Dissolution des gaz et Modèle de désaturation

MOREAU laurent

Dissolution des gaz

- Justification :
  - Les liquides dissolvent les gaz en plongée, notre corps dissous plus de gaz en profondeur qu'à la surface
  - L'oxygène est consommé lors de la plongée
  - L'azote est un gaz inerte qui est dissout dans le corps

- La loi :
  - À 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.

Pabs = Patmo + Phydro

PP = Pabs x %du gaz / 100

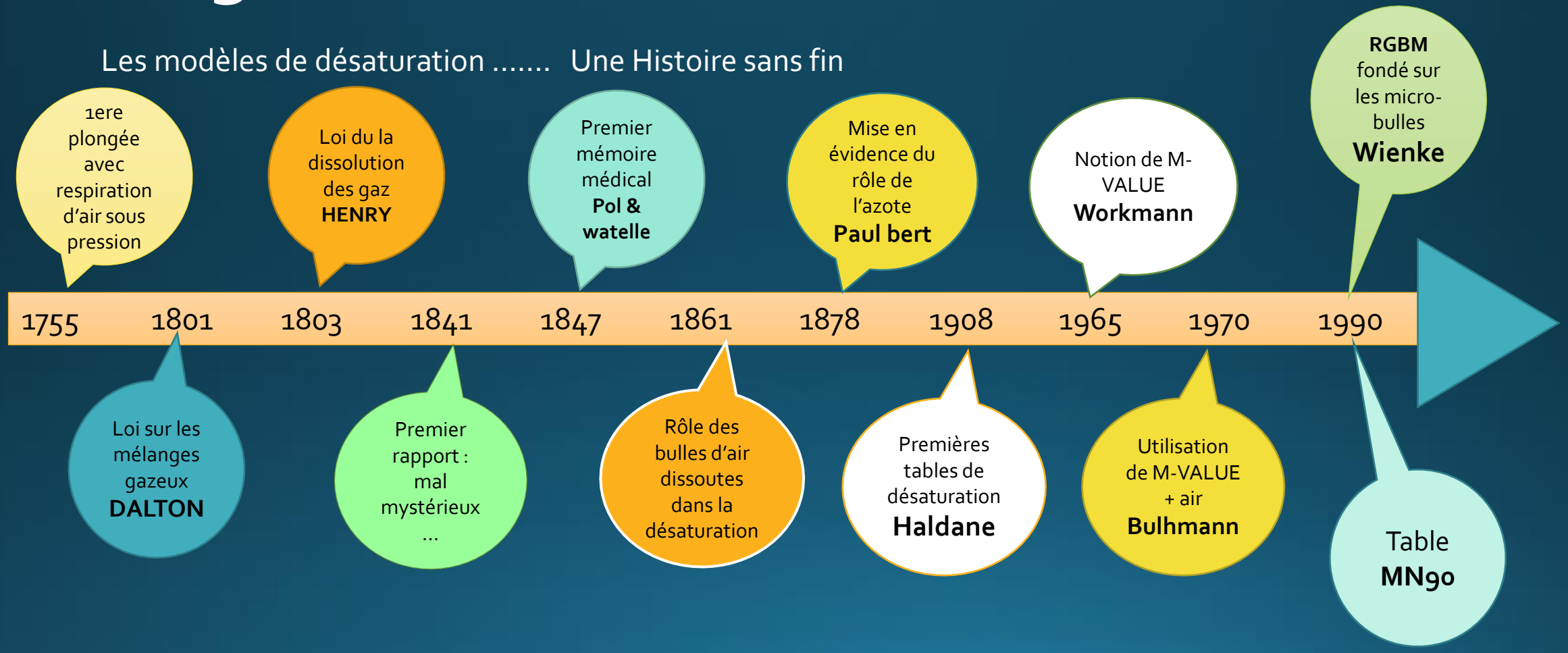
Dissolution des gaz

Un petit film pour comprendre :

Etats de saturation : https://www.youtube.com/watch?v=Nn2-OSGQOto

Dissolution des gaz

Les modèles de désaturation ……. Une Histoire sans fin



Dissolution des gaz

- Un modèle , c'est quoi ?
  - C'est la représentation mathématique du corps humain
  - En plongée, les modèles de désaturation, c'est :
    - La simplification des réactions du corps
    - Le classement des éléments du corps en compartiments

  - Chaque compartiment a :
    - Une période: c'est le temps de charge et de décharge
    - Un seuil de sursaturation critique (Sc) : c'est le taux à ne pas dépasser , qui impose le palier

  - 2 catégories de modèles sont principalement utilisés :
    - L'azote dissout : quantité de N2 + baisse de pression = bulles
    - Les micro-bulles : un certain nombre de micro-bulles + baisse de pression = bulles

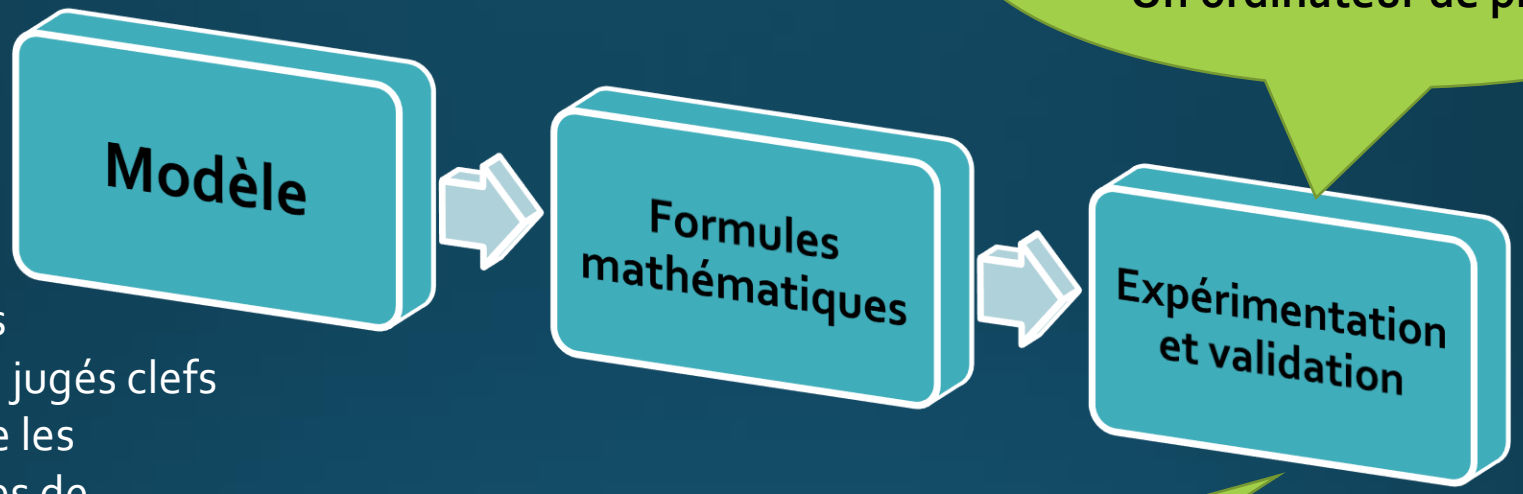
Dissolution des gaz

- Mais alors, c'est quoi les limites d'un modèle ?
  - Le débit cardiaque et la consommation du plongeur
  - Sa capacité à éliminer l'azote
  - Tous les éléments non pris en compte dans les modèles (l'Age , le poids, les effort, le stress, etc…)
  - Les conditions dans lesquelles ont été testés les modèles

En Gros , ça ne marche pas forcément à tout les coups et pour tout le monde …

Dissolution des gaz

- En résumé :



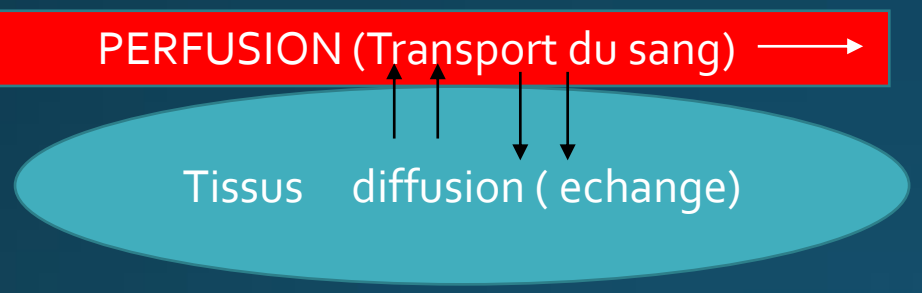
Hypothèses
Paramètres jugés clefs pour décrire les phénomènes de décompression

Présentation sous forme de
logiciel
Un ordinateur de plongée

Présentation sous forme de valeurs précalculées
Les tables de plongée

Dissolution des gaz

- Le modèle HALDANIEN :
  - C'est un modèle « par PERFUSION »



Les gaz transportés par le sang (perfusion) pénètrent ou s'évacuent par diffusion

Le modèle HALDANIEN ignore le phénomène de diffusion

  - Hypothèses:
    - La PPN2 alvéolaire = la PPN2 de gaz dissous
    - À la sortie des tissus = la PPN2 de gaz dissous = la PPN2 tissulaire
    - 5 compartiments de périodes différentes

Dissolution des gaz

- La tension:
- Dans un **gaz**, la quantité de gaz contenue dans un mélange soumis à une pression s'appelle

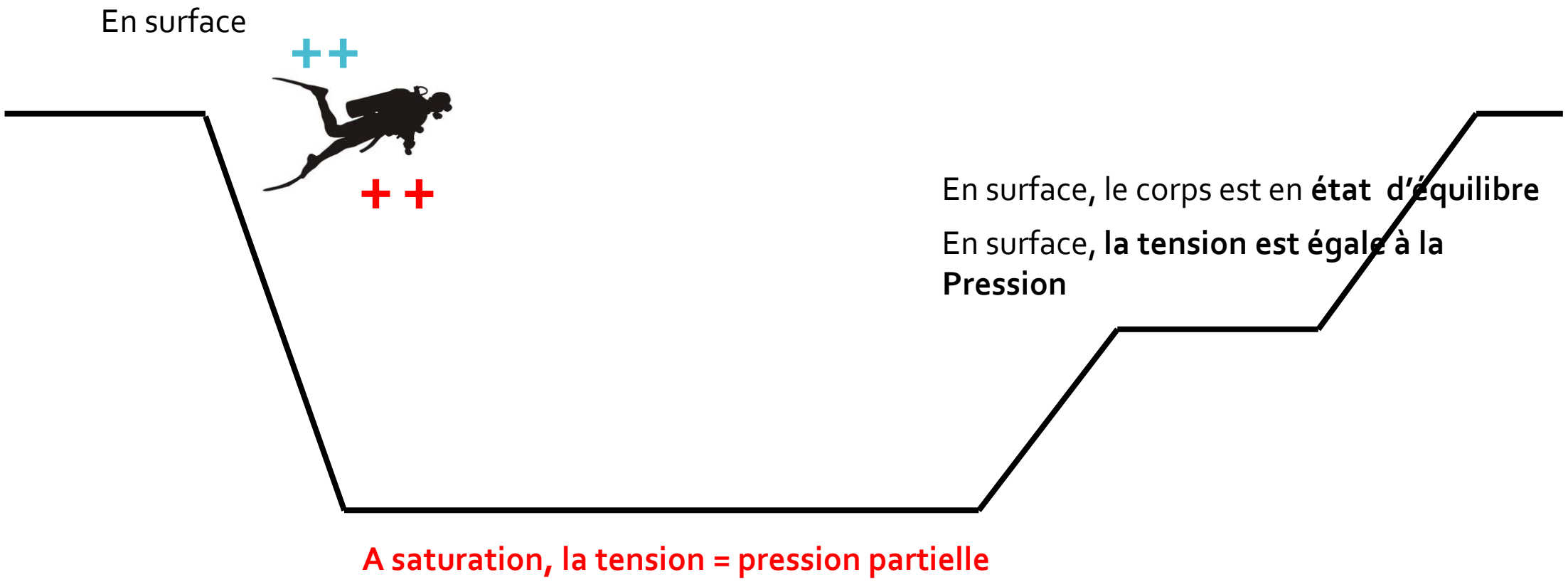
LA PRESSION PARTIELLE

- Dans un **liquide**, la quantité de gaz contenue dans un mélange soumis à une pression s'appelle

LA TENSION

- **Quel est le gaz qui nous concerne ?**
  - **Le mélange gazeux qui nous concerne est : L'air**
  - **Mais seul l'azote nous pose problème**
  - **L'O2 est consommé par l'organisme**

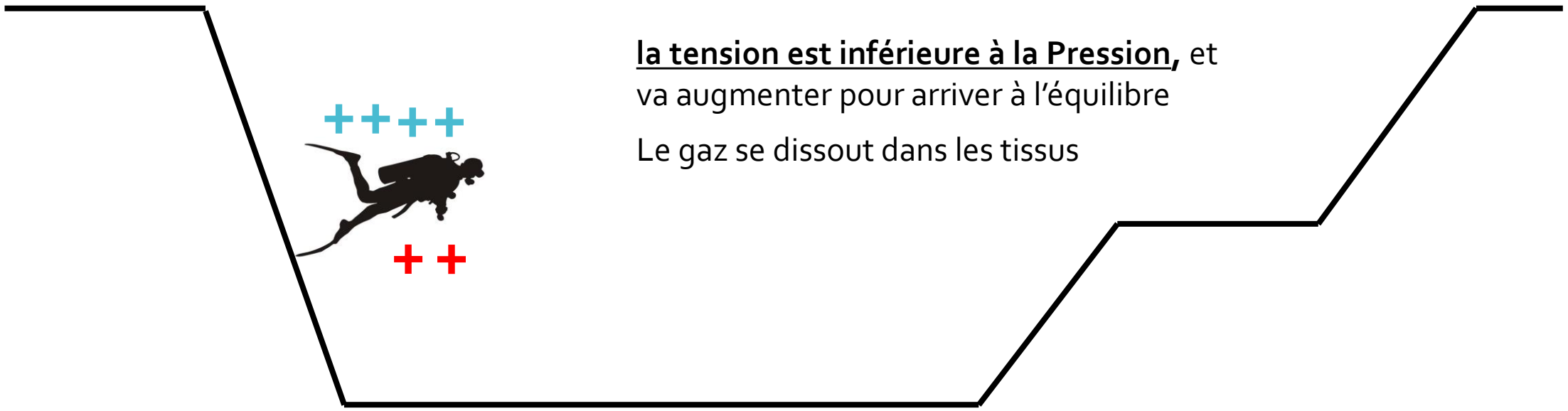
Dissolution des gaz



Dissolution des gaz

A la descente

Pendant la descente, **le corps est en sous-saturation**



<u>la tension est inférieure à la Pression</u>, et va augmenter pour arriver à l'équilibre

Le gaz se dissout dans les tissus

A sous-saturation, la tension < pression partielle

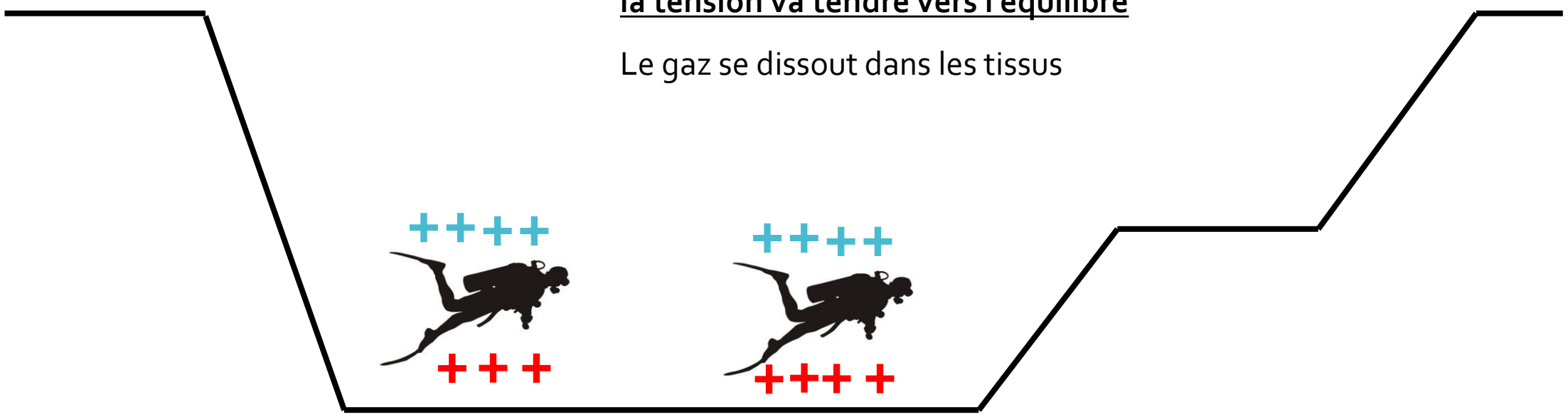
Dissolution des gaz

Au fond :

au fond , **le corps est à saturation**

<u>la tension va tendre vers l'équilibre</u>

Le gaz se dissout dans les tissus



A saturation, la tension = pression partielle

Dissolution des gaz

A la remontée:
à vitesse normale

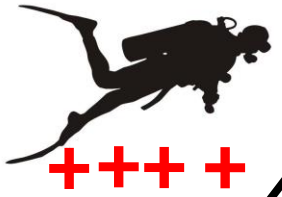
Pendant la remontée, **le corps est à sursaturation**

la tension est supérieure et va diminuer vers la valeur de la pression partielle

Le gaz dissout est évacué par la respiration

++

Le plongeur commence sa désaturation



+++ +

A sursaturation, la tension > pression partielle

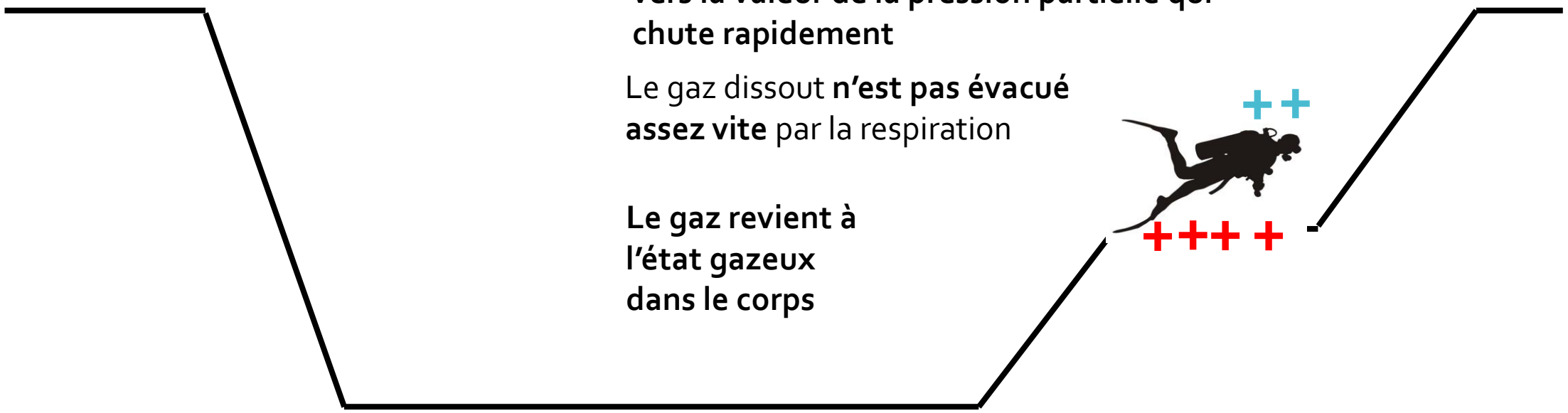
Dissolution des gaz

A la remontée:
à vitesse trop rapide

la tension est supérieure et va diminuer vers la valeur de la pression partielle qui chute rapidement

Le gaz dissout **n'est pas évacué assez vite** par la respiration

Le gaz revient à l'état gazeux dans le corps



A sursaturation critique , la tension >> pression partielle

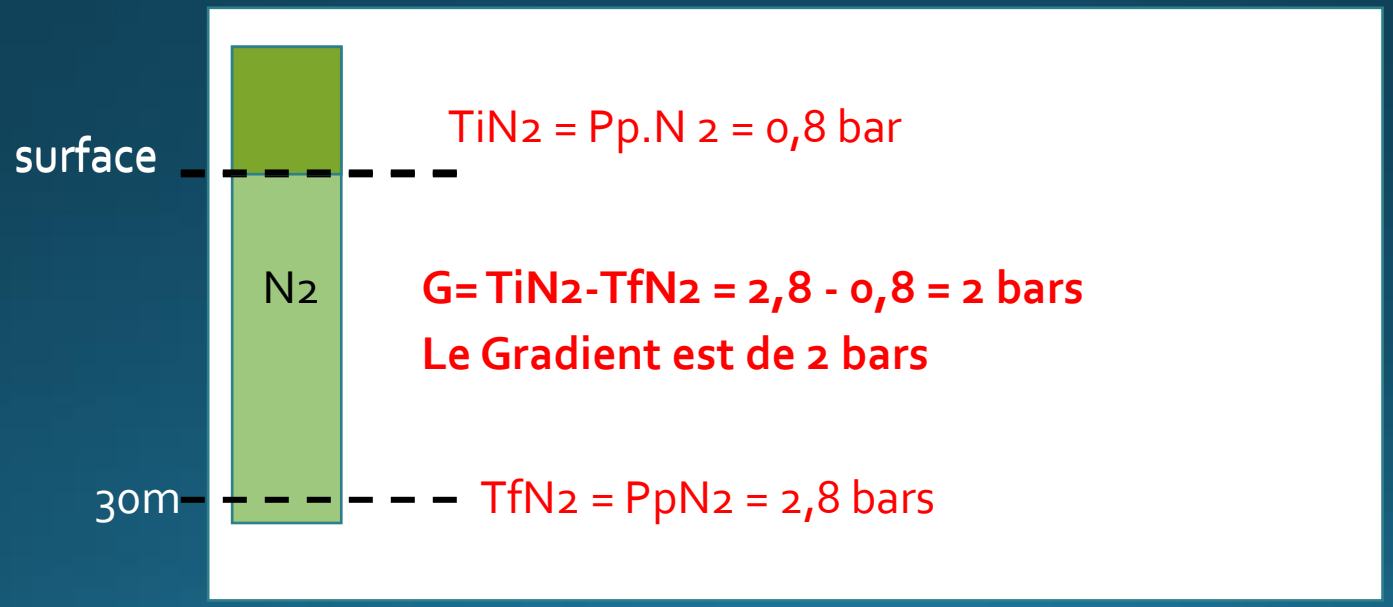
Dissolution des gaz

Gaz dans la cuve	plongeur	pression	État de saturation	gaz
On presse sur le piston	La descente	Augmente	Sous-saturation	Se dissout
Le piston s arrête	Au fond	Fixe	Saturation	Equilibre
On remonte lentement le piston	Remontée lente	Diminue	Sur-saturation tissulaire(la désaturation commence	Petites bulles dans les liquides et tissus
Après un certain temps	12h	Fixe	saturation	équilibre
On remonte très rapidement le piston	Remontée rapide ou palier loupé	Chute rapide de la pression	Sc critique = Risque d'accident	Dégazage anarchique

Dissolution des gaz

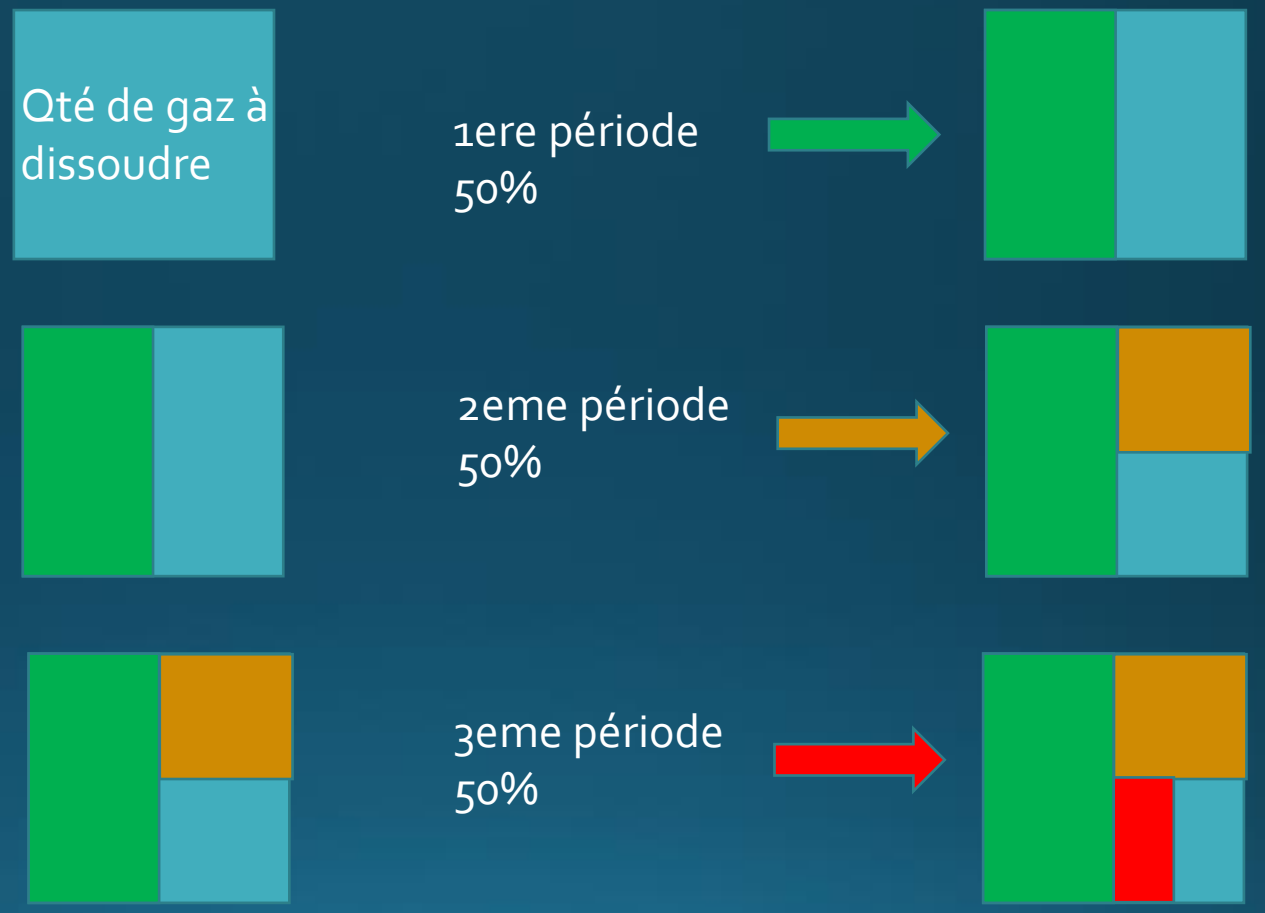
- Le gradient :
  - On appelle gradient **G**, la différence entre la tension de départ (tension initiale) **TiN2** et la tension finale (tension à la fin de la plongée) **TfN2**

G = TfN2 – TiN2



Dissolution des gaz

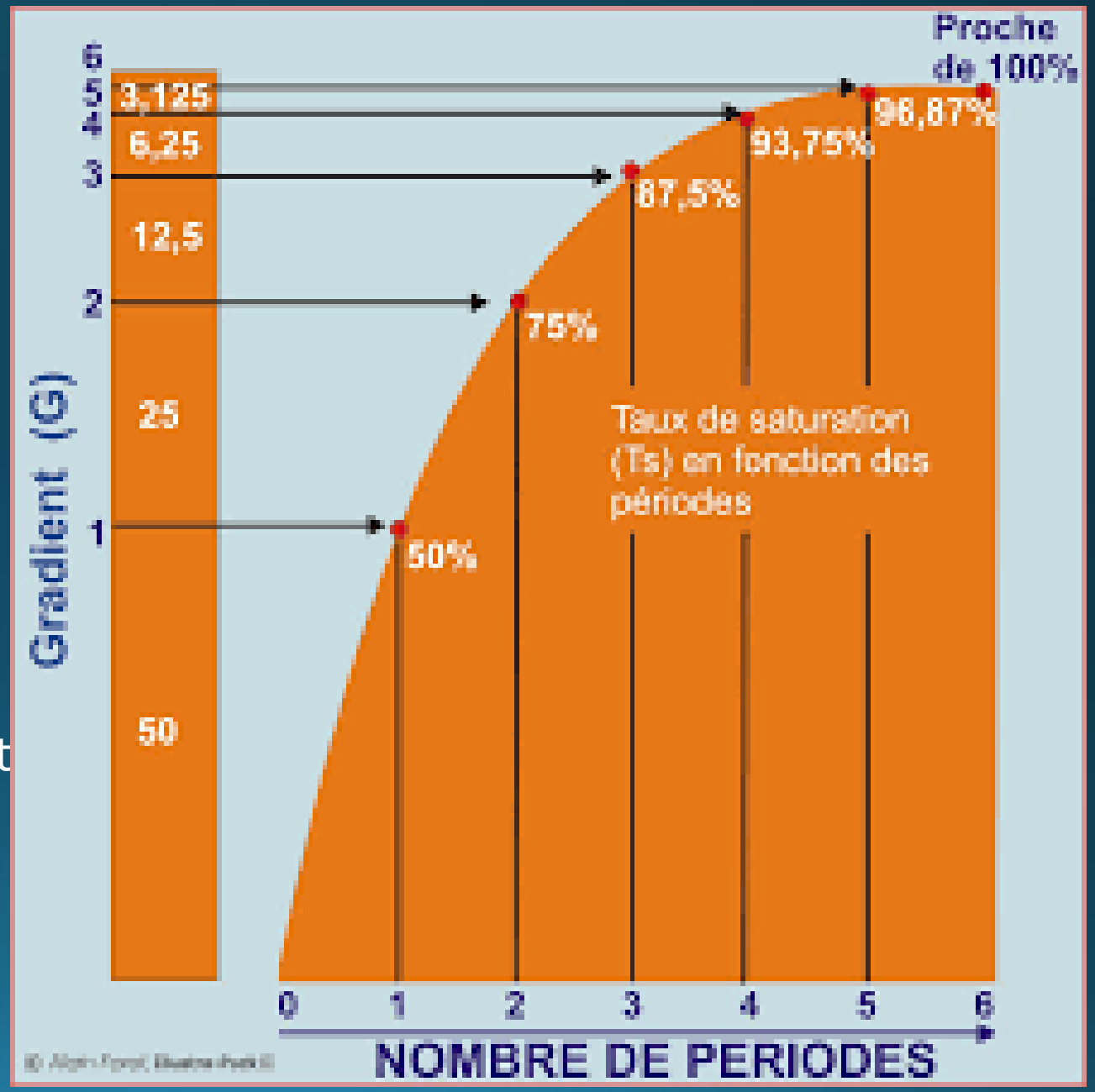
- La période:
  - C'est le temps que met un compartiment pour charger la moitié du gradient



Dissolution des gaz

- Compartiment :
  - C'est la représentation des éléments du corps
  - Les éléments sont regroupés par le temps mis à charger 50% du gradient .

  - Ex : un compartiment C10 mets 10 minutes pour dissoudre 50% du gradient
  - Pour une plongée de 30mn , le taux de saturation est de 3 périodes de 10mn soit 87,5% du gradient



Dissolution des gaz

- La tension initiale :
- C'est la tension au départ de la plongée
  - Si pas de plongée dans les 12h :
  - **TiN2 = 0,8b**
  - *Si un plongée avant, il faut rajouter l'azote résiduel.*

- La tension finale :
  - C'est la tension à la fin de la plongée.

  - **TfN2 = TiN2(0,8) + (gradient x %de saturation)**

Dissolution des gaz

- Le compartiment directeur :
- Chaque compartiment, du fait de sa composition, à un seuil au delà duquel il est en sursaturation critique : **Sc**

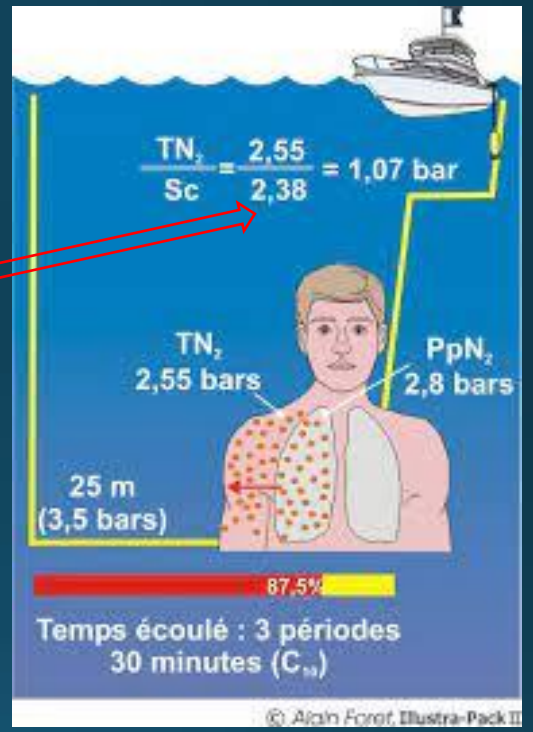
- Il a donc été déterminé :
  - Des groupes de compartiments
  - Pour chaque compartiment un SC

Dissolution des gaz

- Le Sc est la valeur maximale du rapport
  - TN2 / P amb admissible sans dégazage anarchique

Compartiment	Périodes	SC
C5	5mn	2,72
C7	7mn	2,54
C10	10mn	2,38
C15	15mn	2,20
C20	20mn	2,04
C30	30mn	1,82
C40	40mn	1,68

Jusqu'à C130



Dissolution des gaz

- Pour éviter les problèmes liés à la désaturation de l'azote :
  - Respecter les tables ou l'ordi → palier nécessaire
  - Respecter la vitesse de remontée

  - Les paliers sont déterminés en fonction du temps passé (nombre de périodes) et de la profondeur **TfN2**

  - **à l'issue de la plongée , une partie de l'azote n'a pas encore été évacué.**
  - **Le taux d'azote restant est appelée Azote résiduel**

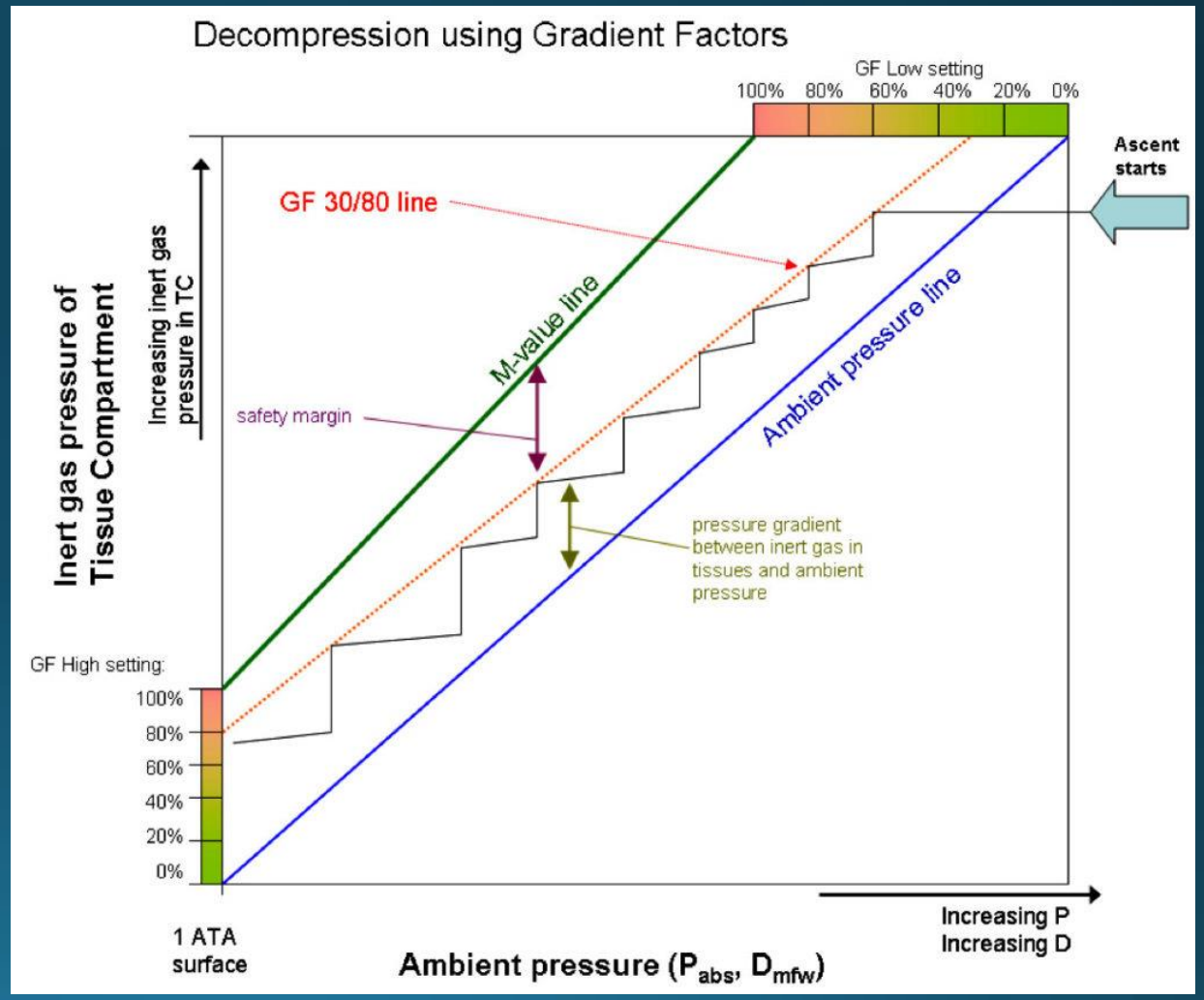
Les modèles :

- <u>HALDANE :</u>
  - Création du modèle Haldanien
  - Table développée pour la Royal Navy en 1908
  - 5 compartiments ayant tous le même Sc

- <u>Tables MN90</u>
  - Issu du modèle haldanien
  - Développé par ma marine nationale en 1990
  - 12 compartiments ayant un Sc propre

Les modèles :

- <u>WORKMAN</u> :
- Détermine, pour chaque compartiment, une série de Sc dépendant de la profondeur les M.VALUES
- M.VALUES = valeurs maximales de TN2, acceptées par chaque compartiment, à différentes profondeurs
- Il ne s'agit pas de valeurs fixes mais d'un droite
- La tolérance à la sursaturation dépend de la profondeur
  - Plus on est profond, et mieux le compartiment accepte l'azote



Les modèles :

- <u>BÜHLMAN</u> :
- Reprise des travaux de Workman
- Amélioration du modèle par prise en compte :
  - Amélioration des M.VALUES
  - La composition de l'air alvéolaire

Les modèles :

- <u>Les modèles non haldaniens</u> :
- Modèle par diffusion
  - HILL 1908
  - Hempleman 1952
    - Prise en compte :
      - La résistance mécanique lors des phases d'absorption et d'élimination de l'azote
      - Le palier moins profond se trouve à 5m et non à 3m
      - 1 seul compartiment
- Compartiments en série (table DCIEM au Canada)
  - Compartiment en série et non parallèle
  - Prise en compte des échanges entre compartiments
  - Les bulles ont été mesurées par Doppler

Les modèles :

- <u>Les modèles non haldaniens</u> :
- Noyaux gazeux et microbulles : modèles « Di-phasiques »

- Le VPM *(varying permeability model)*
  - Prise en compte de noyaux gazeux servant d'amorce à la création de bulles
  - Un certain nombre de bulles est admis au départ
  - Determinés de façon statistique
  - Impose une remontée lente et des paliers profonds pour réduire leurs tailles

Les modèles :

- Les modèles haldaniens et microbulles :

- Les UWATEC, Galiéo et ordi scubapro
  - Proposent un durcissement
  - Surtout sensibles au remontées rapides
  - Permettent des paliers profonds

Les modèles :

- Noyaux gazeux et microbulles : Modèle di-phasique
  - RGBM (reduce gradient bubble model) Suunto….
    - Personne ne sait vraiment comment ça marche !!
    - Probable un mix entre VPM et Buhlman
    - Sécuritaire et conservateur
    - Pas plus accidentogène que les autres

Conclusion :

- Les modèles ne sont que mathématiques, donc peu de liens avec le corps humain

- Le non respect des procédures ne mène pas forcément à l'accident et le respect des procédures peut quand même être suivi d'un accident …

- Les modèles ne prennent pas en compte :
  - La mauvaise forme physique
  - Le tabac, l'alcool
  - L'Age
  - La sédentarité
  - Le manque de pratique …

Et voila, enfin terminé…

des questions ?