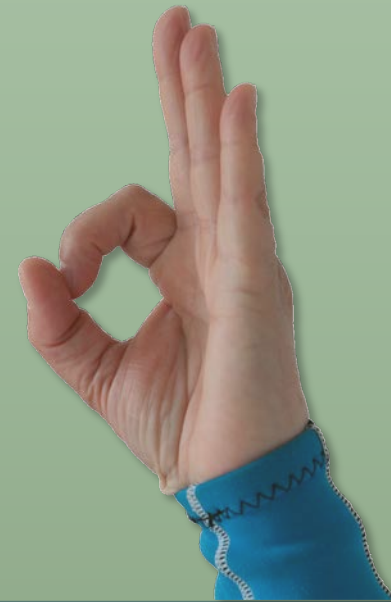
À quoi ressemble une plongée profonde ?

Gestion d'air

## Planification de plongée

- Principes
- Plongée à 50 m
- Plongée à 60 m
- Méthodes de calcul rapide

Et si...



# RAPPELS DU NIVEAU 2





# 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**
  - par l'eau : **pression relative** (ou hydrostatique)

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

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

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

$P_{\text{abs}}$  à la surface ?

$$P_{\text{abs}} = 1 + 0 = 1 \text{ bar}$$

$P_{\text{abs}}$  à 60 m ?

$$P_{\text{abs}} = 1 + 6 = 7 \text{ bar}$$

$P_{\text{abs}}$  à 5 m ?

$$P_{\text{abs}} = 1,5 \text{ bar}$$



# Compressibilité des gaz

L'air est compressible et la relation entre la pression (P) et le volume (V) d'un gaz est :

$$PV = \text{constante} \text{ et donc } P_1V_1 = P_2V_2$$

**Combien d'air détendu contient une bouteille de 15 l gonflée à 200 bar ?**

$$P_1V_1 = P_2V_2 \rightarrow 200 \times 15 = 1 \times V_2 \rightarrow V_2 = 3000 \text{ l détendu à 1 bar}$$

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

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



## Consommation d'air en plongée

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

*C'est une évaluation 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 :  $C_x = C_0 \times P_x$

À 40 m,  $P_{40} = 5$  bar et la consommation est  $C_{40} = 20 \times 5 = 100$  l/min

À 60 m,  $P_{60} = 7$  bar et  $C_{60} = 20 \times 7 = 140$  l/min

- La quantité d'air consommée en plongée à une profondeur donnée est : **durée x  $C_x$**

Si je reste 20 min à 40 m, je consomme  $20 \times 100 = 2000$  l d'air

Si je reste 10 min à 60 m, je consomme  $10 \times 140 = 1400$  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,  $2400 / (20 \times 5) = 24$  min

➤ À 60 m,  $2400 / (20 \times 7) = 17$  min

**Un plongeur niveau 3  
doit apprendre à  
connaître sa  
consommation\***

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

Sans la réserve  
Sans les paliers  
Avec des conditions idéales

## Quelle autonomie en air ?

Bouteille de 12 l à 200 bar  
→ Q = 2400 l d'air disponible

Profondeur	P <sub>abs</sub> (bar)	Consommation (Px20 en l/min)	Durée possible (Q/C en min)
Surface	1	20	120
20 m	3	60	40
40 m	5	100	24
60 m	7	140	17

Bouteille de 15 l à 200 bar  
→ Q = 3000 l d'air disponible

Profondeur	P <sub>abs</sub> (bar)	Consommation (Px20 en l/min)	Durée possible (Q/C en min)
Surface	1	20	150
20 m	3	60	50
40 m	5	100	30
60 m	7	140	21



Sans les paliers  
Avec des conditions idéales

## Quelle autonomie en air ?

Bouteille de 12 l à 200 bar  
50 bar de réserve  
→ Q = 1800 l d'air disponible

Profondeur	P <sub>abs</sub> (bar)	Consommation (Px20 en l/min)	Durée possible (Q/C en min)
Surface	1	20	90
20 m	3	60	30
40 m	5	100	18
60 m	7	140	12

Bouteille de 15 l à 200 bar  
50 bar de réserve  
→ Q = 2250 l d'air disponible

Profondeur	P <sub>abs</sub> (bar)	Consommation (Px20 en l/min)	Durée possible (Q/C en min)
Surface	1	20	112
20 m	3	60	37
40 m	5	100	22
60 m	7	140	16

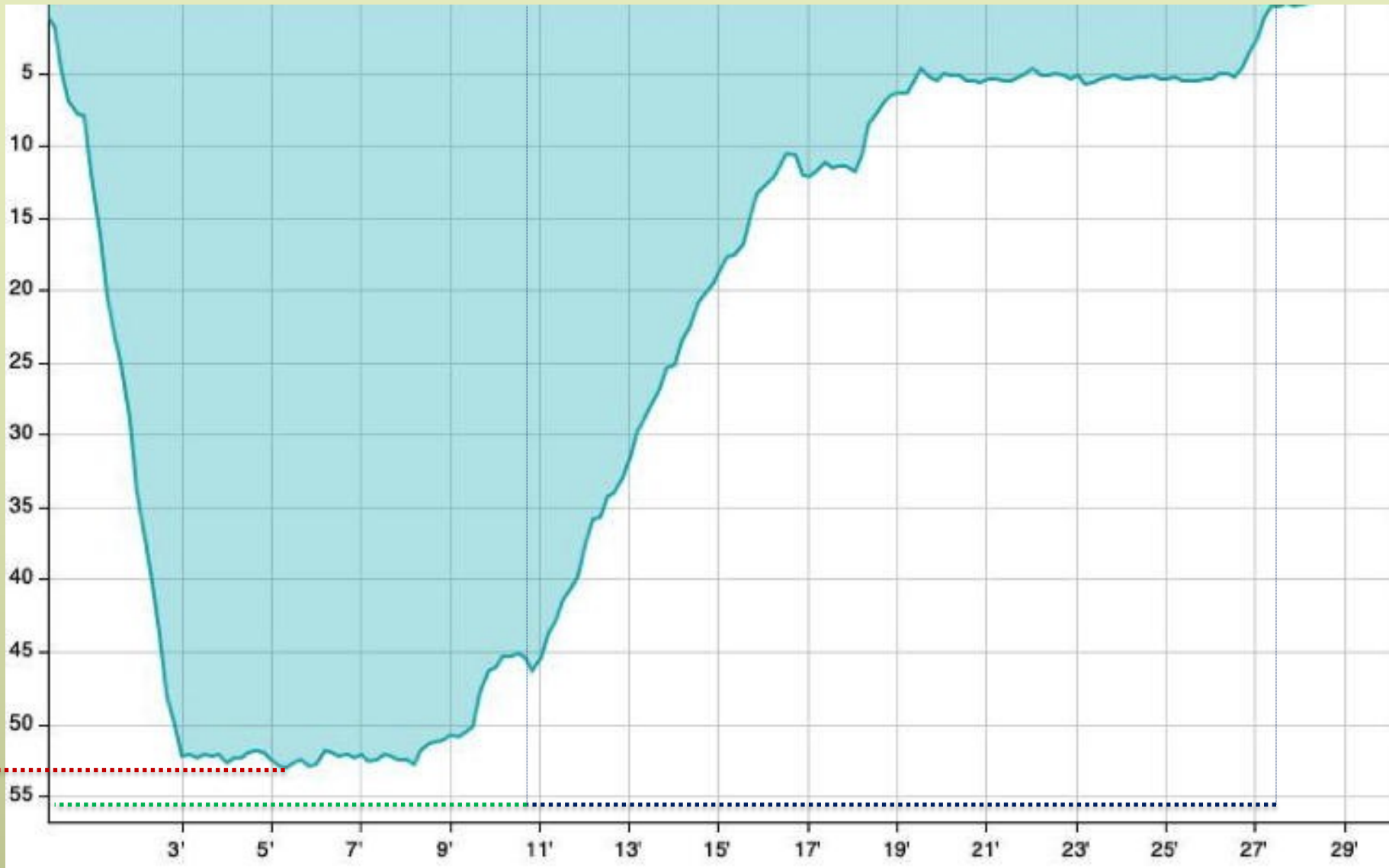


# Facteurs influant sur la consommation

- **Physiologie** du plongeur : constante personnelle
- **Condition physique** : hygiène de vie, condition physique, entraînement
- **Équipement** : lestage  $\pm$  adapté, combi  $\pm$  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*

**À QUOI RESSEMBLE UNE PLONGÉE PROFONDE ?**

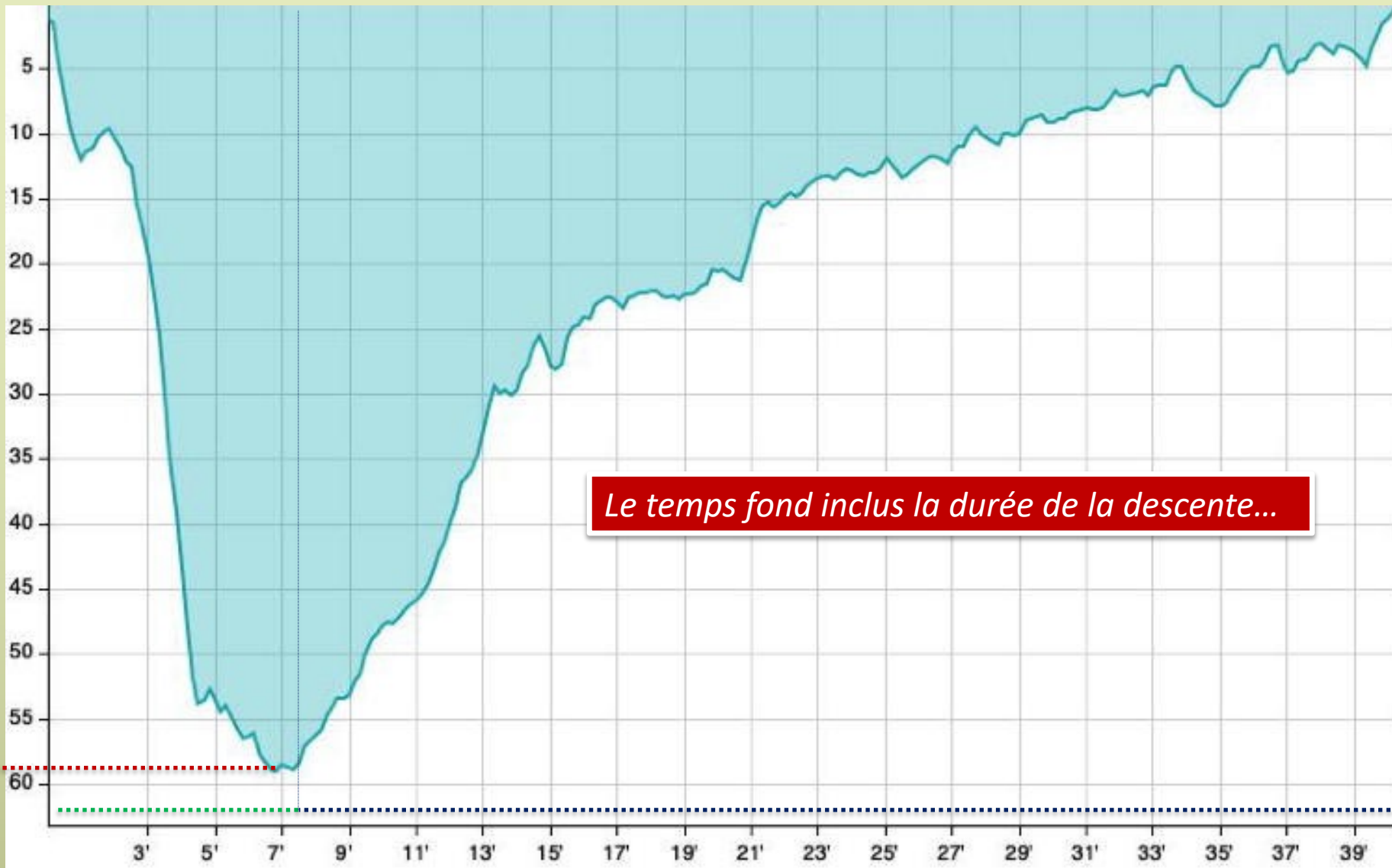


Profondeur max

Temps fond

DTR

## Plongée carrée sur une épave



Le temps fond inclus la durée de la descente...

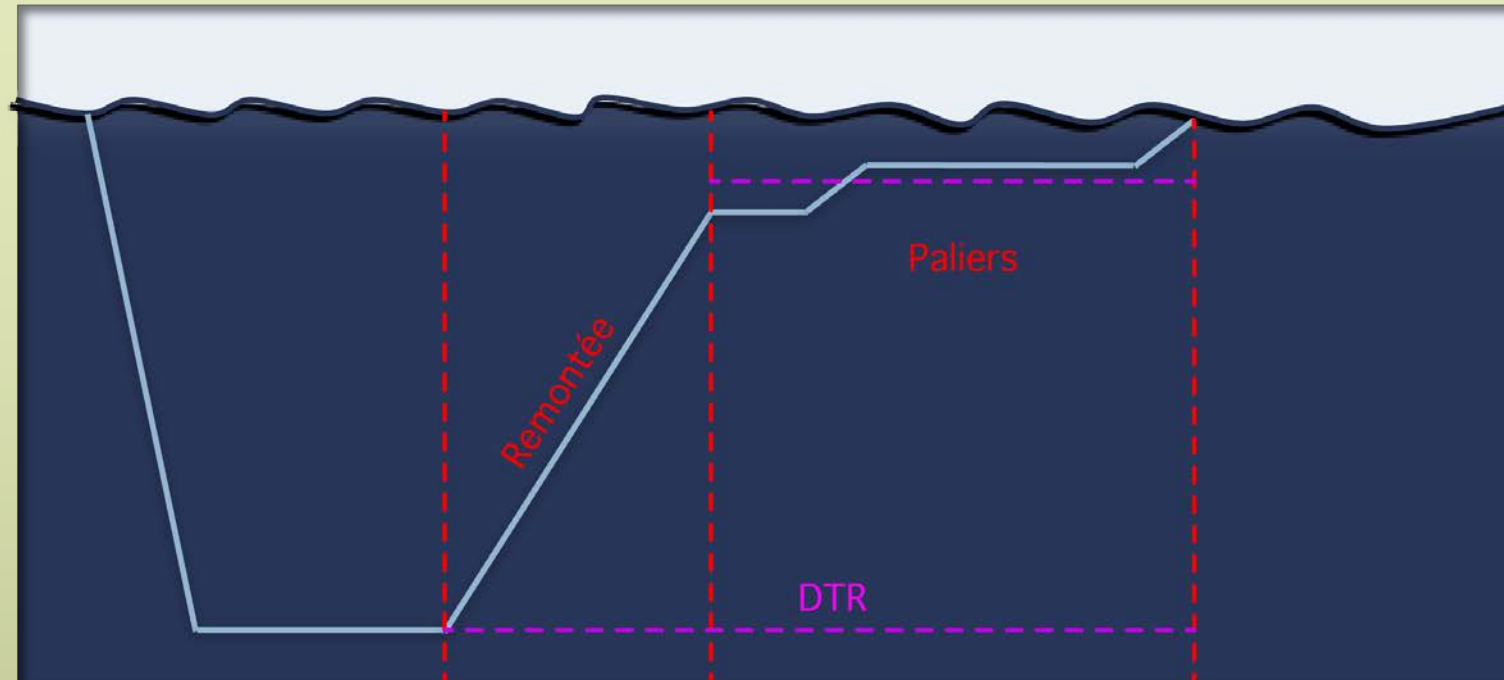
Profondeur max

Temps fond

DTR

# Plongée le long d'un tombant

# Ce qu'il faut prévoir = planification



## Avant la plongée

- *Comportement : questionnement sur les conditions, son état...*
- Préparation du matériel individuel
- (Briefing DP)
- Briefing palanquée (toutes les étapes de la plongée)
- Préparation à la mise à l'eau

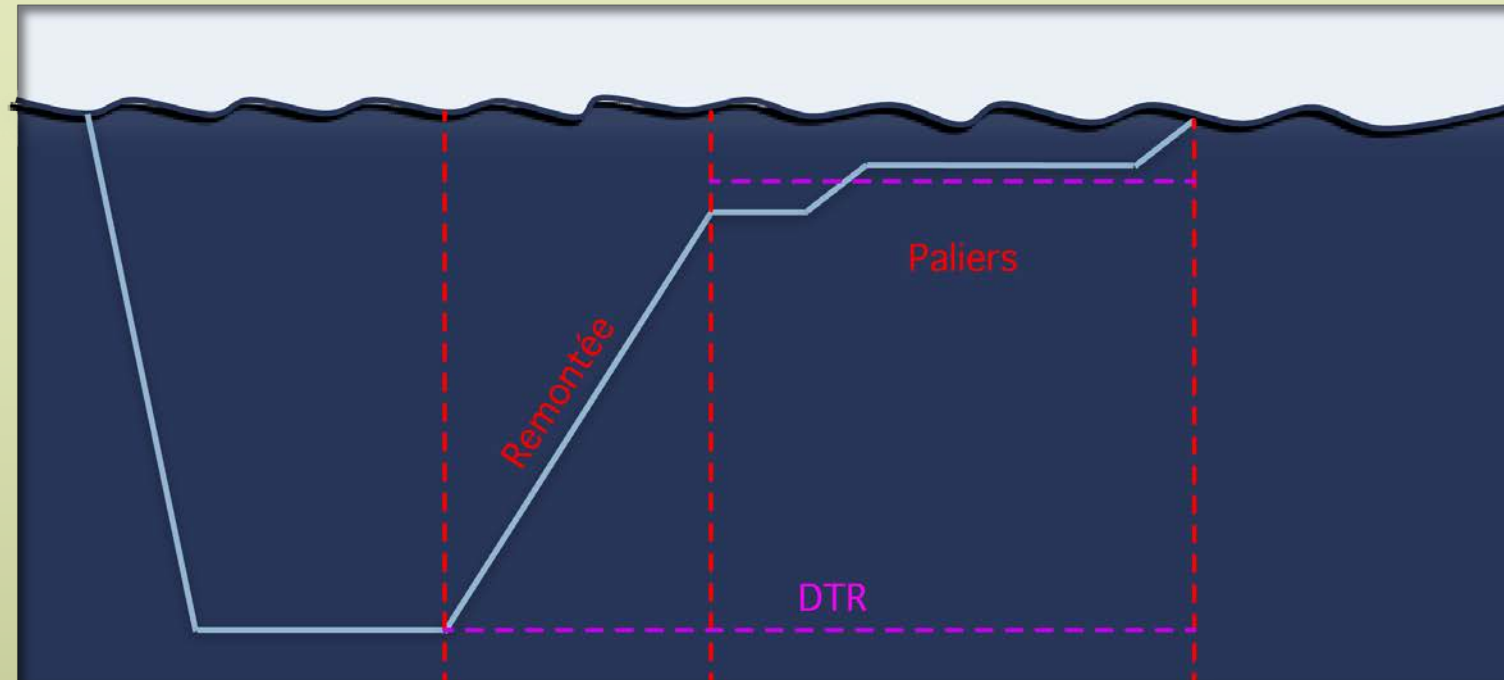
## Pendant la plongée

- Mise à l'eau
- Regroupement
- Vérifications
- Descente
- Balade
- Fin de plongée :
  - remontée
  - paliers
  - sortie d'eau
  - retour au bateau

## Après la plongée

- Déséquipement
- Fiche de sécu
- *Comportement : hydratation, calme, surveillance et auto-surveillance*

# La planification

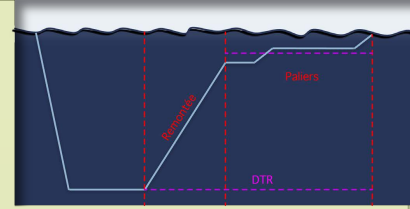


*Chacune de ces étapes doit être **anticipée***

*Le **contrôle** doit être permanent*

*Il faut savoir **s'adapter***

# À quoi ressemble une plongée profonde ?



- Une plongée profonde inclura nécessairement des paliers
- Plus cette plongée sera profonde et longue, plus les paliers seront longs

*La principale contrainte sera donc la gestion du **stock d'air** nécessaire à l'exploration et la réalisation de la **remontée** et des **paliers** avec une marge de **sécurité***



# GESTION D'AIR

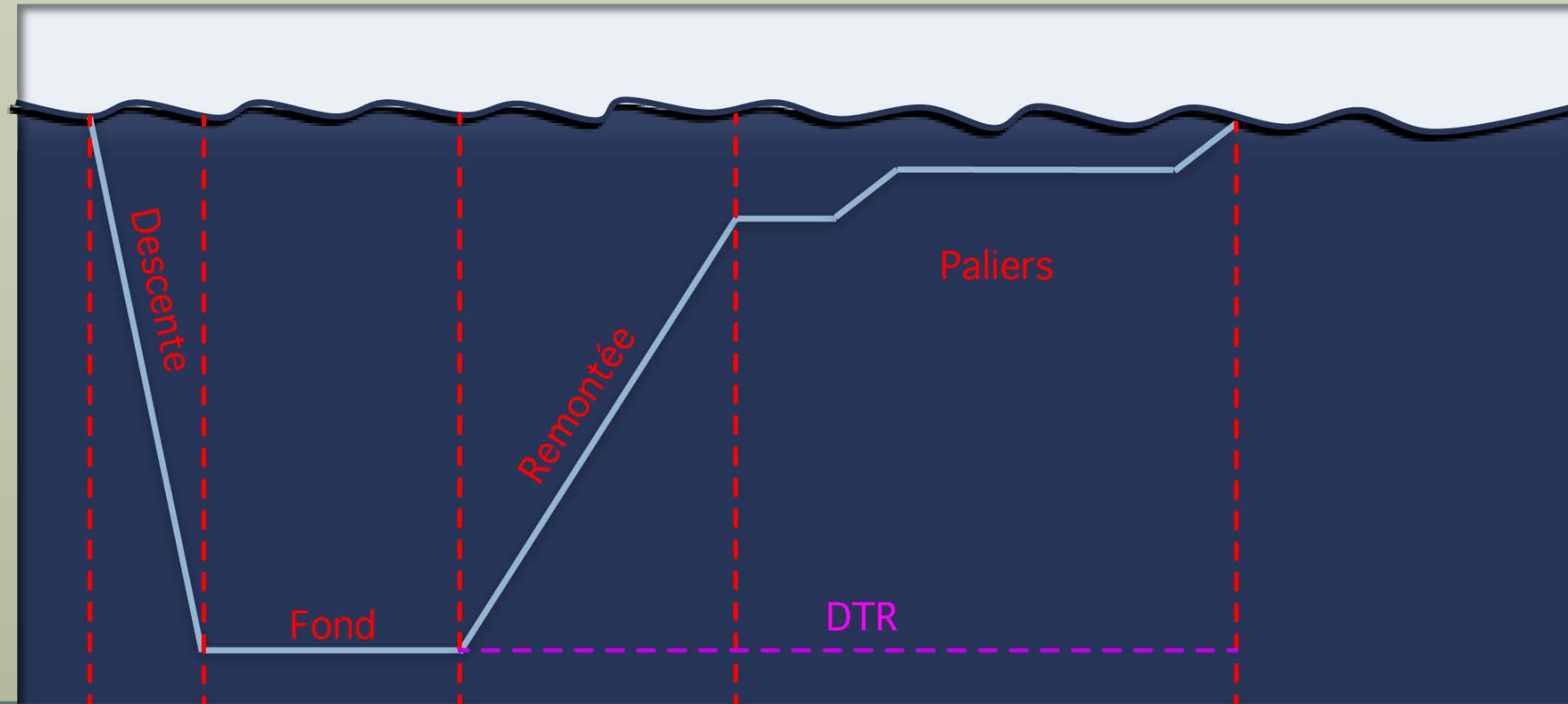




# Gestion d'air : principes de calculs

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

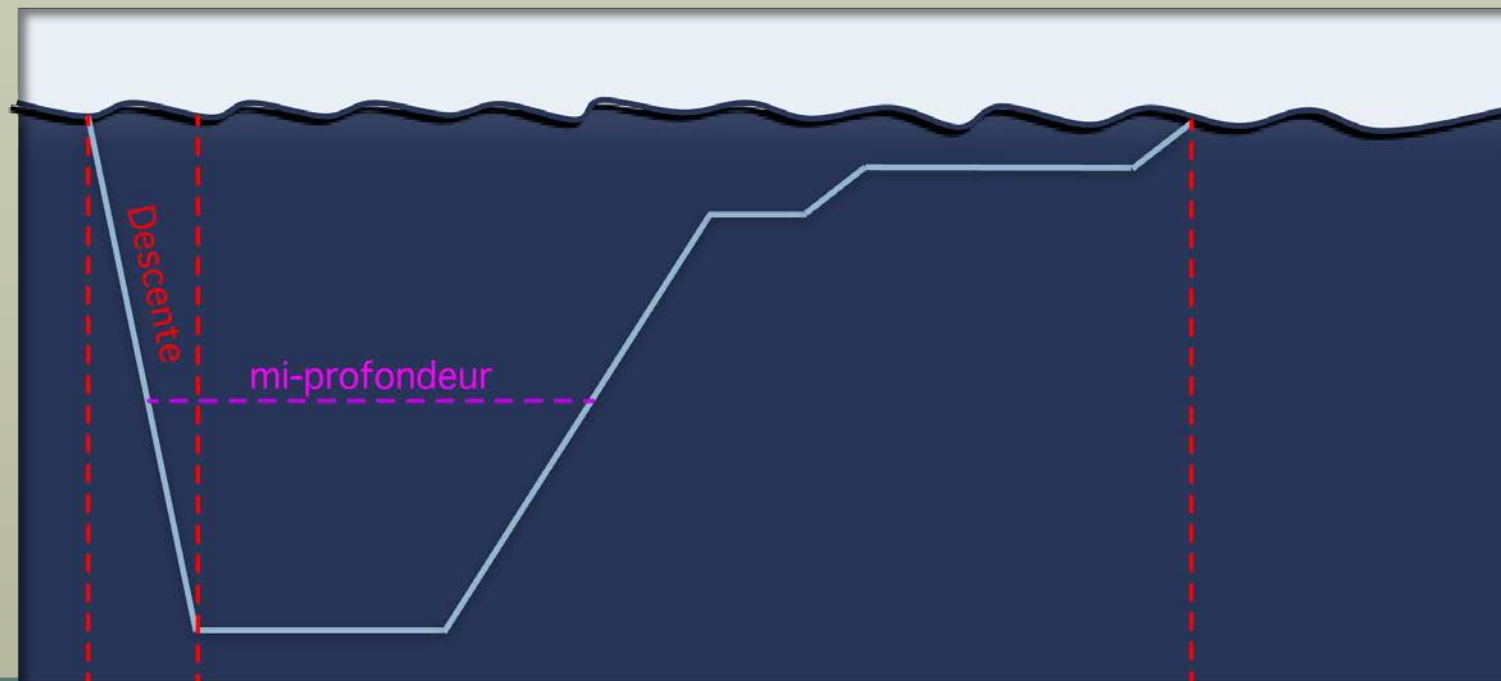
## Les phases de la plongée





# Consommation à la descente

- 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-FFESSM
- On considère une vitesse de **descente de 20 m/min**
- Pour la consommation à la descente, on utilise la mi-profondeur (air consommé à 25 m pour une descente à 50 m)

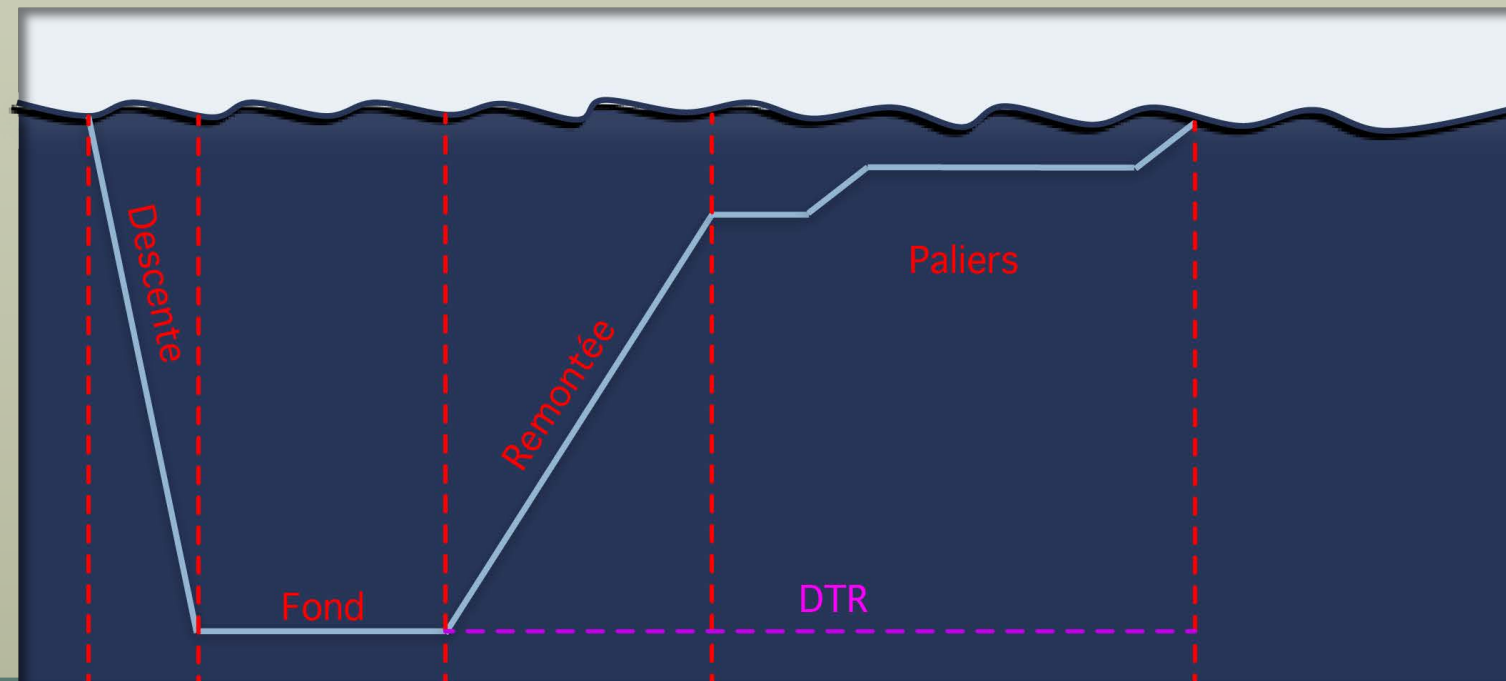




# Consommation au fond

- Consommation de surface :  $C_0 = 20$  l/min (à adapter à sa propre consommation et aux conditions)
- Consommera au fond :  $C_{abs} = C_0 \times P_{abs}$  par minute de plongée

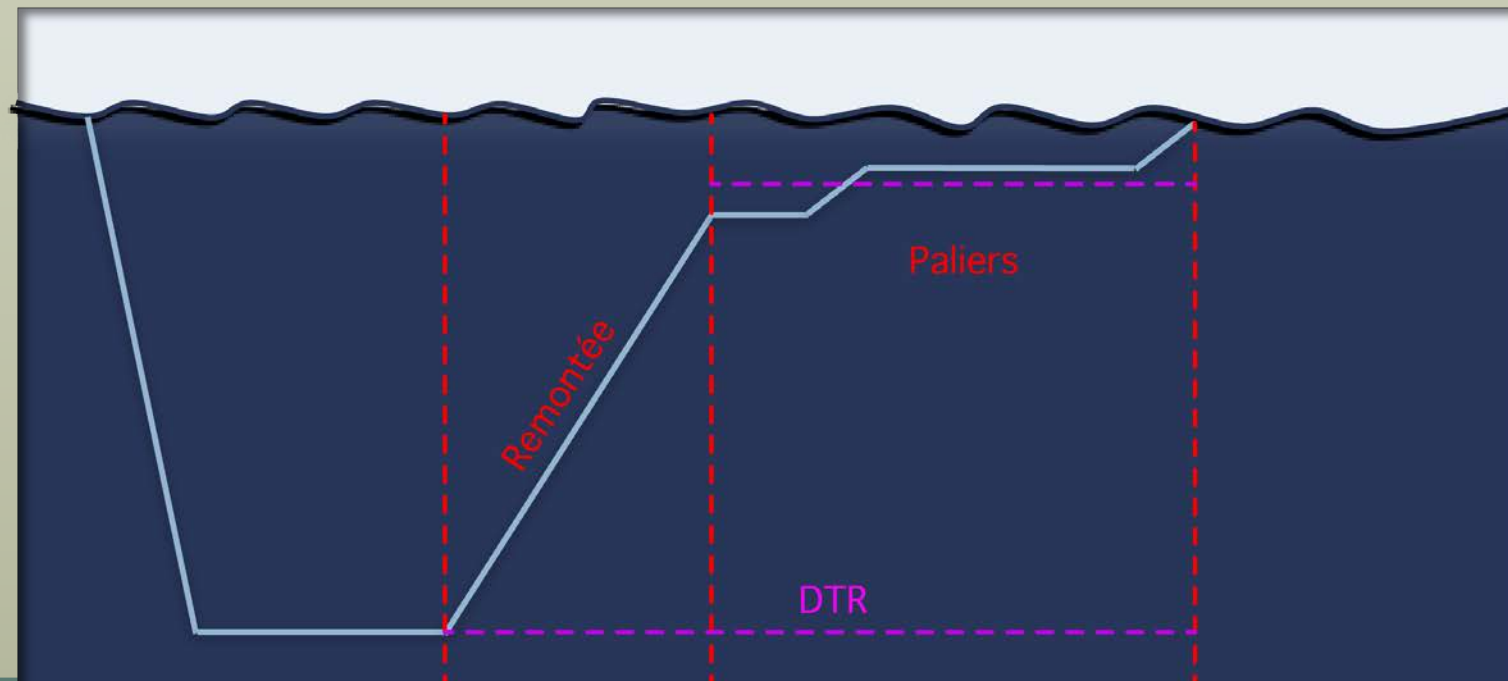
*ex. : à 50 m la conso est de  $20 \times 6 = 120$  l d'air par minute de plongée*





# Consommation à la remontée

- La vitesse de remontée est de **10 m/min**. Comme on ralentit dans les derniers mètres, la durée de remontée est d'environ  $(Prof/10)+1$ , ou **la durée de remontée est égale à la  $P_{abs}$  max de la plongée** (ex. : 5 min de remontée pour une plongée à 40 m)
- Pour la consommation à la remontée, on utilise aussi la mi-profondeur (air consommé à 25 m pour une plongée à 50 m)
- Pour simplifier les calculs de consommation, on considèrera 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 avec 40 min de temps fond

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

	Profondeur (m)	Durée (T en min)	Pression absolue (P en bar)	Conso (TxPx20 en l)	Air restant (Q en l)	Pression lue (Q/12 en bar)
Surface			1		2400	200
Descente	10	1	2	40	2360	196
Fond	20	39	3	2340	20	1
Remontée	10	3	2	120	-100	-8
Paliers		0				

*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 avec 20 min de temps fond

- 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 disponible

	Profondeur (m)	Durée (T en min)	Pression absolue (P en bar)	Conso (TxPx20 en l)	Air restant (Q en l)	Pression lue (Q/15 en bar)
Surface			1		3000	200
Descente	20	2	3	120	2880	192
Fond	40	18	5	1800	1080	72
Remontée	20	5	3	300	780	52
Paliers	5	10	1,5	300	480	<b>32</b>

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

*→ Il faut planifier*

# PLANIFICATION







# Planification des plongées profondes

- 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 réserve de sécurité

La planification de plongée repose donc sur :

- la **profondeur** max de la plongée avec le **temps fond** (et donc les paliers nécessaires)
- la **DTR** (remontée et paliers) et la quantité d'air nécessaire pour la réaliser
- la **pression de décollage** du fond (quantité d'air nécessaire pour faire la DTR)
- en incluant la **réserve**, marge de sécurité qui permet de s'adapter aux aléas



# Planification des plongées profondes

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

*La palanquée remontera au  
premier des paramètres atteint*

Il faut aussi définir en groupe **toutes les phases de la plongée** (préparation, mise à l'eau, vérifications à 5 m, remontée, parachute...)\*



# Planification : plongée à 50 m

On veut faire une **plongée à 50 m** avec un bloc de 15 l gonflé à 200 bar sans faire plus de 20 min de DTR

- La durée de remontée depuis 50 m est de 6 min environ
- Donc on ne doit pas faire plus de 14 min de paliers.  
Sur les tables, une plongée de 15 min à 50 m impose 2 min à 9 m et 9 min à 3 m (soit 11 min de paliers)
- Pour cette **DTR de 17 min**, il nous faut : 50 bar d'air
  - pour la remontée :  $3,5 \times 20 \times 6 = 420$  l (28 bar sur un 15 l)
  - pour les paliers :  $1,5 \times 20 \times 11 = 330$  l (22 bar)
- Si l'on veut conserver une **réserve de 50 bar** en surface, on doit remonter à une **pression de décollage de 100 bar**
- Il nous reste donc 100 bar pour la descente et le séjour au fond, soit environ **12 min de temps fond** (et pas les 15 min des tables)  
 $((100 \times 15) / 20) / 6 = 12$



# Planification : plongée à 50 m

- 50 m / 15 min → 2 min à 6 m et 9 min à 3 m
- Bloc 15 l à 200 bar → 3000 l d'air disponible
- Temps fond → 12 min
- Pression de décollage → 100 bar
- DTR → 17 min

	Profondeur (m)	Durée (min)	Pression (bar)	Conso (l)	Air restant (l)	Pression (bar)
Surface					3000	200
Descente	25	2,5	3,5	175	2825	188
Fond	50	9,5	6	1140	1685	112
Remontée	25	6	3,5	420	1265	84
Paliers	5	11	1,5	330	935	62



# Planification : plongée à 60 m

- 60 m / 10 min →
- Bloc 15 l à 200 bar →
- Pression de décollage →
- DTR →

Air pour la remontée :

Air pour les paliers :

	Profondeur (m)	Durée (min)	Pression (bar)	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 → 110 bar
- DTR → 15 min

*Air pour la remontée :  $4 \times 7 \times 20 = 560$  l ou 38 bar*

*→ 54 bar de DTR + 50 bar de réserve = 104 bar*

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

*→ pression de décollage lue : 110 bar*

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

# **PLANIFICATION : MÉTHODE DE CALCUL RAPIDE**

# Planification : méthode de calcul rapide

- Les paliers les plus longs sont ceux à 3 m
- Plus la DTR est longue et plus ces paliers à 3 m durent longtemps  
10'@50 m → 4'@3m pour une DTR de 10'  
15'@50 m → 2'@6 m ; 9'@3m pour une DTR de 17'  
25'@50 m → 1'@9m ; 8'@6 m ; 32'@3m pour une DTR de 47'
- Le barycentre des profondeurs des paliers peut être approximé à 5 m
- Pour la consommation de la remontée, on peut considérer alors que l'on a besoin de :

**3 bar par minutes de DTR sur un bloc de 15 l\***

(ou 4 bar par minute de DTR sur un bloc de 12 l)



# Planification : méthode de calcul rapide

Exemple pour une **plongée de 10 min à 60 m**

Lecture des tables : 2'@6 m et 6'@3m

➤ **Temps fond : 10 min**

Paliers : 8 min

Durée de la remontée : 7 min

➤ **DTR : 15 min**

Conso pour la DTR :  $3 \times 15 = 45$  bar

Réserve prévue : 50 bar

➤ **Pression de décollage : 95 bar**

On décollera des 60 m à la première des limites atteinte : temps fond, DTR, pression de décollage

**PLANIFICATION : ET SI...**



# Planification : et si...

- **On descend plus profond que prévu**

**C'est interdit !!!**

Cependant, la DTR max prévue sera atteinte plus tôt, donc on remontera avant le temps fond prévu et avec assez d'air pour faire toute la DTR

- **On descend moins profond**

On aura moins de paliers, donc on pourra rester plus longtemps à cette profondeur pour une même DTR  
C'est donc le temps fond qui sera limitant

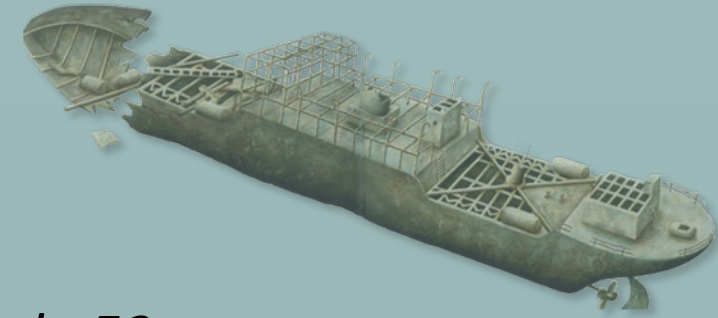
- **On consomme plus que prévu**

On atteindra plus tôt la pression de décollage, donc on aura moins de paliers et une DTR plus courte

- **Le DP a fixé un temps total de plongée max**

On peut le contrôler durant la plongée en additionnant la durée de la plongée à la DTR lue  
On restera donc moins longtemps au fond et la DTR sera plus courte

# Exercices



*Vous allez plonger sur l'épave du Donator qui repose sur un fond de 52 m*

- 1. Planifiez votre plongée pour ne pas faire plus de 15 min de temps de palier  
Indiquez le temps fond, la DTR, la pression de décollage*
- 2. De quel bloc et quelle pression avez-vous besoin pour réaliser cette plongée ?*
- 3. Il y a eu du courant au fond et votre consommation moyenne est passée à 22 l/min  
Quelles conséquences ?  
Qu'en concluez-vous ?*

A person wearing a dark, pinstriped suit jacket is holding a large, blank white rectangular sign in front of their face. The sign is centered and contains the text "Ben voilà !" in a bold, black, sans-serif font. The person's hands are visible at the corners of the sign, and they are wearing rings on their fingers. The background is a solid, light green color.

**Ben voilà !**