

L'AMPHITHÉÂTRE  
Plongée  
plaisir  
WORLDIVERS®

# Facteurs de gradient (GF) et utilisation des ordinateurs air/nitrox

FEDERATION FRANÇAISE D'ETUDES  
ET DE SPORTS SOUS-MARINS

**16<sup>e</sup>** Séminaire  
des Plongeurs

20 JANVIER 2024  
13h30

**ALAIN FORET**  
Facteurs de Gradient et utilisation  
des ordinateurs Tech en plongée loisir à l'air

**JÉRÔME HLADKY**  
Les nouveaux cursus  
« Jeunes plongeurs »

**LAURENT MARCOUX**  
Le rejeunissement des Cursus Fédéraux

**JEAN-CLAUDE LE PÉCHON**  
L'hyperbarie dans les travaux

FACULTÉ DE MÉDECINE  
4 r Kirschleger, Strasbourg

Entrée Gratuite / Corbeille



Alain Foret - BEES2/DESJEPS



GRADIENT  
FACTORS

GF :  
RIEN DE  
NOUVEAU

GF :  
SAISIE  
LIBRE

GF :  
POURQUOI ?

GF :  
UN MOYEN  
PARMI D'AUTRES

GF :  
COMMENT  
ÇA MARCHE ?

GF :  
JUMEAUX

GF :  
ASSYMETRIQUES

CONCLUSION



Photos Fabricants

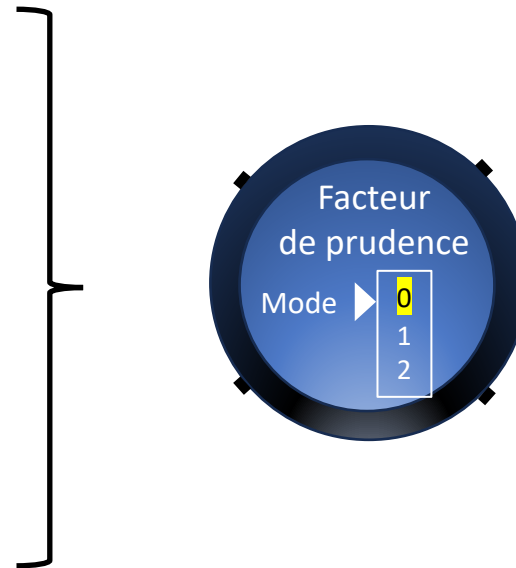
# GF : Gradient Factor

- Facteurs de gradient (= pourcentage).
- Simple astuce de calcul : facteur de réduction (ex. 90%) des M-Values.
- Proposé par Bruce Wienke (*Reduction Factor*) puis par Erik Baker (GF).
- Spécifique aux jeux de paramètres du modèle de Haldane.
- Le jeu de paramètres « ZH-L 16 C **GF** » **n'existe pas !** Invention marketing.
- Utilisé pour azote (air, nitrox) ou hélium (heliox, trimix) y compris PpO<sub>2</sub> cste.
- Paramétrage **arbitraire** .
- Dans quasiment tous les ordinateurs de plongée depuis près de 30 ans.

# GF : rien de nouveau !

Dans tous les ordinateurs de plongée depuis 25/30 ans

- Scubapro : L0, L1... ;  
MBL0, MBL1...
- Suunto : P0, P1...
- Mares : R0, R1...
- Cressi Sub : SF0, SF1, SF2...
- Seac : SFT LEV de 0 à 5
- Tusa : SF0, SF1...



Photos Fabricants

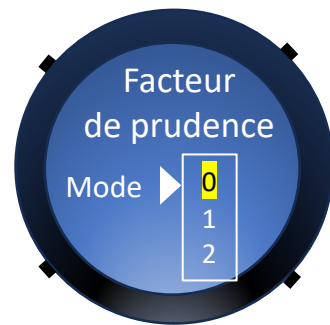
G2: MB Level	G2: TTS (*) [min]		Gradient Factors	DIVE V 3_07: TTS (*) [min]
			GF High / GF Low	Additional settings → pls. cf. next slide
-/-	-/-		<b>1.0 / 1.0</b>	<b>34</b> (→ ZH-86 Table)
<b>L0</b>	<b>40</b>		<b>0.90 / 0.90</b>	<b>40</b>
<b>L1</b>	<b>44</b>		<b>0.85 / 0.85</b>	<b>46</b>
<b>L2</b>	<b>50</b>		<b>0.80 / 0.80</b>	<b>51</b>
<b>L3</b>	<b>56</b>		<b>0.75 / 0.75</b>	<b>58</b>
<b>L4</b>	<b>63</b>		<b>0.70 / 0.70</b>	<b>65</b>
<b>L5</b>	<b>73</b>		<b>0.65 / 0.65</b>	<b>74</b>
<b>L6</b>	<b>87</b>		<b>0.60 / 0.60</b>	<b>82</b>

SCUBAPRO – G2 - Source : Albi Salm

# GF : saisie laissée libre

Certains modèles d'ordinateurs venant de la plongée technique

- Scubapro : L0, L1... ; MBLO, MBL1...
- Suunto : P0, P1...
- Mares : R0, R1...
- Cressi Sub : SF0, SF1, SF2...
- Seac : SFT LEV de 0 à 5
- Tusa : SF0, SF1...



Photos Fabricants



- Shearwater
- Garmin
- OSTC
- Scubapro certains modèles
- ...

GF : quelle  
utilité,  
pourquoi ?

Accroître les paliers  
(marge de sécurité)

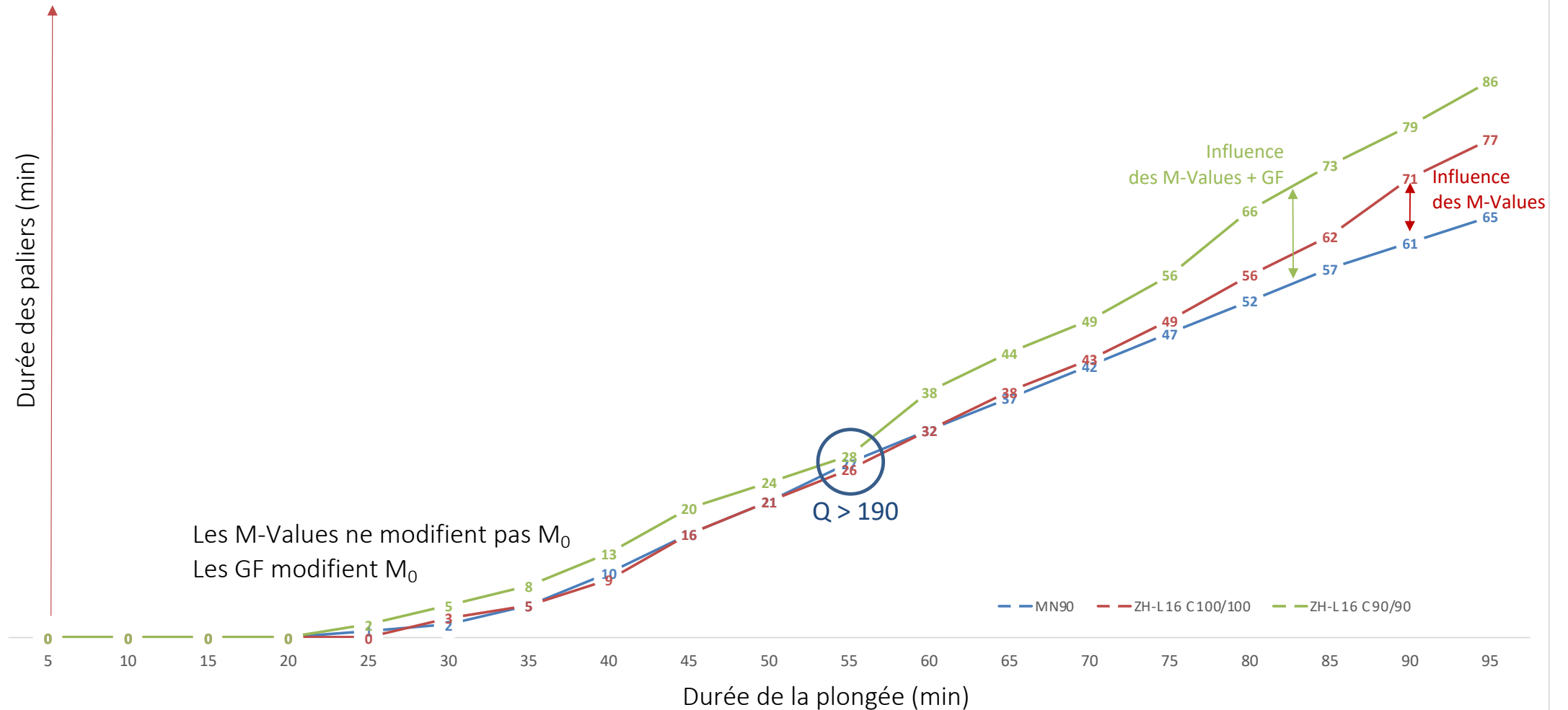
GF jumeaux  
ex. 90/90

Forcer des paliers  
profonds

GF asymétriques  
ex. 30/70

Reste arbitraire

COMPARAISON DE LA DURÉE TOTALE DES PALIERS (EN MINUTES)  
EXEMPLE POUR DES PLONGÉES À 25 M - MN90 VS ZH-L 16 C 1





# GF : plongée air, un moyen parmi d'autres

- Hygiène de vie
- Sport
- Repos
- Retour progressif à la plongée
- Plonger au nitrox
- Faire des paliers au nitrox ou à l'O<sub>2</sub>
- Réduire la durée de plongée
- Réduire la profondeur
- Ne faire qu'une plongée par jour
- Ne pas faire de profils dangereux (yo-yo, dents de scie, plongées rapprochées)
- ...
- Renoncer à plonger ce jour-là !

GF :  
comment ça marche ?

## Un jeu de paramètres haldaniens : ZH-L 16 C (Bühlmann, 1986)

1	$T_{1/2}$ (min)	4	8	12,5	18,5	27	38,3	54,3	77	109	146	187	239	305	390	498	635
2	$M_0$ (bar)	3,24	2,54	2,25	2,03	1,85	1,69	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,37	1,34	1,31	1,29	1,27
	$\Delta M$ (bar/m)	0,19	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10

$$M_p = M_0 + (\Delta M \times p)$$

Exemple  $T_{1/2}$  12,5'

$$M_{0m} = 2,25 \text{ bar}$$

$$M_{3m} = 2,25 + 3 \times 0,14 = 2,67 \text{ bar}$$

$$M_{6m} = 2,25 + 6 \times 0,14 = 3,09 \text{ bar}$$

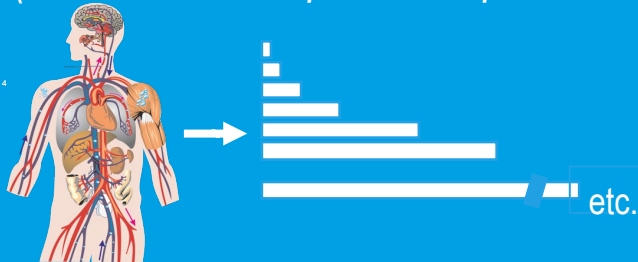
	2,12	1,87
	2,53	2,26
	2,94	2,64

GF 100/100

GF 90/90

GF 70/70

Demi-vie :  
calcul du niveau de saturation  
(descente, fond, parcours, paliers ...)



$$T_{\text{gaz neutre}} = T_f + R \left( t - \frac{T}{\ln 2} \right) - \left( T_f - T_0 - R \times \frac{T}{\ln 2} \right) \times 0,5^{\frac{t}{T}}$$

30 m / 30 min

M-Values :  
fixent les conditions  
de la remontée

Paliers  
+ longs

Paliers  
+ profonds  
+ longs

$T_{1/2}$  12,5 min  
2,7 bars

# GF JUMEAUX (ex. 90/90)



Procédure table : « *Jesus Factor* »  
avec ordinateur



Augmentation  
fictive de la durée  
de plongée

Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS
20 m	35 min		2	G
	40 min		2	H
	45 min	1	3	I
	50 min	4	6	I
	55 min	9	11	J
	60 min	13	15	K
	1h05	16	18	K
	1h10	20	22	L



# GF JUMEAUX (ex. 90/90)

Augmentation fictive de la durée de plongée : **calcul**

Prof. (m)	Durée (min)	GF %	Durée (min)	Diff. (min)	GF %	Paliers (min)			
						12 m	9 m	6 m	3 m
20	40	100/100							1
20	40	95/95	43	+3	100/100				2
20	40	90/90	45	+5	100/100				3
30	30	90/90	32,5	+2,5	100/100			2	12
50	15	90/90	16,7	+1,7	100/100		2	5	11

# GF JUMEAUX (ex. 90/90)

Exemple de paramétrage arbitraire de GF, mode à sélectionner via le menu de l'ordinateur.  
Calcul de la durée totale d'immersion pour une plongée de 25 min à 42 m (ZH-L16 C).

Mode	GF	Durée Totale d'Immersion (DTI)
L0	90/90	40
L1	85/85	44 (+4)
L2	80/80	50 (+10)
L3	75/75	56 (+16)
L4	70/70	63 (+23)
L6	60/60	87 (+47 / +118%) !!!!!

## GF JUMEAUX (ex. 90/90)



Idem procédure table : « Jesus Factor »  
mais avec ordinateur



Augmentation  
fictive de la durée  
de plongée

**Arbitraire**

**AIR/NITROX**

**90/90**

**85/85**

**80/80**

**75/75**

## Selecting optimal air diving gradient factors for Belgian military divers: more conservative settings are not necessarily safer

[Sven De Ridder](#)<sup>1,2,3</sup>, [Nathalie Pattyn](#)<sup>1</sup>, [Xavier Neyt](#)<sup>1</sup>, [Peter Germonpré](#)<sup>2</sup>

Résultats : Tous les profils de référence sont approchés lorsque le GFLO est maintenu égal à 100 et que seul le GFHI est réduit à un minimum de 75 pour prolonger les temps d'arrêt moins profonds. L'utilisation des paramètres par défaut de Perdix (GFLO = 30 et GFHI = 70) produit des arrêts initiaux plus profonds, conduisant à une sursaturation accrue des tissus "plus lents", ce qui peut entraîner un risque accru d'ADD. Cependant, le logiciel Perdix ne permet pas actuellement de sélectionner les paramètres optimaux que nous avons calculés (par convention  $GFLO < GFHI$ ). Une solution sous-optimale serait un **réglage GF symétrique entre 75/75 et 95/95**.

Pour les plongées à l'air non répétitives, le réglage optimal du GF est le GFLO 100, seul le paramètre GFHI étant abaissé pour accroître la sécurité. Il n'a pas été prouvé que l'utilisation du réglage GF par défaut (30/70) conduirait à une décompression plus sûre pour les plongées à l'air jusqu'à 60 mètres de profondeur, bien au contraire. Il a été conseillé aux plongeurs de la marine belge de ne pas utiliser les paramètres GF par défaut de l'ordinateur de plongée Shearwater Perdix et d'adopter plutôt des paramètres GF symétriques, ce qui est actuellement l'approche optimale réalisable compte tenu des contraintes logicielles.



# GF ASSYMMÉTRIQUES (ex. 30/70)



Forcer des paliers profonds



Pourquoi ?  
Plongées hélium

**À L'AIR : DANGEREUX**

Prof. m	Durée min	GF %	Paliers (min)							
			21 m	18 m	15 m	12 m	9 m	6 m	3 m	
30	30	100/100							1	10
30	30	90/90							2	12
30	30	60/90							5	10
30	30	45/80						3	5	13
30	30	30/70				1	3	7	17	
50	15	100/100						1	4	9
50	15	90/90						2	5	11
50	15	60/90					2	2	5	10
50	15	45/80			1	2	4	6	13	
50	15	30/70		1	2	2	4	7	17	

TABLE XXV. Comparaison des profils de désaturation (ZH-L<sub>16</sub>C 1b, air, atm = 1) avec différents jeux de GF.

## GF JUMEAUX (ex. 90/90)

Augmentation

**fictive et arbitraire**

de la durée de plongée

air

90/90

85/85

80/80

75/75

Attention  
successives

## GF DISSYMETRIQUES

(ex. 30/70)

Paliers profonds

Mélanges

**Chacun sa tribu**

GRADIENT  
FACTORS

GF :  
RIEN DE  
NOUVEAU

GF :  
SAISIE  
LIBRE

GF :  
POURQUOI ?

GF :  
UN MOYEN  
PARMI D'AUTRES

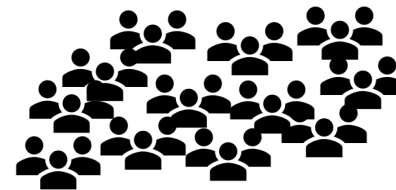
GF :  
COMMENT  
ÇA MARCHE ?

GF :  
JUMEAUX

GF :  
ASSYMÉTRIQUES

CONCLUSION

VOS QUESTIONS ?





MERCI DE VOTRE ATTENTION

Plongées à l'azote (air, nitrox) : quel paramétrage des GF ?

par Alain Foret - BEES2/DESJEPS

[www.plongee-plaisir.com](http://www.plongee-plaisir.com)