



Cours théorique PA-40

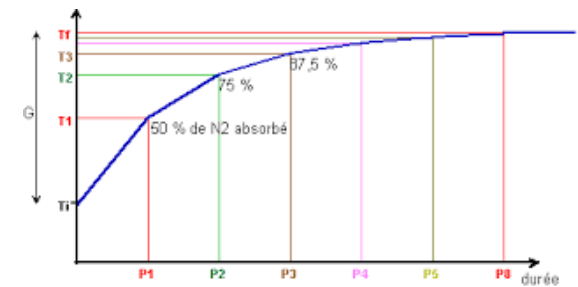
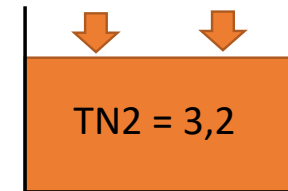
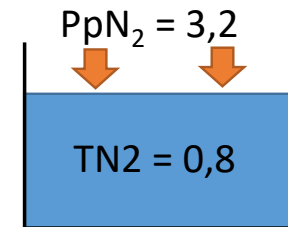
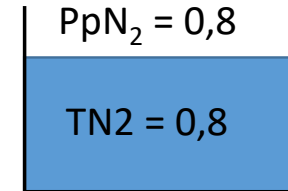
Cour n°5 – Planification et modèles de décompression



La saturation

Rappels

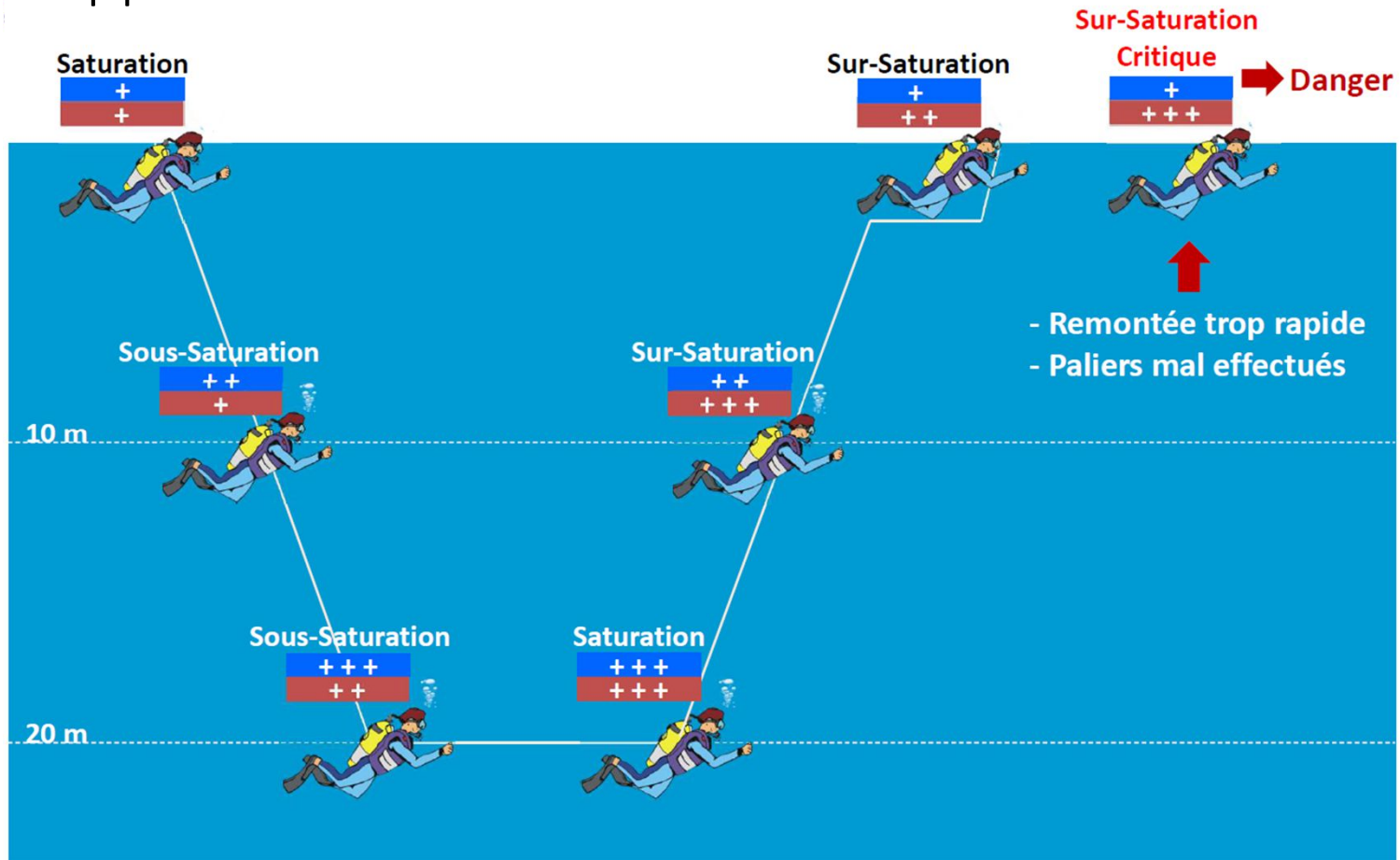
- La saturation est l'équilibre des échanges d'un gaz entre le milieu ambiant et le corps humain (en plongée).
- La pression partielle d'un gaz dans un mélange est la pression qu'il exercerait s'il était occupait seul l'espace occupé par le mélange.
- La tension d'un gaz dans un liquide mesure la quantité du gaz dans le liquide. Elle est proportionnelle à la pression partielle exercée par ce gaz à la surface du liquide. A l'équilibre, la tension est égale à cette pression partielle





La saturation

Rappels





La saturation

Mécanismes

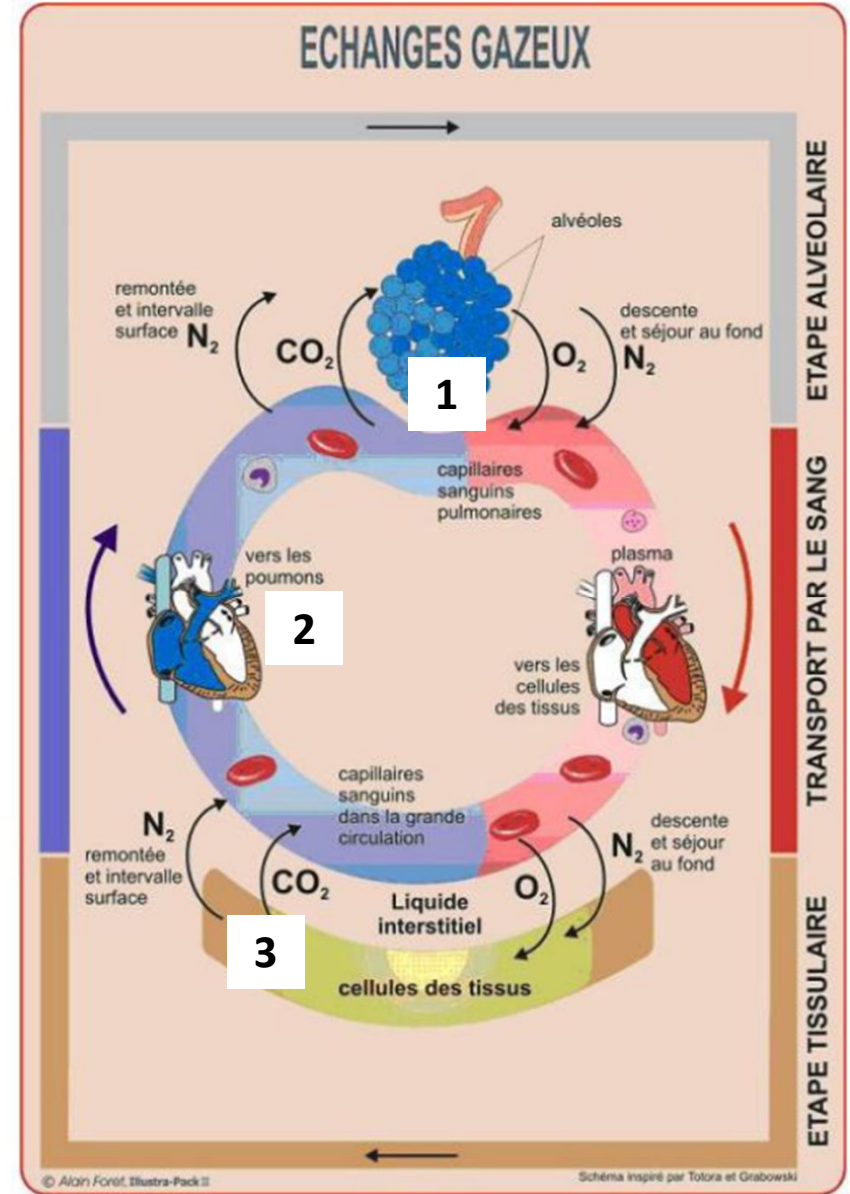
- L'azote traverse les alvéoles et se passe dans le système circulatoire selon la loi de Henri :
 - ➔ C'est la **dissolution**
- L'azote est ensuite transporté vers les tissus à travers le système circulatoire.
 - ➔ C'est la **perfusion**.
- Au niveau des tissus, l'azote sort du système circulatoire (artérioles) et traversent le liquide interstitiel et la parois des cellules :
 - ➔ C'est la **diffusion**



La saturation

Mécanismes

1. Dissolution
2. Perfusion
3. Diffusion





Les modèles de décompression

- Modèle à perfusion : basé principalement sur le temps d'acheminement de l'azote vers les tissus (Haldane). Haldane définit la notion de compartiment, ensembles regroupant les tissus ayant les mêmes propriétés cinétiques de perfusion de l'azote.
- Modèle à diffusion : prend en compte le temps de diffusion de l'azote dans les tissus (Bühlmann)
- Modèle à microbulle : prend en compte la formation de microbulles dans les tissus (VPM, RGBM)



Les modèles de décompression

Modèles de Haldane

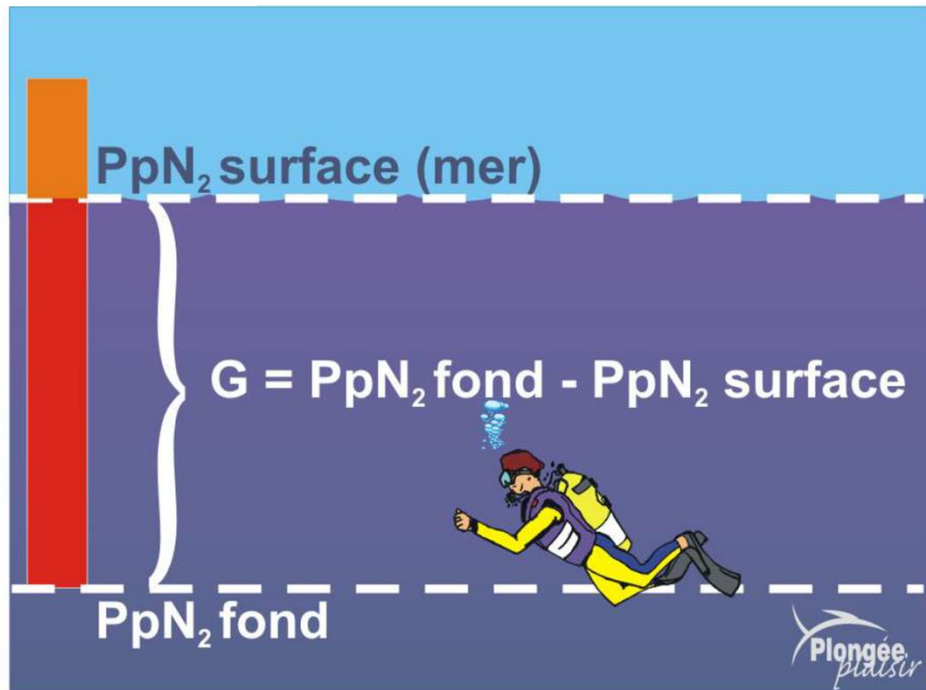
Hypothèses :

- 5 puis 12 compartiments définis par leur cinétique de perfusion
- La saturation et la désaturation sont symétriques : un même tissu sature et désature à la même vitesse
- Le seuil de sursaturation critique (CSc) d'un compartiment est la tension de l'azote au-delà de laquelle il reprend sa forme gazeuse
 - Tant que la saturation est sous le seuil, pas de palier.
 - Dès que la saturation atteint le seuil, le palier est obligatoire
 - Si la saturation dépasse le seuil, des bulles commencent à se former



Les modèles de décompression

Modèles de Haldane



- Le **gradient** est la différence entre la pression partielle d'azote au fond et à la surface



- La **période** est le temps de perfusion de la moitié du gradient



Les modèles de décompression

Modèles de Haldane

- Le seuil de sursaturation critique est le rapport entre la tension de d'azote tolérable par le tissu (sa saturation maximale supportable) et la pression absolue :

$$CSc = TN_2 \text{ max} / P_{\text{abs}}$$

- $TN_2 \text{ max}$ est établi de manière empirique.
- Si la pression absolue diminue (à la remontée, sans désaturation), le seuil est dépassé et des bulles se forment



Les modèles de décompression

Modèles de Haldane

- On peut déduire de la formule précédente la pression absolue en deçà de laquelle les bulles se forment et de là la profondeur minimale à maintenir (palier)
- Chaque compartiment n'ayant pas la même tolérance en azote, le plongeur doit s'aligner sur le compartiment le plus sensible. On parle de compartiment directeur



Les modèles de décompression

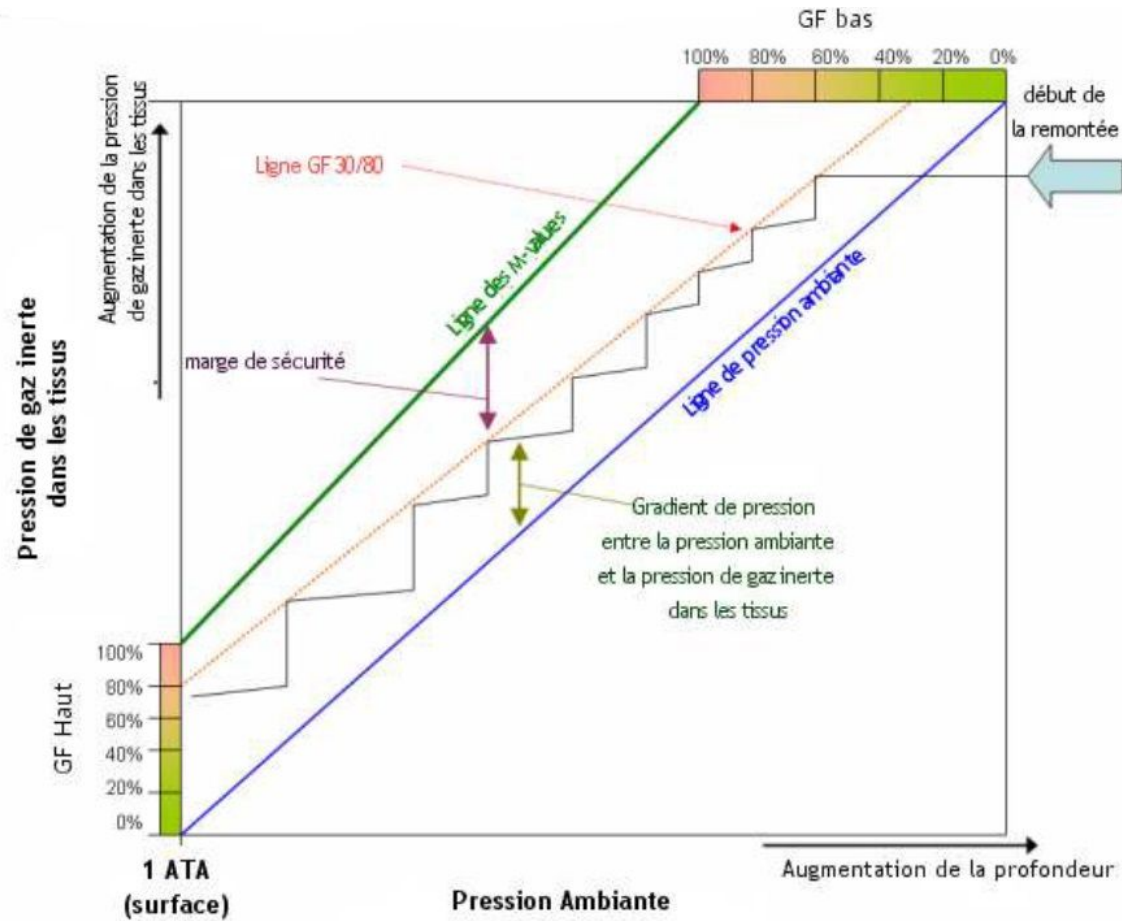
Modèles de Bühlmann

- Evolution du modèle Haldanien étendu à 16 compartiment
- Introduit la notion de M-Value :
 - Le CSc de chaque compartiment varie en fonction de la profondeur
 - M est la valeur Maximum d'azote tolérable à la profondeur courante
- Les facteurs de gradient ou Gradient Factors (GF) ajoute une marge de sécurité aux M-Values
- Prend en compte la composition particulière de l'air alvéolaire (et non de l'air ambient)



Les modèles de décompression

Modèles de Bühlmann





Les modèles de décompression

Modèles VPM

- Présence dans l'eau et dans les tissus de noyaux gazeux, même en dehors de la plongée, dont la taille et le nombre varie selon les individus et les tissus.
- Les noyaux servent d'amorces à la formation de microbulles dont la taille dépend de :
 - La pression
 - La tension superficielle
 - Les surfactants : molécules en partie hydrophile, en partie hydrophobe



Modèles mis en œuvre par les constructeurs

- **Suunto** : Suunto Fused™ RGBM
- **Scubapro** : Multi-Level RGBM (Recreational Gradient Bubble Model)
- **Garmin (des ordinateurs de plongée comme le Descent Mk2/Mk2i)** : Bühlmann ZH-L16C, avec des ajustements via le modèle de Gradient Factor
- **Aqualung (par exemple, l'ordinateur de plongée i770R)** : Aqualung Z+ (modèle basé sur le modèle Bühlmann ZH-L16)
- **Mares** : Mares PZ+ (un modèle hybride basé sur Bühlmann et RGBM)
- **Shearwater (par exemple, l'ordinateur de plongée Perdix, Petrel)** : Bühlmann ZH-L16C avec Gradient Factors
- **Oceanic (par exemple, l'ordinateur de plongée Geo 4.0)** : Oceanic Pelagic DSAT (Deep Sea Algorithm for Diving)
- **Cressi (par exemple, le Leonardo)** : Cressi RGBM
- **Aeris (par exemple, l'ordinateur de plongée A300)** : Pelagic Z+ (une variante des modèles Bühlmann et RGBM)
- **TUSA (par exemple, l'ordinateur de plongée IQ-1200)** : Bühlmann ZH-L16
- **Atomic Aquatics (par exemple, l'ordinateur de plongée Cobalt)** : ZHL-16C avec Factor de Gradient
- **Liquivision (par exemple, le X1)** : Bühlmann ZH-L16C avec Factor de Gradient