



SATURATION DÉSATURATION

Michaël Morin
Quentin Roussel





CHAPITRES

01 Objectifs - Rappels

A quoi servira ce cours
Pressions, Dalton

02 Principes de saturation

Loi de Henry
Les modèles de désaturation

03 Modèle Haldanien

Principe
Saturation Désaturation

04 M Values et Gradient factor

Présentations
Comparaison

Objectifs du cours

EXAMEN N4 GP

Avoir les connaissances requises pour être prêt quand vous vous présenterez à l'examen

01

D'UN POINT DE VUE
THÉORIQUE.

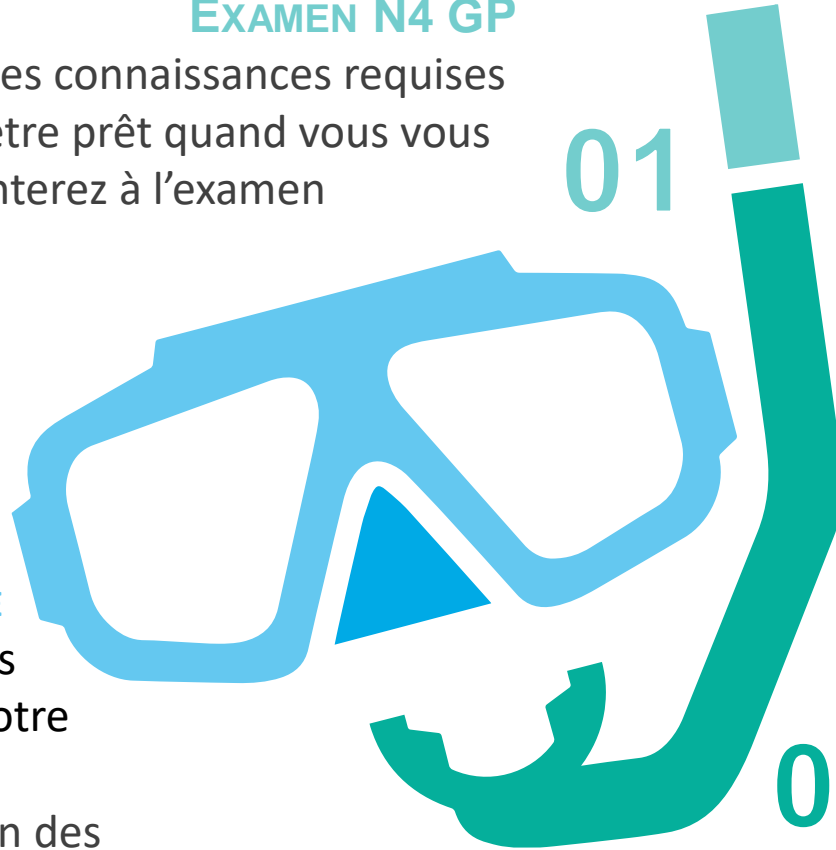
COMPRENDRE LES PHÉNOMÈNES DE DISSOLUTION DES GAZ ET DE SATURATION AFIN DE MIEUX APPRÉHENDER ET EXPLIQUER LES MOYENS DE DÉSATURATION MIS À DISPOSITION DES PLONGEURS

02

GUIDE DE PALANQUÉE

Prise en compte des différents moyens de désaturation de votre palanquée.

Mise en place de la prévention des ADD pour votre palanquée et vous même



03

GUIDE DE PALANQUÉE

Conseiller les plongeurs pour l'achat et l'utilisation de leur moyen de désaturation.

Quelques rappels

Pressions

En plongée nous sommes soumis à une pression composée de la pression atmosphérique (P_{atm}) et de la pression hydrostatique (P_{hydro})
On appelle cette pression la pression absolue P_{abs}

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{hydro}$$



Dans l'eau douce la pression augmente de 1 bar tous les 10 m



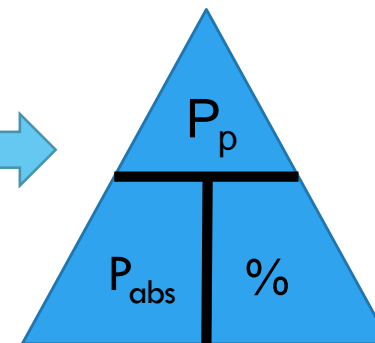
Pressions partielles

La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange est égale à la pression totale du mélange multipliée par le pourcentage du gaz dans le mélange

$$P_p = \%gaz \times P_{gaz}$$



$$P_{gaz} = P_{p\ GAZ\ 1} + P_{p\ GAZ\ 2}$$



Méthode pour calculer facilement
Il faut cacher la grandeur recherchée

Ventilation et plongée



Conséquences durant la plongée

EN PLONGÉE, NOUS SUBISSONS DES CHANGEMENTS DE PRESSION DES GAZ RESPIRÉS À LA DESCENTE ET À LA REMONTÉE. UN DÉSÉQUILIBRE VA S'INSTALLER ENTRE CE QUE L'ON RESPIRE ET CE QUI VA SE DISSOUDRE DANS NOTRE CORPS

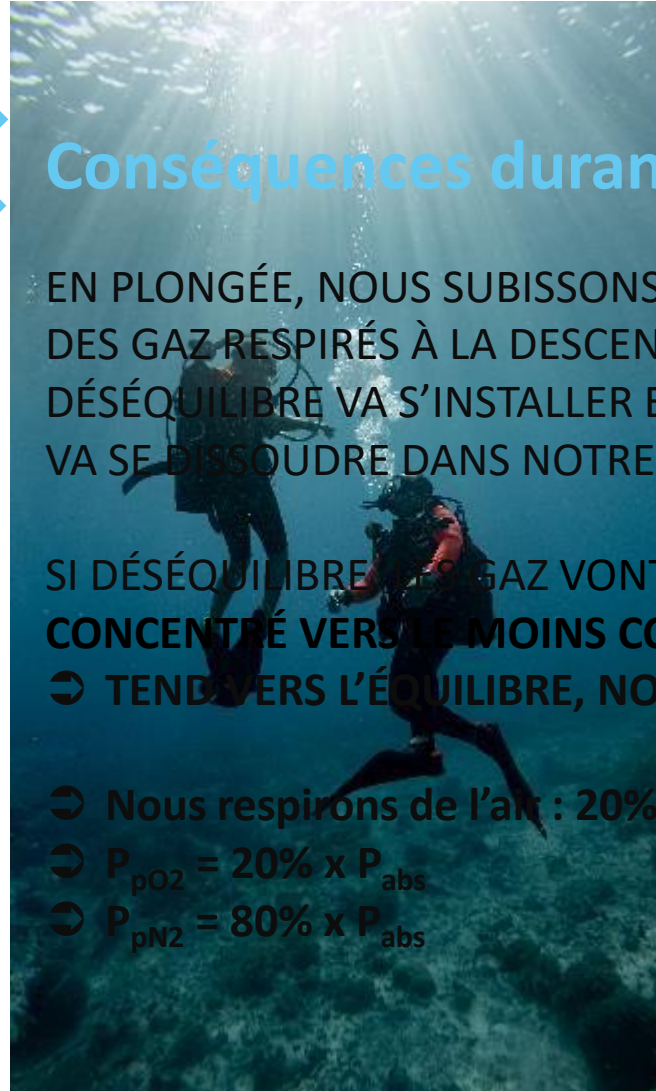
SI DÉSÉQUILIBRE DES GAZ VONT **DIFFUSER** DU MILIEU LE PLUS **CONCENTRÉ** VERS LE MOINS **CONCENTRÉ**

⇒ **TEND VERS L'ÉQUILIBRE, NON INSTANTANÉ**

⇒ Nous respirons de l'air : 20% d'oxygène (O₂) et 80% d'azote (N₂)

⇒ $P_{pO_2} = 20\% \times P_{abs}$

⇒ $P_{pN_2} = 80\% \times P_{abs}$



Dissolution des gaz



Loi de HENRY

LES LIQUIDES DISSOLVENT LES GAZ EN PLONGÉE, NOTRE CORPS DISSOUS PLUS DE GAZ AU FOND QU'À LA SURFACE

L'OXYGÈNE « CARBURANT » POUR NOTRE CORPS EST CONSOMMÉ

L'AZOTE « DILUANT » EST UN GAZ INERTE QUI SE DISSOUT DANS L'ORGANISME

LOI

A TEMPÉRATURE DONNÉE, LA QUANTITÉ DE GAZ DISSOUS À SATURATION DANS UN LIQUIDE EST PROPORTIONNELLE À LA PRESSION PARTIELLE DU GAZ AU-DESSUS DE CE LIQUIDE.

Historique de la désaturation



Au 19^{ème} siècle
On voit des ouvriers
travaillant dans des
milieux sous pression
(pont, mines) avoir des
ADD

1854

PAUL BERT

Physiologie de la
respiration
Rôle de l'azote dans
les ADD
Décompression
lente
Respiration d'O₂
pour la désaturation

1906

JOHN SCOTT HALDANE

Premières tables de
plongées basées sur un
modèle (perfusion)
Les paliers se font tous les
10 pieds \approx 3 mètres
Seuils de sursaturation
critique (CSC) limite à ne
pas dépasser

1957

**1er traitement de
l'ADD**

La recompression
soulage les
symptômes

1878

JOHN SCOTT HALDANE

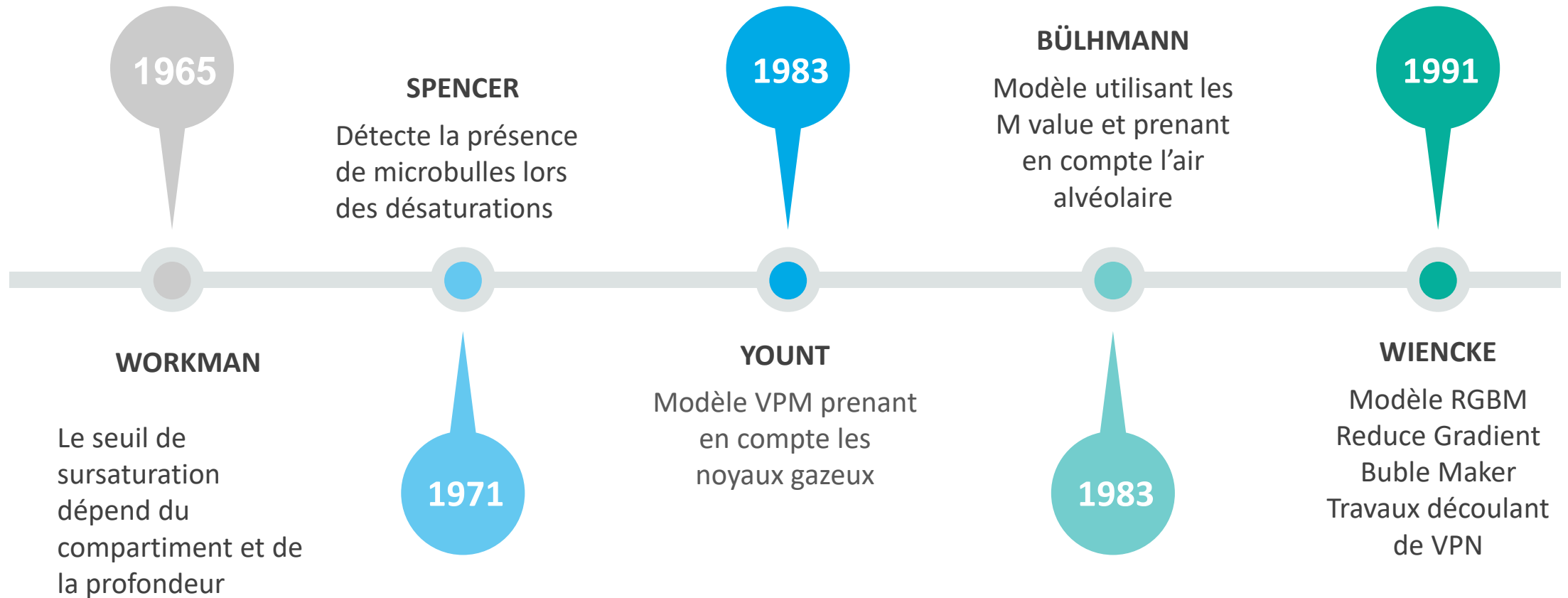
Chargé de créer un
protocole de déco par
la Royal Navy
Expérimentation sur
une chèvre pour établir
un modèle

1908

HEMPLEMAN

Modèle par
diffusion
Désaturation 1,5
fois plus lente que
la saturation

Historique de la désaturation



M Value = Sc variable

Modèles de saturation



Qu'est-ce qu'un modèle

C'est une modélisation mathématique pour représenter le fonctionnement du corps humain



M

C

Compartiments

Modélisation du corps humain en compartiments

Chaque compartiment se caractérise par :

- Une période** : vitesse de charge et de décharge de l'azote

- Un seuil de saturation critique** à ne pas dépasser



Modèle Haladaniien

Utilisé pour les tables MN90 et certains ordinateurs

Limites des modèles

Simplification des réactions du corps face à la saturation à l'azote



L

A

D'autres modèles sont utilisés

Diffusion : Quantité de N₂ + baisse de pression = Bulles
Noyaux gazeux : Un certains nombres de micro bulles + baisse de pression = Bulles



Modèles de saturation



Limites des modèles

**« Un modèle n'est qu'une aide à la désaturation
et ne peut assurer une désaturation sûre à 100% pour 100% des individus »**

- DÉBIT CARDIAQUE ET CONSOMMATION DU PLONGEUR
- CAPACITÉ À ÉLIMINER L'AZOTE
- BULLES CIRCULANTES NOYAUX GAZEUX
- TOUT ÉLÉMENT NON PRIS EN COMPTE DANS L'ÉTABLISSEMENT DU
MODÈLE EX : FROID, EFFORT, STRESS ...
- CONDITIONS DANS LESQUELLES LE MODÈLE A ÉTÉ TESTÉ.



Gaz dissous

01

DANS UN GAZ, LA QUANTITÉ DE GAZ CONTENU DANS UN MÉLANGE SOUMIS À UNE CERTAINE PRESSION S'APPELLE

LA PRESSION PARTIELLE

02

DANS UN LIQUIDE, LA QUANTITÉ DE GAZ CONTENU DANS UN MÉLANGE SOUMIS À UNE CERTAINE PRESSION S'APPELLE

LA TENSION

03

- LE MÉLANGE GAZEUX QUI NOUS INTÉRESSE EST L'AIR.
- MAIS SEUL L'AZOTE NOUS POSE DES PROBLÈMES.
- L'OXYGÈNE EST UTILISÉ PAR L'ORGANISME POUR SON FONCTIONNEMENT

Le modèle Haldanien

01

CE MODÈLE EST QUALIFIÉ DE MODÈLE « PAR PERFUSION ». LES GAZ TRANSPORTÉS PAR LE SANG, PAR « PERFUSION » PÉNÈTRENT OU S'ÉVACUENT DES TISSUS PAR « DIFFUSION ».

02

A la sortie des poumons : Tension N₂ sang = P_p N₂ air alvéolaire
A la sortie des tissus : Tensions N₂ sang = Tension N₂ dans les tissus

03

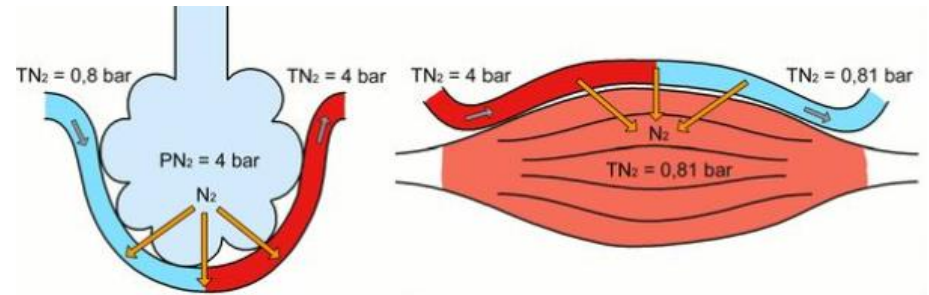
Diffusion alvéolaire et tissulaire instantanée
LE MODÈLE DE HALDANE IGNORE CE PHÉNOMÈNE DE DIFFUSION

04

Charge et décharge symétrique (même vitesse)
Les compartiments sont indépendants les uns par rapport aux autres

05

Tout l'azote est dissous il n'y pas de bulles circulantes



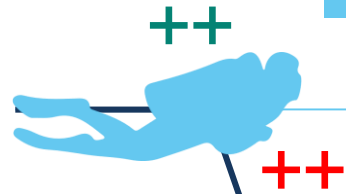
Saturation

Désaturation

01

EN SURFACE NOTRE CORPS EST DANS UN ÉTAT D'ÉQUILIBRE

LA TENSION EST ÉGALE À LA PRESSION.



A SATURATION, LA TENSION = PRESSION PARTIELLE

Saturation

Désaturation

02

PENDANT LA DESCENTE ET DURANT LA PLONGÉE **NOTRE CORPS EST EN SOUS-SATURATION.**
LA TENSION, INFÉRIEURE À LA PRESSION, VA AUGMENTER POUR ARRIVER À L'ÉQUILIBRE.
LE GAZ SE DISSOUT DANS LES TISSUS



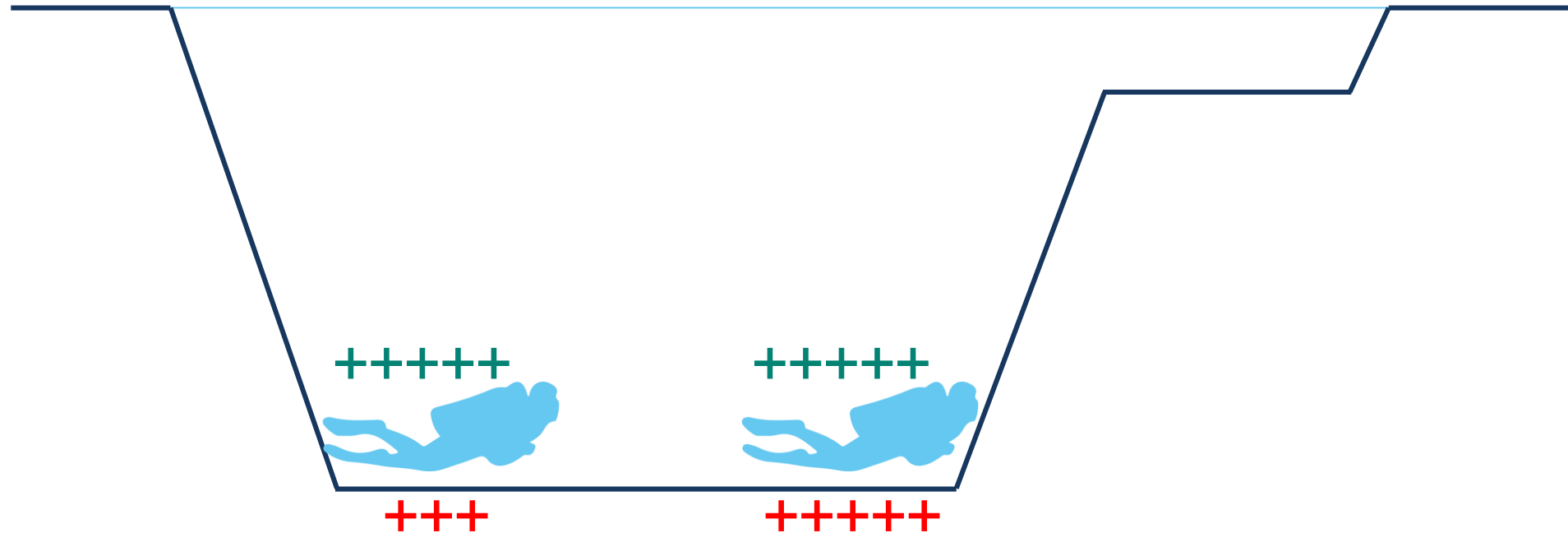
A SOUS-SATURATION, LA TENSION < PRESSION PARTIELLE

Saturation

Désaturation

03

UN ÉTAT DE DÉSÉQUILIBRE TEND TOUJOURS VERS UN ÉTAT D'ÉQUILIBRE
LA TENSION VA TENDRE À L'ÉQUILIBRE.
LE GAZ CONSIDÉRÉ SE DISSOUT DANS LES TISSUS



A SATURATION, LA TENSION = PRESSION PARTIELLE

Saturation

Désaturation

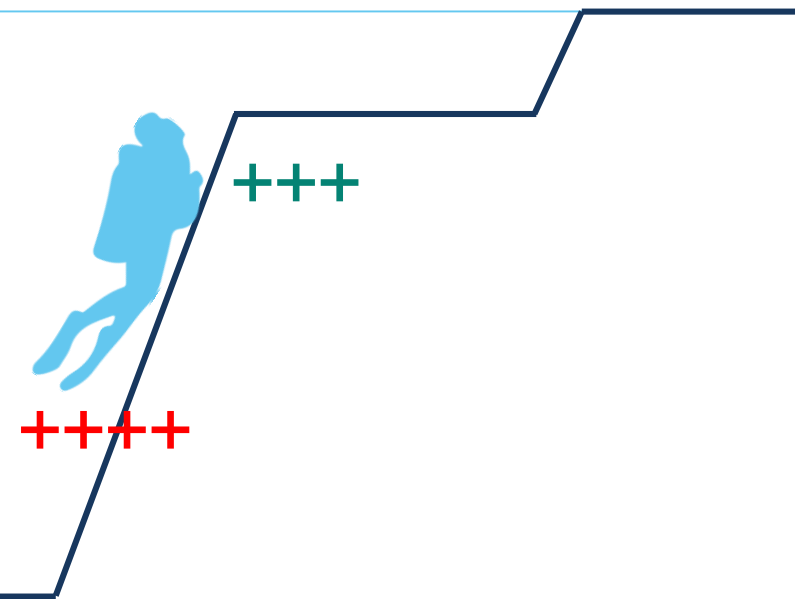
04

A LA REMONTEE (À VITESSE NORMALE) ET AUX PALIERS

LA TENSION EST SUPÉRIEURE, ELLE VA **DIMINUER** VERS LA
VALEUR DE LA PRESSION PARTIELLE.

LE GAZ DISSOUS **PASSE PROGRESSIVEMENT** DANS L'AIR PAR LA
RESPIRATION

LE PLONGEUR EST EN PHASE DE **DÉSATURATION**



A SURSATURATION, LA TENSION > PRESSION PARTIELLE

Saturation

Désaturation

04

AU RETOUR A LA SURFACE

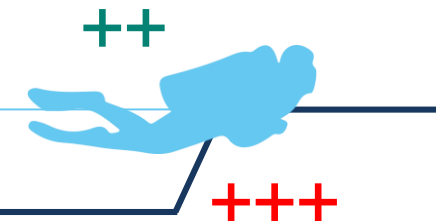
LA TENSION EST ENCORE SUPÉRIEURE, ELLE VA DIMINUER VERS

LA VALEUR DE LA PRESSION PARTIELLE.

L'AZOTE PASSE PROGRESSIVEMENT DANS L'AIR PAR LA

RESPIRATION

LE PLONGEUR EST ENCORE EN PHASE DE DÉSATURATION



A SURSATURATION, LA TENSION > PRESSION PARTIELLE

Saturation

Désaturation

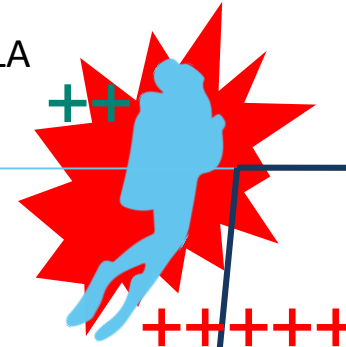
05

A LA REMONTEE (À VITESSE TROP RAPIDE OU SANS RESPECT DE PALIER)

LA TENSION EST SUPÉRIEURE. ELLE VA DIMINUER VERS LA VALEUR DE LA
PRESSION PARTIELLE QUI CHUTE RAPIDEMENT.

LE GAZ DISSOUS N'A PAS LA POSSIBILITÉ D'ÊTRE ÉLIMINÉ PAR LA
RESPIRATION

LE GAZ REVIENT A L'ÉTAT GAZEUX DANS LE CORPS



A SURSATURATION CRITIQUE, LA TENSION > PRESSION PARTIELLE

Saturation

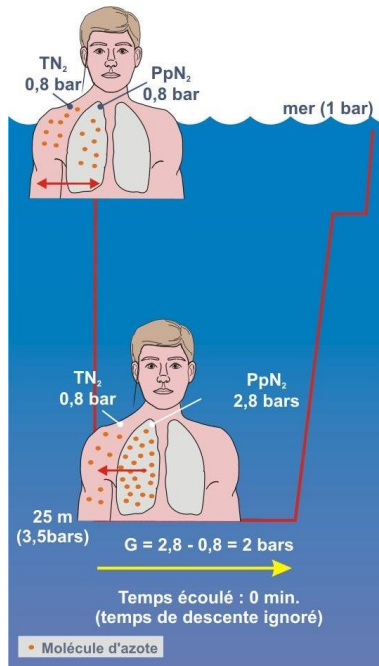
Désaturation

PLONGEUR	PRESSION	ETAT DE SATURATION	GAZ
LE PLONGEUR DESCEND	AUGMENTE	SOUS-SATURATION	SE DISSOUT DANS LE LIQUIDE
LE PLONGEUR EST AU FOND	FIXE	SATURATION	EQUILIBRE
LE PLONGEUR REMONTE	DIMINUE	SUR-SATURATION TISSULAIRE (LE PLONGEUR EST EN PHASE DE DÉSATURATION)	PETITES BULLES DANS LE LIQUIDE (MICROBULLES)
PALIER	FIXE	SATURATION	EQUILIBRE
LE PLONGEUR REMONTE TROP VITE OU ZAPPE LES PALIERS	CHUTE RAPIDE DE LA PRESSION	ON DÉPASSE LA SURSATURATION CRITIQUE SITUATION ACCIDENTOGÈNE	DÉGAZAGE INCONTRÔLÉ = DANGER

GRADIENT

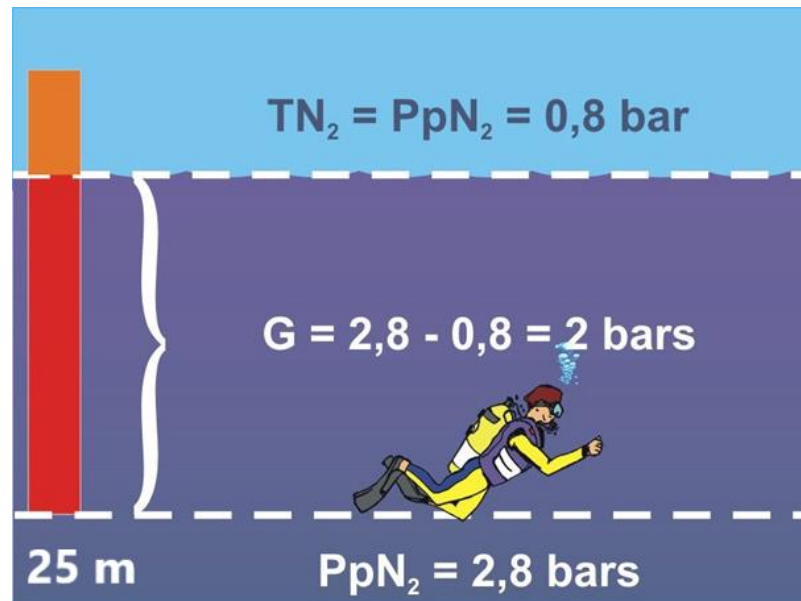
- **NOTION DE GRADIENT**

ON APPELLE GRADIENT (G) LA DIFFÉRENCE ENTRE LA TENSION D'AZOTE FINALE (TN2F) À L'ÉQUILIBRE DANS LES TISSUS À UNE PROFONDEUR DONNÉE ET LA TENSION INITIALE DE CE MÊME GAZ (T.N2I)



© Alain Foret, Illustra-Pack II

GRADIENT (G) = T.N2 FINALE (TN2F) – T.N2 INITIALE (TN2I)



© Alain Foret, Illustra-Pack II

UN ÉTAT DE DÉSÉQUILIBRE
TEND TOUJOURS VERS UN
ÉQUILIBRE
**LE GRADIENT AURA
TOUJOURS TENDANCE À
SE RAPPROCHER DE 0**

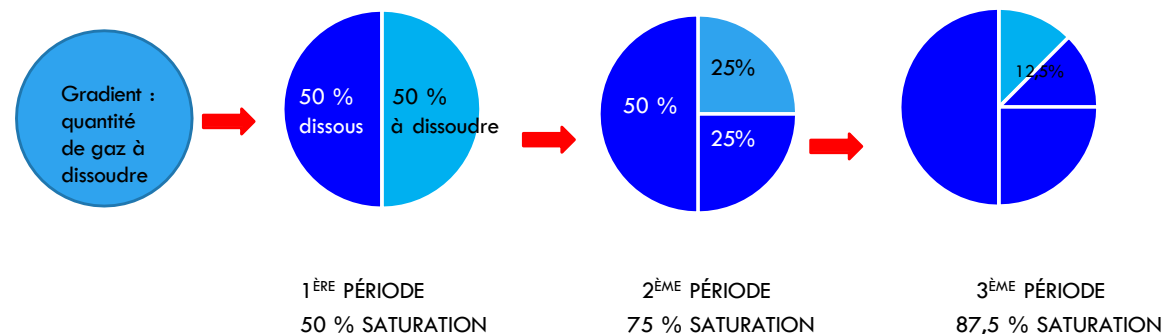
GRADIENT

PERIODE

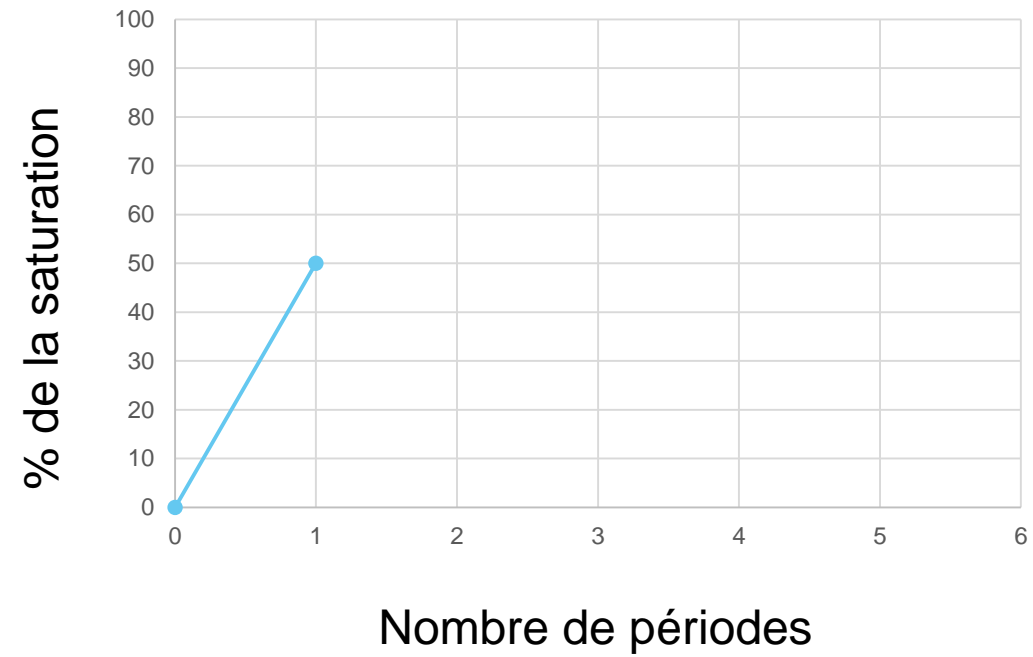
UNE **PÉRIODE** EST LE TEMPS NÉCESSAIRE À LA DISSOLUTION OU À L'ÉLIMINATION DE LA MOITIÉ DU GRADIENT

EQUILIBRE NON INSTANTANÉ, DONC LA SATURATION DÉPEND DU TEMPS

LA SATURATION OU DÉSATURATION EN AZOTE EST VARIABLE.
A LA FIN D'UNE PÉRIODE, LA MOITIÉ (50%) DU GRADIENT EST DISSOUS.
A LA FIN DE LA DEUXIÈME PÉRIODE, LE COMPARTIMENT A DISSOUS 50 % DU GRADIENT RESTANT DONC 75 %...

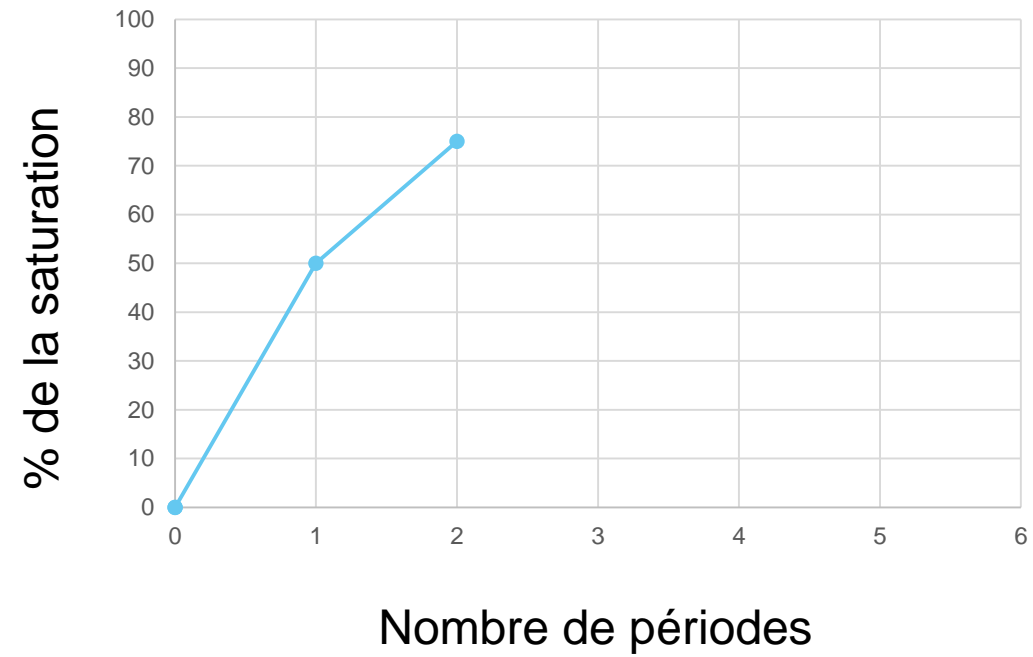


Saturation



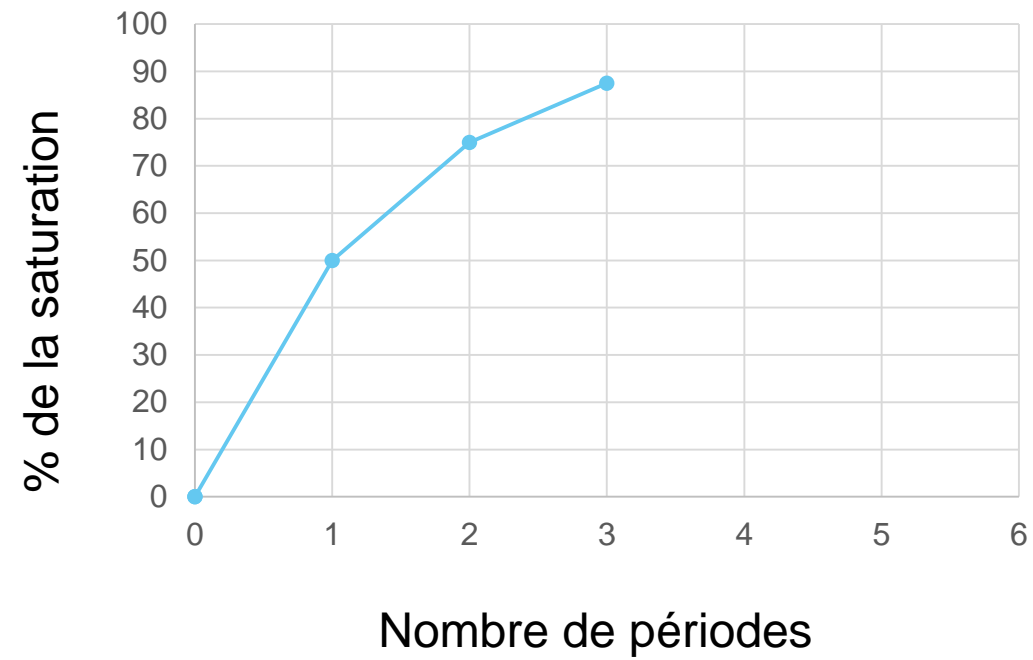
Nombre de périodes	% de la saturation
1	50

Saturation



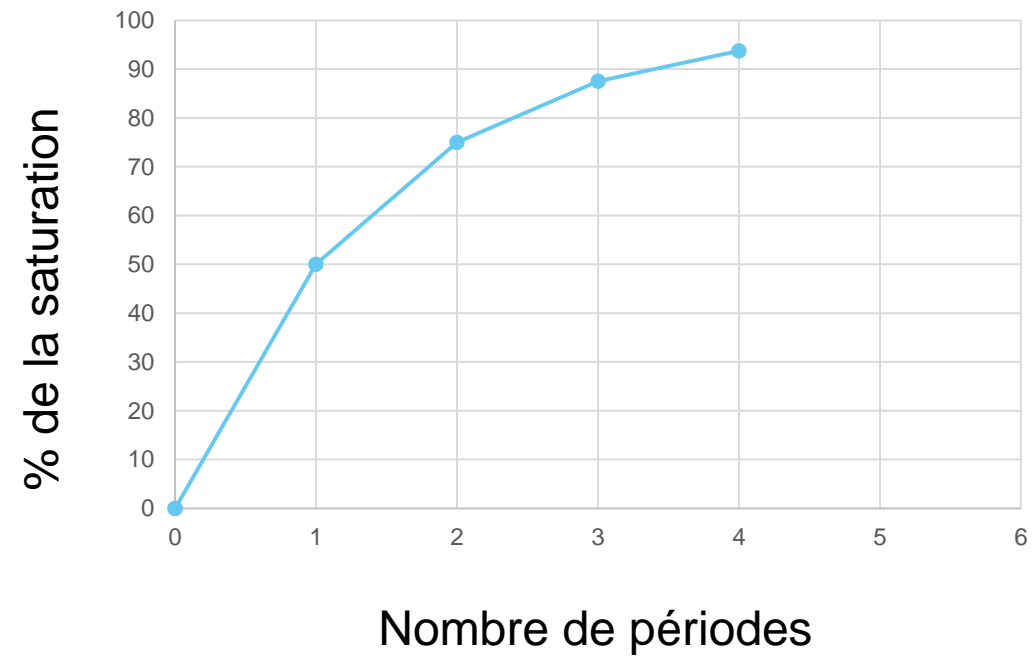
Nombre de périodes	% de la saturation
1	50
2	75

Saturation



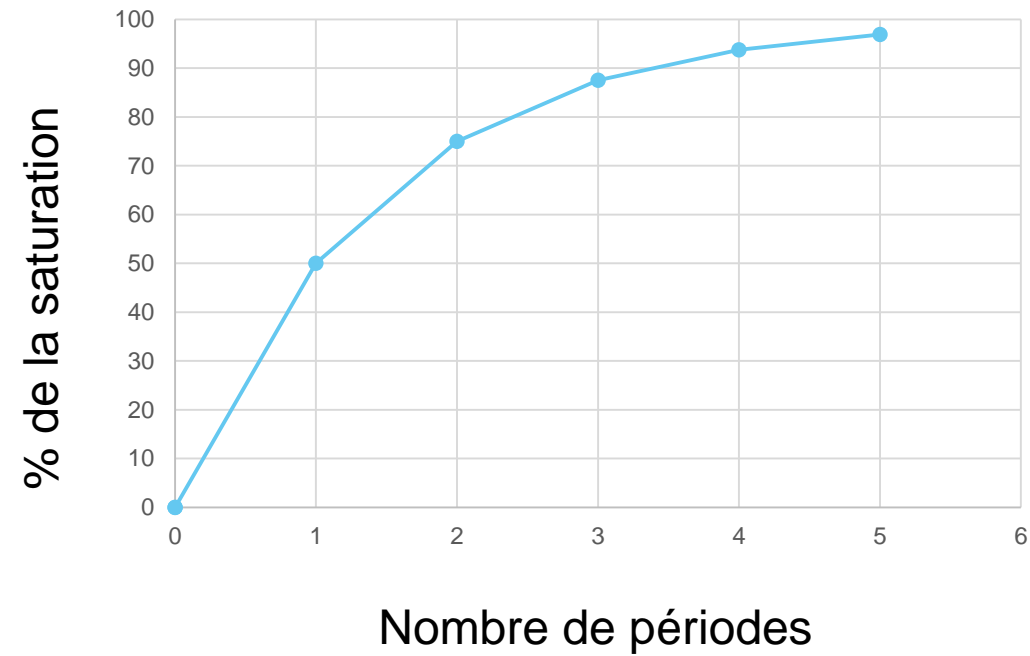
Nombre de périodes	% de la saturation
1	50
2	75
3	87,5

Saturation



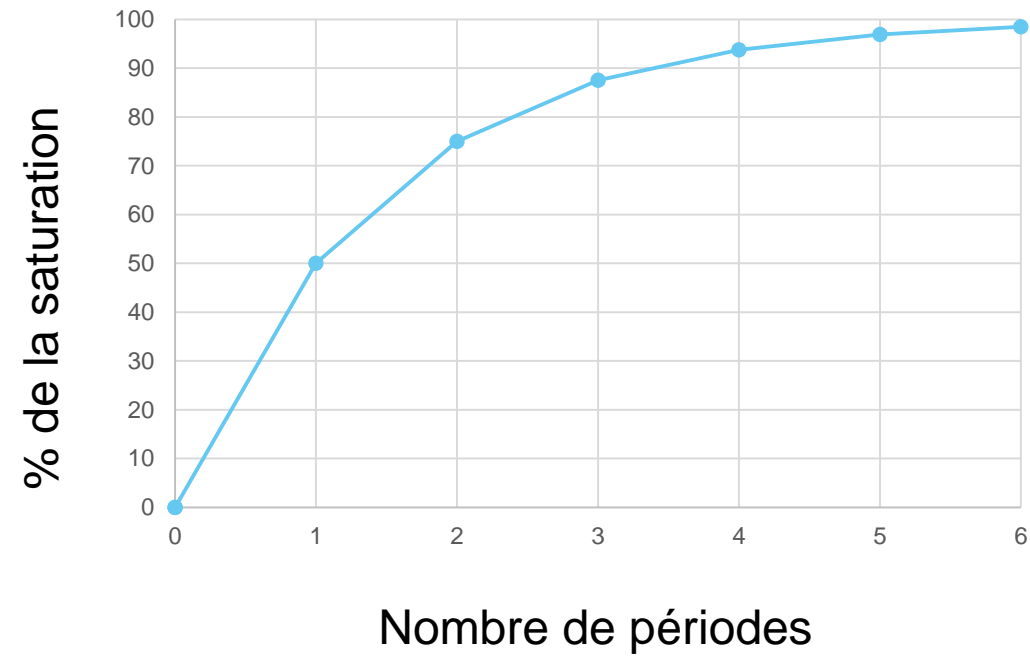
Nombre de périodes	% de la saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75

Saturation



Nombre de périodes	% de la saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75
5	96,875

Saturation

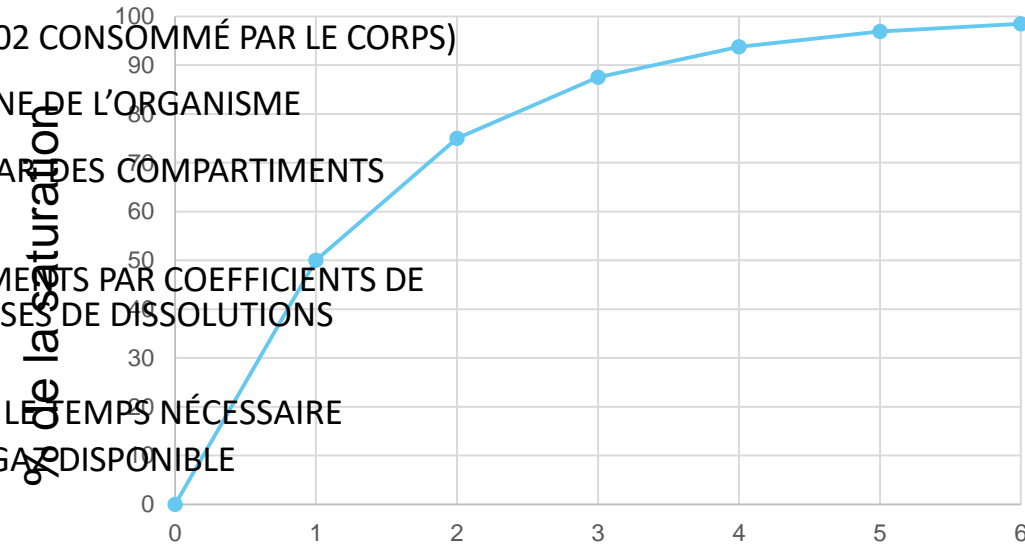


Nombre de périodes	% de la saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75
5	96,875
6	98,4375

ON CONSIDÈRE LA
SATURATION
COMPLÈTE AU
BOUT DE 6
PÉRIODES

Saturation des compartiments

- LES QUANTITÉS DE GAZ DISSOUS VONT AUGMENTER.
- SEUL L'AZOTE NOUS PRÉOCCUPE (O₂ CONSOMMÉ PAR LE CORPS)
- COMPORTEMENT NON HOMOGENÈME DE L'ORGANISME
⇒ REPRÉSENTATION DU CORPS PAR DES COMPARTIMENTS DE DIFFÉRENTES PÉRIODES.
- REGROUPEMENT DES COMPARTIMENTS PAR COEFFICIENTS DE SATURATIONS CRITIQUES ET VITESSES DE DISSOLUTIONS IDENTIQUES
- PÉRIODE D'UN COMPARTIMENT = LE TEMPS NÉCESSAIRE POUR DISSOUDRE LA MOITIÉ DU GAZ DISPONIBLE



IL S'AGIT D'UNE CLASSIFICATION MATHÉMATIQUE, RÉSUMÉE.

Nombre de périodes

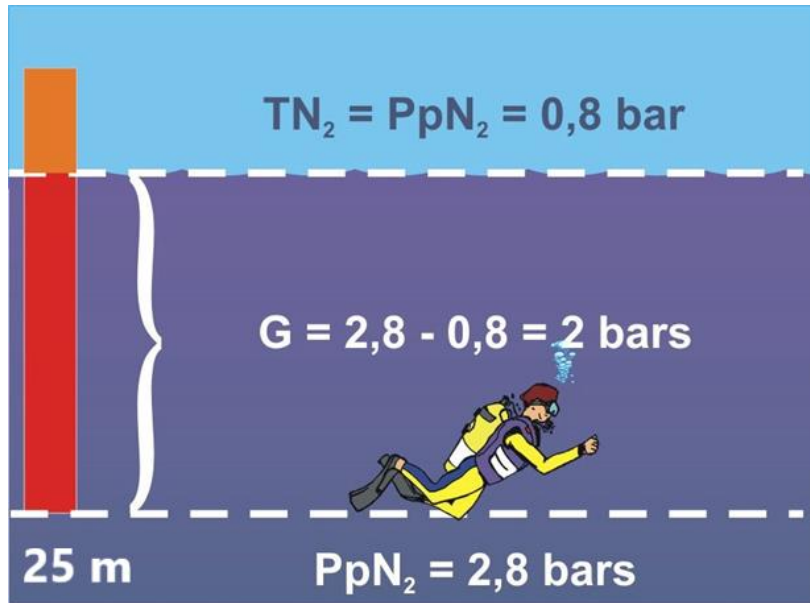
CE QUI SE CALCULE PLUS SIMPLEMENT PAR :

1ÈRE PÉRIODE : $T_s = 100/2$ PÉRIODES

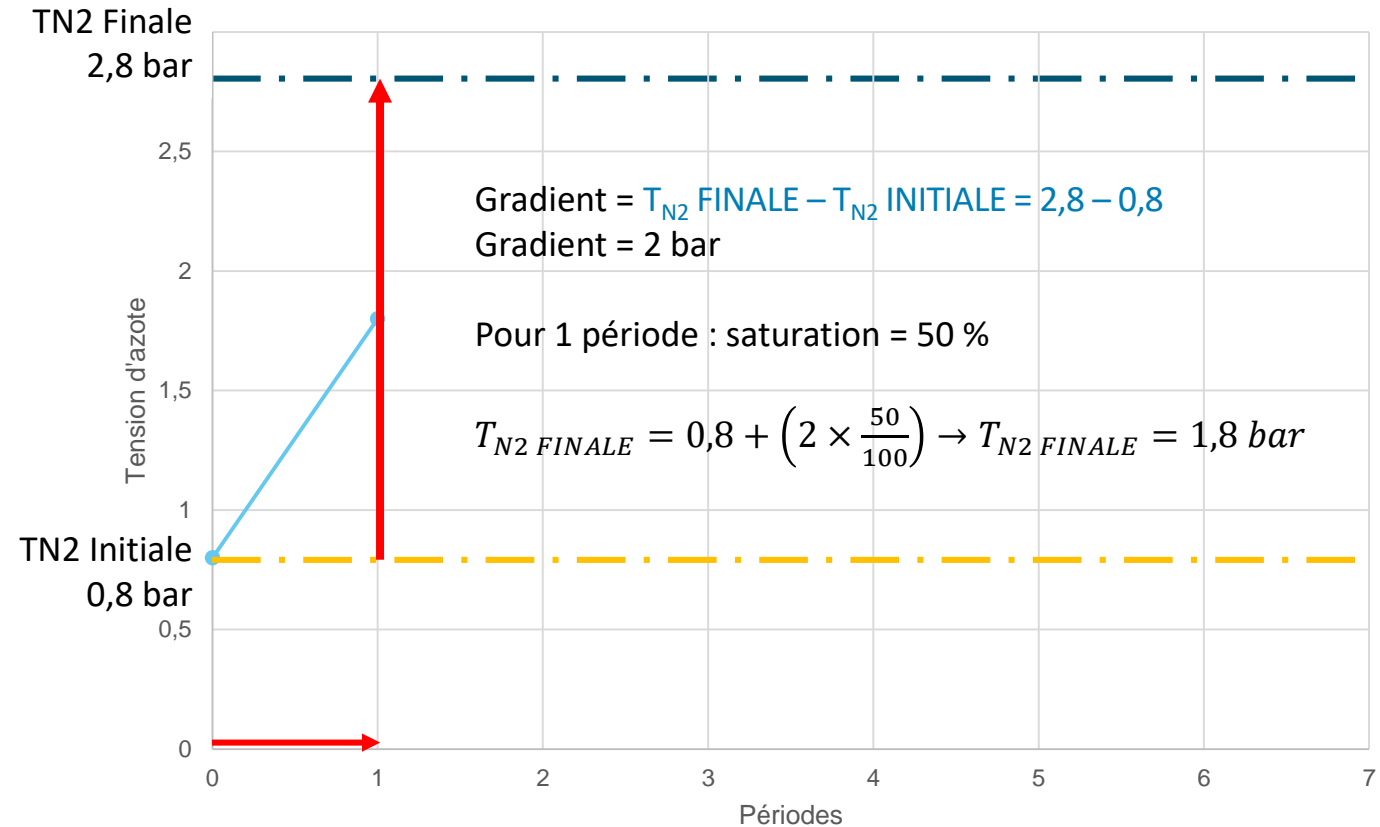
SUIVANTES : $T_s = \frac{\% + (100 - \%)}{2}$

T_s : Taux de saturation

Saturation des compartiments



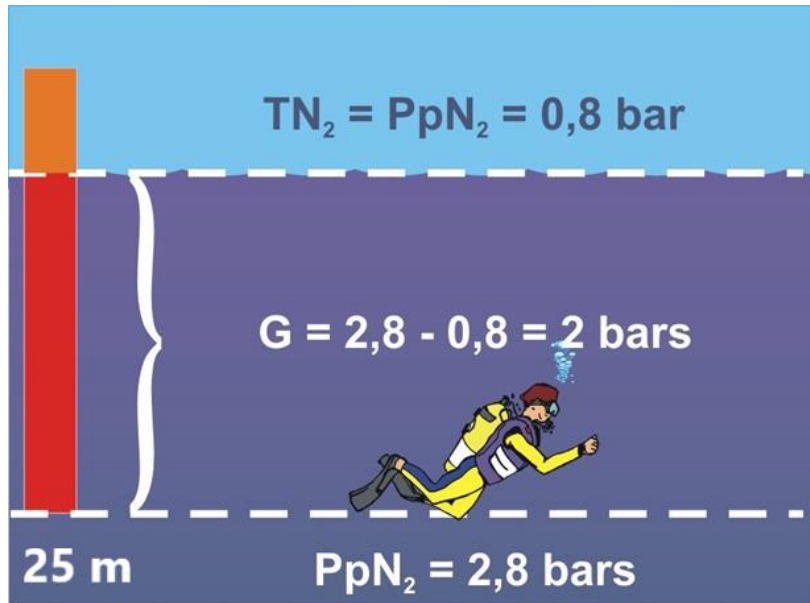
© Alain Foret, Illustra-Pack II



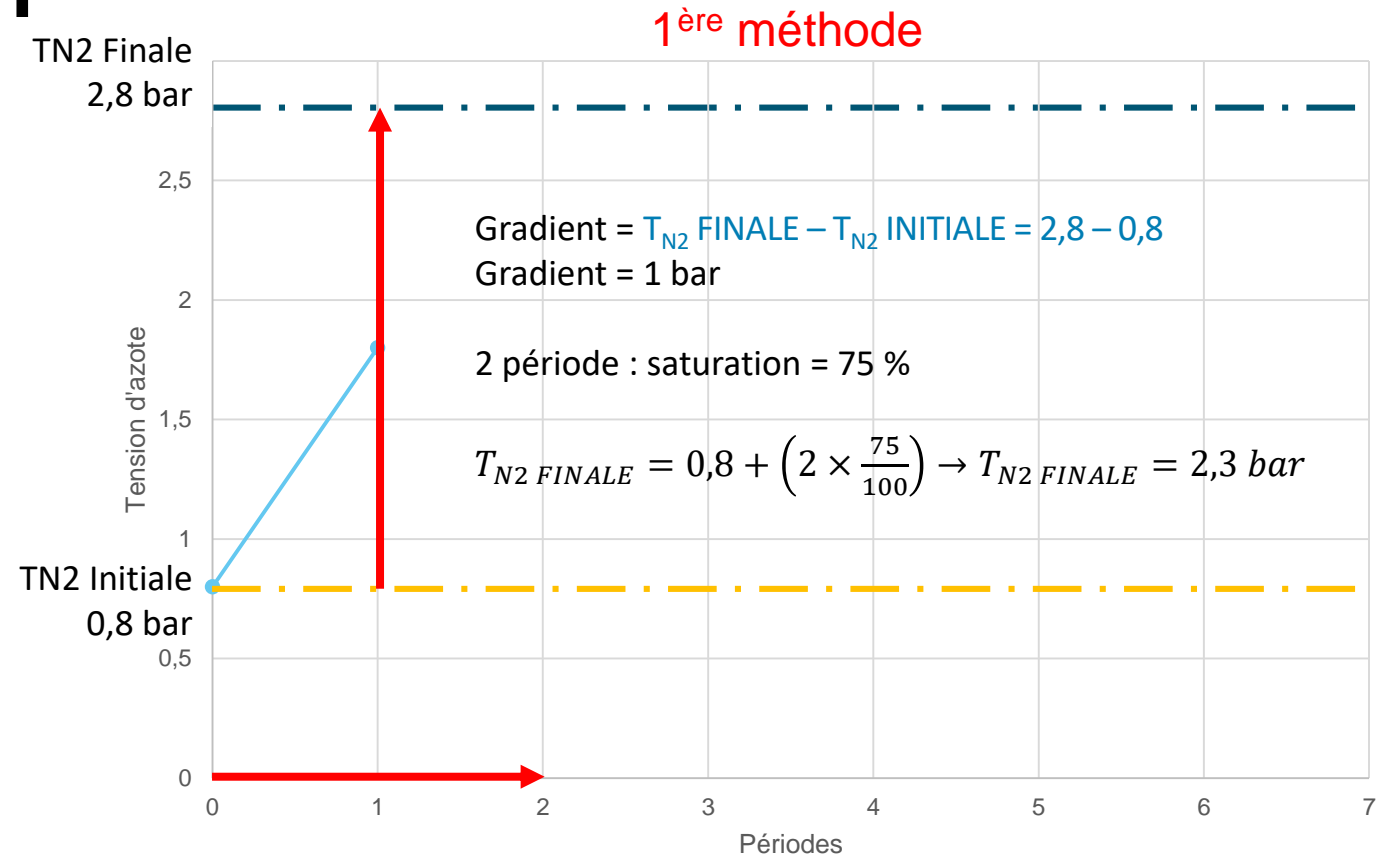
LA TENSION FINALE D'UN COMPARTIMENT S'OBTIENT EN AJOUTANT À L'AZOTE DE DÉPART (0.8 BAR) LE PRODUIT DU GRADIENT (G) PAR LE TAUX DE SATURATION

TN2 FINALE : TN2 INITIALE + (GRADIENT X % DE SATURATION)

Saturation des compartiments



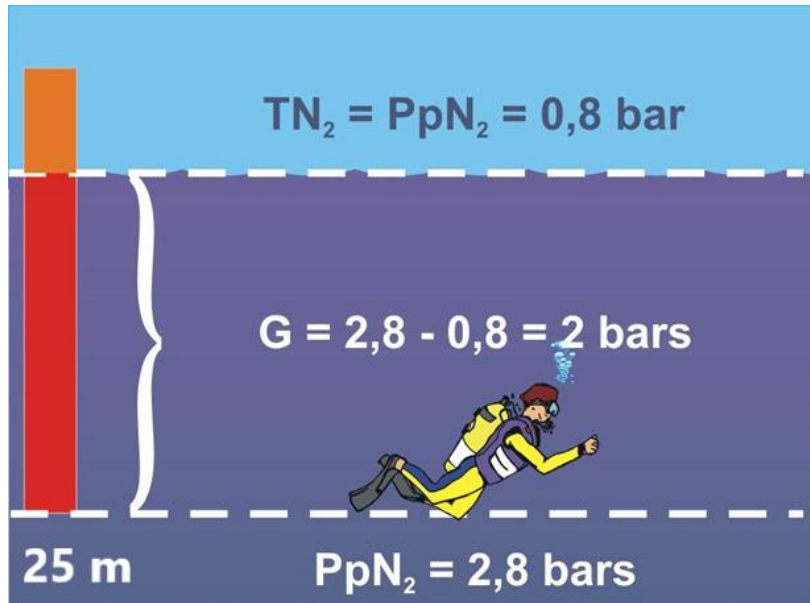
© Alain Foret, Illustra-Pack II



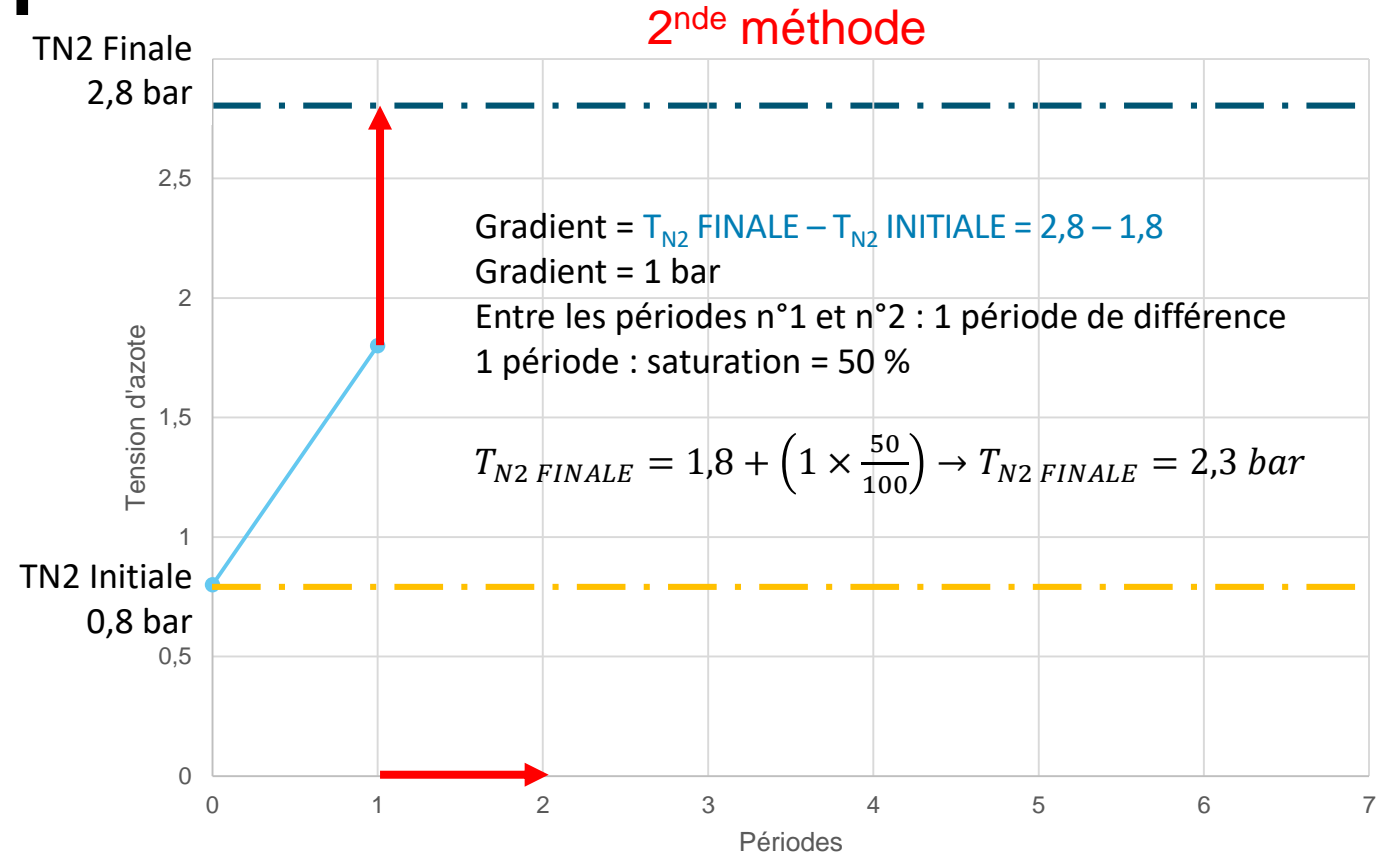
LA TENSION FINALE D'UN COMPARTIMENT S'OBTIENT EN AJOUTANT À L'AZOTE DE DÉPART (0.8 BAR) LE PRODUIT DU GRADIENT (G) PAR LE TAUX DE SATURATION

TN2 FINALE : TN2 INITIALE + (GRADIENT X % DE SATURATION)

Saturation des compartiments



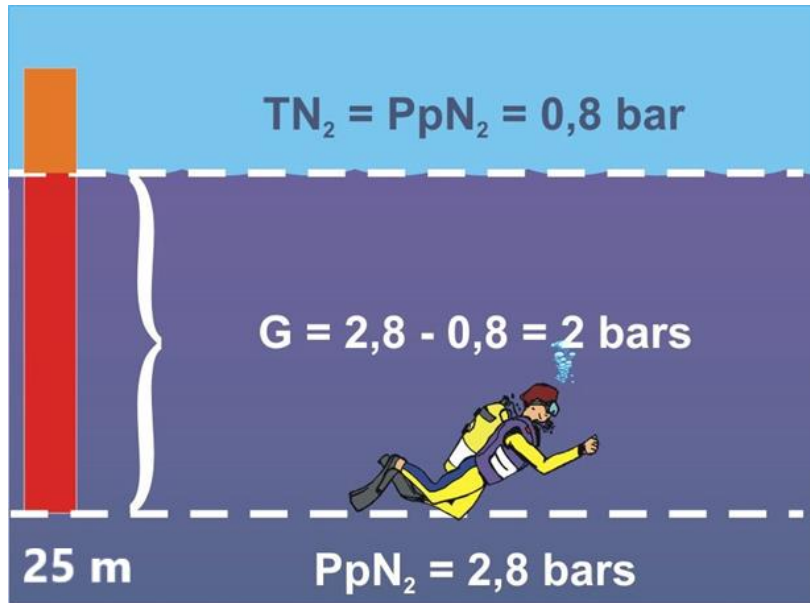
© Alain Foret, Illustra-Pack II



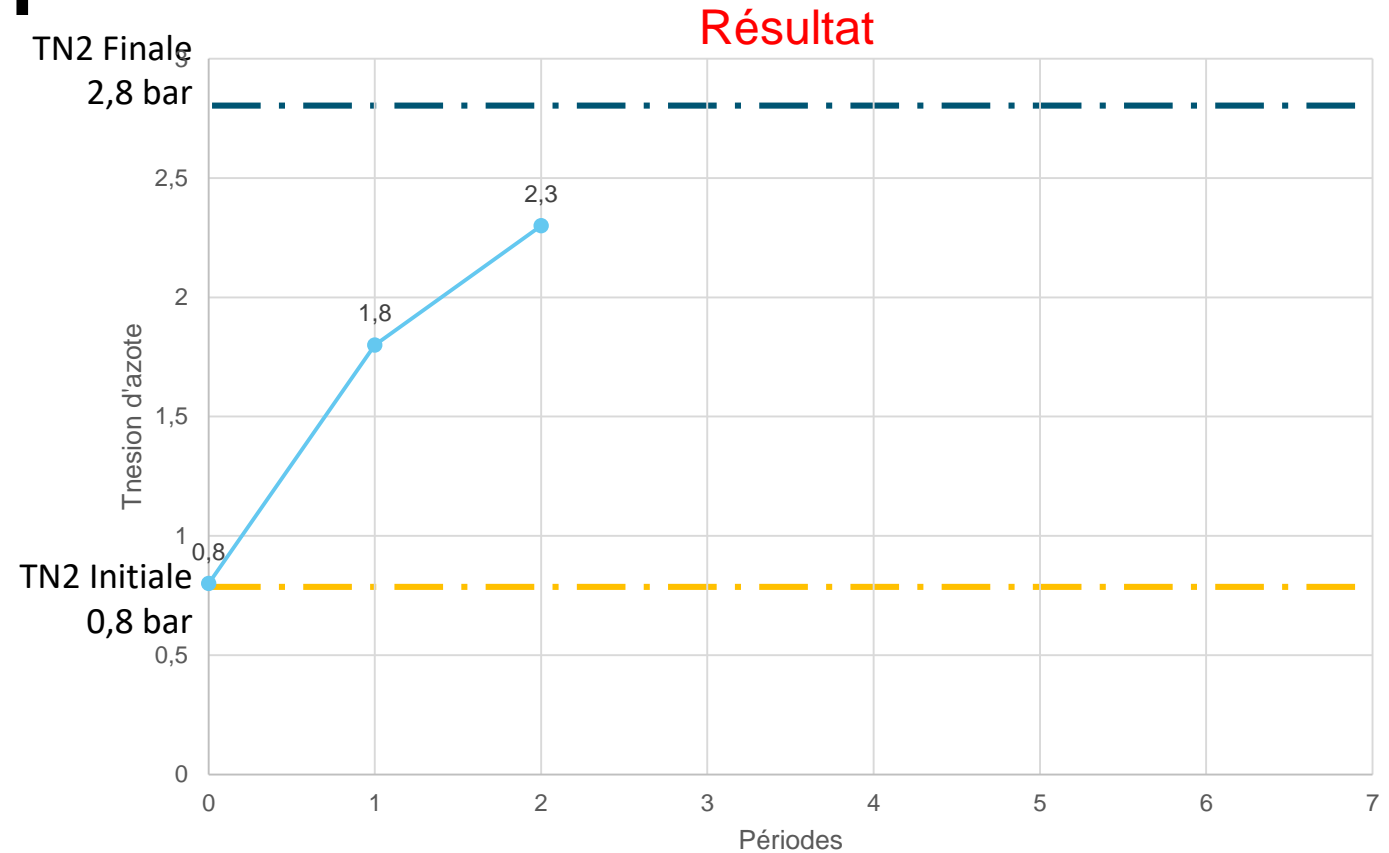
LA TENSION FINALE D'UN COMPARTIMENT S'OBTIENT EN AJOUTANT À L'AZOTE DE DÉPART (0.8 BAR) LE PRODUIT DU GRADIENT (G) PAR LE TAUX DE SATURATION

TN2 FINALE : TN2 INITIALE + (GRADIENT X % DE SATURATION)

Saturation des compartiments



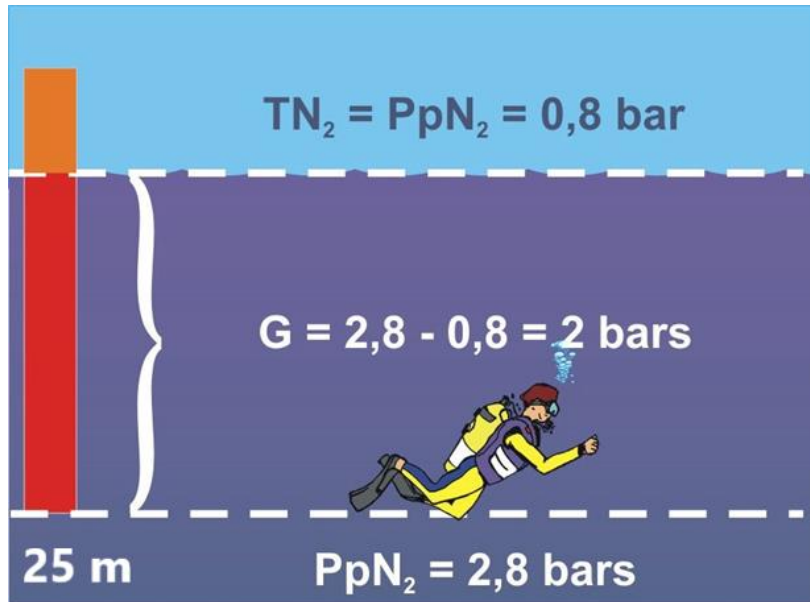
© Alain Foret, Illustra-Pack II



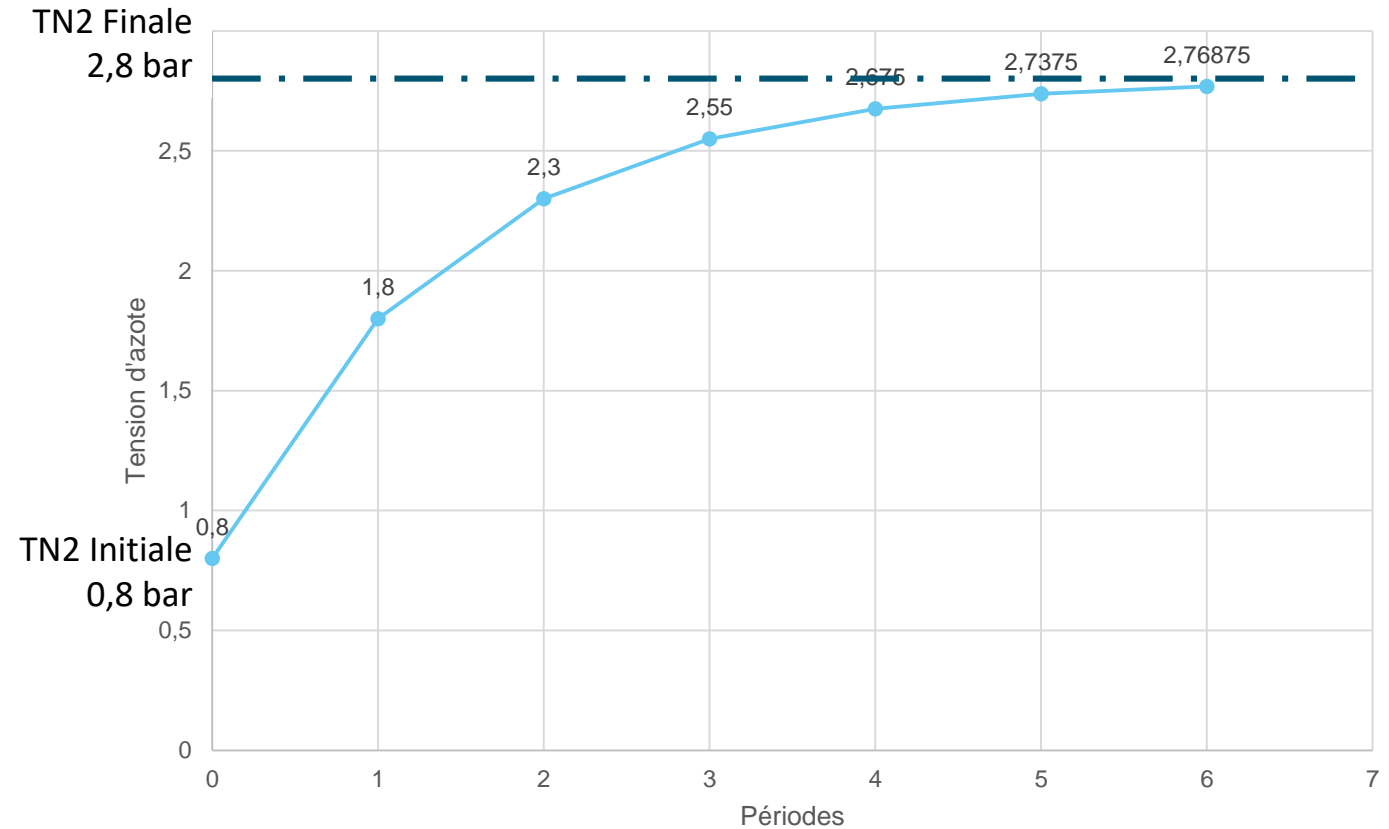
LA TENSION FINALE D'UN COMPARTIMENT S'OBTIENT EN AJOUTANT À L'AZOTE DE DÉPART (0.8 BAR) LE PRODUIT DU GRADIENT (G) PAR LE TAUX DE SATURATION

TN2 FINALE : TN2 INITIALE + (GRADIENT X % DE SATURATION)

Saturation des compartiments



© Alain Foret, Illustra-Pack II



LA TENSION FINALE D'UN COMPARTIMENT S'OBTIENT EN AJOUTANT À L'AZOTE DE DÉPART (0.8 BAR) LE PRODUIT DU GRADIENT (G) PAR LE TAUX DE SATURATION

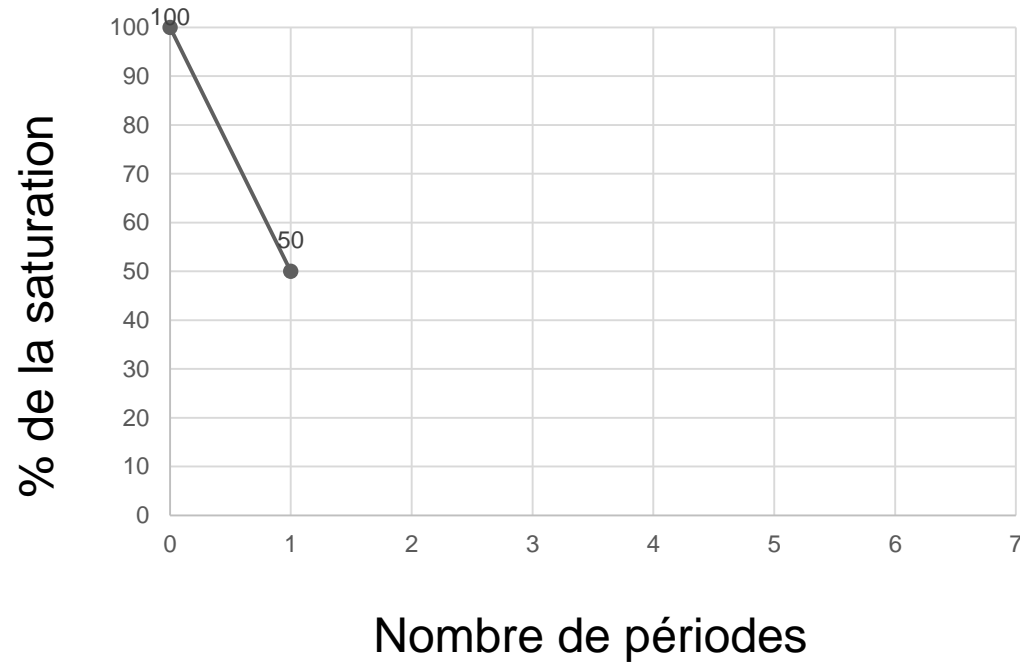
TN_2 FINALE : TN_2 INITIALE + (GRADIENT X % DE SATURATION)

Désaturation

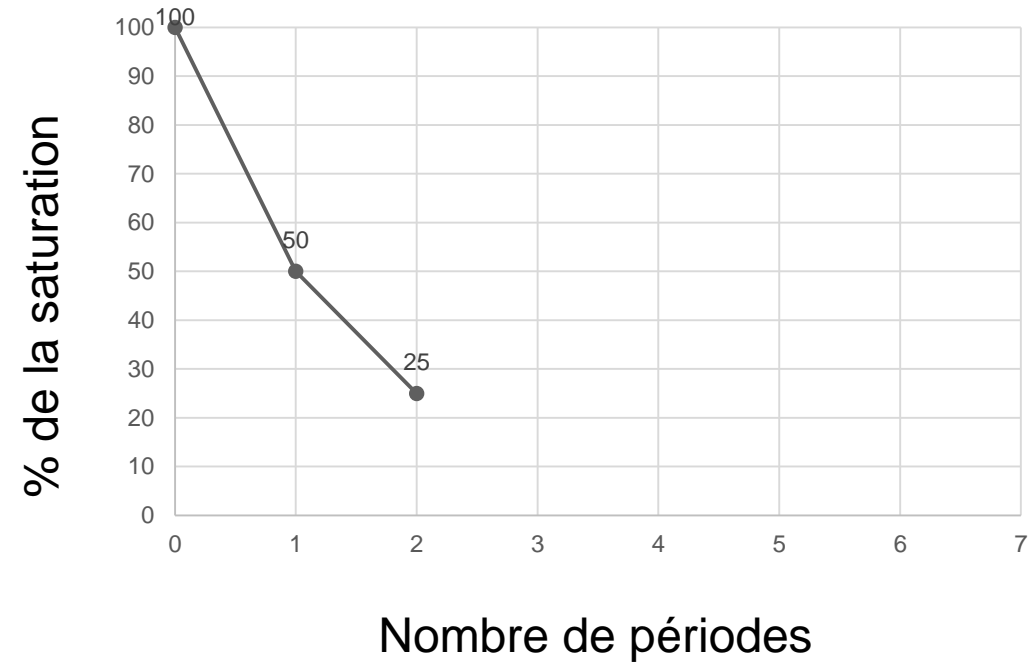
PERIODE

UNE **PÉRIODE** EST LE TEMPS NÉCESSAIRE À LA DISSOLUTION OU À **L'ÉLIMINATION** DE LA MOITIÉ DU GRADIENT

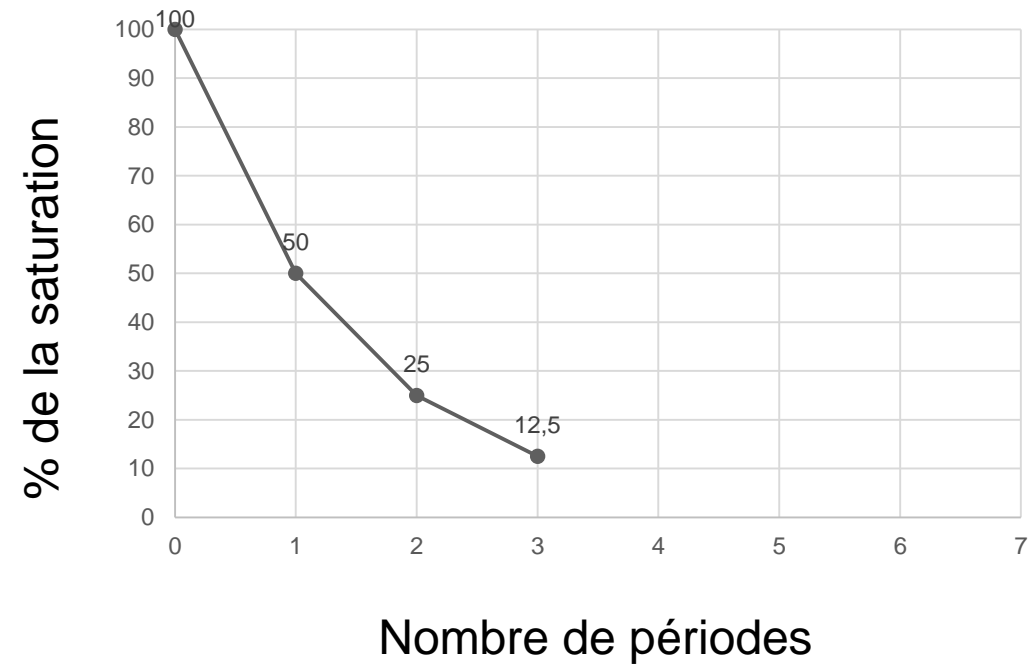
A LA FIN D'UNE PÉRIODE, LA MOITIÉ (50%) DU GRADIENT EST ÉLIMINÉ.



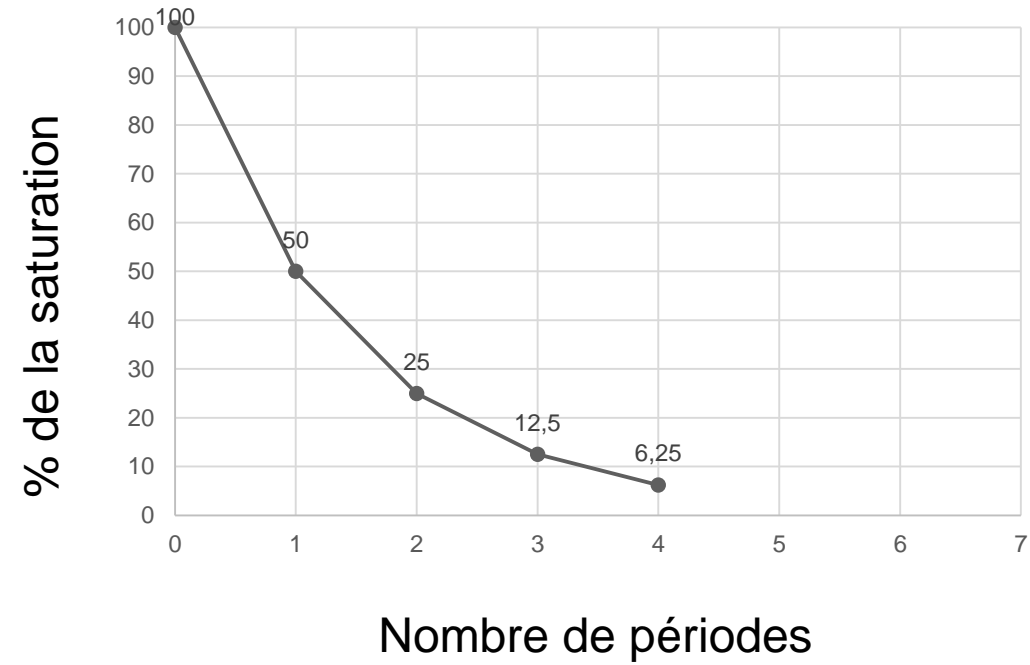
Désaturation



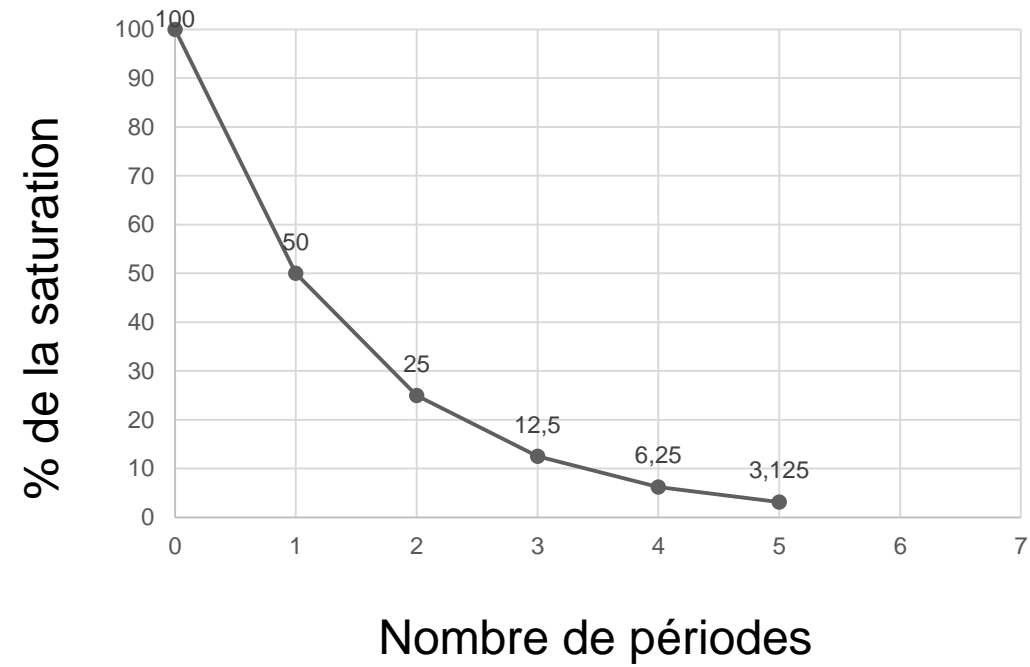
Désaturation



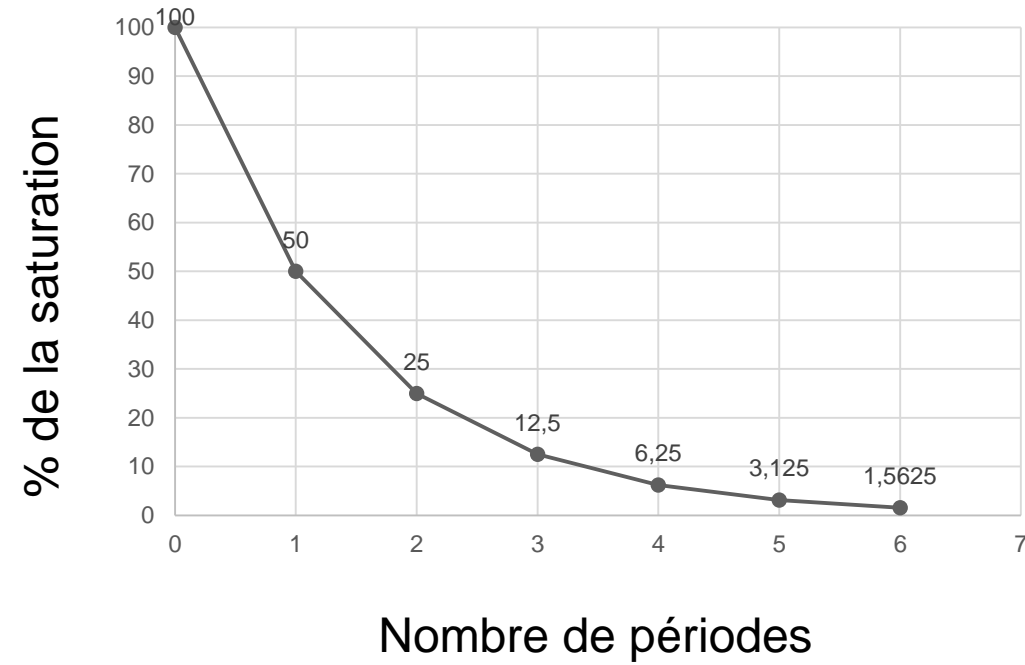
Désaturation



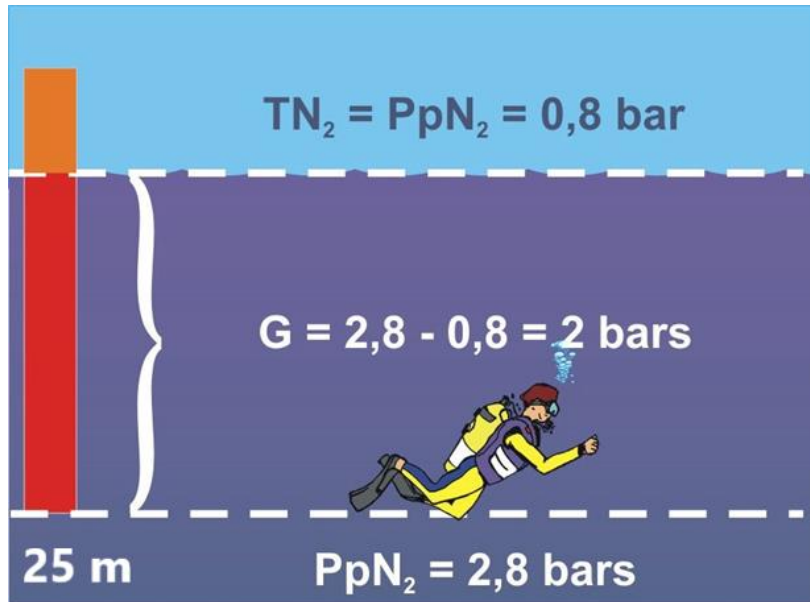
Désaturation



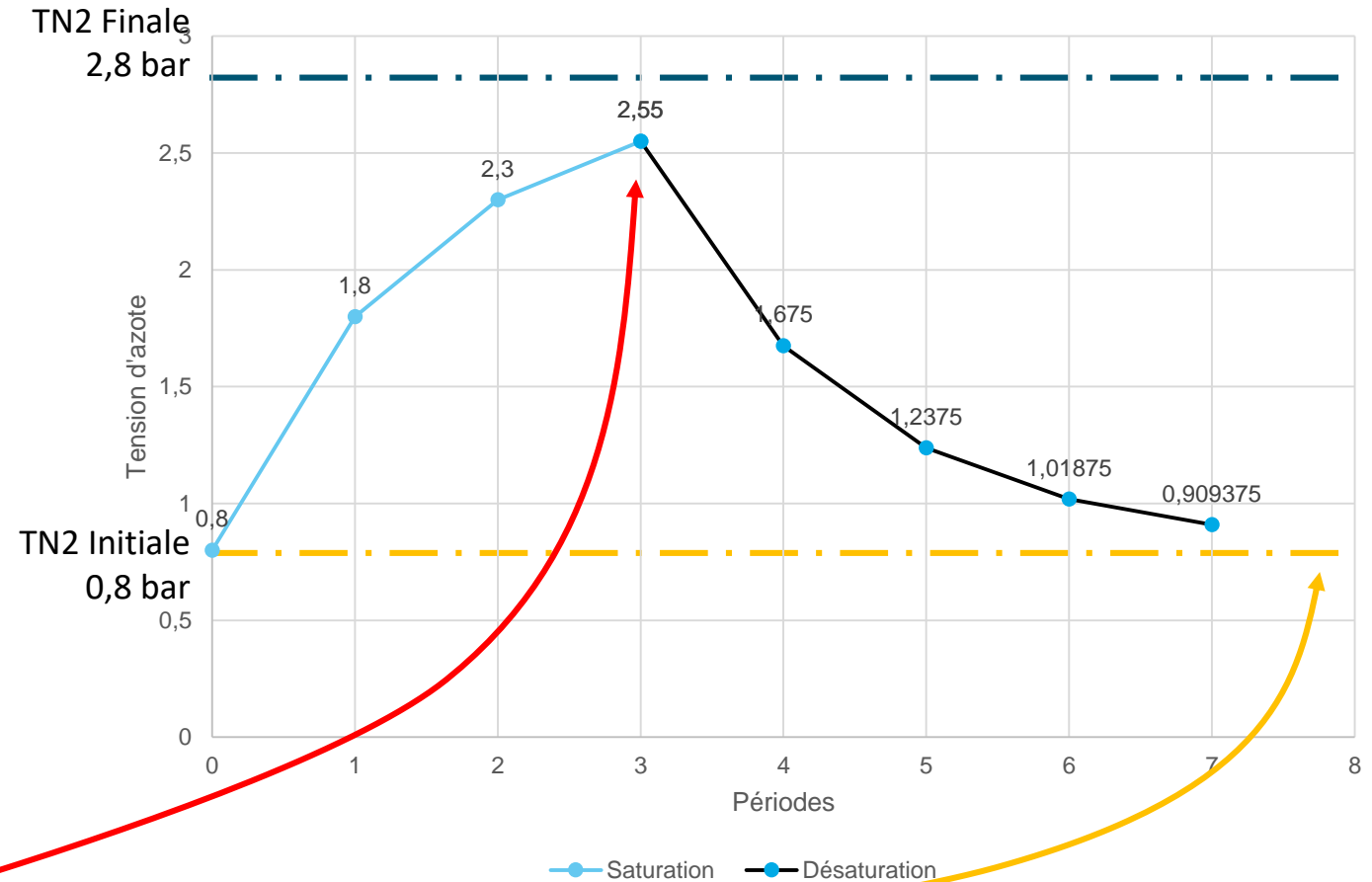
Désaturation



Saturation et désaturation



© Alain Foret, Illustra-Pack II



Pour la désaturation :
La valeur initiale = 2,55
La tension finale = 0,8

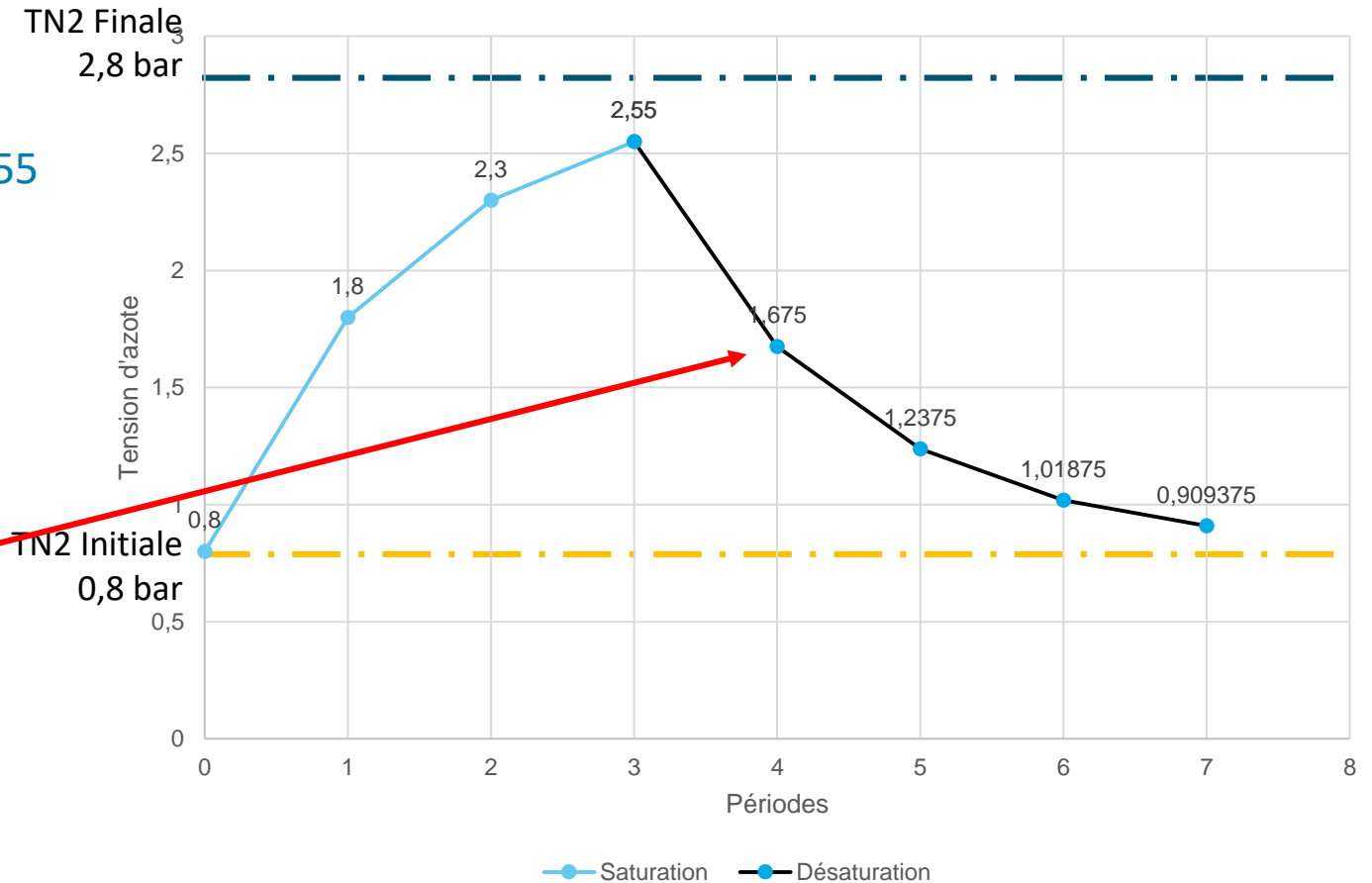
Saturation et désaturation

Gradient = $T_{N_2 \text{ FINALE}} - T_{N_2 \text{ INITIALE}} = 0,8 - 2,55$
Gradient = -1,75 bar

Pour 1 période : saturation = 50 %

$$T_{N_2 \text{ FINALE}} = 2,55 + \left(-1,75 \times \frac{50}{100} \right)$$

$$T_{N_2 \text{ FINALE}} = 1,675 \text{ bar}$$



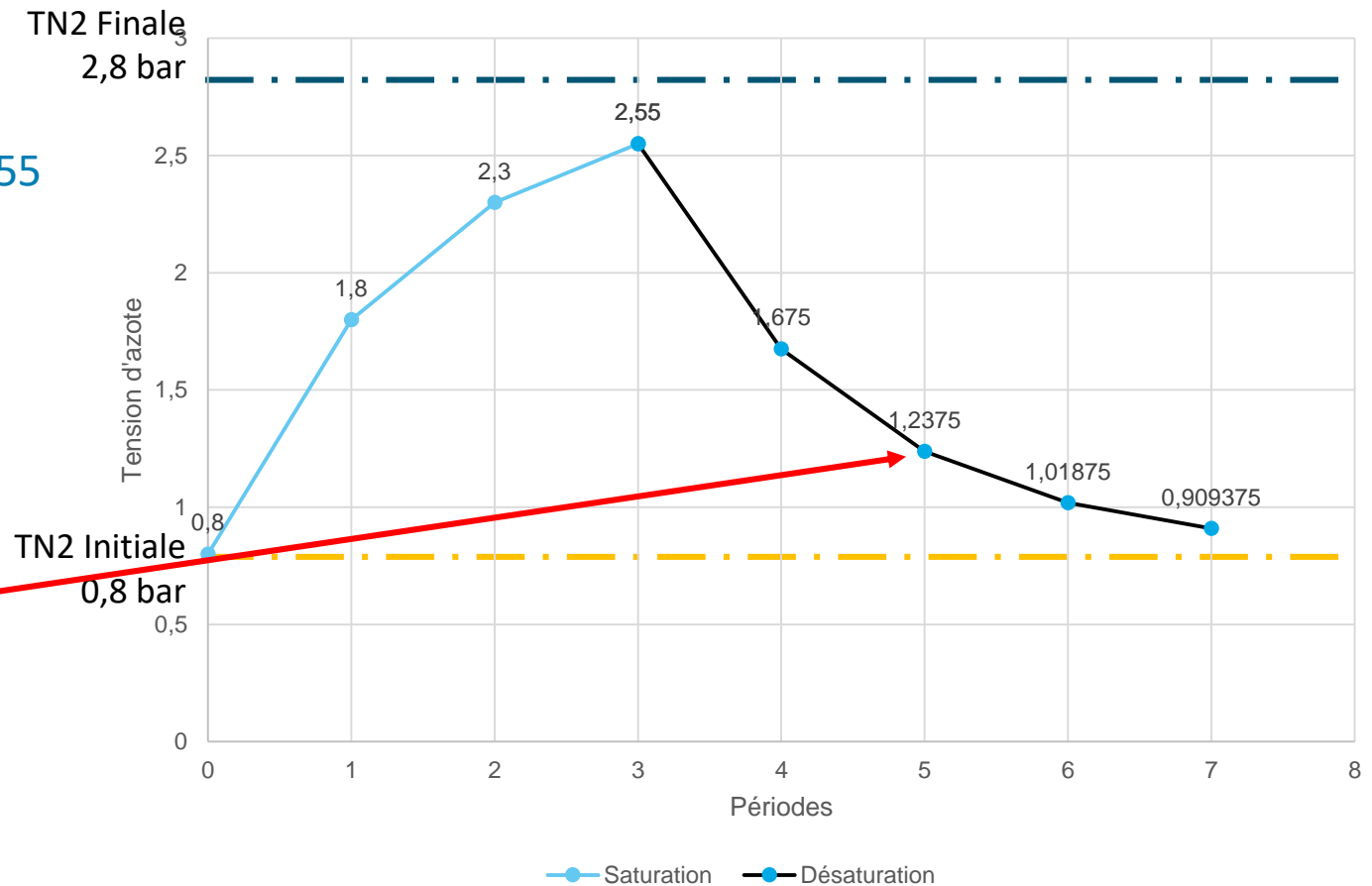
Saturation et désaturation

Gradient = $T_{N_2 \text{ FINALE}} - T_{N_2 \text{ INITIALE}} = 0,8 - 2,55$
Gradient = -1,75 bar

Pour 1 période : saturation = 87,5 %

$$T_{N_2 \text{ FINALE}} = 2,55 + \left(-1,75 \times \frac{87,5}{100} \right)$$

$$T_{N_2 \text{ FINALE}} = 1,2375 \text{ bar}$$



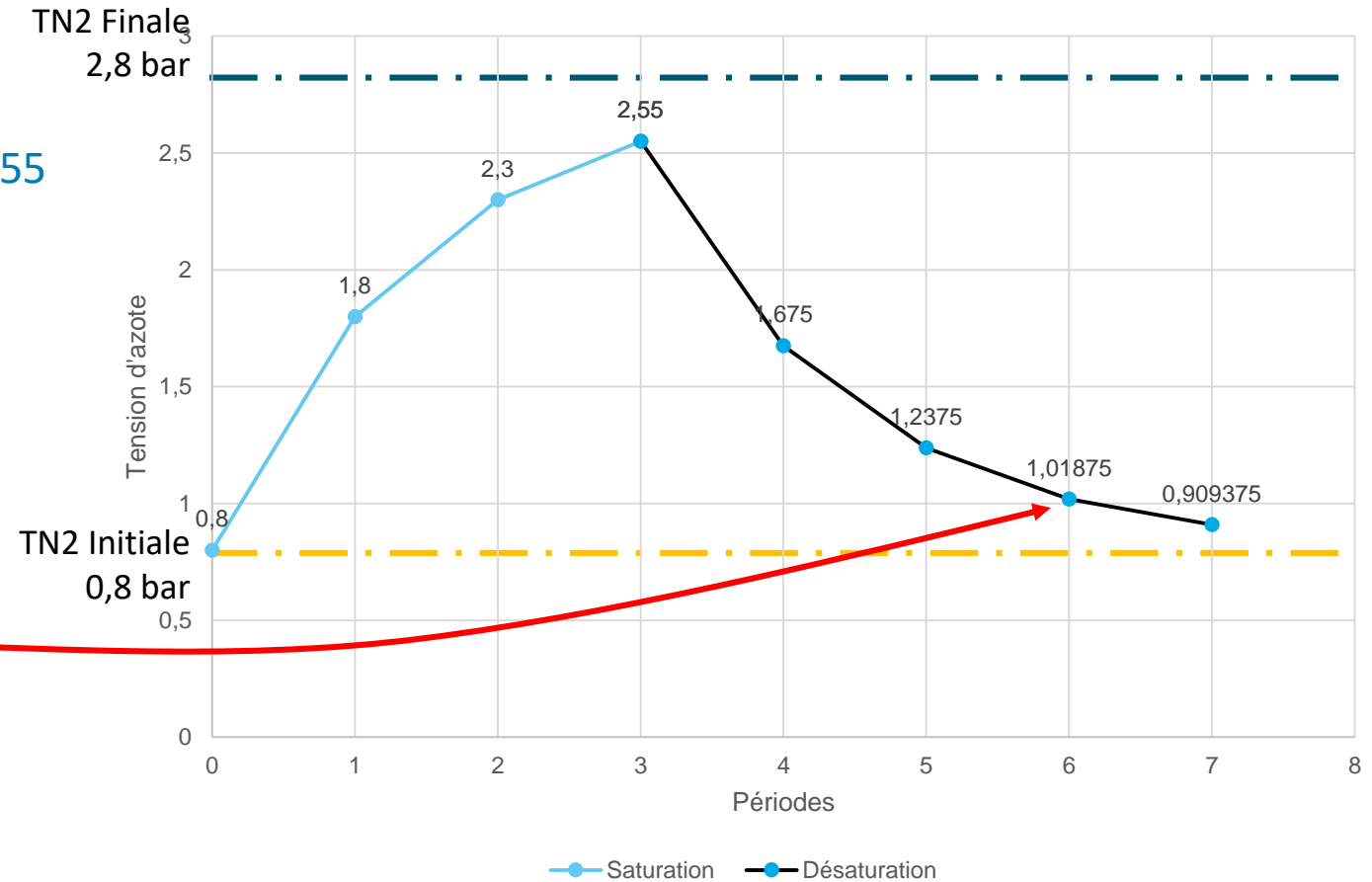
Saturation et désaturation

Gradient = $T_{N_2 \text{ FINALE}} - T_{N_2 \text{ INITIALE}} = 0,8 - 2,55$
Gradient = -1,75 bar

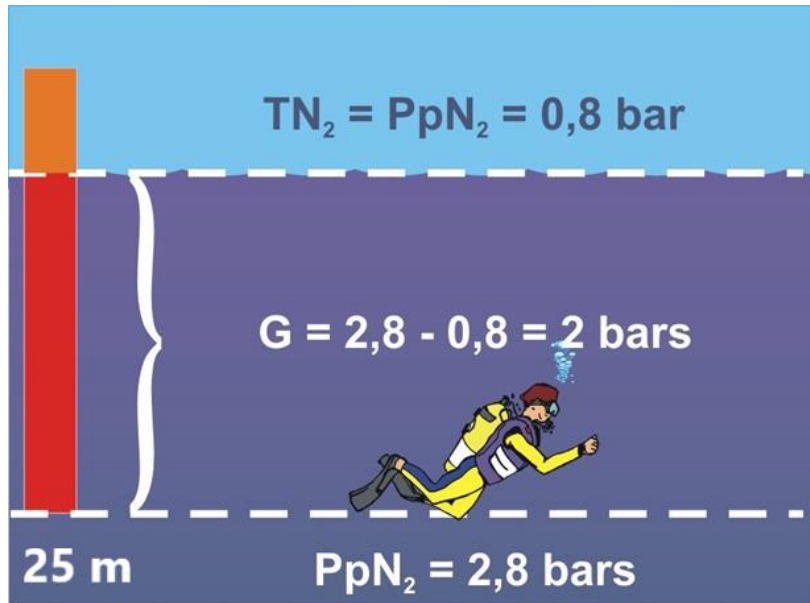
Pour 1 période : saturation = 75 %

$$T_{N_2 \text{ FINALE}} = 2,55 + \left(-1,75 \times \frac{75}{100} \right)$$

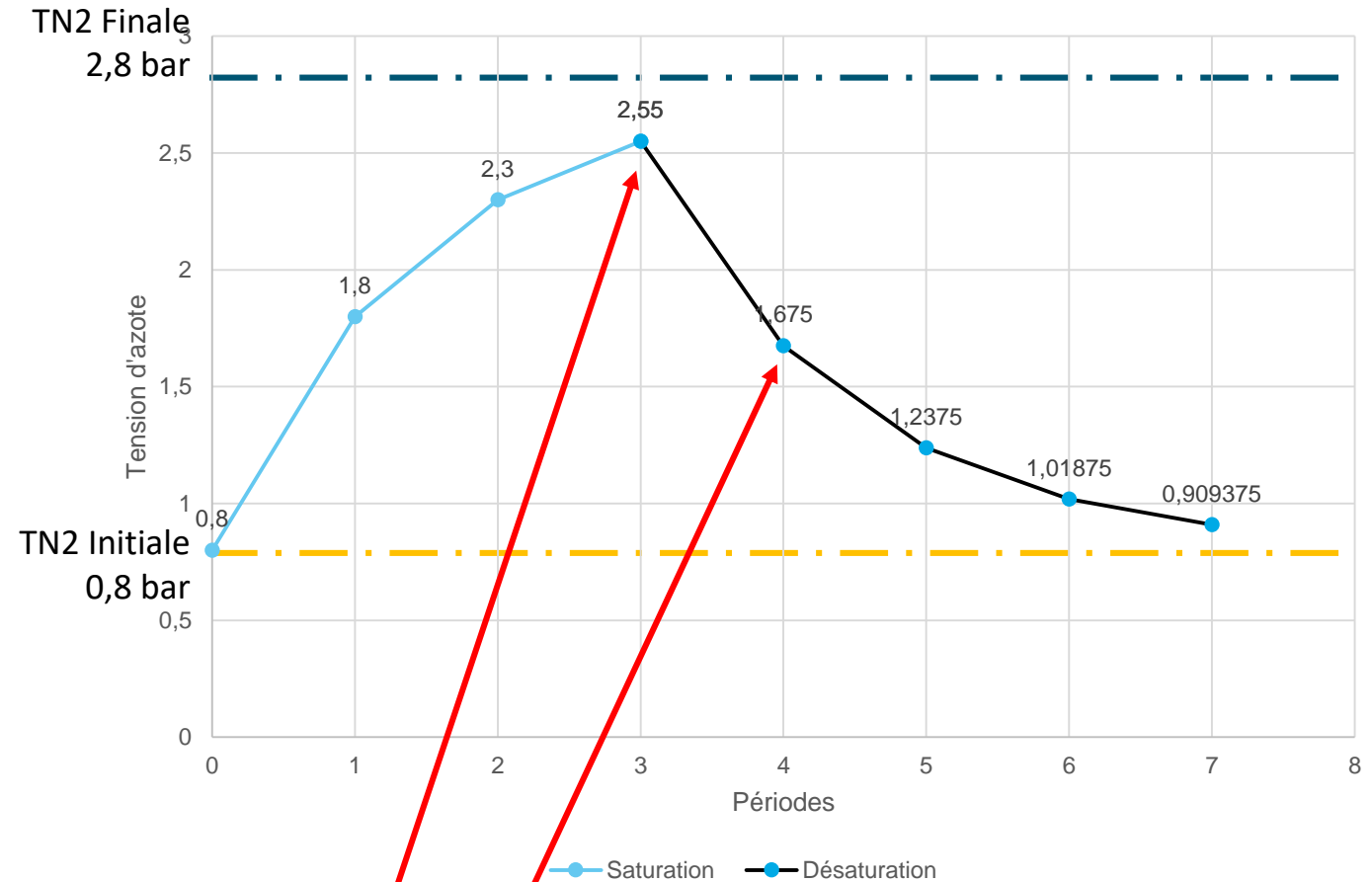
$$T_{N_2 \text{ FINALE}} = 1,01875 \text{ bar}$$



Saturation et désaturation



© Alain Foret, Illustra-Pack II



Pour la désaturation : La tension finale = 0,8

Les valeurs initiales sont : 2,55 pour passer de la période 3 \Rightarrow 4

1,1675 pour passer de la période 4 \Rightarrow 5

Saturation et désaturation

Les tables MN90 sont sur :

Un modèle haldanien

Avec 12 compartiments

Chaque compartiments à sa propre période

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
5	7	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120

Saturation et désaturation

Par exemple pour une plongée de 30 minutes

Le compartiment :

C1 \Rightarrow 6 périodes (6 x 5')

C3 \Rightarrow 3 périodes (3 x 10')

C4 \Rightarrow 2 périodes (2 x 15')

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
5	7	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120

Saturation et désaturation

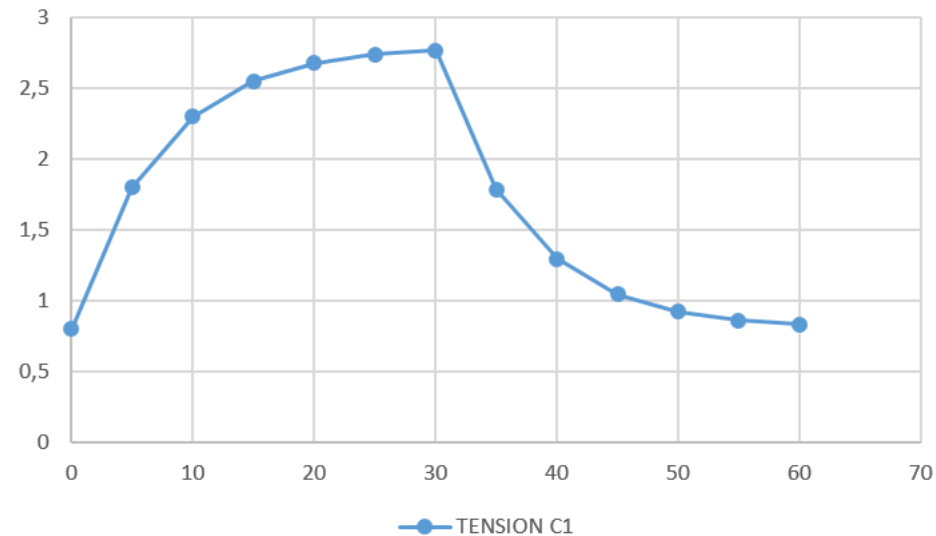
Par exemple pour une plongée de 30 minutes PROFONDEUR 25 m

Le compartiment :

C1 \Rightarrow 6 périodes (6 x 5')

C3 \Rightarrow 3 périodes (3 x 10')

C4 \Rightarrow 2 périodes (2 x 15')



Saturation et désaturation

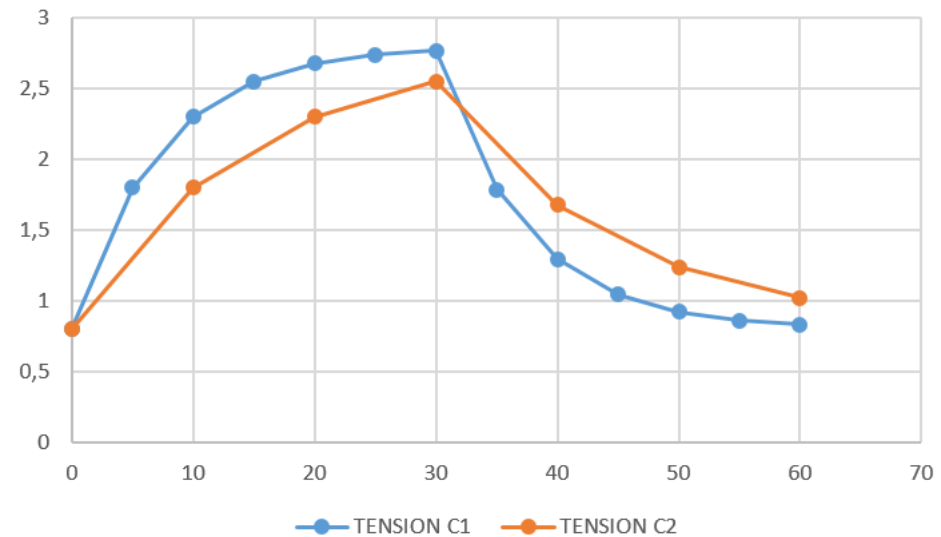
Par exemple pour une plongée de 30 minutes PROFONDEUR 25 m

Le compartiment :

C1 \Rightarrow 6 périodes (6 x 5')

C3 \Rightarrow 3 périodes (3 x 10')

C4 \Rightarrow 2 périodes (2 x 15')



Saturation et désaturation

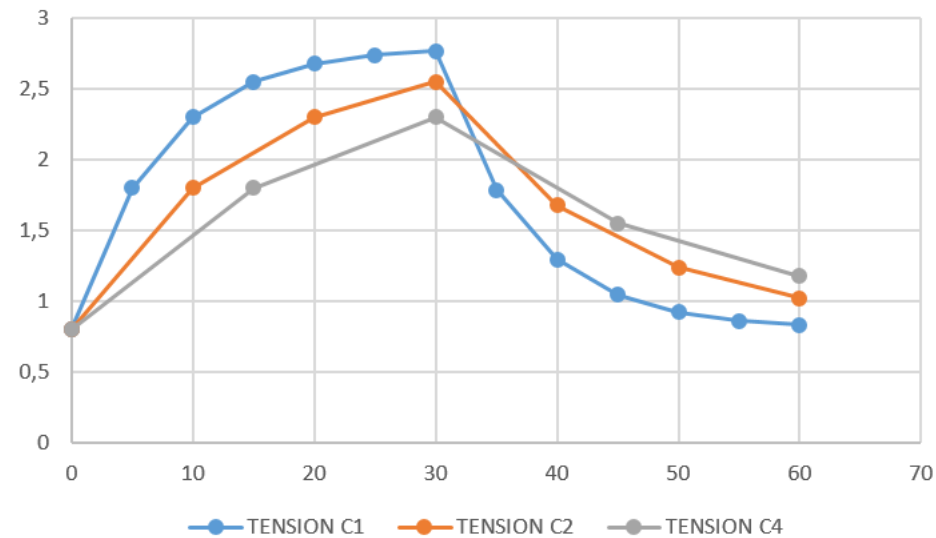
Par exemple pour une plongée de 30 minutes PROFONDEUR 25 m

Le compartiment :

C1 \Rightarrow 6 périodes (6 x 5')

C3 \Rightarrow 3 périodes (3 x 10')

C4 \Rightarrow 2 périodes (2 x 15')



Sursaturation

Lors de la remontée, la tension d'azote dissoute dans le compartiment est supérieure à la pression partielle en azote.

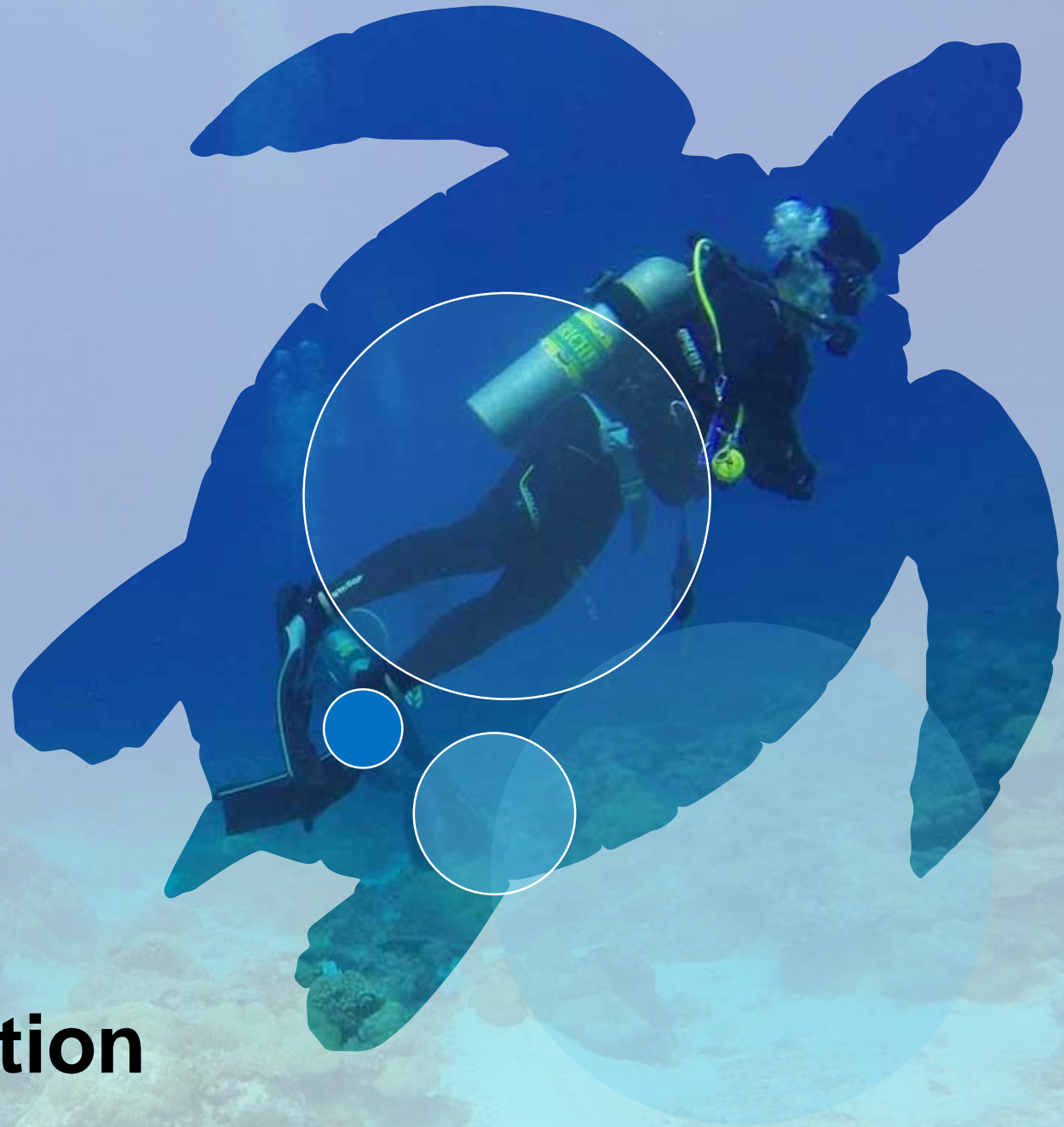
Coefficient de sursaturation (Cs)

C'est le rapport entre cette tension et la pression totale absolue

Formule

$$C_s = \frac{T_{N_2}}{P_{abs}}$$

Coefficient de sursaturation



Exemple

Reprenons la plongée à 25m

$$P_{abs} = 3,5 \text{ b} \rightarrow T_{N_2 \text{ Finale}} = 0,8 \times 3,5 = 2,8 \text{ b}$$

On considère le compartiment saturée à 100 %

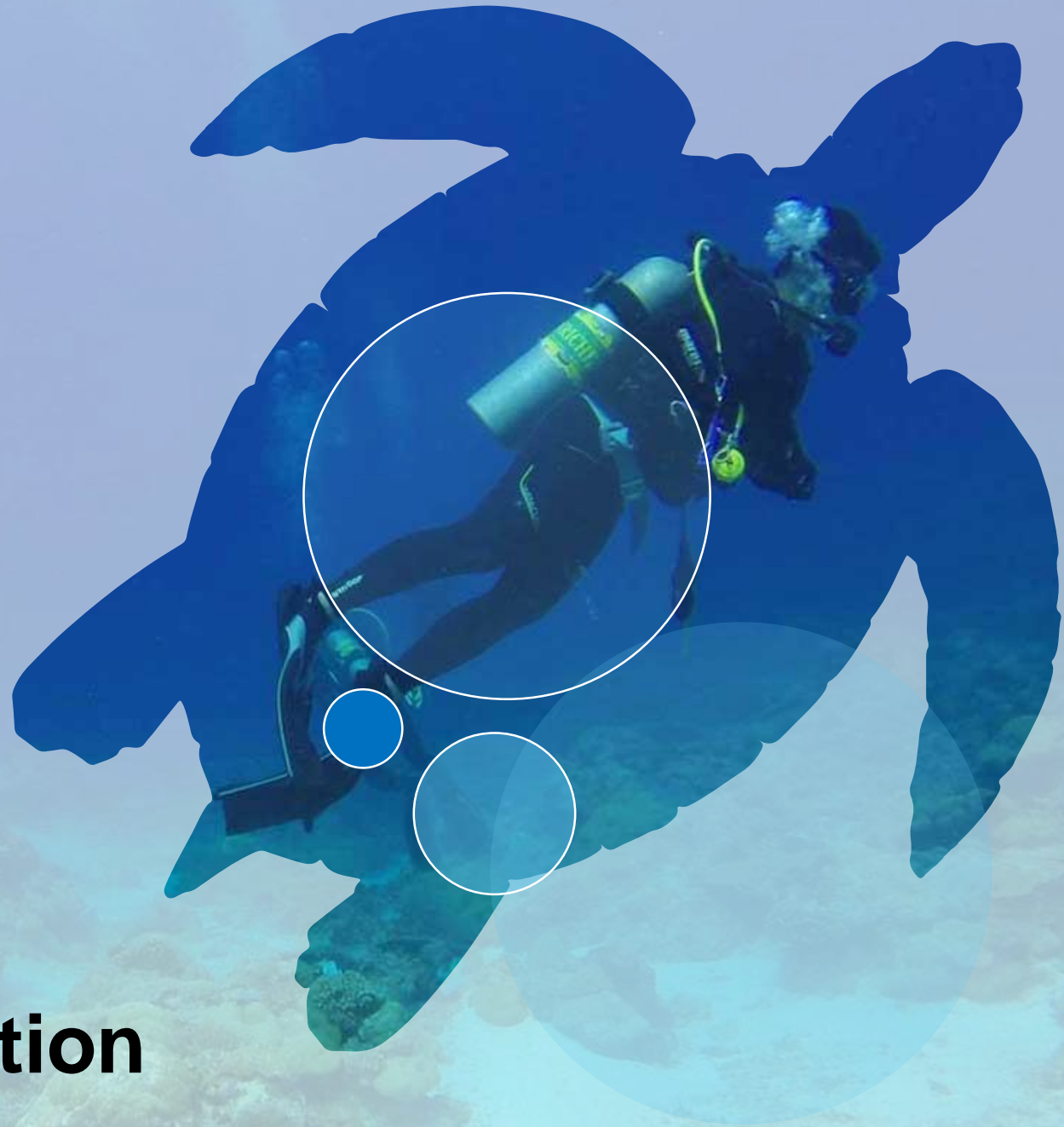
Coefficient de sursaturation (Cs) à 25 m

$$C_s = \frac{T_{N_2}}{P_{abs}} = \frac{2,8}{3,5} = 0,8$$

Coefficient de sursaturation (Cs) à 18 m

$$C_s = \frac{T_{N_2}}{P_{abs}} = \frac{2,8}{2,8} = 1$$

Coefficient de sursaturation



Exemple

Reprenons la plongée à 25m après 3 périodes

$$P_{abs} = 3,5 \text{ b} \rightarrow T_{N_2 \text{ Finale}} = 0,8 \times 3,5 = 2,8 \text{ b}$$

Coefficient de sursaturation (C_s) à 10 m

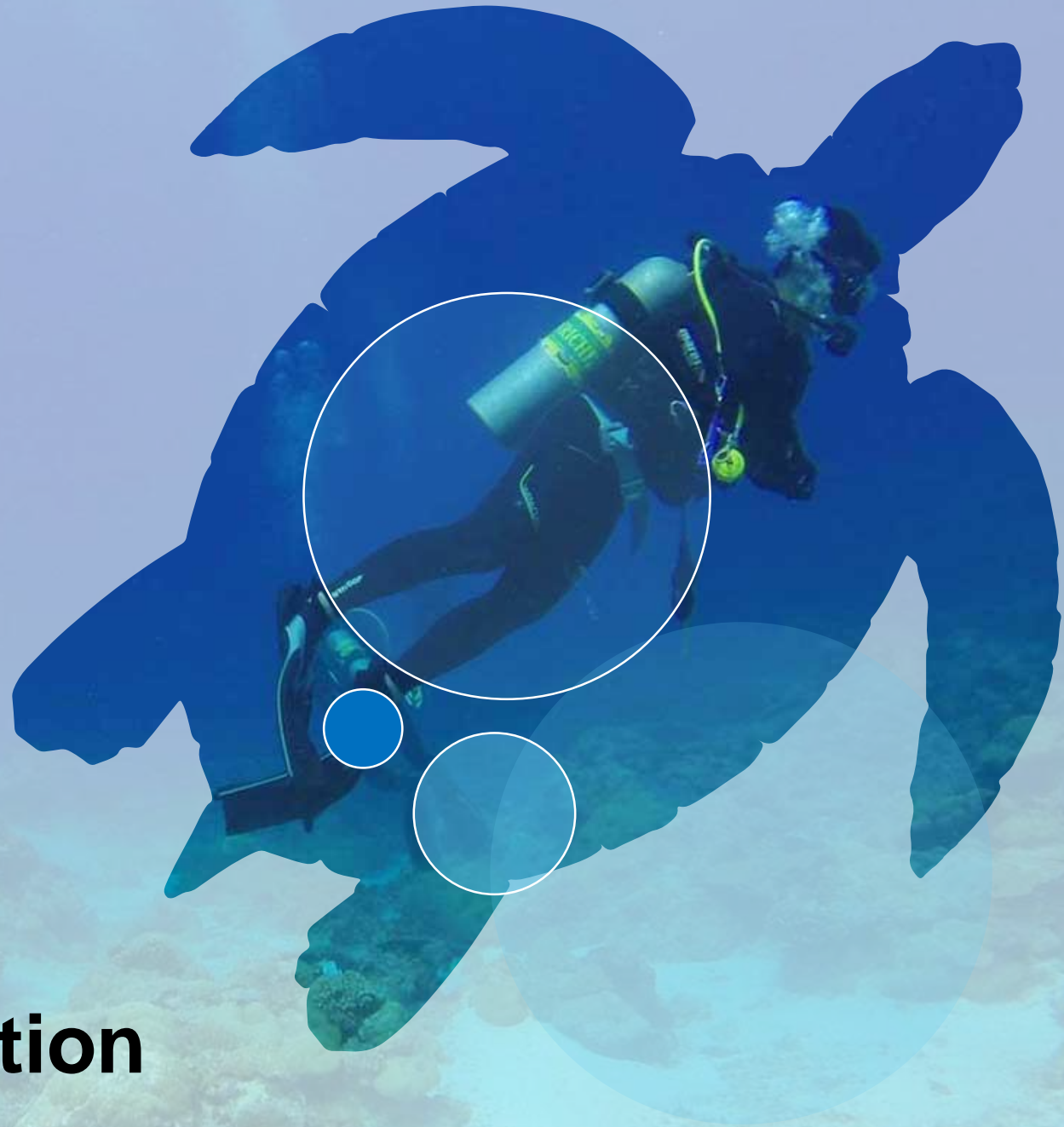
$$C_s = \frac{T_{N_2}}{P_{abs}} = \frac{2,8}{2} = 1,4$$

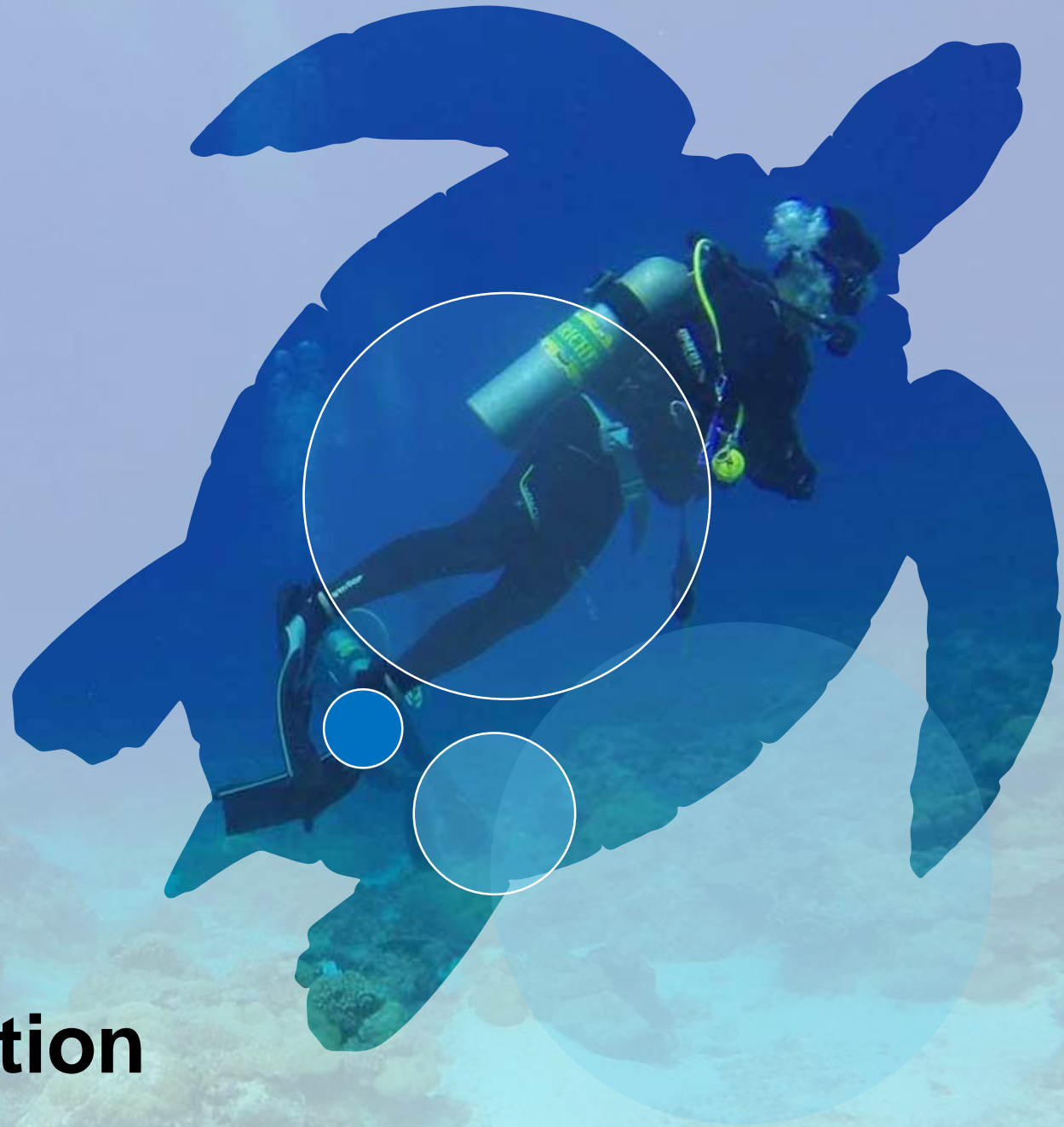
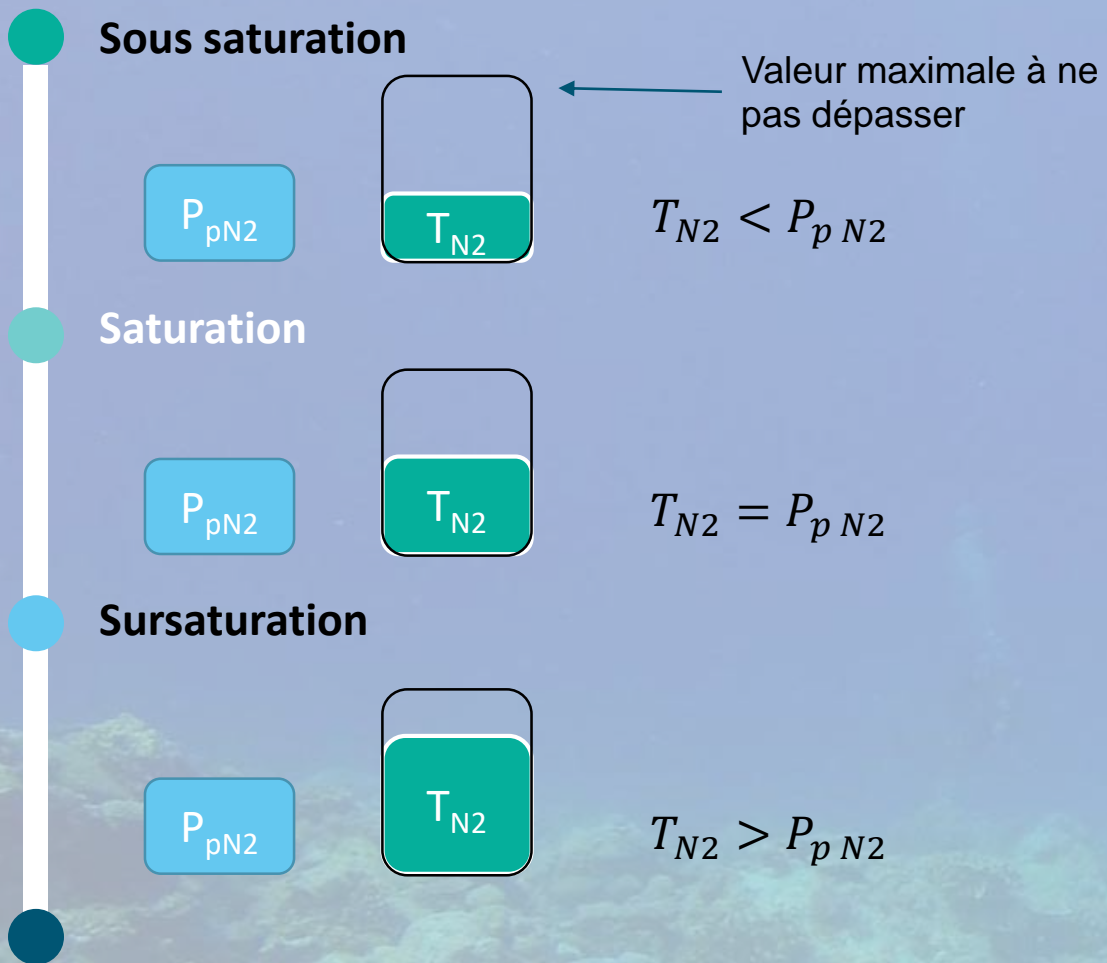
Coefficient de sursaturation (C_s) à la surface

$$C_s = \frac{T_{N_2}}{P_{abs}} = \frac{2,8}{1} = 2,8$$

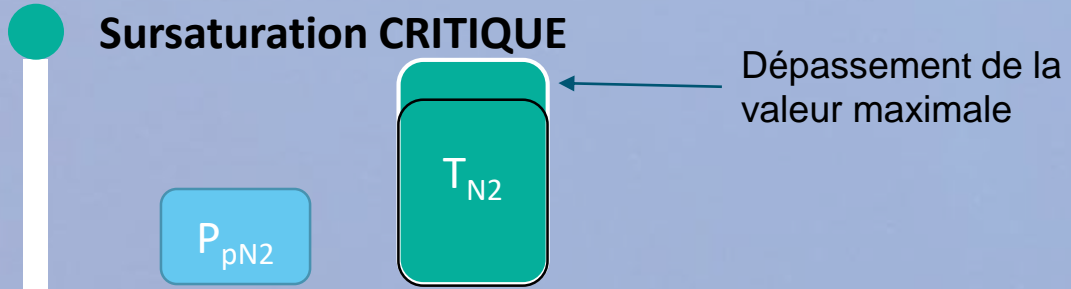
On constate que le coefficient de sursaturation augmente pendant la remontée

Coefficient de sursaturation



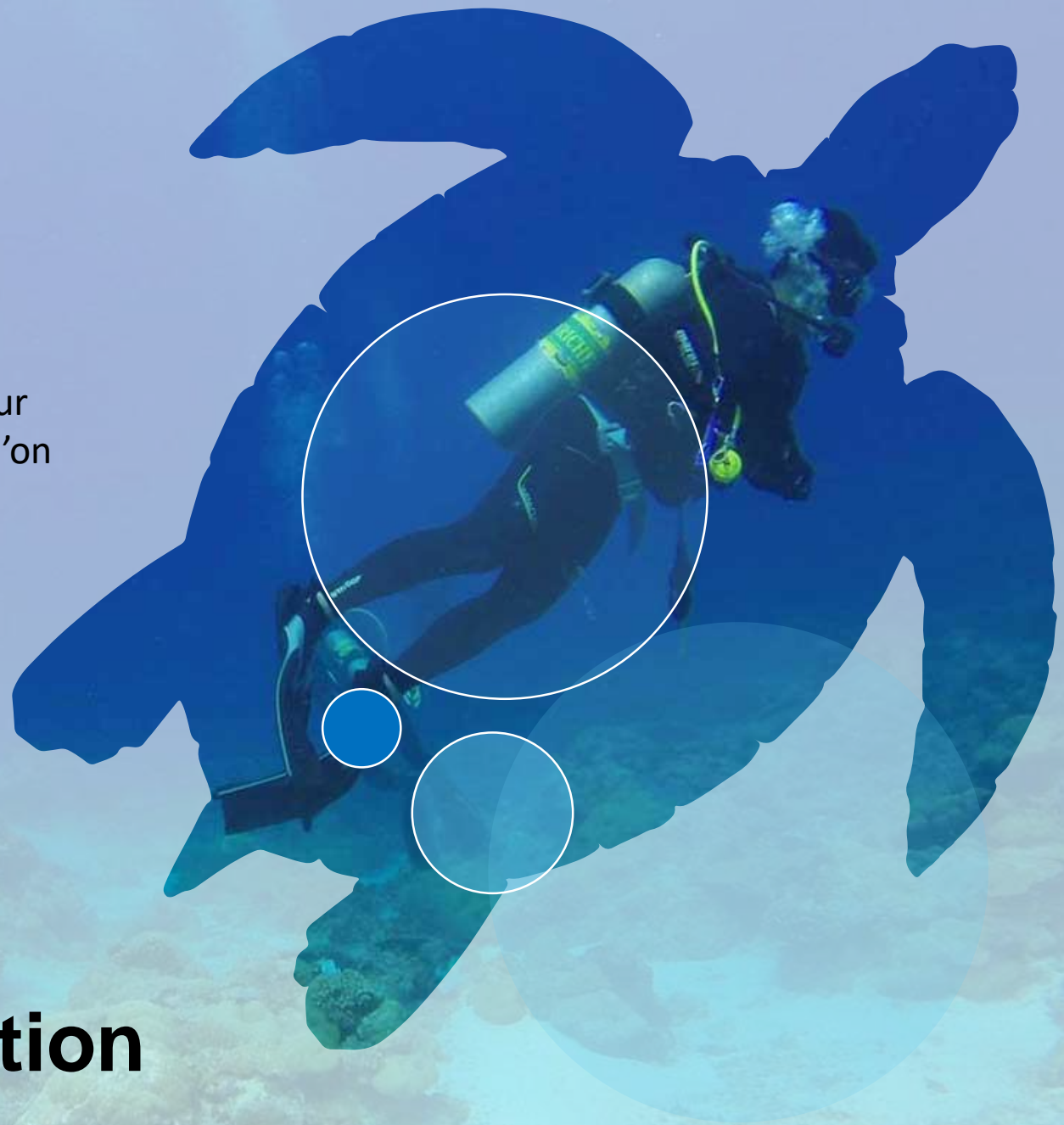


Coefficient de sursaturation



La limite
Le coefficient ne doit pas dépasser une certaine valeur limite qui est propre à chaque compartiment et que l'on appelle coefficient de sursaturation critique (Csc)

Conséquences
Au-dessus de cette valeur il y a formation de bulles pathogènes



Coefficient de sursaturation

Coefficients de sursaturation critique

Chaque compartiment à son propre CSC

Compartiments	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Périodes (min)	5	7	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120
CSC	2,72	2,54	2,38	2,20	2,04	1,82	1,68	1,61	1,58	1,56	1,55	1,54

Coefficient de sursaturation



Coefficients de sursaturation critique

Lors de la remontée, si un des compartiments atteint sa limite de sursaturation, $C_s = C_{sc}$

Il faut arrêter la diminution de la pression partielle en azote (palier)

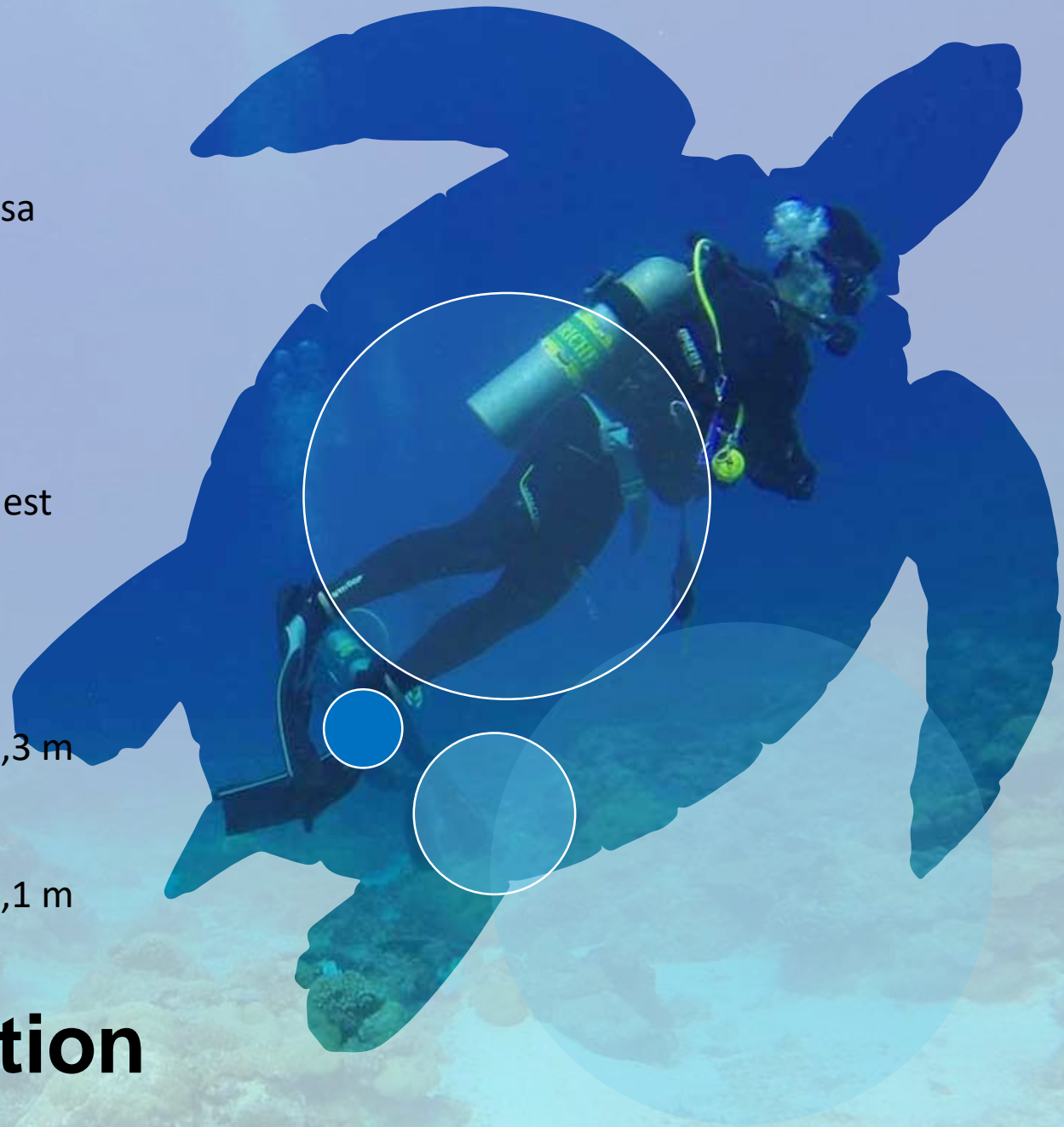
Et calculer la pression du compartiment quand l'arrêt est nécessaire : $P_{abs} = T_{N_2 \text{ Finale}} / C_{sc}$

Cela donne la pression absolue du palier

Ex: $P_{abs} = 1,23$ bar profondeur théorique du palier: 2,3 m
profondeur réelle du palier : 3 m

$P_{abs} = 1,51$ bar profondeur théorique du palier: 5,1 m
profondeur réelle du palier : 6 m

Coefficient de sursaturation



Coefficient CSC

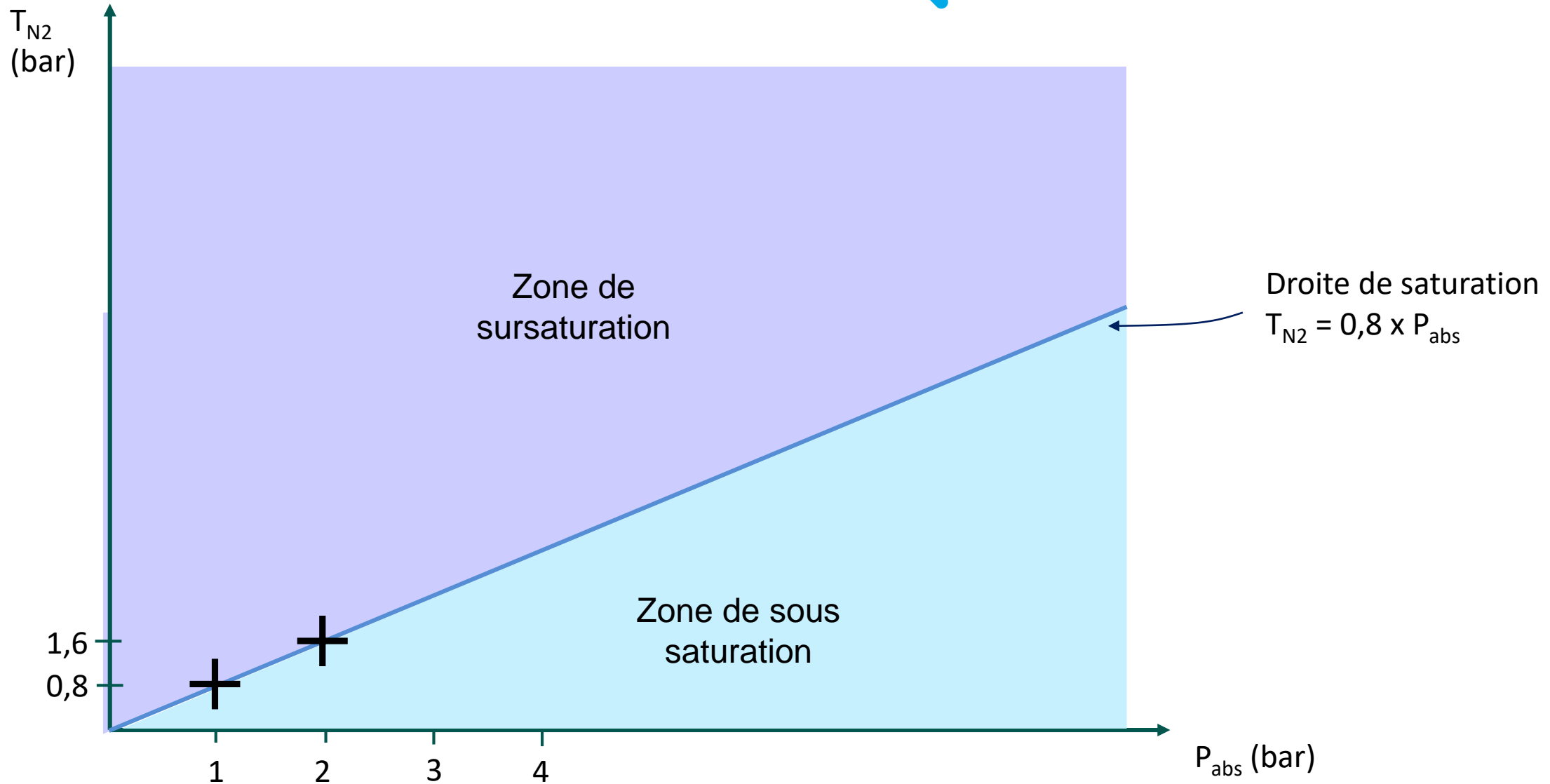


	C3	C5	C7
Période	5'	10'	20'
Pabs	6	6	6
TN2 initiale	0,8 b	0,8 b	0,8 b
PpN2 fond	4,8	4,8	4,8
Gradient	4	4	4
Temps fond	20	20	20
Nombre de périodes	4	2	1
Taux de saturation	93,75%	75%	50%
TN2 finale	4,55	3,8	2,8
CSC	2,72	2,38	2,04
Pabs = TN2f / CSC	1,68	1,6	1,38
Profondeur palier	6,80 m ⇨ 9 m	6 m ⇨ 6 m	3,8 m ⇨ 6 m
Compartiment directeur	✓		

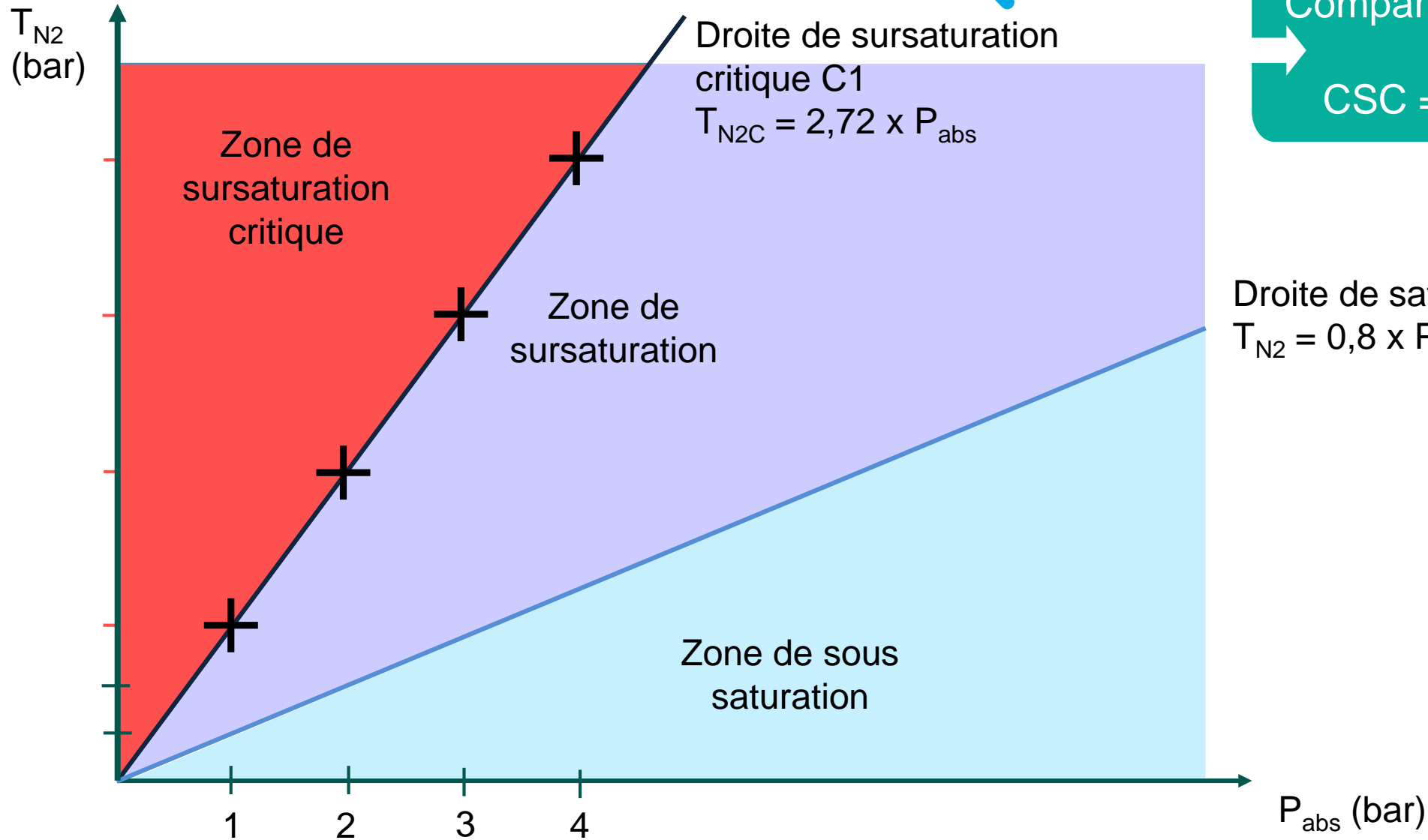
20 Minutes
à 50 m

Arrondir à la profondeur
des paliers

Coefficient CSC

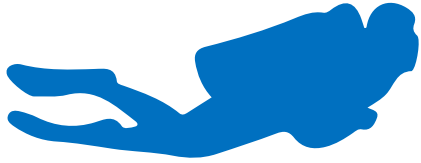


Coefficient CSC



Compartiment 1
CSC = 2,72

Droite de saturation
 $T_{N_2} = 0,8 \times P_{abs}$



M VALUES

PRESENTATION

Maximum value

Valeur maximale d'azote
à la profondeur
courante

Modèle qui prend en
compte l'air respiré



Seuil de Tension critique.
Dépend du compartiment et de la
profondeur

Formule.

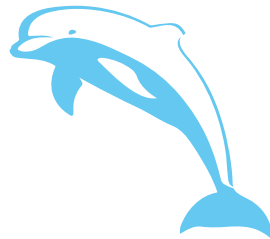
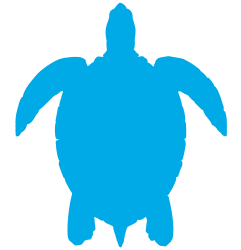
Ce seuil est noté M.

$$M = M_0 + \Delta M \times \text{Prof}$$

Avec : $M_0 = Sc$

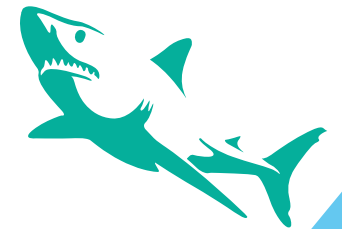
ΔM : coeff de la M value

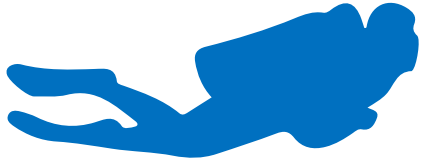
Prof : profondeur



En résumé.

C'est un seuil de sursaturation
critique qui diminue avec la
profondeur.





M VALUES

Bulhmann

Modèle basé sur les
M-Values

Prend en compte l'air
alvéolaire



NOTATION.
ZH 16 L C

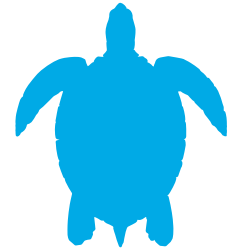
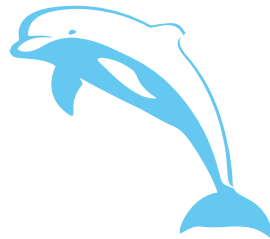
Signification.

ZH = Zurich

L = limite

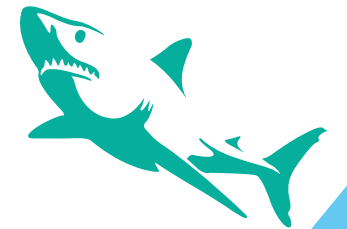
16 = 16 couples de M Values

C = variante C prise en
compte (Coeff a) pour ordi

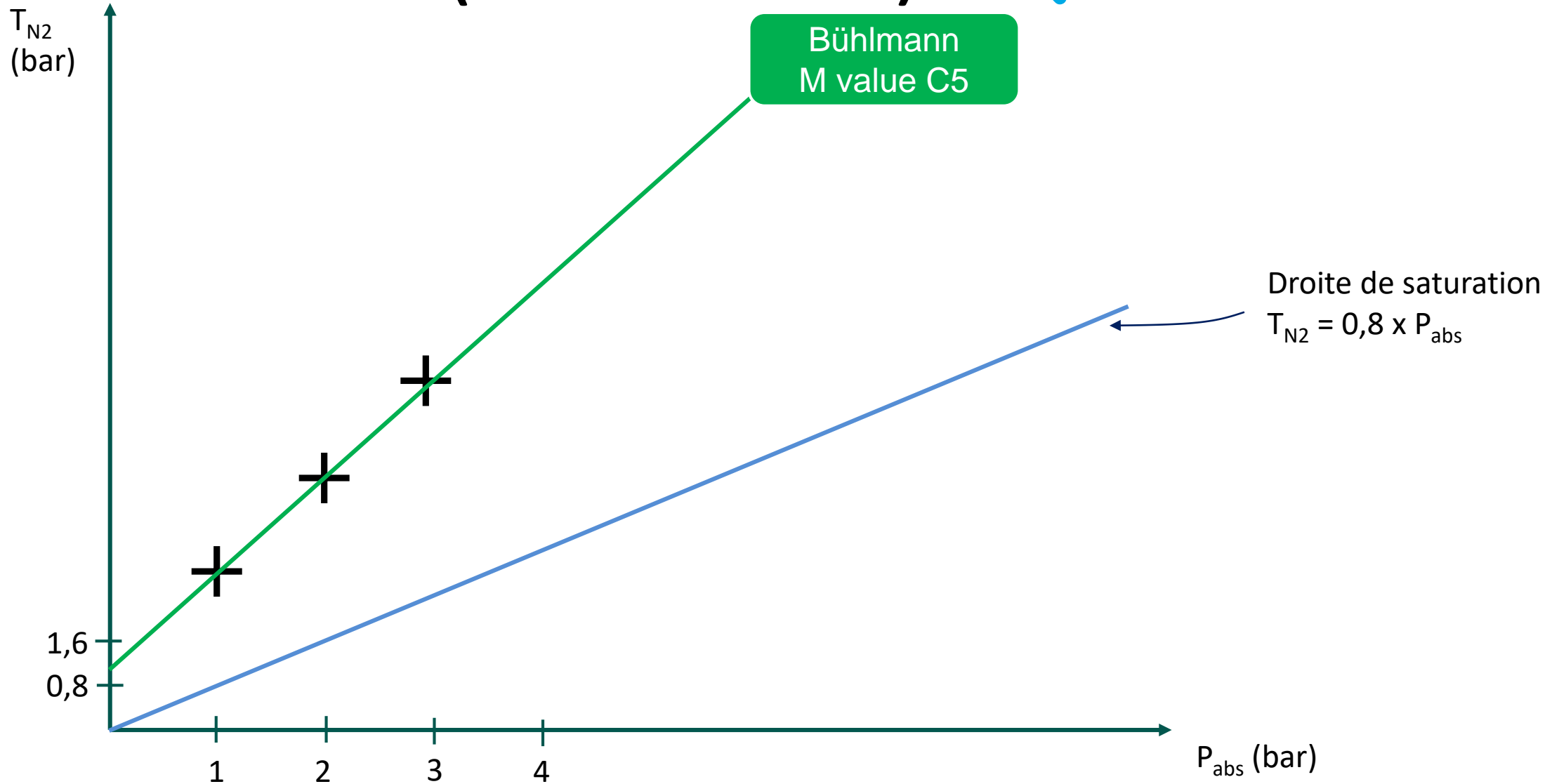


En résumé.

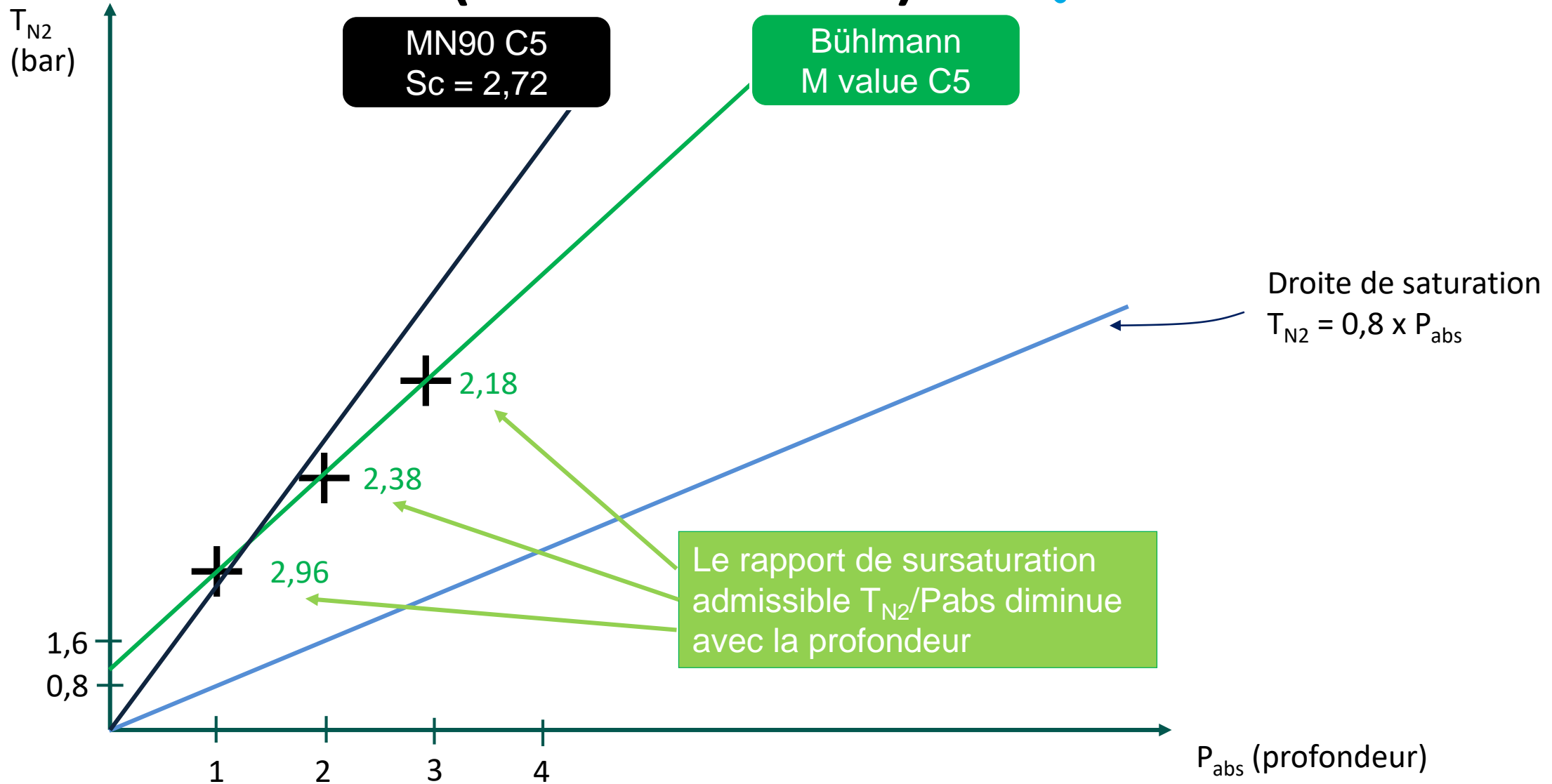
C'est un seuil de sursaturation
critique qui diminue avec la
profondeur.



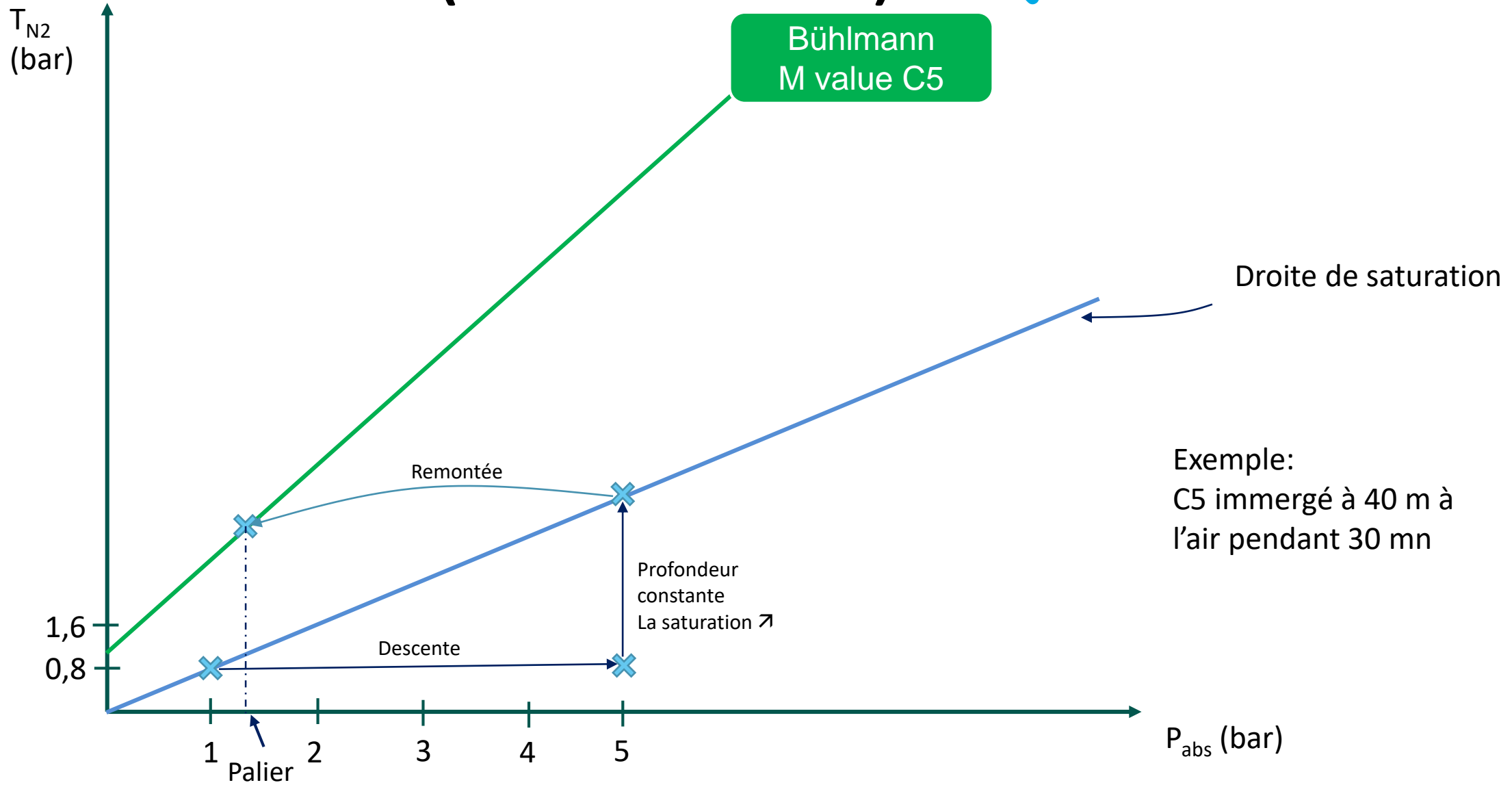
M Value (Buhlmann)



M Value (Buhlmann)



M Value (Buhlmann)

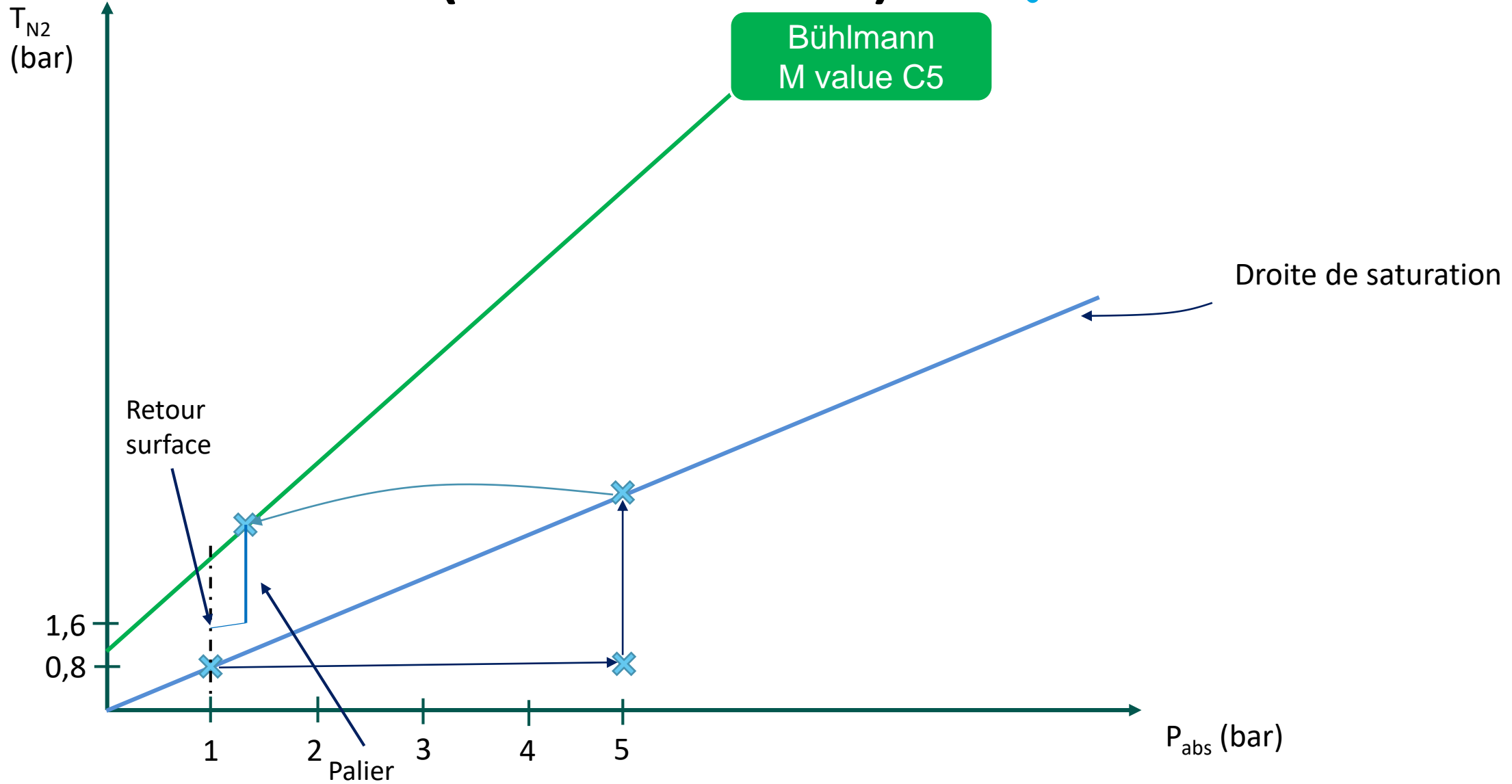


Bühlmann
M value C5

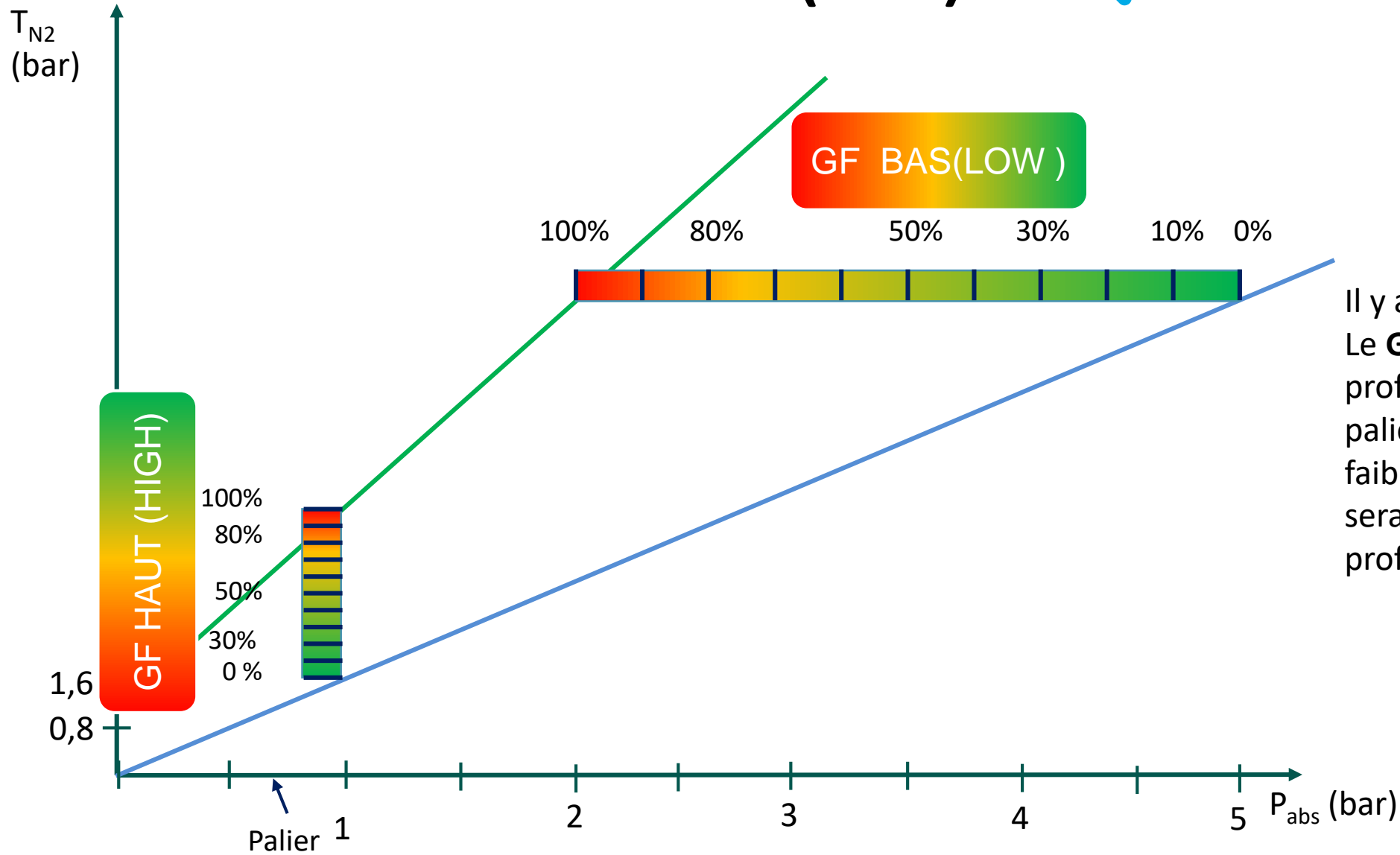
Droite de saturation

Exemple:
C5 immergé à 40 m à
l'air pendant 30 mn

M Value (Buhlmann)

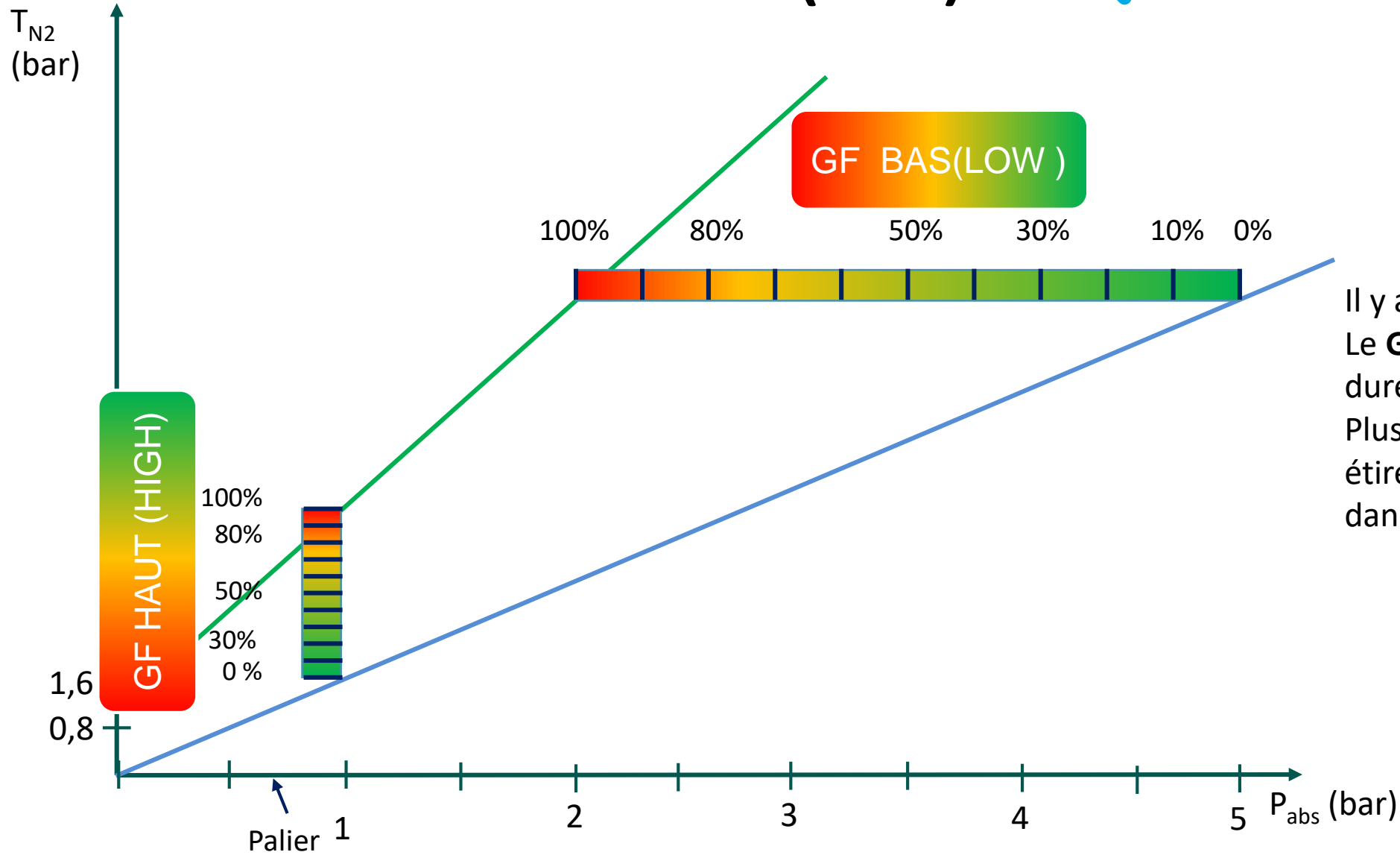


Gradient Factor (GF)



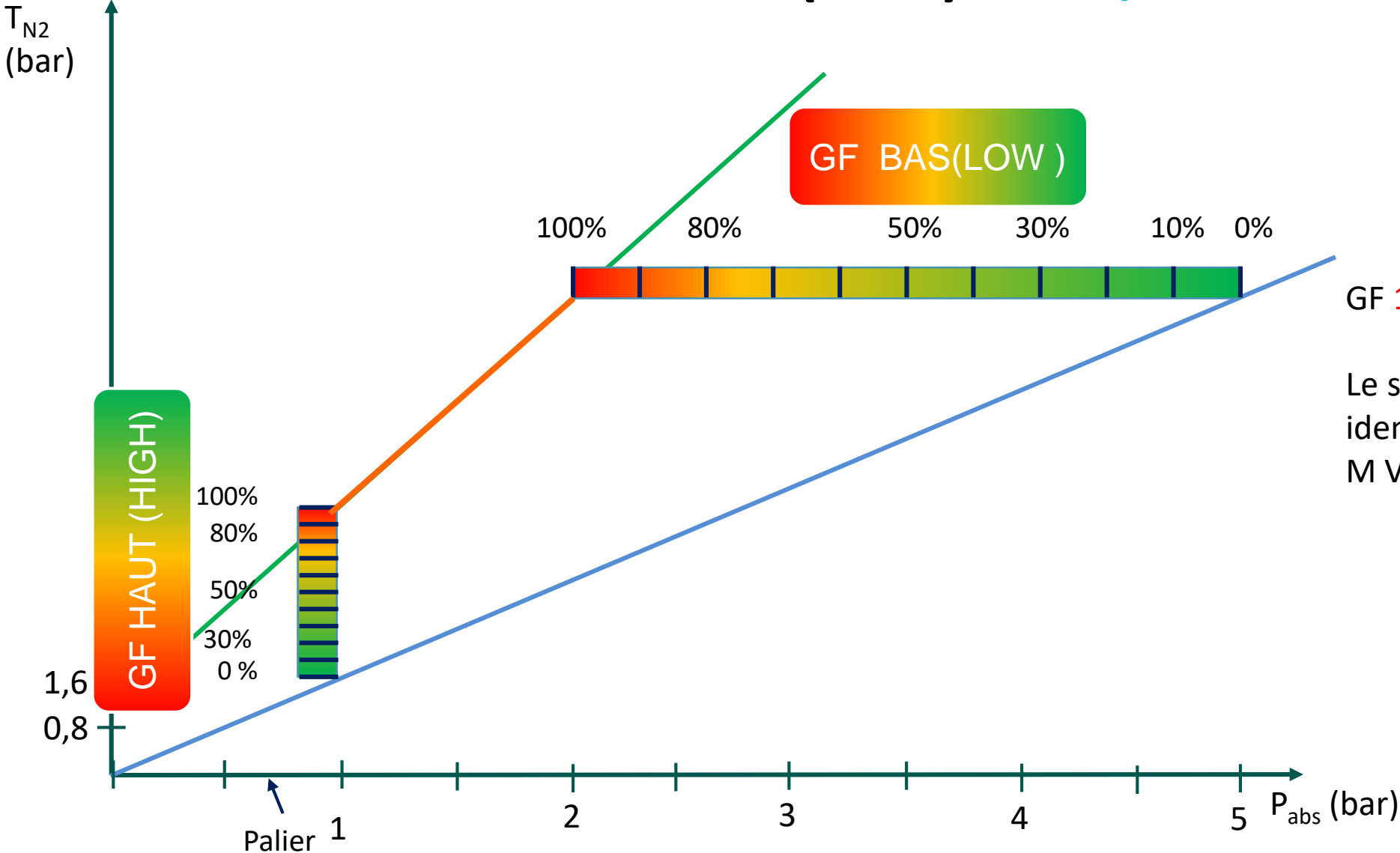
Il y a 2 Gradient Factor:
Le **GF BAS** pilote la profondeur du premier palier. Plus le GF bas sera faible, plus le premier stop sera déclenché tôt, donc profond

Gradient Factor (GF)



Il y a 2 Gradients Factor:
Le **GF HAUT**, lui, guide la durée du dernier palier. Plus il est bas, plus il va étirer le dernier palier dans le temps

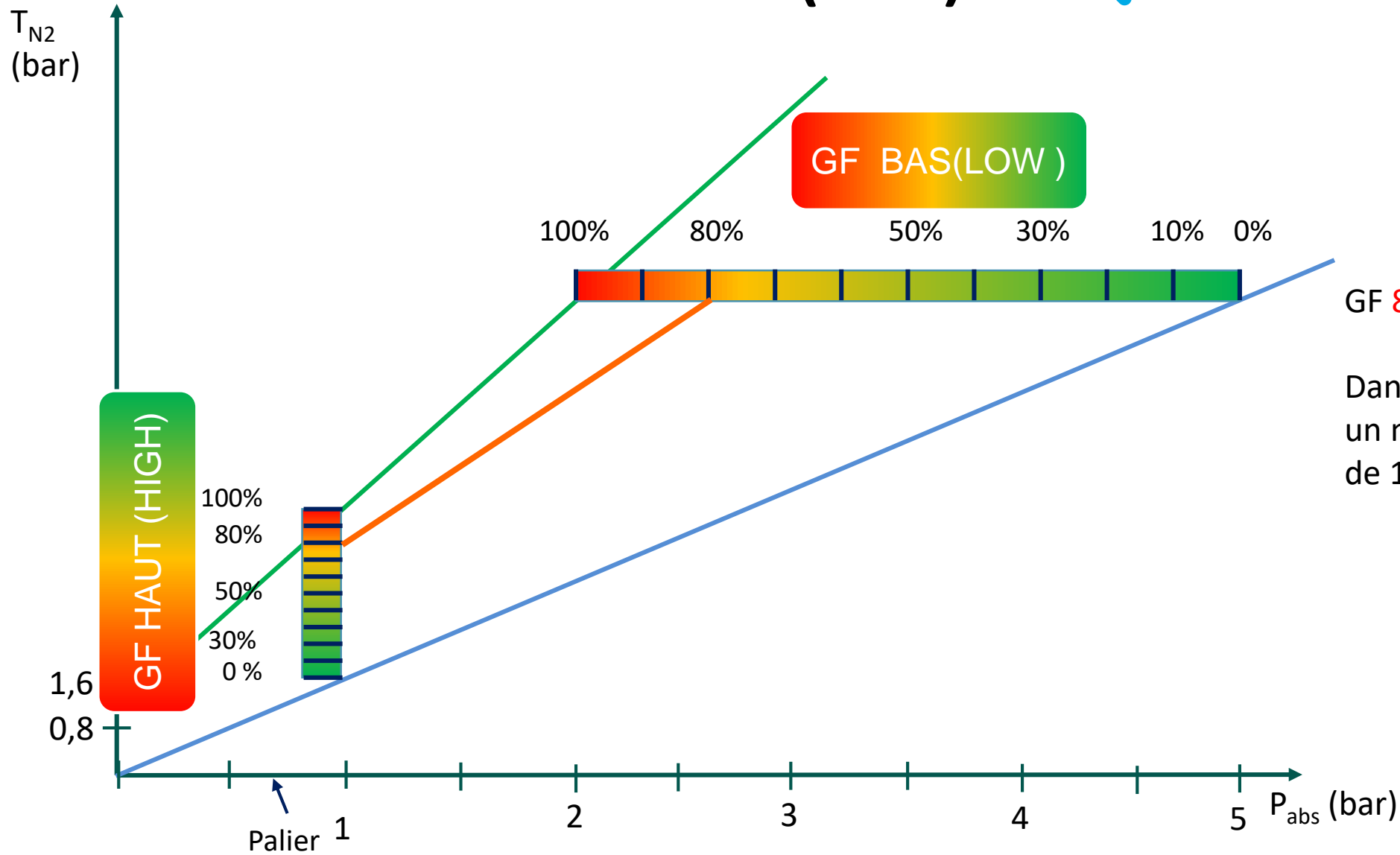
Gradient Factor (GF)



GF 100 / 100

Le seuil maximal est identique à celui des M Value (Bulhmann)

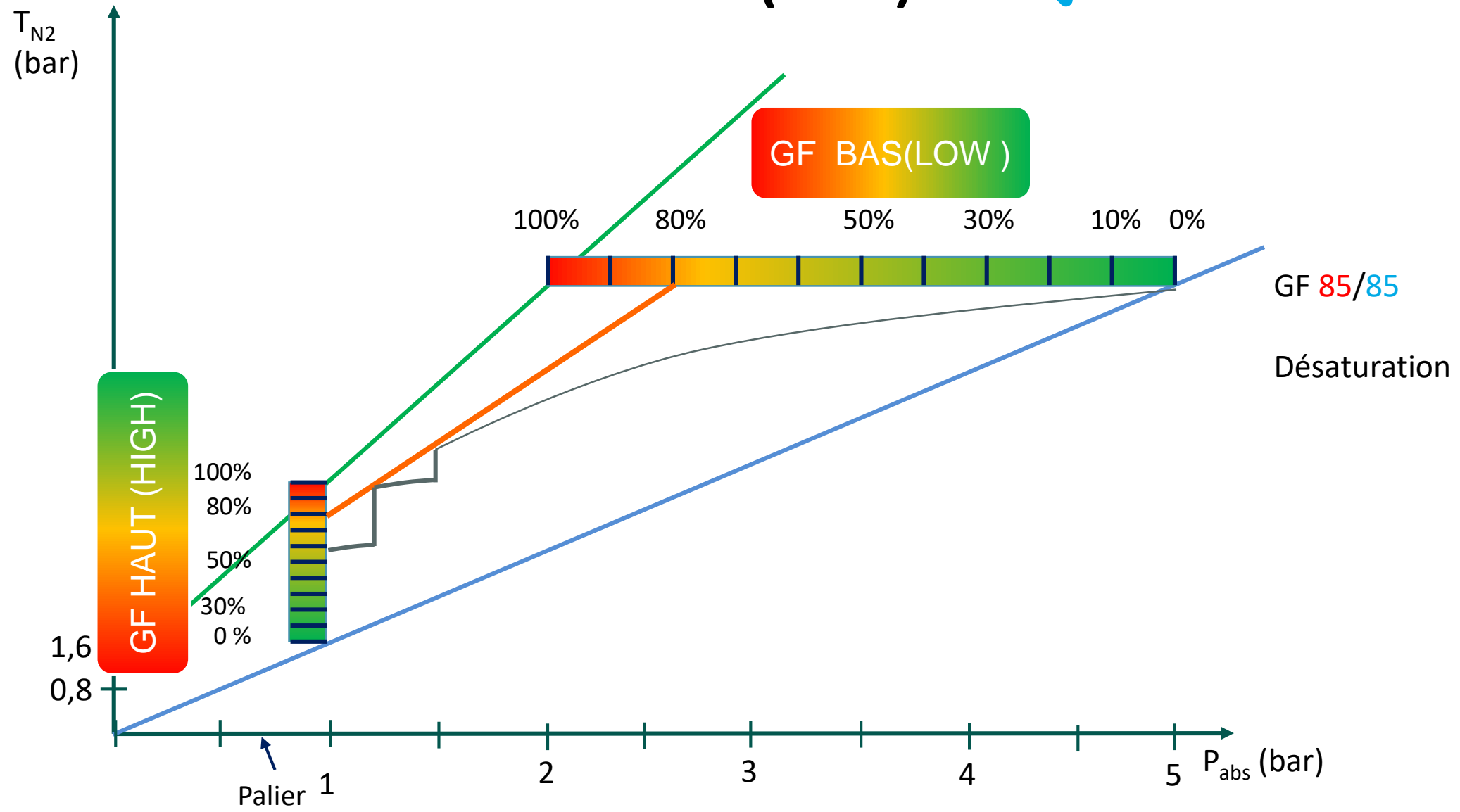
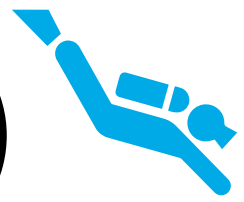
Gradient Factor (GF)



GF 85/85

Dans ce cas on prend
un marge de sécurité
de 15 %

Gradient Factor (GF)



Paliers profonds



Pas de paliers profonds en plongée à l'air

C'est une mode qui vient de la plongée profonde aux mélanges

A l'air :

- Les compartiments rapides se désaturent
- Les lents continuent à se saturer

C'est accidentogène



Guide de palanquée



Avant la plongée

Il connaît son ordinateur.

Il va se renseigner sur les ordinateurs des membres de sa palanquée:

- Palier de sécurité (profondeur, temps)
- Vitesse de remontée
- Ordinateur durci



Paramètres à faire modifier

Enlever les paliers profonds

Guide de palanquée



Avant la plongée

Il connaît son ordinateur.

Il va se renseigner sur les ordinateurs des membres de sa palanquée:

- Palier de sécurité (profondeur, temps)
- Vitesse de remontée
- Ordinateur durci



Paramètres à faire modifier

Enlever les réglages GF usine (trimix)

Réglage des à GF 85/85

Si fatigue 80/80

Conclusion

Présentation

MODÈLES MATHÉMATIQUES = ABSENCE DE PRISE EN COMPTE DES FACTEURS INDIVIDUELS DE RISQUE, ILS NE SONT QU'UNE AIDE À LA DESATURATION



LE NON-RESPECT DES PROCÉDURES DE DÉCOMPRESSION N'ENTRAÎNERA PAS FORCÉMENT UN ACCIDENT DE DÉSATURATION, ET INVERSEMENT LEUR RESPECT NE PEUT GARANTIR UNE SÉCURITÉ ABSOLUE ET TOTALE.

Conclusion

Présentation

QUELQUES CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE :

- MAUVAISE FORME PHYSIQUE, LONG TRAJET, MANQUE DE SOMMEIL
- MAUVAISE HYGIÈNE DE VIE : TABAC, ALCOOL
- ÂGE > 40 ANS
- POIDS, SÉDENTARITÉ
- MANQUE DE PRATIQUE RÉCENTE :
 - PRÉVOIR UNE PLONGÉE DE RÉADAPTATION
 - PRÉVOIR UNE PHASE DE RÉADAPTATION PROGRESSIVE À LA PROFONDEUR

Fin du cours



Merci de votre attention