

# Dissolution de l'Azote (Henry, Haldane)

Principaux Modèles de Désaturation  
(Haldanien-Buhlman, VPM-RGBM, pas de  
calculs), Historique, Comparaisons,  
Applications GP



## Dissolution de l'Azote ....

### Pourquoi

Le plongeur respire de l'air à pression ambiante (1 à 7 bars)

Air :

oxygéné  $O_2$  => consommé par l'organisme

Azote  $N_2$  => gaz «neutre» s'accumule dans l'organisme

**lors de la remonté une mauvaise élimination de l'azote peut  
engendrer un accident de décompression**

# Objectif

- Comprendre
  - plus finement le principe de la saturation et de la désaturation à l'azote
  - Principes physique utilisé dans la modélisation de la saturation et désaturation et ayant permis de créer des Outils De Décompression (ODD)
  - Les limites et condition d'utilisation et différences des ODD
- Pour
  - Répondre aux question des plongeurs que vous encadrez
  - Devenir acteur de votre profil de décompression pour plonger avec un maximum de sécurité



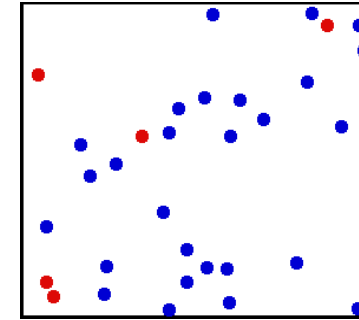
## RAPPELS

## Pression (P)

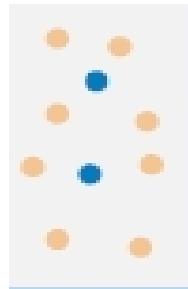
Force / surface *pascal* -> bar (b)

Pour un gaz

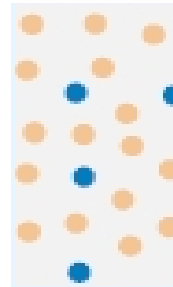
la pression de l'air résulte  
de la force avec laquelle  
l'air appui sur la surface



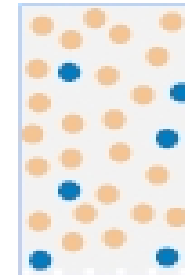
Pour un même volume constant et à température constante



$P=1b$



$P=2b$



$P=3b$

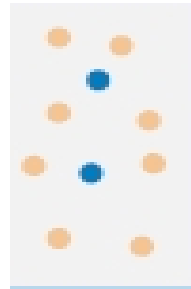
**Pression  $\approx$  quantité**



## RAPPELS

Dans un mélange de gaz (air 20% O<sub>2</sub>, 80% N<sub>2</sub>)

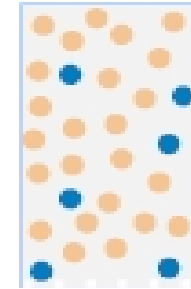
Pression partiel d'un des composants (Pp)  
% du composant x Pression total



Air à la surface (1 b)

$$P_p \text{ O}_2 = 20\% \times 1 = 0,2 \text{ b}$$

$$P_p \text{ N}_2 = 80\% \times 1 = 0,8 \text{ b}$$



Air à 20 m (3 b)

$$P_p \text{ O}_2 = 20\% \times 3 = 0,6 \text{ b}$$

$$P_p \text{ N}_2 = 80\% \times 3 = 2,4 \text{ b}$$

**Pression Partiel  $\approx$  quantité du  
composant**



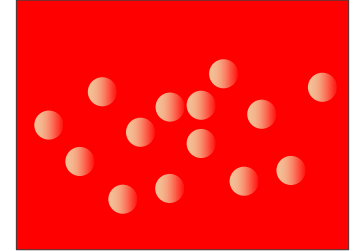
## RAPPELS

# Comment se présente un gaz dans un liquide.

### Sous forme dissoute

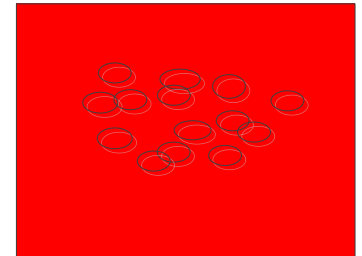
- le liquide et le gaz sont confondus
- **le gaz est absorbé, il est invisible**

représentation



### Sous forme gazeuse

- le liquide et le gaz sont dissociés
- **formation de bulles**



### Entre 2 milieux (gaz/liquide; liquide/liquide)

- le gaz passe du milieu le plus au moins concentré
- **des hautes pressions aux basses pressions**

# En plongée

## Pourquoi modéliser

1854 (travaux de POL & WATELLE)

Les ADD sont associés à une  
baisse rapide de la pression  
ambiante

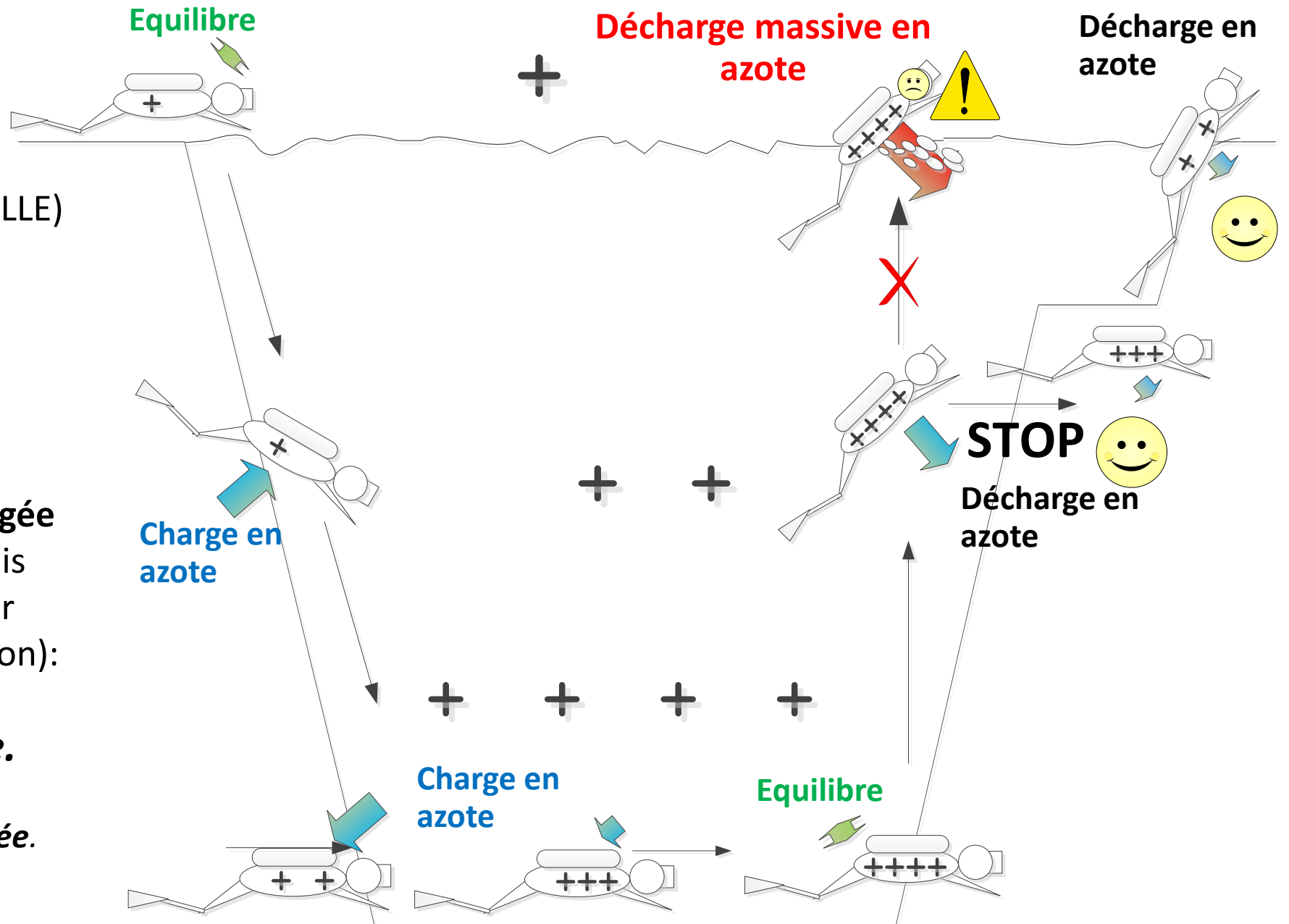
1870 (travaux de P. BERT)

Les ADD sont liés à l'azote

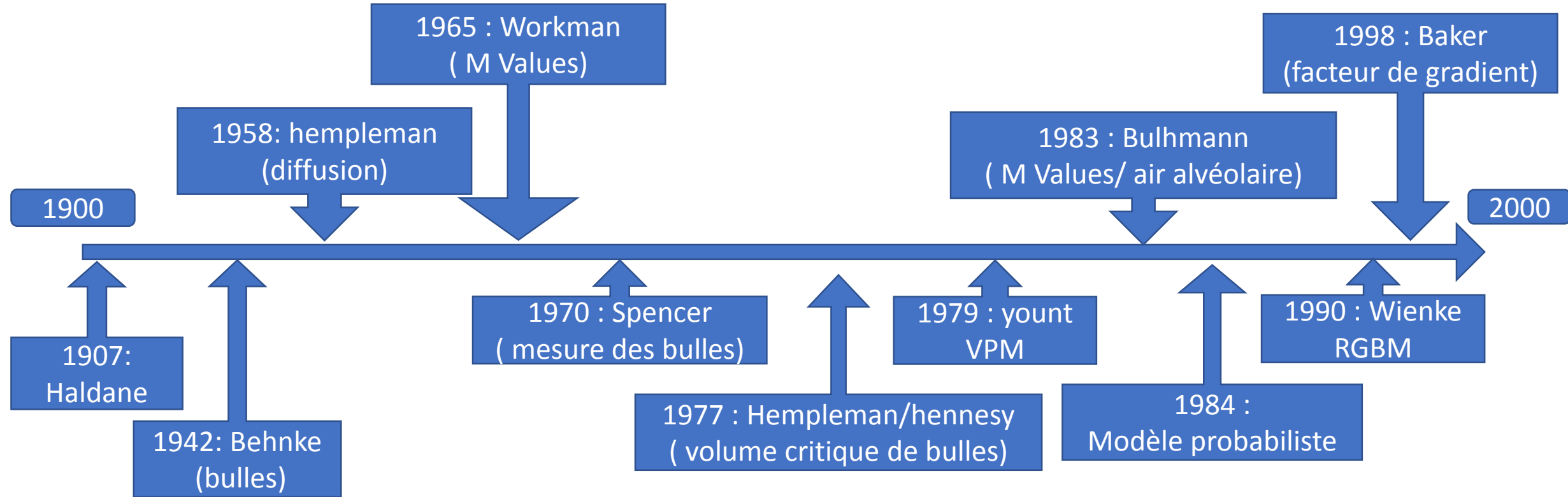
Le développement de la plongée  
professionnelle (armée, ...) puis  
de loisirs, nécessite de pouvoir  
éviter ces accidents (prévention):

**1907: Modèle d'Haldane.**

**1908: premières tables de plongée.**



# modèles de désaturation dans le temps

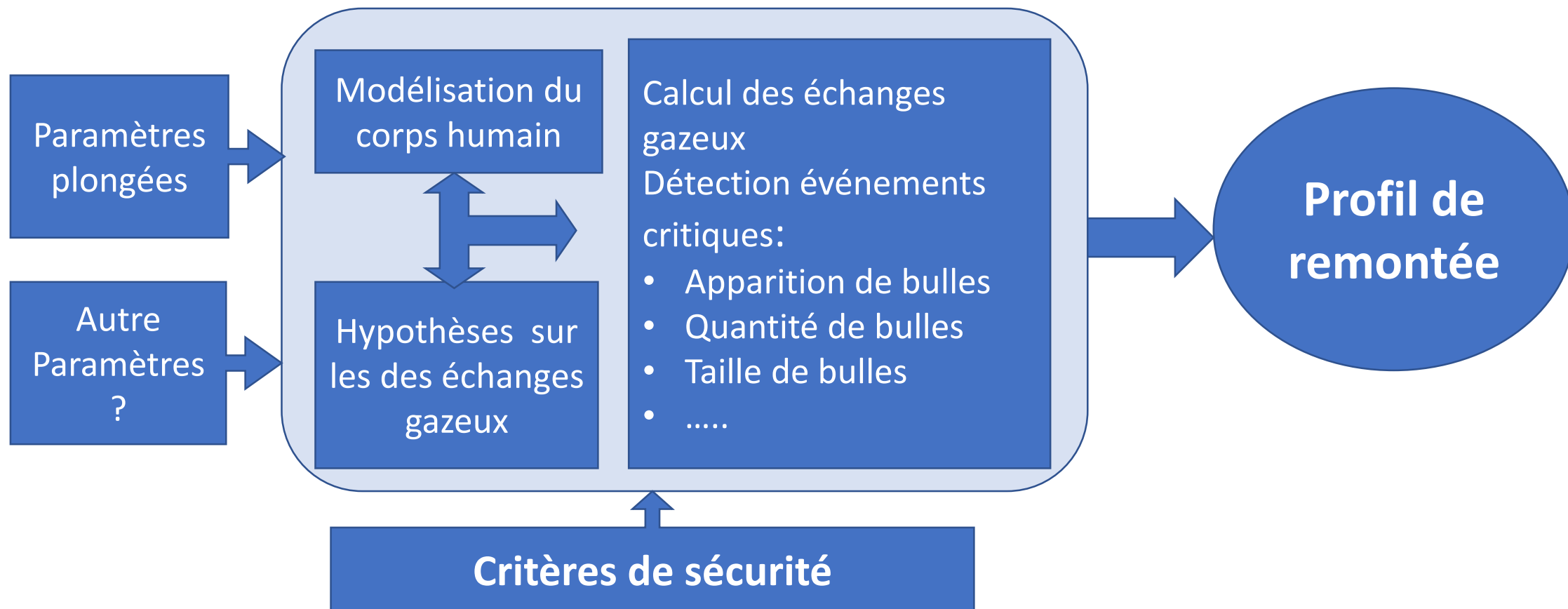




# Principe d'un modèle

## Représentation « simplifiée » de la réalité :

- Hypothèses (simplificatrices) → théorie
- Limites d'utilisation (validité des hypothèses)
- Calibration
- Validation expérimentale ou par simulation

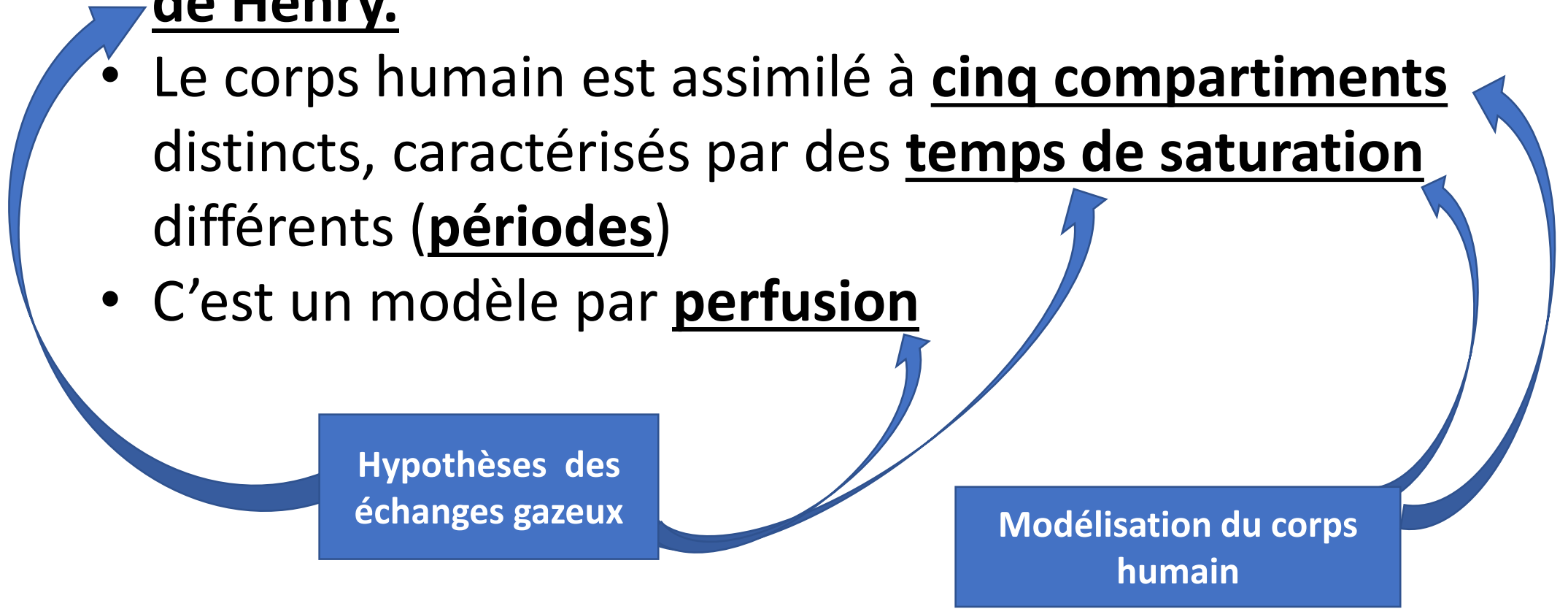


# Modèle d'Haldane

- En 1907, Haldane élabore un modèle basé sur la loi de Henry.
- Le corps humain est assimilé à cinq compartiments distincts, caractérisés par des temps de saturation différents (périodes)
- C'est un modèle par perfusion

Hypothèses des  
échanges gazeux

Modélisation du corps  
humain



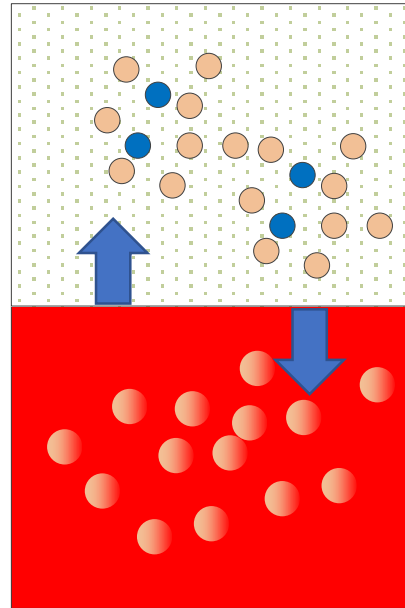
# Hypothèses sur les échanges gazeux

## Loi de William Henri (1803)

« A température constante et à l'équilibre, la quantité de gaz dissoute dans un liquide est **proportionnelle à la pression partielle** qu'exerce ce gaz au-dessus du liquide. »

Gaz: air  
alvéolaire

Liquide:  
sang



Pression

≈

Quantité  
gaz dissous

HENRI

Quantité  
gaz dissous = K pression

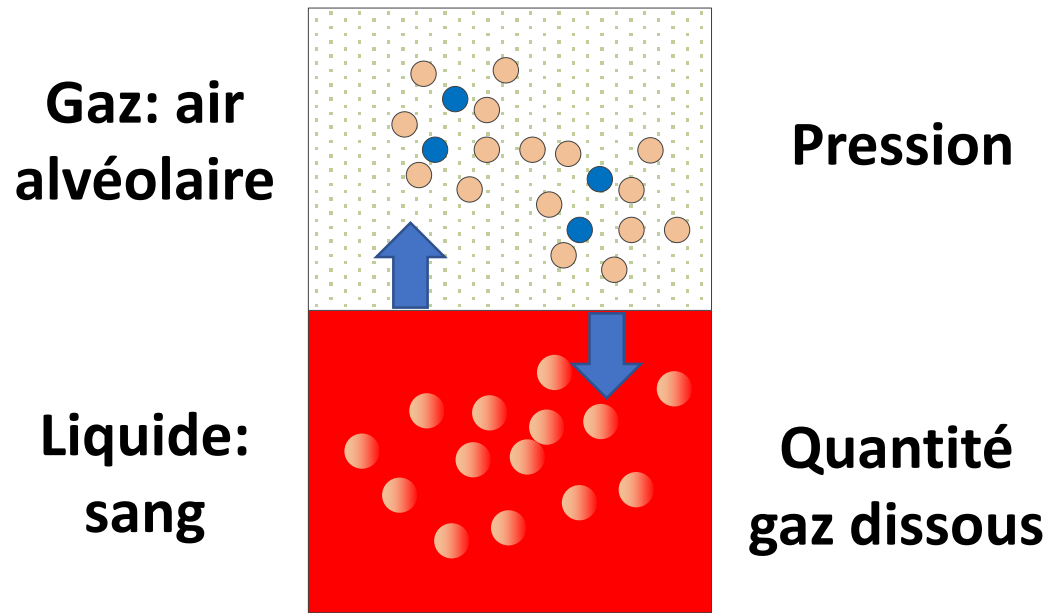
La quantité dissoute dépend (K)

- de la température ( $T \uparrow \rightarrow Q \uparrow$ )
- nature du gaz dissous
- nature du liquide



# Hypothèses sur les échanges gazeux

## Mesure de la quantité de gaz dissous: la tension (T)



### HENRI

Quantité gaz dissous = K pression

**Tension = pression**

Tension =  $\frac{1}{K}$  Quantité gaz dissous

Tension représente la pression d'un gaz dissous.  
Par analogie avec la pression d'un gaz la tension mesure donc la quantité de gaz dissous

**Par définition à l'équilibre**

**Tension du gaz dissous = pression du gaz**

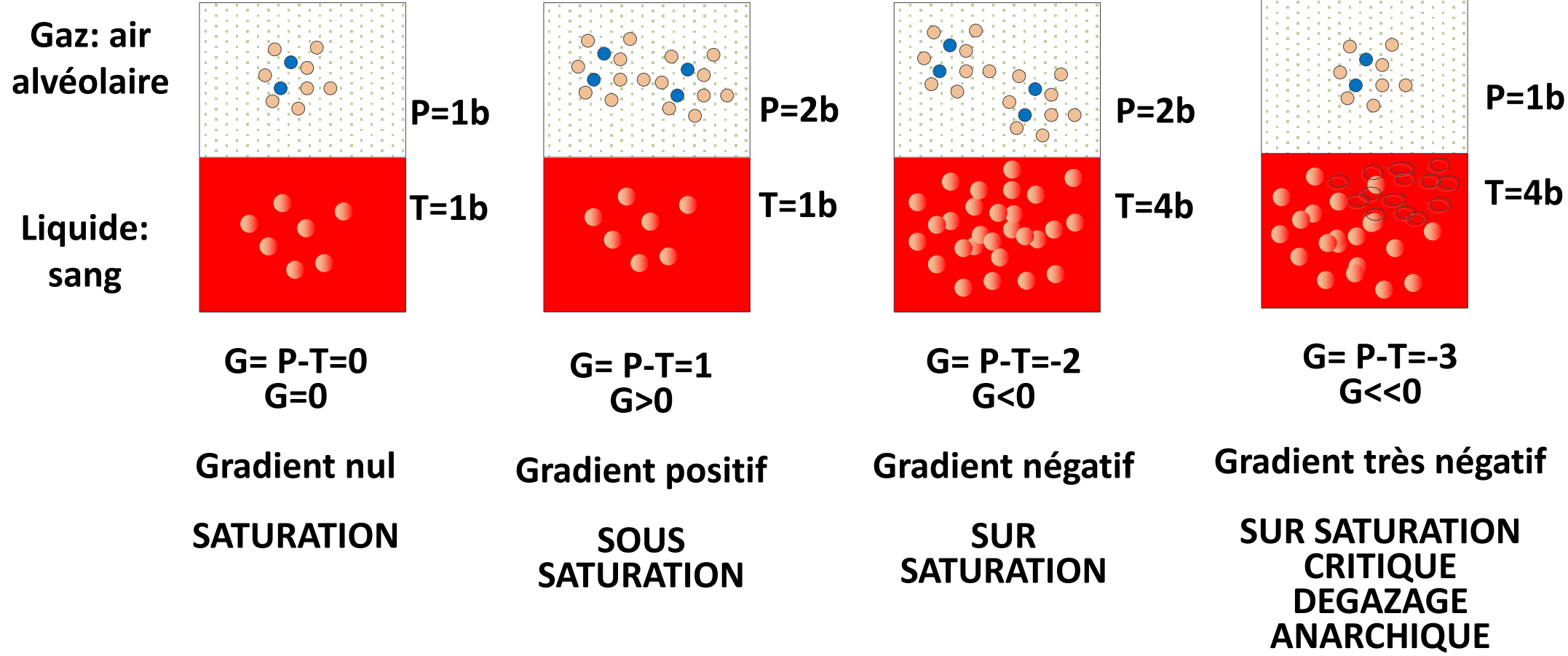
**T=P (en bar)**

# La notion de GRADIENT (G)

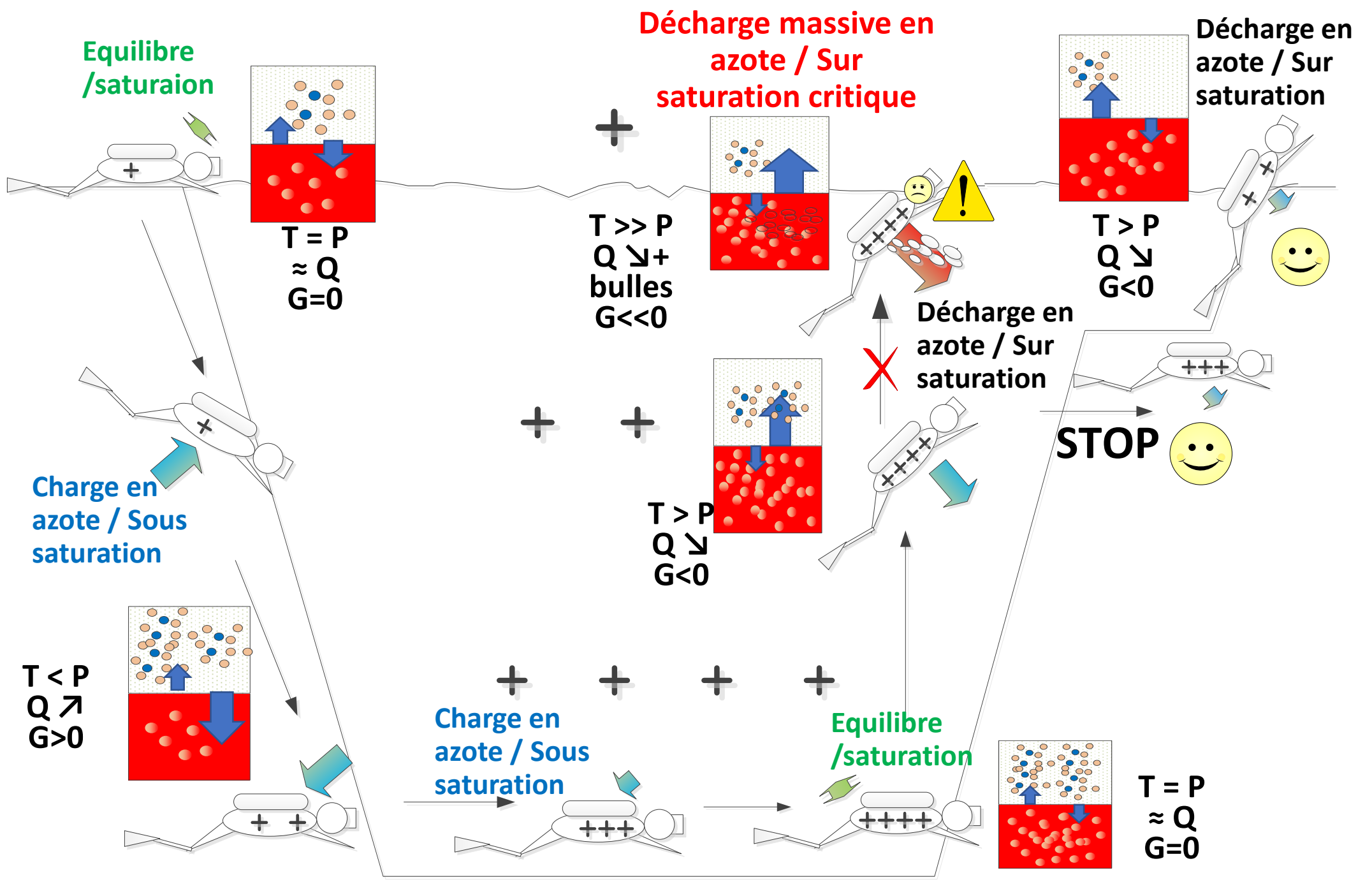
l'écart entre la pression et la tension:

## Gradient = Pression - Tension

$$G = P - T$$



# Henry en plongée



## HENRY ce qu'il faut retenir



- Définit 4 états en fonction du **gradient**
  - Saturation
  - sous saturation
  - Sursaturation
  - sursaturation critique
- Calcul la quantité d'azote (Tension) dissous à saturation

Cette quantité dépend de

- La nature du liquide
- La nature du gaz
- Température
- De la pression (profondeur)

# Hypothèses sur les des échanges gazeux

## Un modèle par perfusion

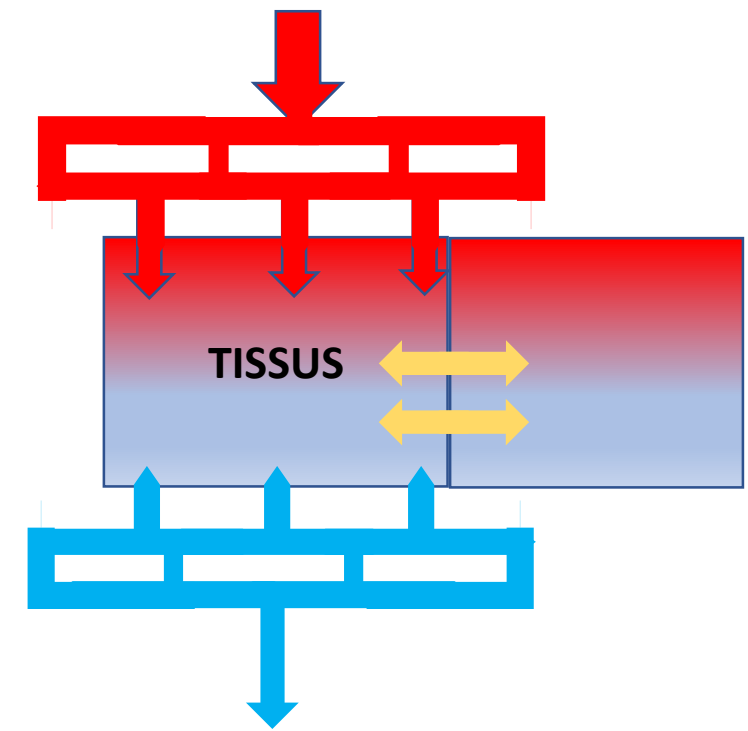
### Perfusion :

Alimentation d'un tissu en N<sub>2</sub> par le  
sang **Dépend du débit sanguin**

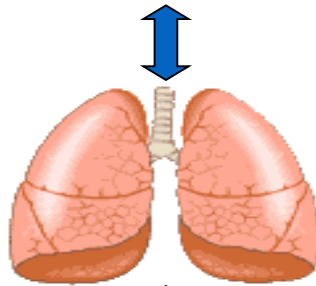
### Diffusion :

Passage du N<sub>2</sub> d'un milieu à l'autre

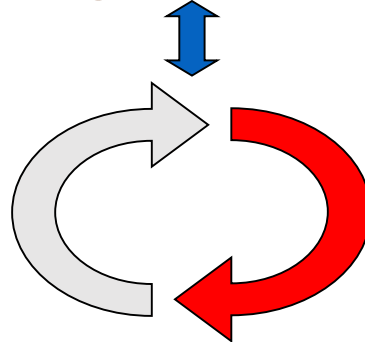
**Dépend du temps et de la surface de contact**



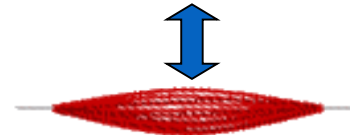
Diffusion :



Perfusion



Diffusion



Pour son modèle Haldane :  
diffusion instantanée

**Echanges alvéolaires → ventilation**

Perfusion

**L'apport en N<sub>2</sub> de dépend que de  
l'irrigation du tissu en sang (taux de  
perfusion)**



## Cinq compartiments

+ perfusé



- perfusé

Système nerveux

Oreille interne

Peau

Muscles

Articulations

Os

### Compartiments

Décomposition du corps humains

5 boites (air /Liquide)

Pas de lien direct avec les tissus :

**objets théoriques du modèle**

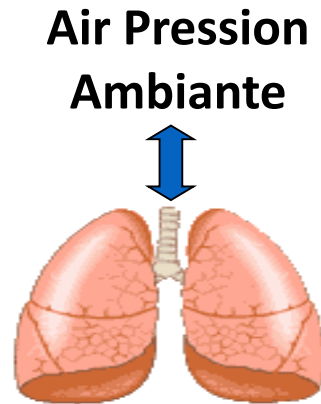
### Haldane définit 5 compartiments

Chaque **compartiment** se caractérise par

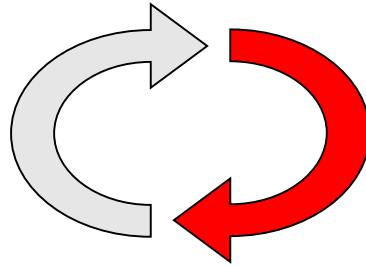
- **vitesse de saturation/désaturation** (A taux de perfusion → **Période**)
- Condition de sécurité (Coefficient de Sursaturations Critique **Sc**)

# Modélisation du corps humain + Henry

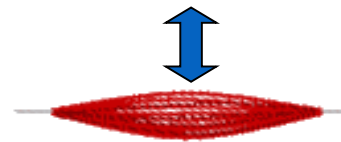
Ventilation



Circulation Sanguine



Différents tissus

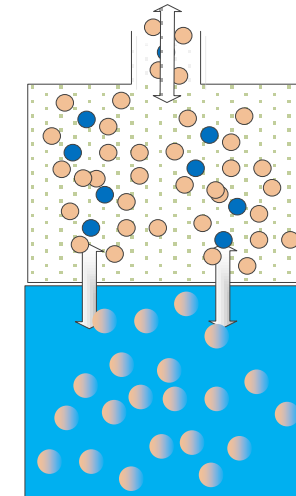
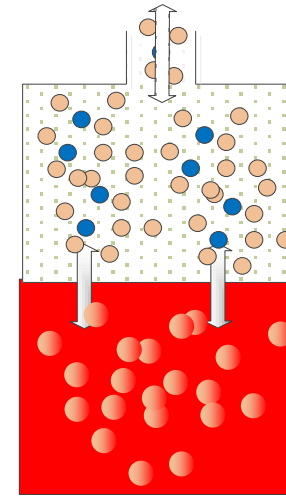


vitesse de saturation/désaturation

Air Pression Ambiante

Gaz: air

liquides: tissus



... + 3 autres

Modélisation/ Simplification du corps humain

3 états: Dissous (quantité  $\approx$  tension)

- Gradient nul saturation
- Gradient  $> 0$  sous saturation
- Gradient  $< 0$  sous saturation

1 états avec bulles

- Gradient  $< < 0$  sous saturation

Quand  $P \neq T$   
(Gradient  $\neq 0$ )



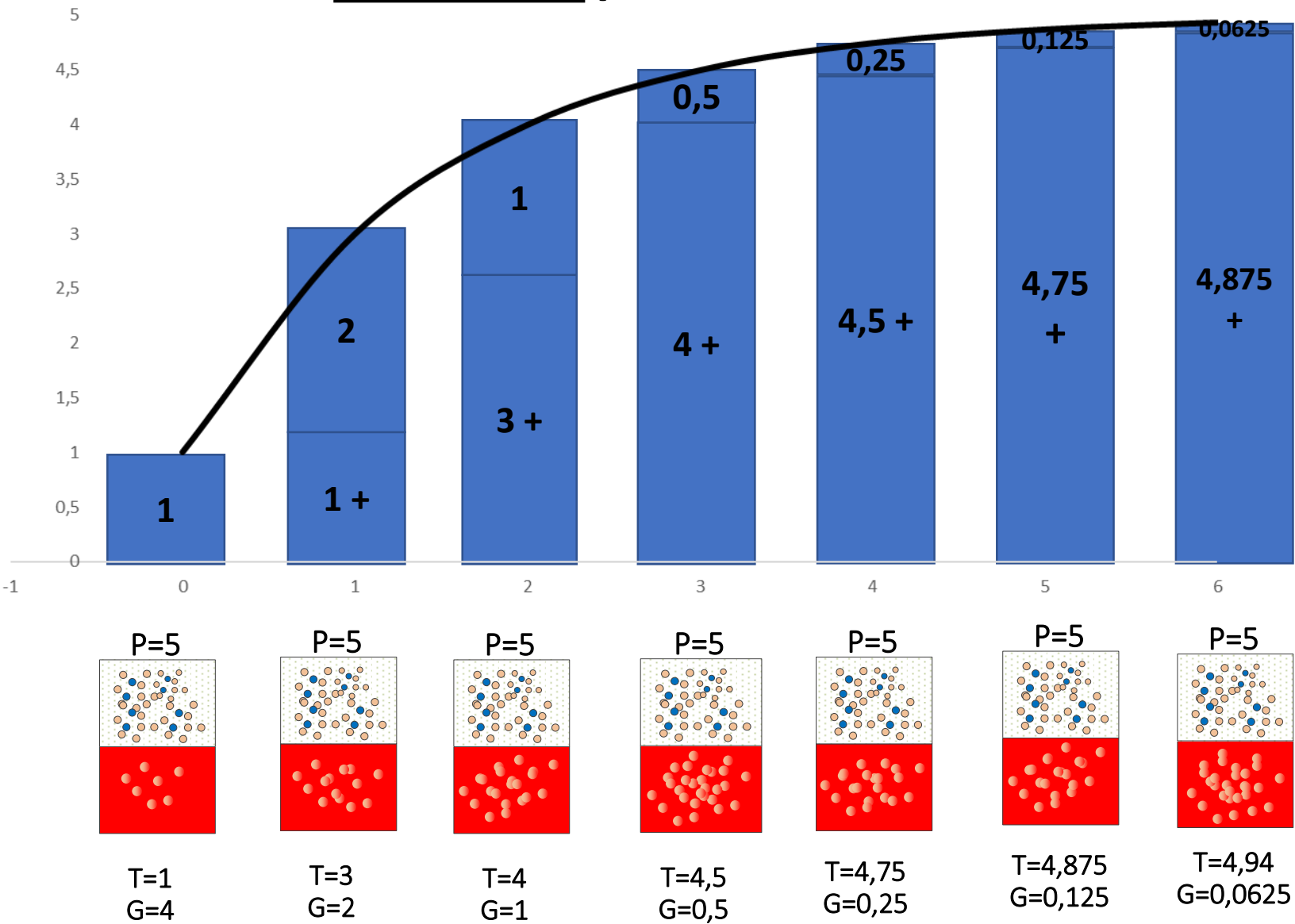
au bout  
d'un certain temps

$P = T$  (  $G = 0$  )

La période T est le temps pour que le gradient soit divisé par 2

Dissolution de l'Azote ....

vitesse de saturation /désaturation



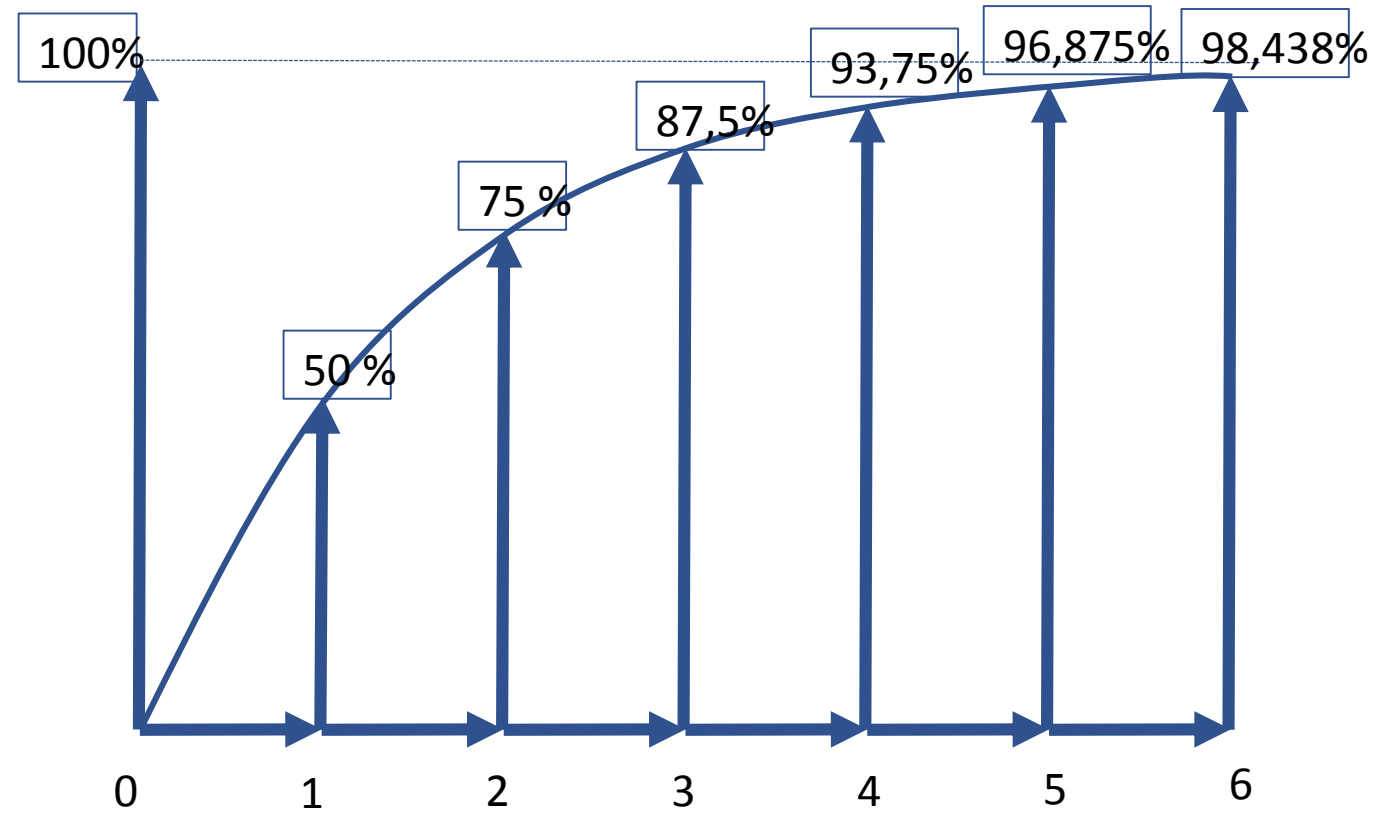
## Dissolution de l'Azote ....

## vitesse de saturation /désaturation

- Pourquoi et objectif
- Rappel
- L'azote et le plongeur
- Dissolution de l'azote (Henry)
- Saturation/désaturation
- Modèle (principe)
- Haldane
- Limite
- Autre modèle

Période	Taux saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75
5	96,875
6	98,4375

Après 6 périodes : on considère une saturation totale

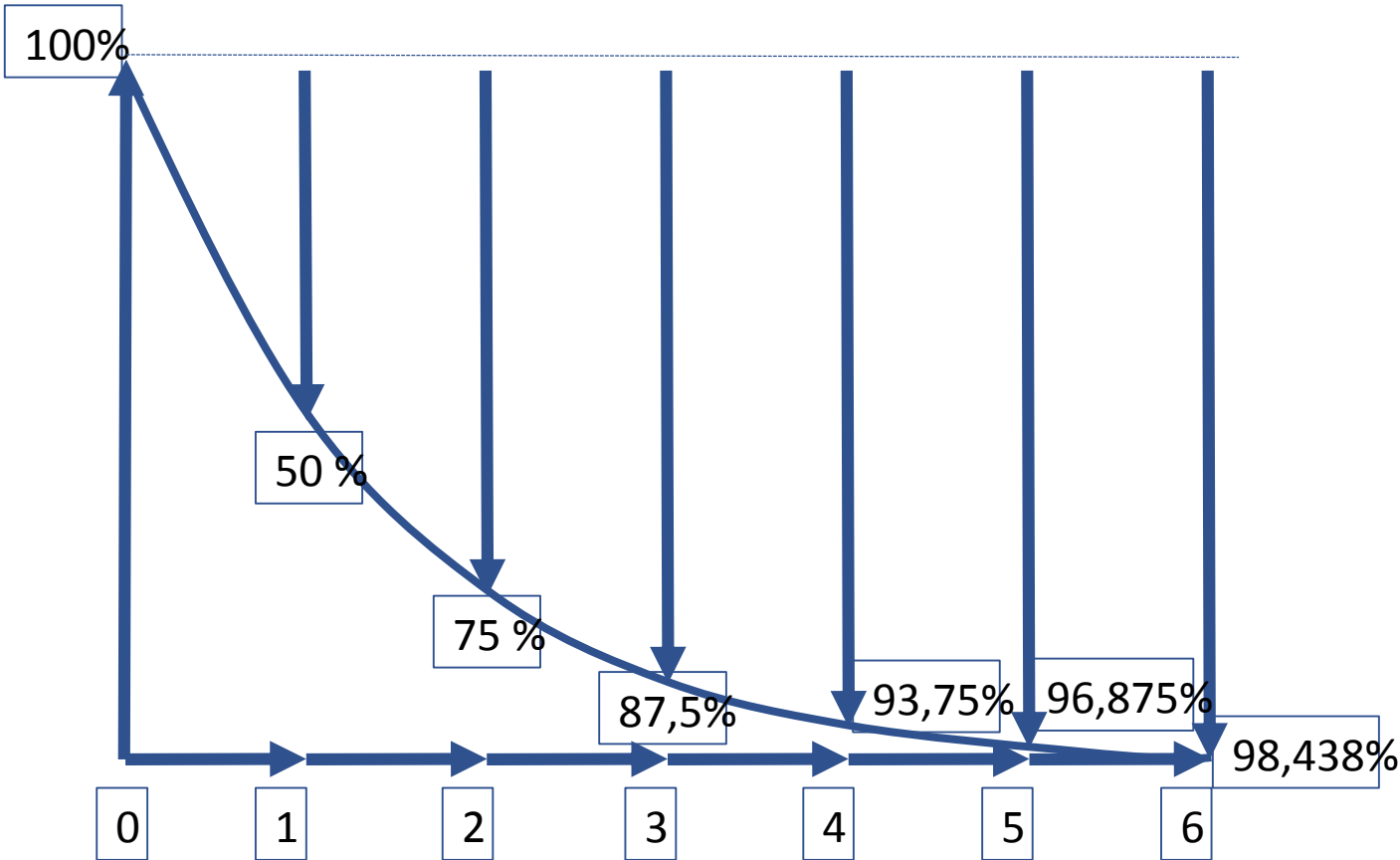


Dissolution de l’Azote ....

vitesse de saturation /désaturation

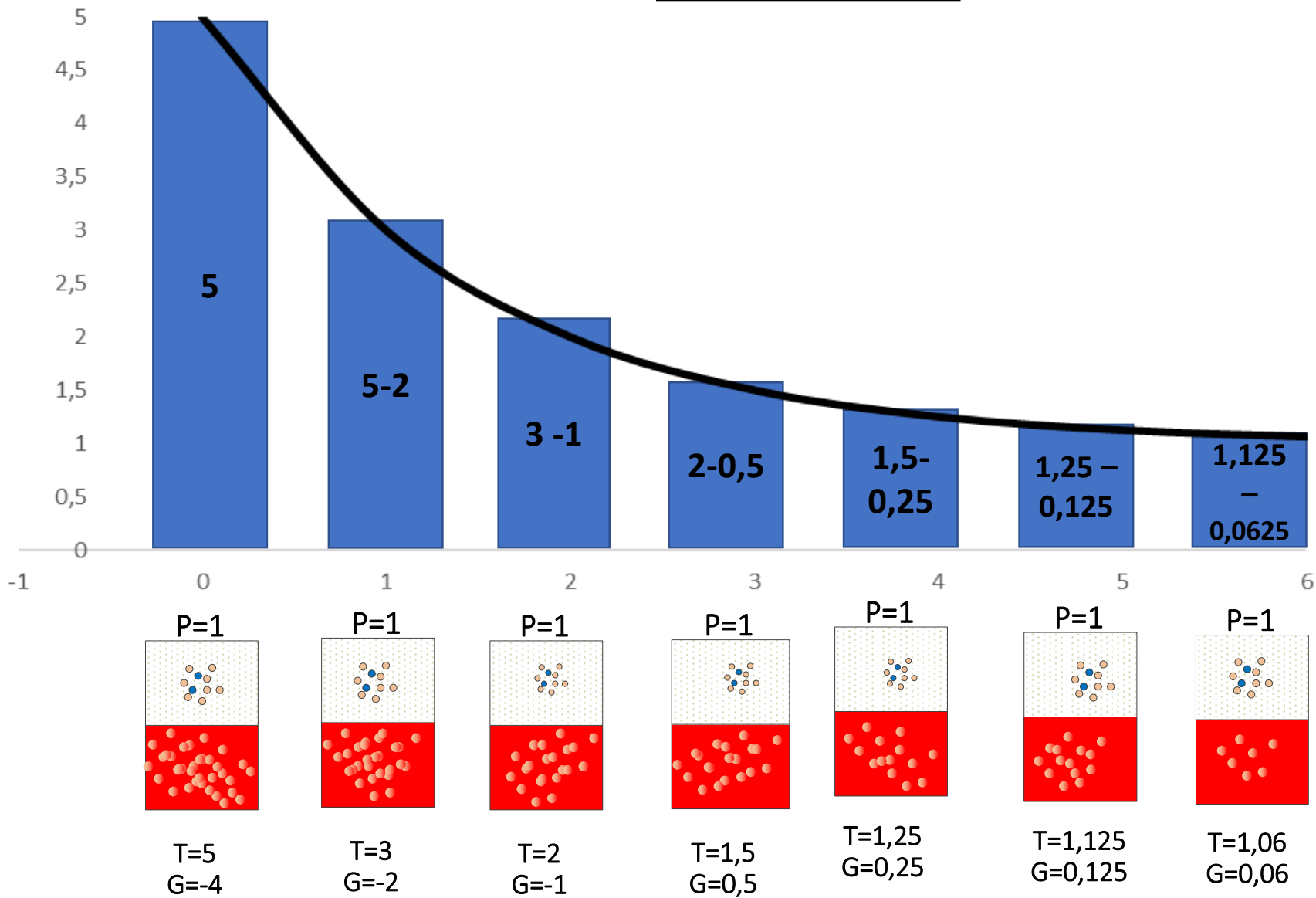
Période	Taux saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75
5	96,875
6	98,4375

Après 6 périodes : on considère une désaturation totale



Dissolution de  
l'Azote ....

vitesse de saturation /désaturation



Dissolution de l’Azote ....

vitesse de saturation /désaturation

Haldane utilise 5 compartiments de périodes :5, 10, 20, 40 et 75 min

Exemple: plongée à l’air de 40 min à 30 m:

Tension d’azote des compartiments: 5, 20, 40

Patm = 1b

Pabs= 4b

% N<sub>2</sub> = 80 %

Période	Taux saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75
5	96,875
6	98,4375

compartiments:	Période 5	Période 20	Période 40
P N <sub>2</sub> initiale	Patm x 0,8 = 0,8		
T N <sub>2</sub> finale max	Pabs x 0,8= 3,2		
Gradient	2,4		
Nb périodes	8	2	1
% saturation	100 %	75 %	50 %
T N <sub>2</sub> finale	0,8+ 2,4 = 3,2 b	0,8+ 1,8 = 2,6 b	0,8+ 1,2 = 2 b
Pouvons nous remonter à la surface ?			

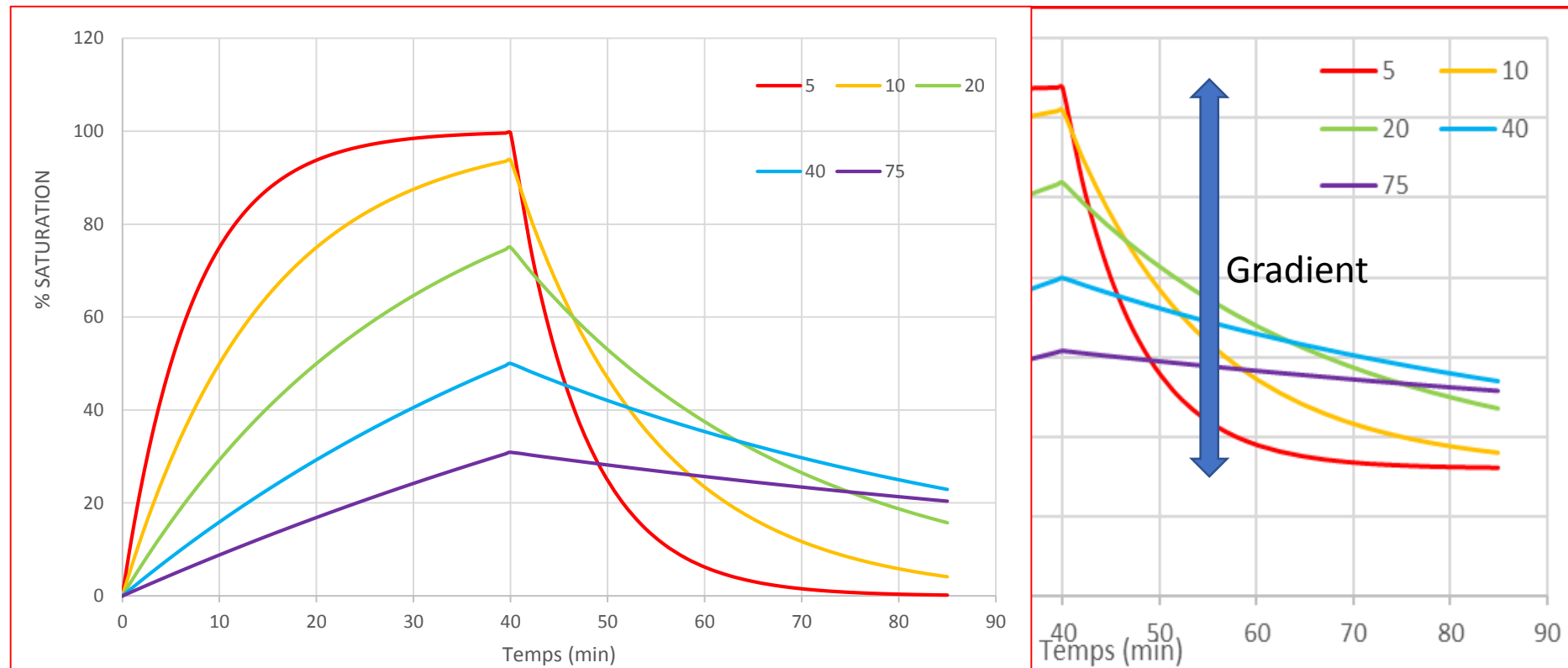
# vitesse de saturation /désaturation

plongée à l'air de 40 min :

% de saturation des compartiments: 5, 10, 20, 40, 75

A 30 m: Tension d'azote des

compartiments: 5, 10, 20, 40, 75





## Dissolution de l'Azote ....

- Pourquoi et objectif
- Rappel
- L'azote et le plongeur
- Dissolution de l'azote (Henry)
- Saturation/désaturation
- Modèle (principe)
- Haldane
- Limite
- Autre modèle

## Condition de retour à la surface

**Haldane** a définie **5 compartiments**

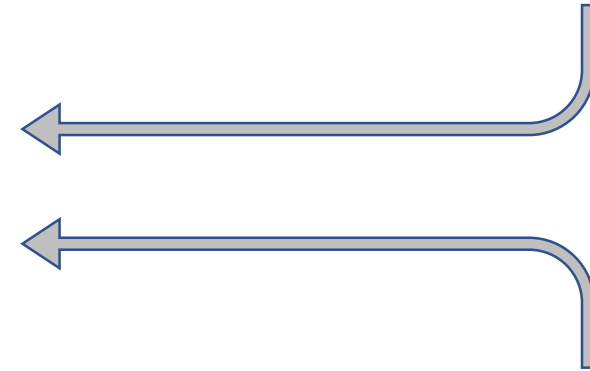
Chaque **compartiment** se caractérise par

- **vitesse de saturation/désaturation** (taux de perfusion → **Période**)
- Condition de sécurité (Coefficient de Sursaturations Critique **Sc**)

$$Sc = \frac{Tension\ N2}{Pression\ Absolue}$$

$$Sc = \frac{T\ N2}{PAbs}$$

**Tension N2 atteinte à la profondeur courante**



**Pression Absolue minimale admissible**

## Dissolution de l'Azote ....

- Pourquoi et objectif
- Rappel
- L'azote et le plongeur
- Dissolution de l'azote (Henry)
- Saturation/ désaturation
- Modèle (principe)
- Haldane
- Limite
- Autre modèle

## Coefficient de Sursaturations Critique Sc

$$Sc = \frac{Tension\ N2}{Pression\ Absolue}$$

$$Sc = \frac{T\ N2}{PAbs}$$

## Coefficient de Sursaturations Critique Sc

Permet de calculer la profondeur minimale à laquelle on peut remonter

$$PAbs\ minimale = \frac{T\ N2}{Sc}$$

A la surface  $PAbs = 1$

Sc est donc la **tension N2 maximale** admissible en surface

# Dissolution de l'Azote ....

- Pourquoi et objectif
- Rappel
- L'azote et le plongeur
- Dissolution de l'azote (Henry)
- Saturation/ désaturation
- Modèle (principe)
- Haldane
- Limite
- Autre modèle

## A quelle profondeur puis je remonter?

Pour Haldane  $Sc=2$  pour tous les compartiments

Exemple: plongée à l'air de 40 min à 30 m:

compartiments:	Période 5	Période 20	Période 40
P N <sub>2</sub> initiale	Patm x 0,8 = 0,8		
T N <sub>2</sub> finale max	Pabs x 0,8= 3,2		
Gradient	2,4		
Nb périodes	8	2	1
% saturation	100 %	75 %	50 %
T N <sub>2</sub> finale	0,8+ 2,4 = 3,2 b	0,8+ 1,8 = 2,6 b	0,8+ 1,2 = 2 b
$P_{abs}=\frac{T\ N_2}{Sc}$	Pouvons nous remonter à la surface ?		
Je peux remonter à	6 m	3 m	La surface

## En résumé le modèle d'Haldane (1907)

- Basé sur la loi de Henry.
  - Saturation / sous saturation / sursaturation/ sursaturation critique
  - Gradient
- cinq compartiments caractérisés par
  - une périodes (temps de saturation et de saturation règle du demi gradients)
- Coefficient de Sursaturations Critique  $Sc = \frac{T N_2}{P_{Abs}}$ 
  - Défini la **pression** absolue **minimale** admissible à la remontée
- C'est un modèle par perfusion
  - Apport N<sub>2</sub> par le Flux sanguin

# En résumé le modèle d'Haldane (1907)

## Ce qu'il faut retenir

### HENRY

### Haldane (1907)



- **Calcul la quantité d'azote (Tension) dissous à saturation**

Cette quantité dépend de

- La nature du liquide
- La nature du gaz
- Température
- De la pression (profondeur)

- Définit 4 états en fonction du **gradient**

- Saturation
- sous saturation
- Sursaturation
- sursaturation critique

- C'est un modèle par **perfusion**

- Apport N2 par le Flux sanguin
- (**circulation et ventilation**)

- **cinq compartiments** caractérisés par

- une **périodes** (temps de saturation et de saturation règle du demi gradients)

- Coefficient de Sursaturations

Critique  $Sc = \frac{T_{N2}}{P_{Abs}}$

- ✓ Défini la **pression absolue minimale** admissible à la remontée

# **HALDANE Un modèle à succès**

## **Flexibilité :**

Nb compartiments (6 à 16)

Périodes choisies (3min à 700min)

Sc ou M-values

## **Simplicité :**

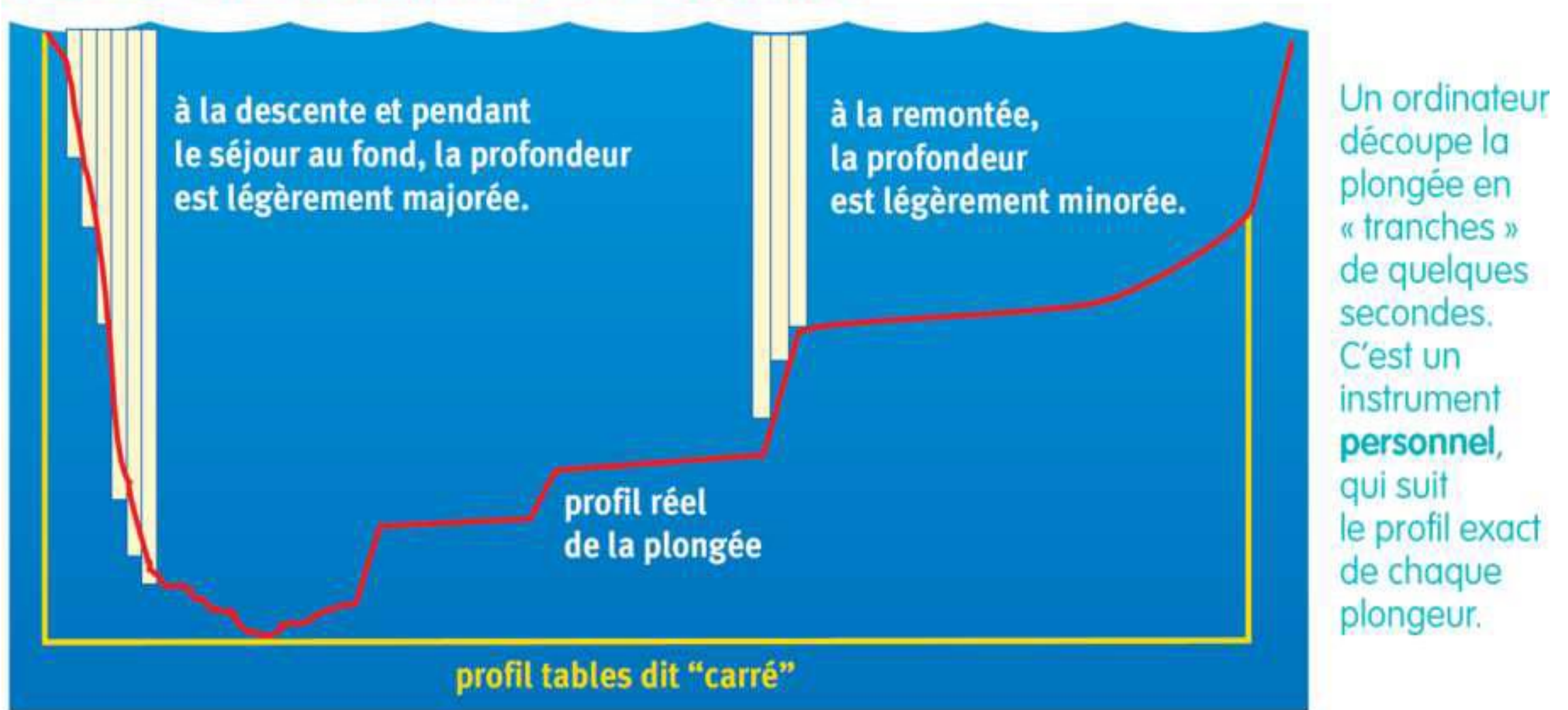
un seul paramètre, facile à mesurer = pression

## **Facilité de mise en œuvre :**

Tables/ ordinateurs

**base de 99% des ordinateurs sur le marché**

# TABLES ET ORDINATEURS DE PLONGEE



La table: Un calcul par plongée → Profondeur Max TN2 est maximisé

Ordinateur: Réactualise le calcul durant toute la plongée → Suit le profil de plongée TN2 moins important

**Mais le calcul reste le même**

Dissolution de l'Azote ....

- Pourquoi et objectif
- Rappel
- L'azote et le plongeur
- Dissolution de l'azote (Henry)
- Saturation/désaturation
- Modèle (principe)
- Haldane
- Limite
- Autre modèle

modèle d'Haldane => Table MN 90

- 12 compartiments (+ 1 deco à l'oxygène)
- $1\text{ Sc} = \frac{T\text{ N}_2}{P\text{Abs}}$  par compartiment

	C5	C7	C10	C15	C20	C30	C40	C50	C60	C80	C100	C120
Période	5	7	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120
Sc	2,72	2,54	2,38	2,20	2,04	1,82	1,68	1,61	1,58	1,56	1,55	1,54

Compartiment long moins tolérant

Notion de compartiment directeur



# Dissolution de l'Azote ....

## A quelle profondeur puis je remonter?

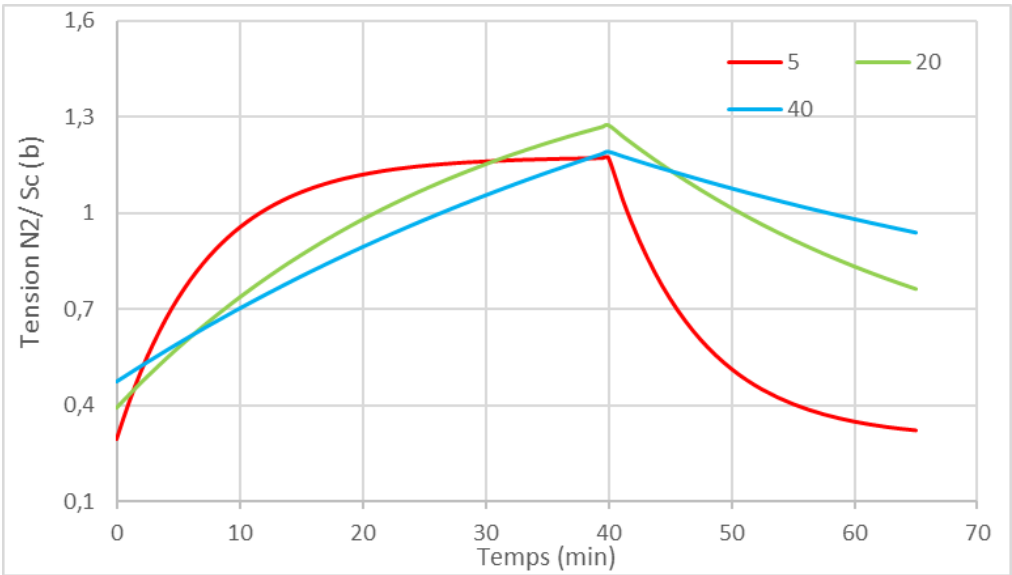
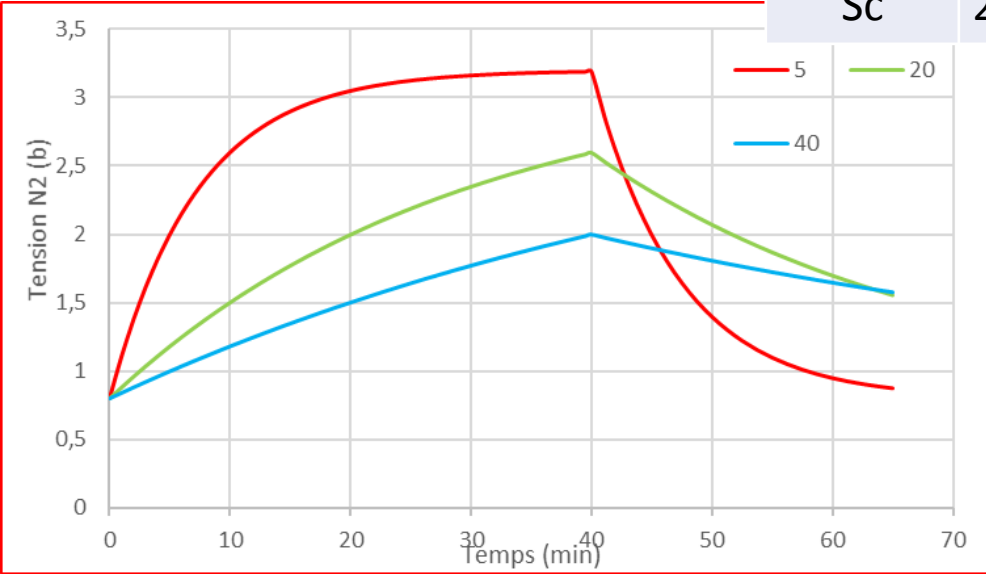
Exemple: plongée à l'air de 40 min à 30 m:

	C5	C20	C40
Période	5	20	40
Sc	2,72	2,04	1,68

compartiments:	Période 5	Période 20	Période 40
P N <sub>2</sub> initiale	Patm x 0,8 = 0,8		
T N <sub>2</sub> finale max	Pabs x 0,8= 3,2		
Gradient	2,4		
Nb périodes	8	2	1
% saturation	100 %	75 %	50 %
T N <sub>2</sub> finale	0,8+ 2,4 = 3,2 b	0,8+ 1,8 = 2,6 b	0,8+ 1,2 = 2 b
Sc	2,72	2,04	1,68
$Pabs=\frac{T N_2}{Sc}$	1,17	1,27	1,19
Je peux remonter à	1,7 m (6)*	3,7 m (3)*	1,9 m (0)*

\*Sc= 2 (Haldane)

COMPARTIMENT DIRECTEUR : C20



Dissolution de l’Azote ....

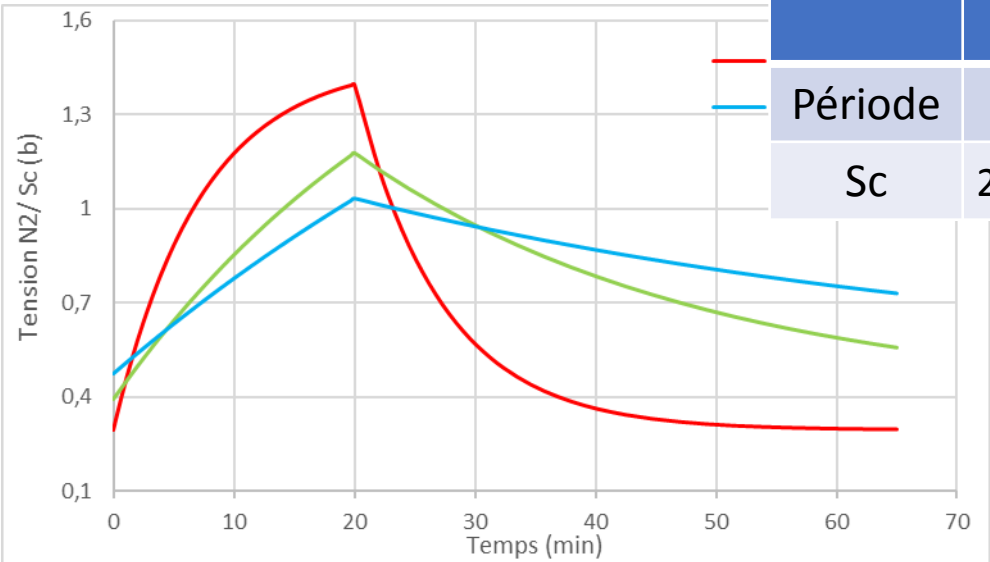
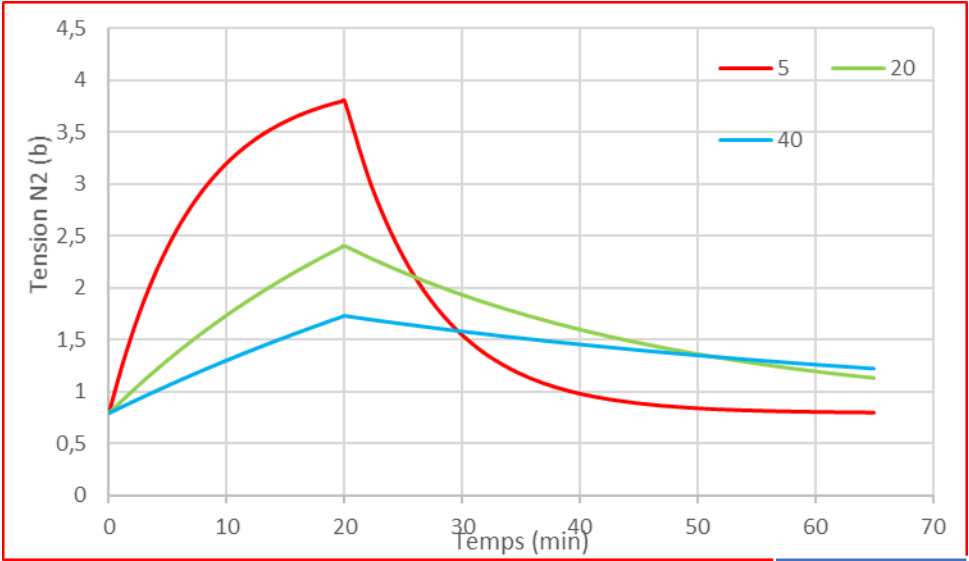
vitesse de saturation /désaturation

Exemple: plongée à l’air de 20 min à 40 m:  
Tension d’azote des compartiments: 5, 20, 40

Patm = 1b, Pabs= 5b  
% N<sub>2</sub> = 80 %

Période	Taux saturation
1	50
2	75
3	87,5
4	93,75
5	96,875
6	98,4375

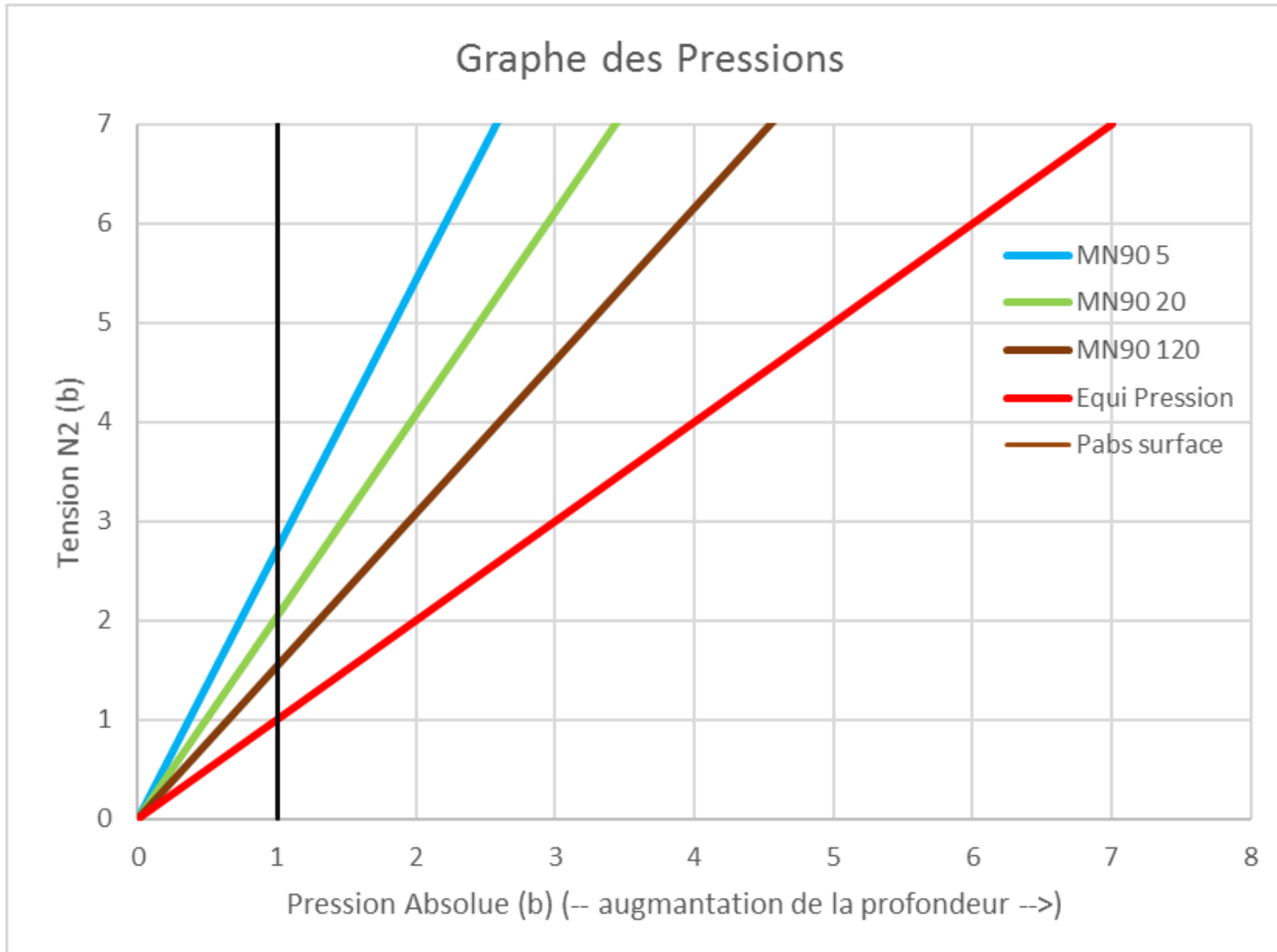
compartiments:	Période 5	Période 20	Période 40
P N <sub>2</sub> initiale	Patm x 0,8 = 0,8		
T N <sub>2</sub> finale max	Pabs x 0,8= 4		
Gradient	3,2		
Nb périodes	4	1	1/2
% saturation	93,75 %	50 %	Hors GP
T N <sub>2</sub> finale	0,8+ 2,4 = 3,8 b	0,8+ 1,6 = 2,4 b	1,73 b
Sc	2,72	2,04	1,68
$Pabs=\frac{T N_2}{Sc}$	1,4	1,18	1,03
Je peux remonter à	4 m	1,8 m	0,3 m



	C5	C20	C40
Période	5	20	40
Sc	2,72	2,04	1,68

COMPARTIMENT DIRECTEUR : C 5

# Evolution d'un compartiment en plongée: Le Graphe des pressions



$$TN2 = SC * Pabs$$

**1 droite par compartiment**

**Sc pente de la droite**

# Evolution d'un compartiment en plongée:

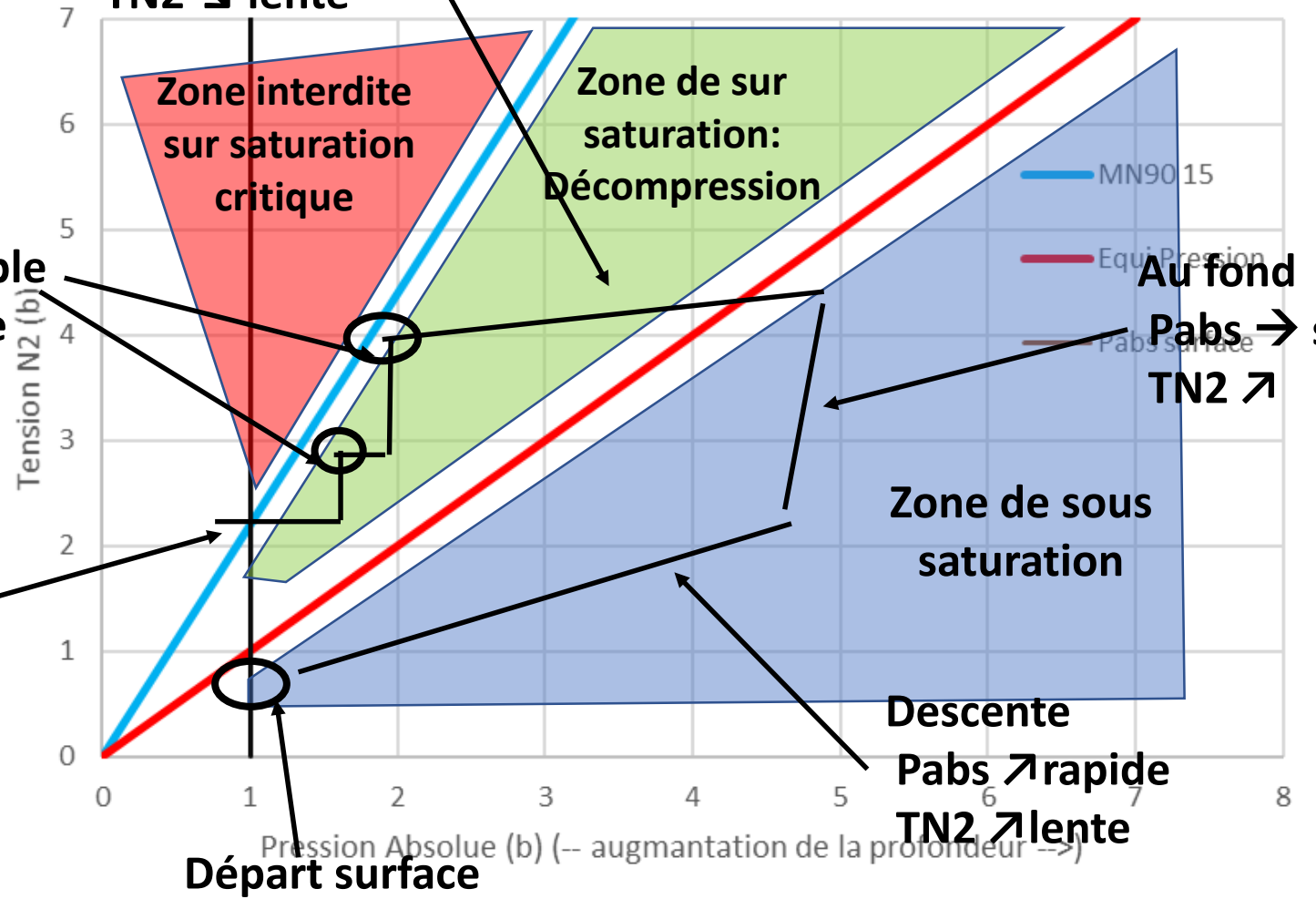
## Le Graphe des pressions

Remontée

Pabs ↘ rapide

TN2 ↘ lente

Graphe des Pressions



$$TN2 = SC * Pabs$$

Pour un compartiment

Au fond

Pabs → stable

TN2 ↗

Descente

Pabs ↗ rapide

TN2 ↗ lente

# L'approche Buhlmann (1983)

Haldane :

- C'est un modèle par perfusion
- Le corps humain est assimilé de 8 à 16 compartiments distincts, caractérisés par des temps de saturation différents (périodes de 4 à 635 min )

mais en mieux:

- Prend en compte l'air alvéolaire (Haldane air atmosphérique)
- A partir des travaux de Workmann (1960) utilise les M value

# M value - Buhlmann

- Haldane

- $Sc = \frac{Tension\ N2}{Pression\ Absolue}$

- **$P_{Abs\ minimale} = \frac{T\ N2}{Sc}$**

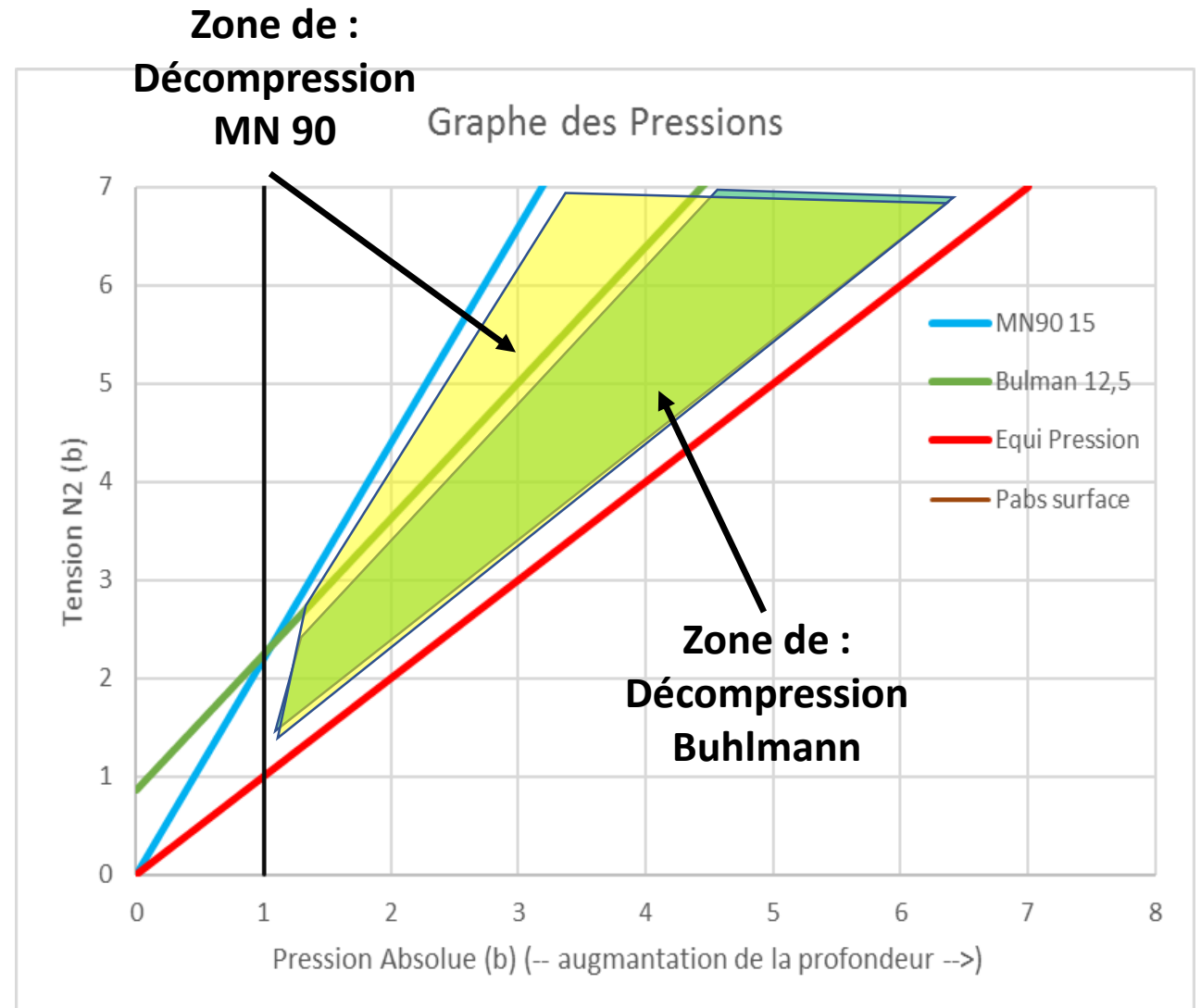
SC constant pour toute profondeur

- Buhlmann

Il définit pour chaque compartiment et chaque profondeur la TN2 maximale tolérable

- **$T\ N2_{max} = A\ P_{Amb} + B$**

A=SC B=0 => Haldane = Buhlmann



Buhlmann plus conservateur, premier palier plus profond que Haldane MN90

# **Facteur de gradient:**

(1998 Baker)

## **L'approche Buhlmann personnalisable**

Permet de faire varier les M value vers plus de conservatisme

Modifie la réparations des paliers (temps profondeur) sur le profil de remonté

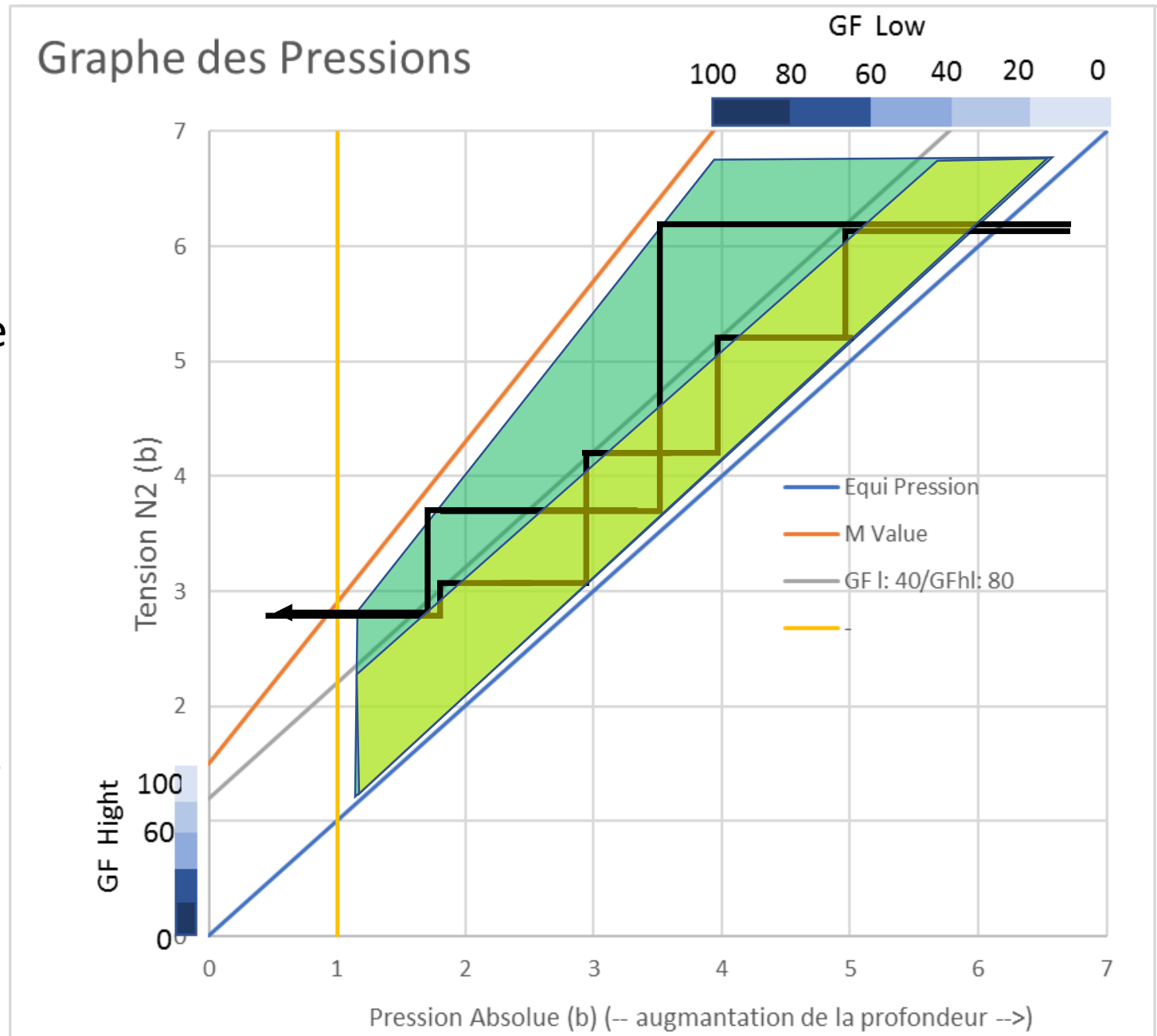
2 paramètre supplémentaires à régler

- GF low permet de modifier la profondeur du premier palier
- GF high durée répartition des paliers

Augmentation du conservatisme:  
augmenter la sécurité

Les GF (Gradient Factor) permettent de  
s'éloigner de la zone de sursaturation  
critique selon Haldane/Buhlmann

- Diminue en fonction de la  
profondeur la TN2 maximale  
tolérable
- Le fait de même façon pour tous  
les compartiments





# Gestion du conservatisme

## « Gradient factor »

un moyen mais pas tout les ordinateurs le propose



Alors pour les autres

Connaitre les paramètres de conservatismes de son ordinateur (lire manuel avec attention):

- paramètre de condition physique
- consommation
- température
- ....

# Gestion du conservatisme

## Mais surtout avoir les bons comportements

- Planifier et la respecter
- Surveiller et respecter la stabilisation/profondeur, les paliers ,les vitesses de remontées
- Limiter les plongées répétitives (journalières/séjour)
- Limiter les efforts
- Eviter les profils à risque (inversé, yoyo...)
- Adapter la plonger
  - ✓ En fonction du milieux (froid, courant, visibilité....)
  - ✓ Des conditions des plongeurs (ages, surcharge pondéral, stress, condition physique, .....

**S'hydrater (vous et les autres) surveiller sa condition physique**

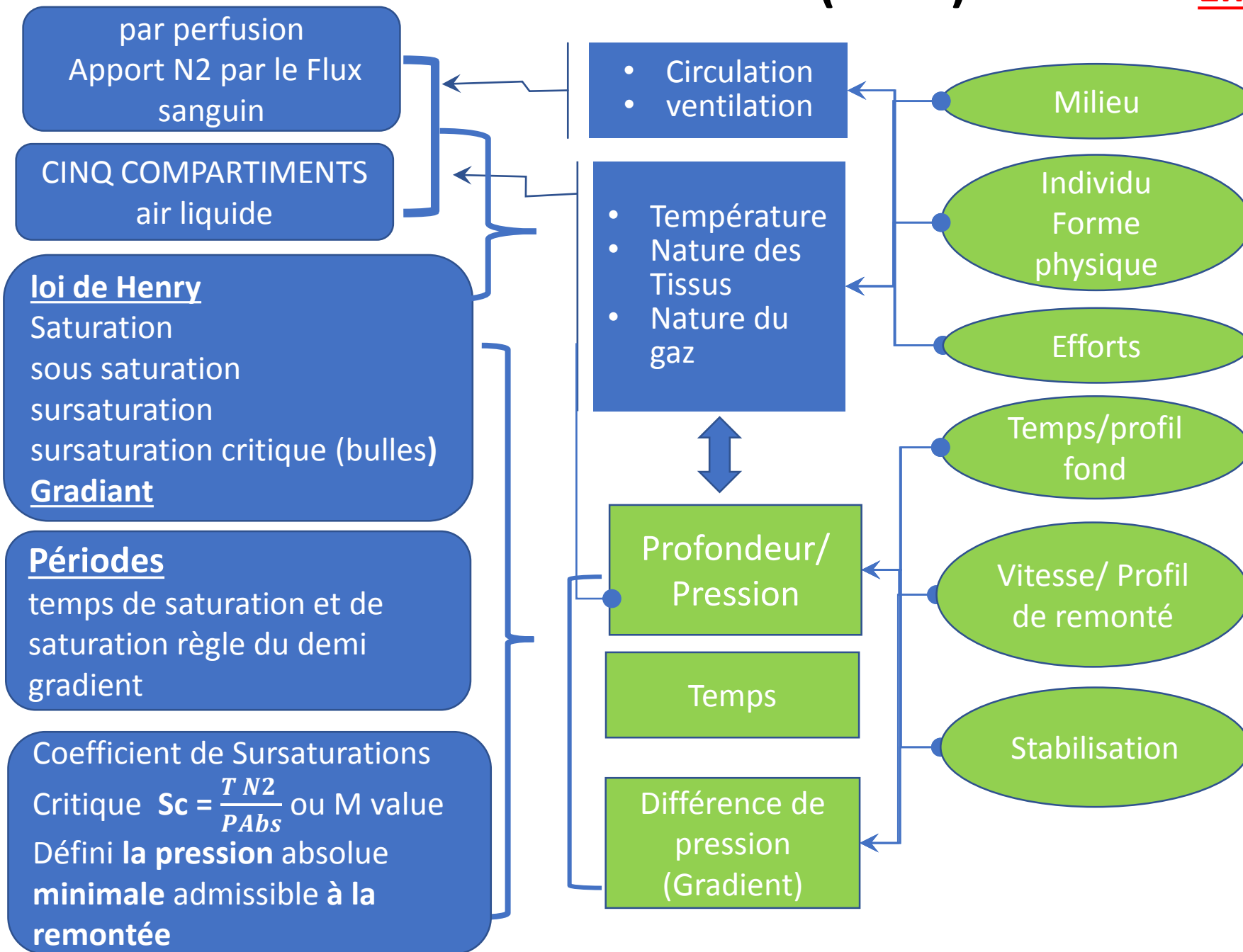
Se souvenir

**Notre Comportement est le plus fort Facteur de Risque comparativement aux Moyens de deco actuels**



# • En résumé les modèle Haldanien (1907)

## En pratique pour le GP



### Planification / Vérifications

- Équipement (lestage)
- Motivation/stress/aptitudes
- paramètres

### Contrôle et Respect des consignes

### Surveillance pendant la plongée

- Stabilisation
- Vitesse
- Froid
- Essoufflement
- ....(yoyo)

### Adaptation de la plongée aux

- Conditions
- Plongeurs
- Matériel (ODD)

### Respect du profil de remonté

- paliers
- vitesse

# APPROCHE BULLAIRE

Partir du constat :

- micro-bulles circulantes présentes systématiquement a la remontée
- Présence de micros bulles physiologiquement normal qui peuvent devenir pathologique

## Objectif :

Suivre l'évolution des microbulles une fois formées (appelées aussi Noyaux gazeux)

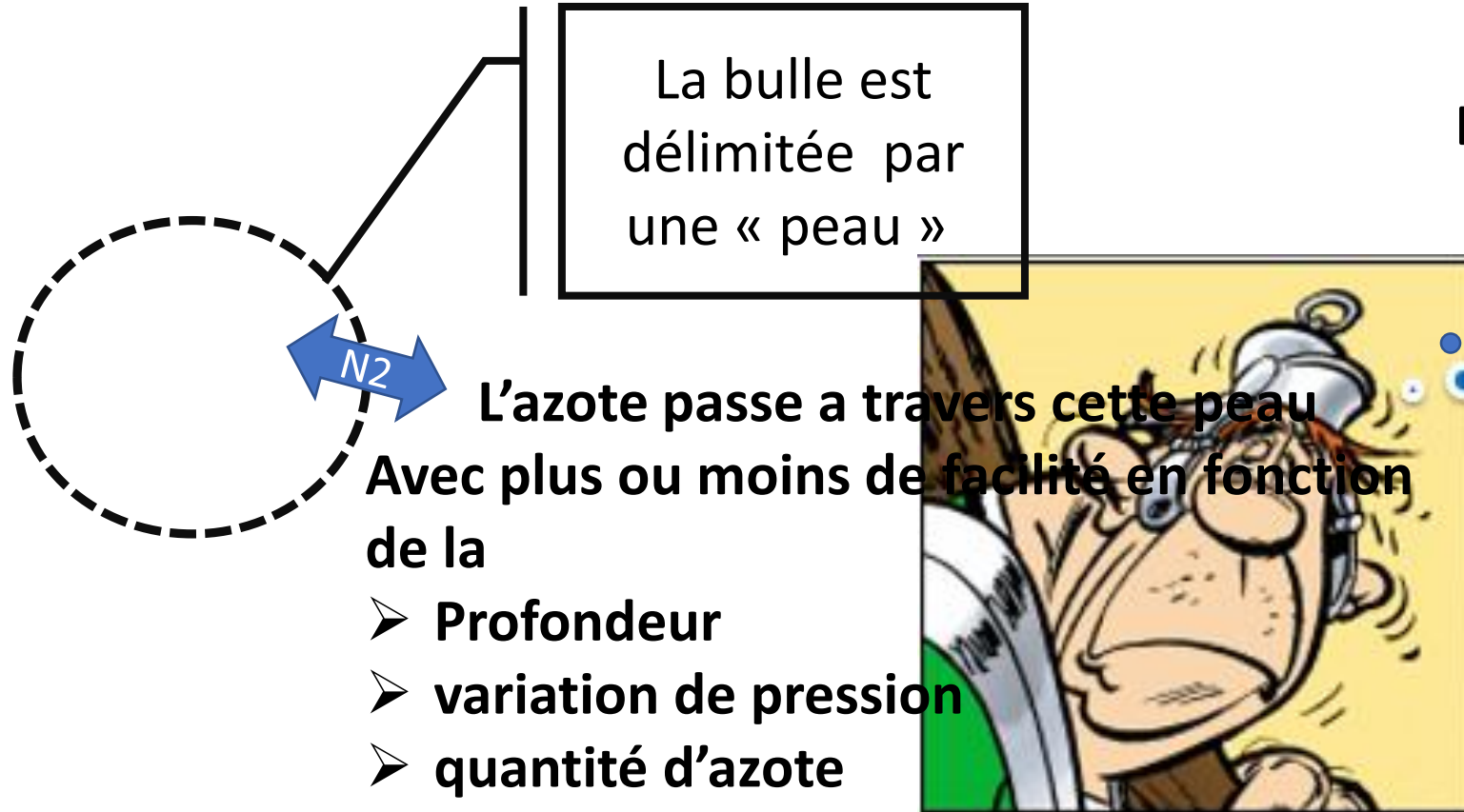
1er hypothèse par **Behnke** (1942) puis **Hills** (1966), **Spencer** (1971),

- **Yount** (1980) → VPM, (validation sur de la gélatine)
- **Wienke** (1990) RGBM (validation différente protéine)

# APPROCHE BULLAIRE

## VPM : Définition

- Variable Permeability Model
- Modèle à Perméabilité Variable



Le volume de la bulle ne dépend plus que de la pression

**C'est la perméabilité variable**

En fonction du profil de plongée le  
**Perméabilité  
modèle VPM  
de quoi ?**

- Calcul de la taille des bulles
- Calcul avec la quantité d'azote (Buhlmann) du volume total de bulles

**Etablit le profil de remonté pour**

- Limiter la taille des bulles
- Limiter le volume total



# APPROCHE BULLAIRE

## RGMB

### Adaptation du modèle VPM

- Semble ajouter des phénomènes de coalescence (regroupement de bulles) et de cavitation
- Calcul la phase dissoute avec son propre modèle (Buhlmann modifié ?)
- modèle de perméabilité différent car (validé autrement)
- Prise en compte de l'altitude, profils inverses, plongées
- multiples

VPM modèle publié et libre d'accès

RGBM modèle propriétaire (peu d'information)

# APPROCHE BULLAIRE

VPM / RGMB

Profil de remonté:

- Paliers + profonds
- Paliers + courts près de la surface
- Vitesse de remontée + lente

Pour des plongées de durée courte la déco est plus longue qu'avec les autres modèles. Le phénomène s'inverse dès que la durée des plongées devient significatif

Importance de la vitesse de descente et de la profondeur maxi atteinte...

Plus sensible

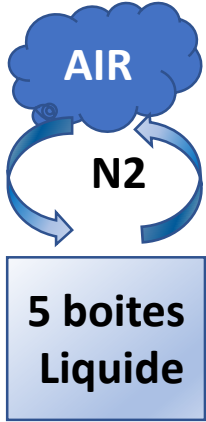
- Au vitesse excessive de remonté
- Au yoyo

Adapté à la plongée profonde et multi-gaz

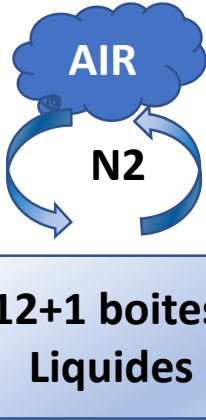
# En résumé

Modélisation du corps humain en compartiments

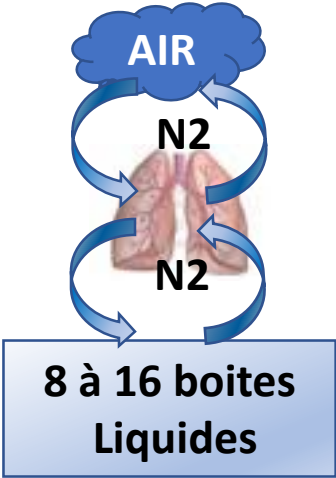
HALDANE



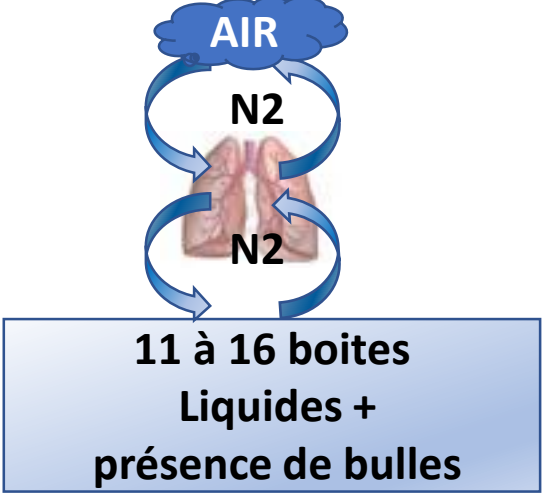
MN 90



BUHLMANN

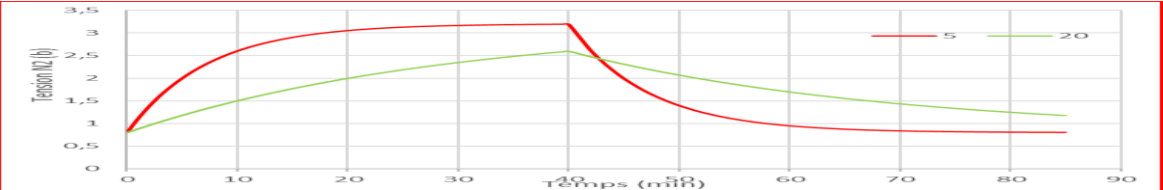


APPROCHE BULLAIRE VPM/RGBM



Echanges gazeux

Henry /états saturations/ perfusion/gradient/ périodes



«Haldane» + Calcul taille et volume bulles

Apparition ADD

Pabs Minimale  
 $=TN2/2$

Pabs Minimale  
 $=TN2/Sc$

M value:  $TN2 = A$   
Pabs Minimale + b

Taille des bulles  
Volume total de bulles

Paramètres influents

Natures des tissus/gaz /Température/ circulation/ ventilation

Temps/ Profondeur

Temps / Profil de plongée

Vitesse/ yoyo



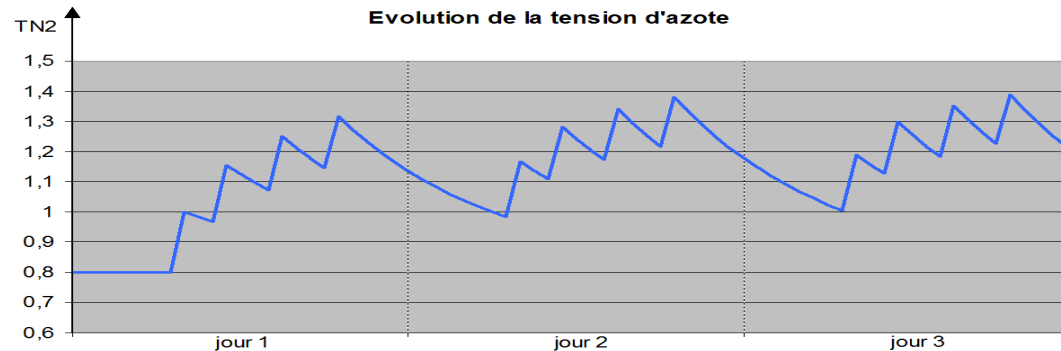


# Intervalle de surface et plongées répétitives

Désaturation en surface calculer sur les compartiment les plus longs  
(Etant moins tolérants ils deviennent directeur)

MN 90 compartiment 120 min → désaturation complète 12 h (6 x120)/60

Buhlmann compartiment 635 min → désaturation complète plus de 2,6 j



## Conséquence

- Accumulation d'azote différentes au des cour plongées en fonction des ordinateurs → profil de remonté différent (temps de palier)
- Présence d'azote en continue dans les tissus → diffusion possible entre les tissus (hors limite modèle à perfusion)

Attention

Séjour plongée

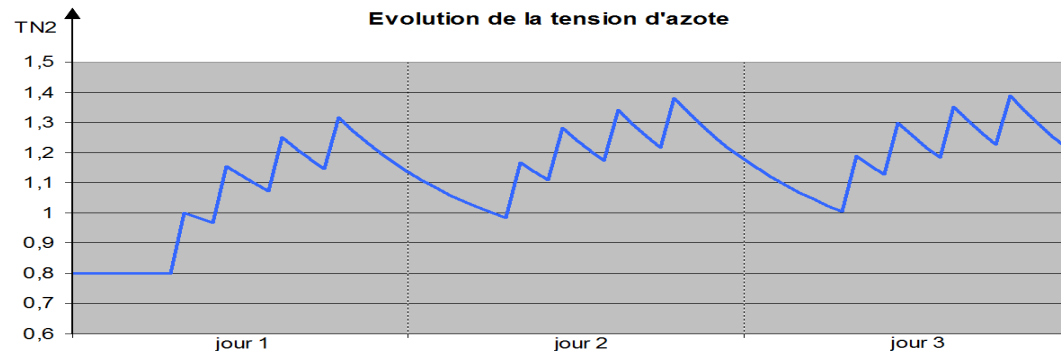
Journée à plus de deux plongées par jours

# Marge de sécurité Table Ordinateur

Désaturation en surface calculer sur les compartiment les plus longs  
(Etant moins tolérants ils deviennent directeur)

MN 90 compartiment 120 min → désaturation complète 12 h (6 x120)/60

Buhlmann compartiment 635 min → désaturation complète plus de 2,6 j



## Conséquence

- Accumulation d'azote différentes au des cour plongées en fonction des ordinateur → profil de remonté différent (temps de palier)
- Présence d'azote en continue dans les tissus → diffusion possible entre les tissus (hors limite modèle à perfusion)

Attention

Séjour plongée

Journée à plus de deux plongées par jours

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Dissolution de l’Azote ....

vitesse de saturation /désaturation

Exemple: plongée à l’air de 40 min à 30 m:  
Tension d’azote des compartiments: 5, 20, 40

Patm = 1b  
Pabs= 4b  
% N<sub>2</sub> = 80 %

Nb périodes	T N <sub>2</sub>	T N <sub>2</sub> Max	Gradient	Gradient/2	$\frac{T N_2 + T N_2 \text{ finale}}{2}$	% Saturation
0	Patm x 0,8 = 0,8	Pabs x 0,8= 3,2	2,4	1,2		
1	0,8+1,2=2	3,2	1,2	0,6	(0,8+3,2)/2=2	(0+100)/2=50
2	2+0,6=2,6	3,2	0,6	0,30	(2+3,2)/2=2,6	(50+100)/2=75
3	2,6+0,3=2,9	3,2	0,30	0,15	(2,6+3,2)/2=2,9	(75+100)/2=87,5
4	2,9+0,15=3,05	3,2	0,15	0,08	(2,9+3,2)/2=3,05	(87,5+100)/2=93,75
5	3,05+0,08=3,13	3,2	0,08	0,04	(3,05+3,2)/2=3,13	(93,75+100)/2=96,88
6	3,13+0,04=3,17	3,2	0,04	0,02	(3,13+3,2)/2=3,17	(96,88+100)/2=98,44
7	3,17+0,02=3,19	3,2	0,02	0,01	(3,17+3,2)/2=3,19	(98,44+100)/2=99,22
8	3,19+0,01=3,20	3,2	0,01	0,00	(3,19+3,2)/2=3,20	(98,22+100)/2=99,61