FFESSM
COMITÉ INTERRÉGIONAL
BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE
TECHNIQUE

# Présentation et apports sur le matériel

IN LE PEUTREC Yvonnick et INS MOITHEY Yohann

28 avril 2025

FFESSM
COMITÉ INTERRÉGIONAL
BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE
TECHNIQUE

# Présentation et apports sur le matériel MF2 / FFM

1 . Introduction

2 . Ordinateurs de plongée

3 . Détendeurs

4 . Station de gonflage

FFESSM
COMITÉ INTERRÉGIONAL
BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE
TECHNIQUE

# Présentation et apports sur le matériel MF2 / FFM

1 . Introduction

2 . Ordinateurs de plongée

3 . Détendeurs

4 . Station de gonflage

FFESSM
COMITÉ INTERRÉGIONAL
BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE
TECHNIQUE

# Matériel de plongée : épreuve aux examens MF2 / FFM

**Groupe 3 : épreuves théoriques (coef 14) :**

11. Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur (écrit, coef 4)

12. Décompression (écrit, coef 4)

13. Aspects théoriques de l'activité (écrit, coef 3)

14. Cadre réglementaire de l'activité (écrit, coef 1)

**15. Matériel de plongée (oral, coef 2)**

Objectif → Evaluer la capacité du candidat à analyser , expliquer et transmettre ses connaissances sur le matériel de plongée.

GROUPE 1 : ÉPREUVES PÉDAGOGIQUES

- 1. PÉDAGOGIE GÉNÉRALE APPLIQUÉE & ORGANISATIONNELLE
- 2. PÉDAGOGIE PRATIQUE
- 3. PÉDAGOGIE THÉORIQUE

GROUPE 2 : ÉPREUVES PRATIQUES

- 4. ENSEIGNEMENT À 50 M
- 5. IPD À 50 M
- 6. MANNEQUIN
- 7. NAGE PMT OU CAPELÉ
- 8. PLONGÉE LIBRE À 15 M
- 9. DESCENTE, STABILISATION ET VDM À 50 M
- 10. DTMR À 35 M

GROUPE 3 : ÉPREUVES THÉORIQUES

- 11. DÉCOMPRESSION
- 12. ANATOMIE - PHYSIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLGIE
- 13. ASPECTS THÉORIQUES DE L'ACTIVITÉ
- 14. CADRE RÉGLEMENTAIRE
- 15. MATÉRIEL DE PLONGÉE

# Les connaissances

**MF2 / FFM** = Formateur de plongeurs, de cadres et d'enseignants

## Un MF2 / FFM doit :

- Connaitre son propre matériel;
- Etre capable d'expliquer ses choix de matériels.

- Connaitre les grands types de matériels;
- Etre capable d'expliquer les grands principes de fonctionnement et les grandes différences entre matériels;
- Etre capable de conseiller et d'expliquer ses conseils d'achats selon le public (plongeurs, cadres, enseignants);
- Etre capable de connaitre les principales pannes pour conseiller l'entretien selon le public.

- Maîtriser les aspects techniques avancés du matériel et leurs implications en plongée;
- Anticiper les problèmes, les pannes et proposer des solutions adaptées;
- Accompagner les plongeurs et moniteurs dans le choix et l'entretien du matériel;
- Respecter et faire appliquer la réglementation en matière d'équipement;
- Intégrer ces connaissances dans une démarche pédagogique, en expliquant de façon claire et adaptée aux élèves et aux futurs encadrants.

- **Il n'a pas à être un expert de tous les domaines, toutes les marques, toutes les techniques…….**
- **Sinon soyez le pour la physio patho (tous organes) (Médecin) ATA (toutes physiques) (Docteur en physique) ….!!!!**

# GP N4 Les connaissances et le déroulé de l'épreuve

**MF2/FFM**= Formateur de plongeurs, de cadres et d'enseignants

## Un MF2/FFM doit :

- Connaitre son propre matériel;
- Etre capable d'expliquer ses choix de matériels.

- Connaitre les grands types de matériels;
- Etre capable d'expliquer les grands principes de fonctionnement et les grandes différences entre matériels;
- Etre capable de conseiller et d'expliquer ses conseils d'achats selon le public (plongeurs, cadres, enseignants);
- Etre capable de connaitre les principales pannes pour conseiller l'entretien selon le public.

- Maîtriser les aspects techniques avancés du matériel et leurs implications en plongée;
- Anticiper les problèmes, les pannes et proposer des solutions adaptées;
- Accompagner les plongeurs et moniteurs dans le choix et l'entretien du matériel;
- Respecter et faire appliquer la réglementation en matière d'équipement;
- Intégrer ces connaissances dans une démarche pédagogique, en expliquant de façon claire et adaptée aux élèves

et aux futurs encadrants.

**GP N4** = Encadrant de plongeurs

**Epreuve orale 20 mn**

- Détendeurs
- Ordinateurs
- Compresseur et station de gonflage
- Gilets de stabilisation
- Blocs/Robinetterie

Supports fournis par le jury :

- Planches, fiches techniques, vues éclatées, schémas de principe ...

## Un GP N4 doit :

- Connaitre son propre matériel;
- Etre capable d'expliquer ses choix de matériels.

- Connaitre les grands types de matériels;
- Connaitre les grands principes et les expliquer : clapet, siège, compensation,
- Etre capable de conseiller et d'expliquer ses conseils
- Etre capable de connaitre les principales pannes pour conseiller l'entretien

- Anticiper les problèmes, les pannes et proposer des solutions adaptées;
- Accompagner les plongeurs dans le choix et l'entretien courant du matériel;
- Respecter et faire appliquer la réglementation en matière d'équipement

# Déroulé de l'épreuve MF2/FFM

**Epreuve Orale**
**(Durée 20 min)**

## Présentation du matériel individuel (5 minutes) :

- Détendeur, gilet de stabilisation et ordinateur
- Sans intervention du jury

## Puis réponses aux questions du jury (15 minutes) :

- Compresseur et station de gonflage
- Détendeurs
- Ordinateurs
- Gilets de stabilisation

## Supports fournis par le jury :

- Planches, fiches techniques, vues éclatées, schémas de principe ...

# 1ère partie :
# Présentation par le candidat de son propre matériel (5 minutes) (1/2)

☞ Présentation du matériel dans un ordre logique et chronologique en listant **les caractéristiques techniques et les caractéristiques de choix**

☞ Avec, au minima, les éléments suivants :

**<u>Détendeurs</u>** (1er et 2nd étage) :

- Nom et type de détendeur
  - 1er étage piston / membrane, compensé / non compensé, surcompensé, particularités (ACD , système de réchauffement et anti-givre …)
  - 2ème étage standard ou compensé, particularités (venturi, vortex, molette de réglage, matière et conséquences en plongée, réversibilité …)
- Configuration des flexibles

FFESSM
COMITÉ INTERRÉGIONAL
BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE
TECHNIQUE

# 1ère partie :
# Présentation par le candidat de son propre matériel (5 minutes) (2/2)

## Gilet de stabilisation et DS :

- Type de gilet : ajustable, enveloppant, dorsal classic, dorsal tech.
- Différence entre gilet de stabilisation et gilet de sécurité.
- Principales caractéristiques : volume, poussée, lestage intégré, type inflateur et purges, qualité du tissu … …
- caractéristiques de l'inflateur : standard, compensé, Air 2, Air source, vitesse de gonflage (pas de valeur de débit).

## Ordinateur :

- Modèle, algorithme, nombre de compartiments utilisés, M-values ...

- Principales caractéristiques : conservatisme, paliers profonds, paliers de sécurité, prise en compte de la respiration , prise en compte de la fréquence cardiaque, planification , mono gaz (Air ou Nx), Bi gaz(Gaz fond + GAZ déco) , multi gaz (multigaz fond + multi gaz déco ),type d'affichage, batterie( autonomie, interchangeabilité …), interface PC …

# 2ème partie :
# Questions du jury sur le matériel du candidat (15 minutes) (1/2)

☞ Les questions du jury sont orientées sur les caractéristiques techniques présentées par le candidat sur son matériel.

1. **Deux thèmes sont traités en priorité 10 min**
   - Les détendeurs, durée ~ 6min
   - L'ordinateur, durée ~4min

   → Le gilet peut être abordé pour prolonger l'échange dans le temps imparti.

**Les questions s'orientent sur :**

- Connaissances des techniques fines; Compensation, Sur compensation, Décompression….
- Applications des connaissances techniques à l'enseignement;
- Pannes courantes;
- Conseils, choix et entretien;
- Connaissance de la réglementation et ses implications dans les choix de configuration du matériel;
- Connaissances générales d'autres matériels.

# 2ème partie :
# Questions du jury sur le matériel du candidat (15 minutes) (1/2)

## 2. La station de gonflage, durée 5 min

Les questions du jury sont orientées sur :

- Les conditions d'installation;
- Les conditions d'exploitation;
- Les éléments et règles de sécurité;
- Qualité d'air et traitement de l'air respirable;
- Principe de fonctionnement. y compris les filtres dans leur détail

# Evaluation

## Critères d'évaluation :

- Justifier le choix de son matériel;
- Conseiller des choix pour des achats collectifs et/ou individuels;
- Connaître la réglementation pour conseiller et informer;
- Connaître et expliquer les principes simples pour tenir un raisonnement fonctionnel sur les appareils ;
- Connaître les pannes courantes pour intervention simple entretien préventif.

## Estimation de barème :

- Présentation du matériel du candidat : 5 points +/- 1
- Les détendeurs : 7 points +/- 1
- L'ordinateur : 4 points +/- 1
- Station de gonflage : 4 points +/- 1

# Conseils de préparation

- Connaitre son matériel : s'être renseigné sur les capacités, particularités de son matériel, lire les notices.

- Etre capable d'expliquer ses choix et organisation de son matériel
  La réponse « ***C'est ma maman qui m'offert mon détendeur à Noël*** » n'est pas la bonne !
  Idem pour : « ***Il y avait une promo !*** »

- Connaitre et savoir expliquer les grands principes et grandes fonctions des ordinateurs, des détendeurs, des stations de gonflage, des gilets …

- Etre capable d'expliquer les grandes différences entre les types de matériels.
- Inutile de savoir que le joint torique diam 1mm de chez xx est introuvable
- Important de comprendre les 2 surcompensations proposées par 2 fournisseurs

- Etre capable de donner des conseils de choix, d'entretien, de donner des ordres de grandeur de prix

# Des questions ?

FFESSM
COMITÉ INTERRÉGIONAL
BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE
TECHNIQUE

# Présentation et apports sur le matériel MF2 / FFM

1 . Introduction

2 . Ordinateurs de plongée

3 . Détendeurs

4 . Station de gonflage

# Ordinateurs de plongée

**Plan :**

- Principaux modèles de décompression

  **! Ce n'est pas un apport sur la décompression !** ( → Voir Doc Jean Yves Kersalé, Stéphane Roux, Fabien Codron)

- Caractéristiques pratiques des ordinateurs

- Procédures Rattrapage de Paliers
- Paliers profonds
- Notion de facteur d''engagement / Facteur de risque

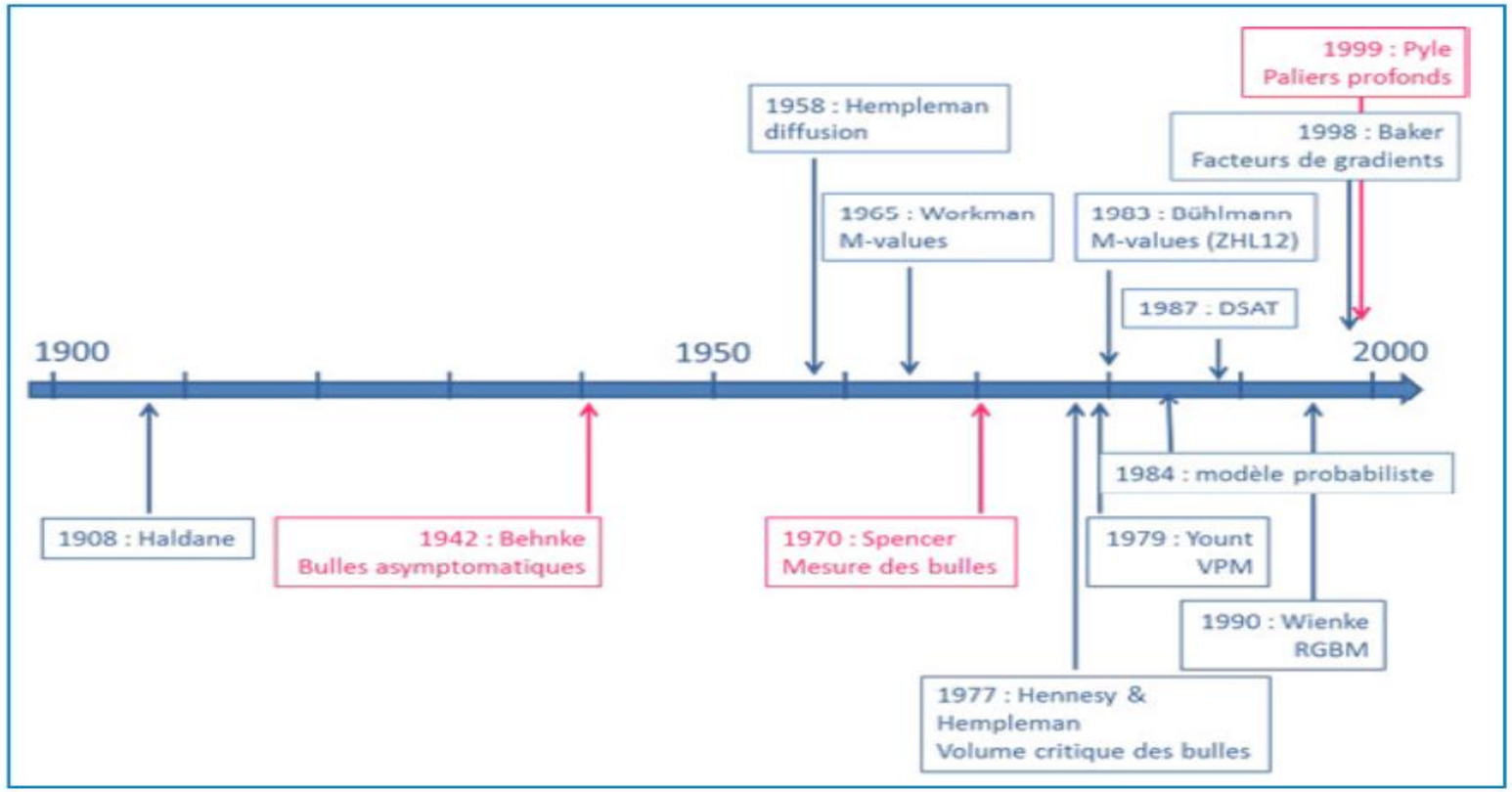
Biblio : Source principale : Ordinateurs; documents Collège IN (Sophie Le Maout)

# Connaissance des principaux modèles de décompression

## Historique des principaux modèles

Haldane

- Hempleman
- Buhlmann
- Workman ; M Values
- Gradient Factors
- Probabilistes

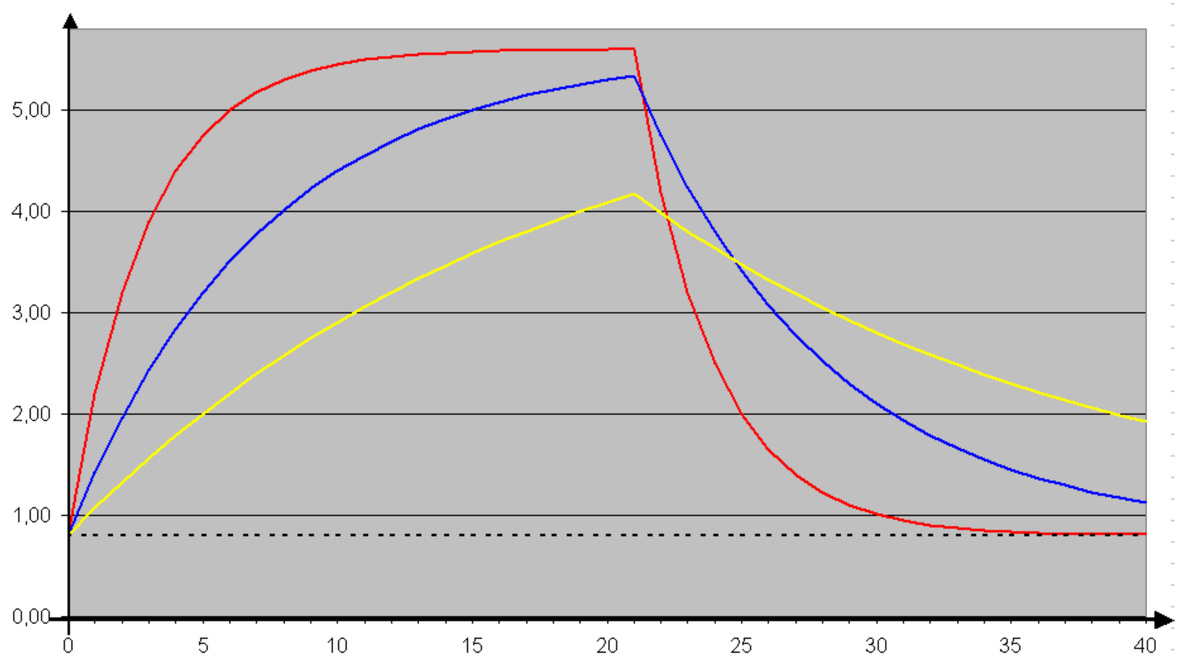


# Connaissance des principaux modèles de décompression

**Le modèle de Haldanien :** charge/décharge symétrique

L'équation : $TN_2 = T_0N_2 + (PPN_2 - T_0N_2)(1 - 0{,}5^{\frac{t}{T}})$

Danger si : $\frac{TN2}{Pa} > Sc$




**Les tables MN90 sont une application de ce modèle d'Haldane**

- 12 compartiments 5 à 120min
- 13ème compartiment 240 min pour la respiration d'O2 en surface (prise en compte de la vasoconstriction due à l'O2 qui diminue la perfusion).
- 1 Sc par compartiment : TN2 / Sc ≤ Pabs
- Population test : 1095 plongeurs d'âge moyen de 32 ans

# Les modèles
# Workman (1965) – Bühlmann (1983) 1/2

- **Le seuil de tension d'N2 dépend du compartiment et de la profondeur** : M = M0 + ΔM . Prof
- M : valeur Maxi d'azote tolérable à la profondeur courante (M0 = Sc)
- Bühlmann : composition de l'air alvéolaire (PCO2 et PH2O constantes) ➔ altitude

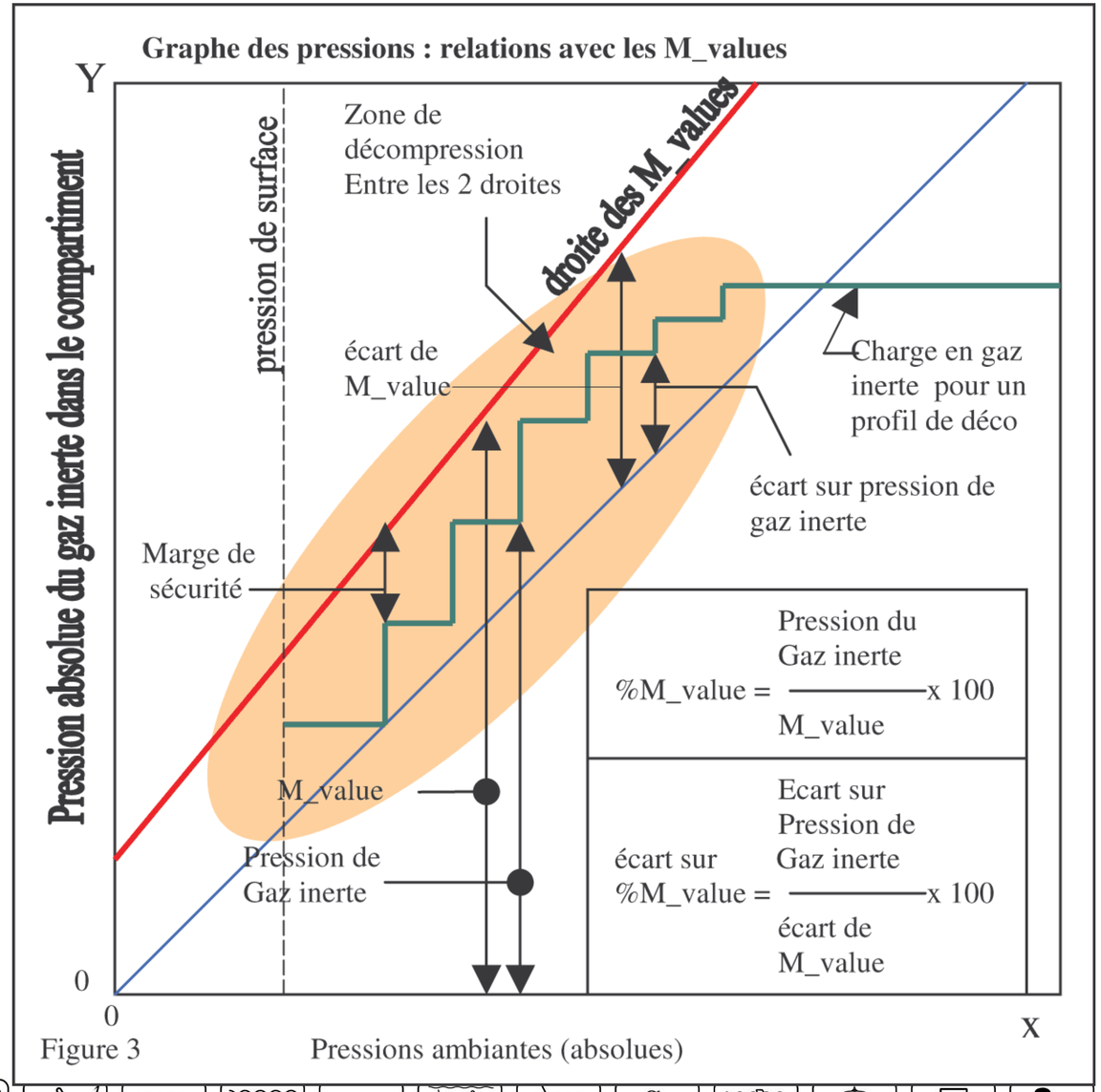


Figure 3

# Les modèles
# Workman (1965) – Bühlmann (1983) 2/2

**Workman crée les M-Values (Haldane est en fait un cas particulier de Workman → M0 étant l'équivalent de Sc.)**

**Workman émet l'hypothèse des gradients :**

- Différence entre Tension et Pression  T - P < Δ
  avec T = tension dans le compartiment
  P = pression admissible  Δ = seuil admissible

**Δ est fonction de la profondeur et du compartiment considéré.**

On a alors T < Δ+ Ppalier  Soit TN2 < M

M : M-Value, tension maxi admissible, seuil critique pour une profondeur et un compartiment donné.

Pour chaque compartiment, on obtient : TN2 < M0 + a.Z
avec Z : profondeur
a : Constante déterminée expérimentalement
M0 : Pression max admissible quand Z = 0 (en surface)

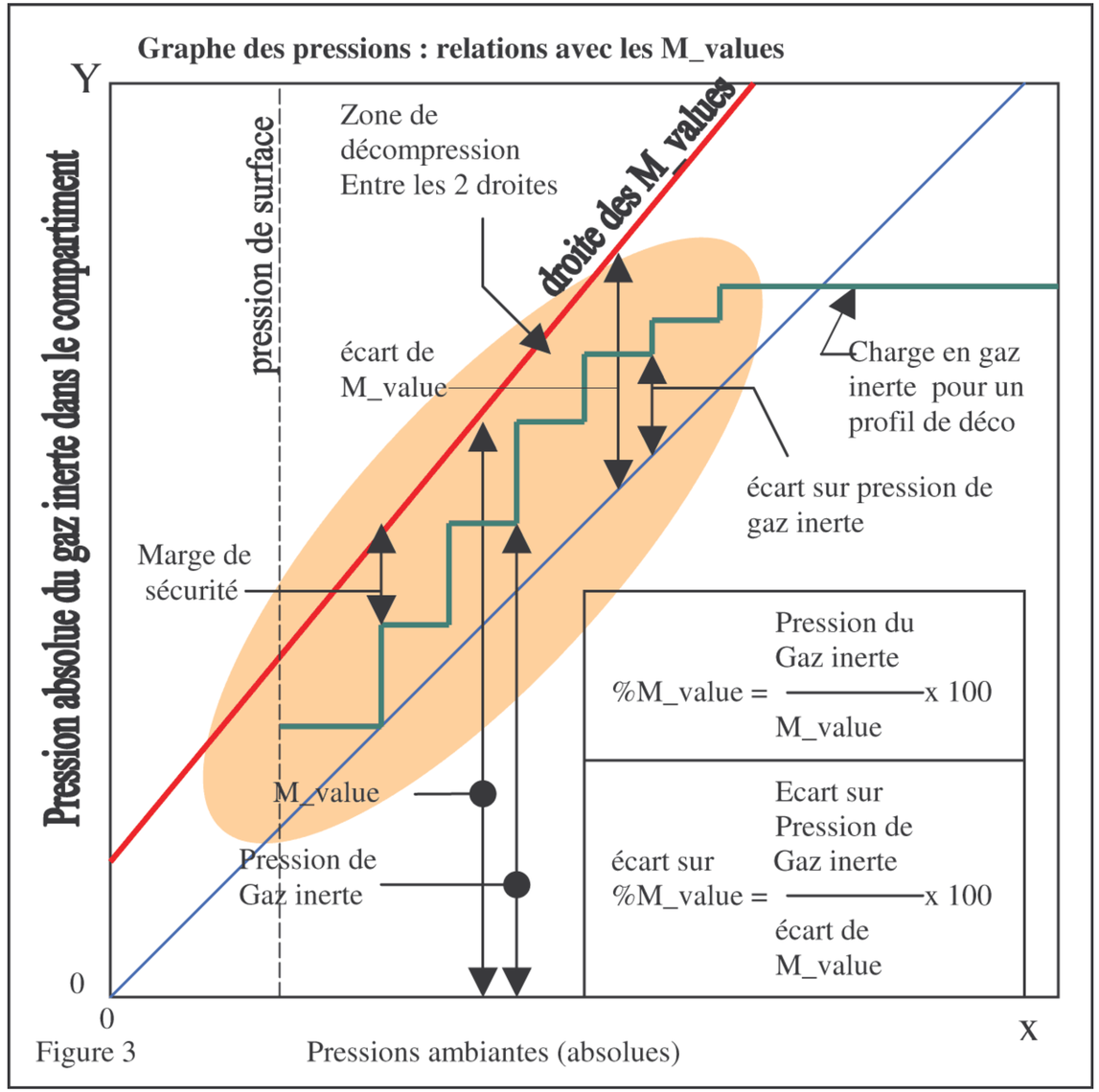


Figure 3

# Les facteurs de gradient (GF)

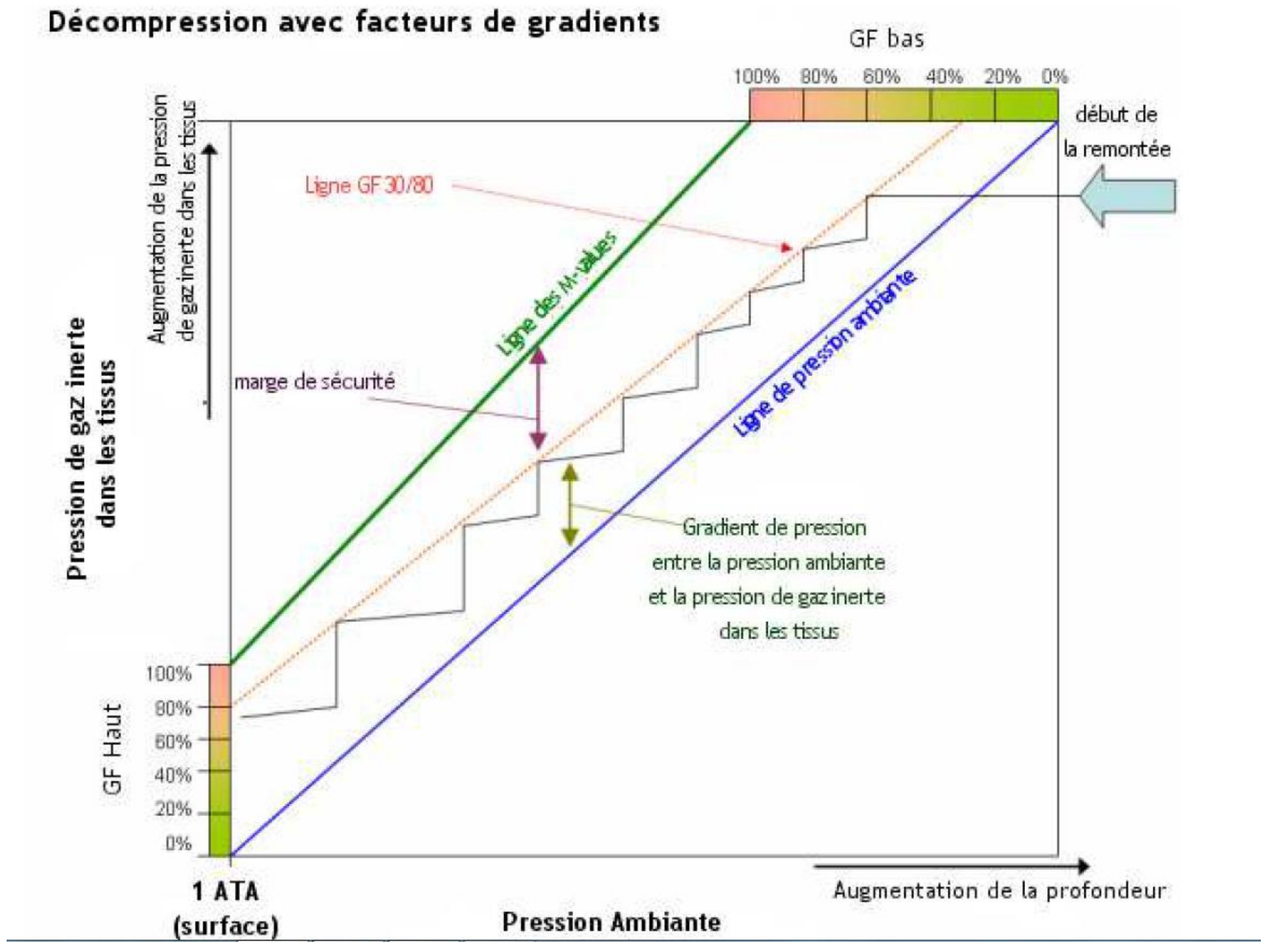
Application d'un pourcentage permettant d'abaisser les M-values

➔ sécurisation

Ce pourcentage varie au cours de la déco entre 2 valeurs.

GFlo fixe la profondeur du 1er palier

GFhi fixe la durée des derniers paliers



# Spencer et les bulles silencieuses

Avec Haldane charge et décharge identiques.

→ Remise en cause avec les bulles circulantes.

- Définition d'un taux de bulles acceptables.
- Spencer trouve plus de VGE sur des plongées mer qu'en caisson et n'en trouve pas dans le sang artériel.
- Ses recherches aboutissent à l'association d'un modèle de Haldane avec un modèle de type Hempleman.
- Première mise en équation d'une courbe de sécurité → P = 490.t-0,51 ou t ~ (465/P)2
- Modèle d'échanges gazeux Haldanien
- Critère de remontée sans déco inspiré d'Hempleman (objectif 20 % de VGE) :
- Possibilité d'abandonner les modèles déterministes pour construire des tables à partir de l'observation des bulles.

☞ Ordinateur Suunto
Tables Canadiennes (DCIEM)

# Synthèse des principaux modèles de décompression

**Il est impossible de modéliser le corps humain. La tendance est donc de développer une approche probabiliste. Mais problème de récup d'un volume de données acceptable.**

**Nous ne sommes pas tous identiques face à la décompression (morphologie, âge, entrainement …).**

**La déco de chacun évolue, varie en fonction de multiples paramètres : froid, fatigue, eau…**

**Quasi seule certitude ; Vitesse de remontée lente et variable.**

**Le modèle parfait n'existe pas ! L'ordinateur parfait n'existe pas !**

# Caractéristiques pratiques des ordinateurs (non exhaustif) 1/2

**Affichages :**

- Profondeur, durée de la plongée;
- Durée restant sans palier à la profondeur;
- Durée totale de remontée;
- Mesure de vitesse de remontée (valeurs ou % ou bar-graphe);
- Temps avant l'autorisation de prendre l'avion (le temps de désaturation est ajouté en fonction des modèles).

Les affichages communs concernent peu de facteurs : profondeur, temps, vitesse de remontée, temps sans palier.

**Affichages des paliers**

*Trois types d'affichage des paliers sont rencontrés :*

*- Affichage profondeur du 1er palier sans durée + DTR.*

*- Affichage profondeur et durée du 1er palier + DTR.*

*- Affichage de tous les paliers et des profondeurs (ordinateurs tek).*

# Caractéristiques pratiques des ordinateurs (non exhaustif) 2/2

**Réglages du conservatisme**

- *Pas de durcissement (modèles ZH-L8-ADT);*
- *Niveau L0 à L5 de microbulles (modèle ZH-L8-ADT-MB);*
- *Conservatisme niveaux 0 à 2 pour les RGBM « classiques » (Suunto, Cressi, Mares);*
- *Conservatisme « 50% RGBM » pour certains modèles Suunto (D9);*
- *Conservatisme niveau -2 à niveau +2 pour les modèles Suunto-fused RGBM (Eon, DX);*
- *Conservatisme Off ou On pour les gammes Oceanic et Beuchat (On = altitude de 915 m);*
- *Conservatisme en mode « recreationnal »pour certains ordinateurs tek;*
- *Réglages des facteurs de gradient (par mode préétabli ou par valeur) (modèles ZHL16 GF) : Shearwater, Liquivision, OSTC, …*

  *(Réglage 90/90 ou 95/95 30/70 peut être dangereux en circuit ouvert air)*
- *Réglages des niveaux de saturation et désaturation (OSTC en mode non GF).*

Beaucoup de possibilités : un encadrant ou enseignant ne peut pas avoir une idée réelle

et une connaissance précise des conséquences des réglages.

A minima, sensibilisation pour gérer sa palanquée et jouer son rôle de conseiller auprès du plongeur !

# Utilisations

## Planification

La planification d'une plongée à venir se présente de façon différente en fonction des modèles d'ordinateurs :

- Temps de plongée sans palier par profondeur au temps t pour la plupart (il existe néanmoins un modèle où on est obligé de passer par le logiciel) avec ou sans choix de l'intervalle surface.
- Possibilité d'incrémenter la durée de plongée et de voir la durée du premier palier et la durée totale de remontée (au temps t) : l'écran s'affiche comme en mode plongée (modèles Uwatec, Sugear, Scubapro).

Idem avec affichage de tous les paliers pour les modèles tek.

- Simulation de la plongée avec affichages réels en direct (exemple de l'OSTC).

## L'affichage

De façon globale, on peut avancer que les plongeurs connaissent l'affichage principal de leur ordinateur.

Par contre, la signification de certains petits affichages peut avoir été oubliée, ou même jamais connue.

Par exemple : sur certains ordinateurs, il existe des petits signes déconseillant les plongées successives.

# Utilisations

**Les limites d'utilisation**

Les plongeurs connaissent en général quelques règles simples :

- profondeur plus importante au début d'une plongée,
- profondeur de la deuxième plongée (voire de la troisième) plus faible,
- éviter les yo-yo,
- pas de plongées «en « borderline ».

Attention cependant aux définitions plus précises de ces limites : on réduit le risque d'ADD, **mais on ne l'annule pas** en respectant le fait que la profondeur de la 2ème plongée est inférieure à celle de la 1ère (et réflexion équivalente entre la 3ème et la 2ème plongée).

De même, les plongées yo-yo sont proscrites, mais souvent réalisées sans trop rechigner, un peu comme un mal nécessaire.

# Synthèse connaissance MF2/FFM ordinateurs de plongée

En conclusion, le formateur doit, à minima, **connaître parfaitement** son ordinateur, avoir des connaissances sur quelques modèles courants.

Se renseigner sur les points suivants des appareils les plus courants :

- affichage; Visibilité/Lecture
- piles : changeables facilement ou pas
- Sonde conso air
- conservatisme;
- paliers profonds (!);
- paliers non obligatoires;
- planification
- prix

# PROCEDURES de RATTRAPAGE en cas de remontées anormales avec un ordinateur. Recommandations CTN septembre 2024 (MFT jan-2025)

**Rattrapage en cas de vitesse de remontée trop rapide.** (Vitesse trop rapide à partir de 15 m/mn)

En cas de remontée de 30 m à la surface sur un delta de plus de 10 m.

1/ **Procédure de rattrapage :**

Redescendre en moins de 3 minutes à mi-profondeur au moins et y effectuer un palier de 5 minutes.

Puis faire au moins un palier de 1 min à -6 m et 5 min à -3 m (en plus de ce qui est prévu à l'ordinateur)

2/ **Ré-immersion impossible :** O2 et évacuation.

**Rattrapage en cas d'interruption de palier obligatoire**

1/ Ré-immersion réalisable : redescendre en moins de 3 mn, poursuivre le palier en ajoutant 3 mn à 3m.

2/ Ré-immersion non réalisable, en cas de signe d'un possible accident ou plus de 3 minutes de paliers non réalisés : déclenchement des secours.

3/ Ré-immersion non réalisable, sans signe d'accident, et si erreur max de 3mn de palier non fait : période d'observation 3h et interdiction plongée 24h.

**Adaptation en cas de multi-yoyos**

Les préconisations du nombre maximum de remontées de la CTN restent toujours valables : 4 remontées de 20m, 3 de 30m et 2 de 40m (Un yoyo est une remontée de plus de 10m, enchaînée par une redescente).

# Paliers profonds : Années 2000

**Plongées à l'air**

- En dehors des profils peu profonds et sans paliers où un palier profond est bénéfique, les autres profils doivent inciter à la prudence quant à l'utilisation de cette option dont l'efficacité n'est pas du tout démontrée.
- Les paliers profonds à l'air augmentent les risques d'accident de désaturation.
- La pratique des paliers profonds génèrerait plus de bulles que la pratique des paliers classiques. Elle semble dangereuse en l'état actuel des recherches.
- PADI en arrive (22 avril 2019) à la conclusion : les paliers profonds à l'air comme aux mélanges ne doivent être ni enseignés ni pratiqués.

- **En 2008, la communauté scientifique s'accordait à conclure :**

*« Concernant les plongées nécessitant de la décompression, il existe des preuves contradictoires concernant l'efficacité relative des régimes de décompression qui incluent des paliers profonds empiriques ou dérivés de modèles et des régimes de décompression prescrits par des modèles à bulles »*

A ce jour, cette conclusion n'a toujours pas été remise en question.

# La notion d'engagement : Facteur de risque 1/2

**E = P Hydro * Racine Carrée (Temps)**

P hydro (en bar) et t (en mn)

30 m ; 25 min → E = 15
50 m ; 10 min → E = 16,5
Ainsi, une plongée de 25 min à 30 m est quasi aussi « risquée » qu'une plongée de 10 min à 50m.

Si E croit = Risque accident croit

Limite Plongée Air Loisir → 15
Limite Plongée Air Sportive → 27
Limite Plongée Tech → 45

Plongée Air Loisir ; <=50, DTR<=13mn
Plongée Air Sportive : <= 50, DTR>13 mn

**Q = Prof * Racine Carrée (Temps) = 10 * E**

Prof (en m), et Temps (en mn)

Une plongée longue à faible profondeur peut être aussi risquée qu'une plongée courte plus profonde

| **Q ou E** | | **Risque ADD** (En respectant les protocoles et hors facteurs favorisants) |
|---|---|---|
| 130/13 | | 1/1000 000 |
| 180/18 | | 1/100 000 |
| 240/24 | ex 52m 15mn | 1/10 000 = 0,01% |
| 320/32 | | 1/1000 |
| 420/42 | | 1/100 = 1% |
| 560/56 | | 1/10 = 10% |
| 750/75 | | 1/1 |

# La notion d'engagement 2/2

## plongée LOISIR

| Azote | | | Risque ADD moyen |
|---|---|---|---|
| Phydro*√t | Plongées | T. Déco | |
| 12 | 15 m / 65 min | 3 min (air) | 0,01% (1/10 000) |
| | 20 m / 35 min | | |
| | 30 m / 15 min | | |
| | 40 m / 10 min | | |
| 15 | 20 m / 55 min | 10 min (air) | 0,03% (1/3000) |
| | 30 m / 25 min | | |
| | 40 m / 15 min | | |
| | 50 m / 10 min | | |

**Tableau 4 : la plongée LOISIR** [2]

Quelques chiffres (Bernard GARDETTE - COMEX

| Risques d'ADD | |
|---|---|
| Cas d'une plongée de 15 mn | |
| Profondeur | Probabilité |
| 40-50 m | 0,01% |
| 80 m | 0,10% |
| 100 m | 1% |
| 110 m | 2% |
| 160 m | 3% |
| 150 m | 10% |
| 170 m | 15% |