

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/370691812>

Affiche-GF-V7

Poster · May 2023

DOI: 10.13140/RG.2.2.17156.71044

CITATIONS

0

READ

1

1 author:



Alain Foret

Worldivers

5 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

GF : Gradient Factors

Méthode (sans mode d'emploi) proposée par Erik C. Baker permettant de réduire les M-Values afin d'augmenter arbitrairement la durée et/ou la profondeur des paliers.

GF : réduction des M-Values (ex. 90%).

Attribution de la réduction : **arbitraire** (pas de publication scientifique, choix arbitraire des plongeurs ou de "communautés de plongeurs" et/ou des fabricants d'ordinateurs).

Effet : accroissement de la durée des paliers et/ou de leur profondeur (voir représentation graphique ci-contre).

GF jumeaux (ex. 90/90) : augmentation fictive de la durée de plongée (idem tables en prenant une ou deux cases de plus que la durée réelle de la plongée - ex. 35 min pour 30 min de durée réelle).

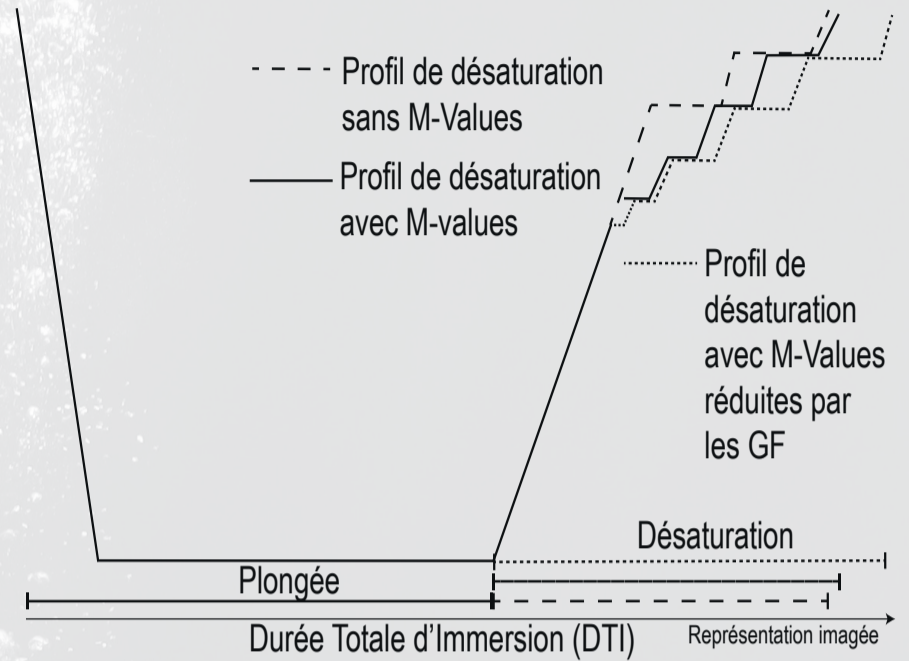
Plongées à l'air : s'éloigner peu de 90/90, 85/85 ou 80/80 (ce qui correspond au mode L0 ou L1 ou encore P0 ou P1 de la plupart des ordinateurs grand public).

GF dissymétriques (ex. 40/85) : forcer des paliers profonds (dangereux à l'air, même si ce ne sont pas des "Pyle stops").

GF_{low} : réduction appliquée aux M-Values du palier le plus profond.

GF_{high} : réduction appliquée aux M-Values du dernier palier (ex. palier de 3 m calculé avec les M-Values de surface M₀).

GF intermédiaires : interpolation linéaire entre GF_{low} et GF_{high} (ex. pour GF 70/90, si 3 paliers, le premier est effectué avec GF=70%, le dernier avec GF=90% et l'intermédiaire avec GF=80%).



Exemple pour	M-Values Origine (bar)	M-Values GF 90/90 (bar)	M-Values GF 80/80 (bar)	M-Values GF 70/70 (bar)
C₃ (12,5 min)				
Surface - M ₀	2,25	2,13	2,00	1,88
3 m - M ₃	2,66	2,52	2,39	2,25
6 m - M ₆	3,06	2,91	2,77	2,62
9 m - M ₉	3,50	3,34	3,18	3,02
...				

ZH-L₁₆C : Interprétation des résultats pour C₃ (**2,75 bars** dans cet exemple). Les M-Values Origine (GF 100/100) imposent un palier à 6 m. Les GF viennent réduire les M-Values, ce qui augmente la durée des paliers et, dans certains cas, impose un palier plus profond (9 m pour 70/70 dans cet exemple).

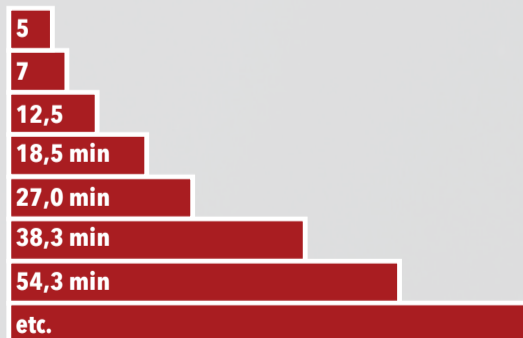
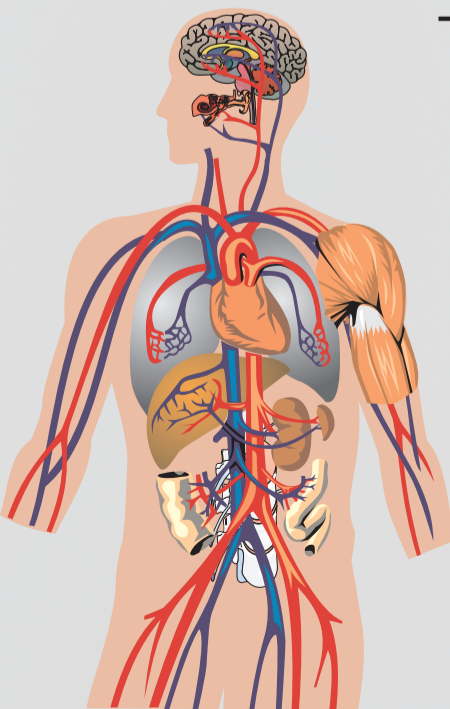
1 Plongée : calcul en temps réel du niveau de saturation théorique pour chaque compartiment.
Exemple, Bühlmann 16 compartiments : C₁ C₂ C₃ C₄ ... C₁₆.

Le niveau de saturation théorique dépend du couple durée/profondeur et d'une hypothèse de consommation (loisir : 20 l/min).
Si hors hypothèse (effort, froid, stress, ...) : hors modélisation, augmentation du risque d'ADD.

Ex. 30 m / 30 min
Tension théorique d'azote du C₃ (12,5 min) en fin de plongée : 2,75 bars

2 Remontée : Jusqu'à quelle profondeur peut remonter chaque compartiment (Cx) sans violer ses M-Values Origine (ou ses M-Values modifiées par GF_{low}) ?
Le Cx le plus restrictif (profondeur et/ou durée du palier) s'impose à tous les autres Cx.
Cela est recalculé à chaque étape (ex. 6 m, 3 m).

MODÉLISATION



COMPARTIMENTS (Cx)
Régions anatomiques factices :

- Demi-vies (périodes) ;
- Seuil de tolérance à la sursaturation (Sc, M-Values) différent pour chaque demi-vie.

- 1 Les demi-vies permettent de calculer le niveau théorique de saturation.
- 2 Les M-Values dictent les conditions théoriques de la remontée (paliers).

IMPLÉMENTATION DES GF & ORDINATEURS

Plusieurs possibilités, au choix des fabricants

A GF PRÉCALCULÉS

Mode	GF	DTI	DTR	DTP
Origine	100/100	56 min	31 min	27 min
0	90/90	60 min	35 min	31 min
1	85/85	63 min	38 min	35 min
2	80/80	66 min	41 min	38 min
3	75/75	69 min	44 min	41 min
4	70/70	72 min	47 min	44 min
5	65/65	78 min	53 min	50 min
6	60/60	84 min	59 min	56 min

Calcul de la durée totale d'immersion (DTI), de la durée totale de remontée (DTR) et de la durée totale des paliers (DTP) pour une plongée de 25 min à 42 m (ZH-L₁₆ C avec majoration de la profondeur de 0,1 bar et masse volumique de l'eau de 1,02 kg/l conformément aux directives de A. A. Bühlmann et coll., Tauchmedizin, 2002).

Exemples indicatifs de paramétrage des GF, mode à sélectionner via le menu de l'ordinateur (les valeurs des GF ne sont pas normées, elles sont **arbitraires** et varient selon les fabricants qui, le plus souvent, ne dévoilent pas leurs choix).

Fabricants (et appellation donnée) :

- **Scubapro** (MB, niveau de microbulles : L0, L1...);
- **Suunto** (Réglages personnalisés, Personal Mode : P0, P1... ; avec combinaison possible d'une pression atmosphérique fictive abaissée : A0, A1...);
- **Mares** (Personnalisation : R0, R1... pour plongées à l'air ; T0, T1... pour plongées techniques);
- **Cressi Sub** (Facteur de Sécurité : SF0, SF1, SF2);
- **Seac** (Niveau de prudence : SFT LEV de 0 à 5);
- **Tusa** (Safety Factor : SF0, SF1...);
- **Apeks** (Réglages de prudence : bas, moyen, haut);
- **DeepBlu** (Facteur de sécurité : normal, conservateur ou progressif);
- **Aqua Lung** : Le facteur de prudence (CF) n'utilise pas les GF, il augmente fictivement l'altitude (baisse fictive de la pression atmosphérique).

Les GF sont utilisés afin de définir des conditions de violation du protocole : conditional violation (CV) ou delayed violation (DV).

B GF AJUSTÉS (DYNAMIQUES)

Certains fabricants prévoient un mode "dynamique" des GF, en plus des GF précalculés.

Par exemple, Mares indique pour son modèle Sirius (mode REP DIVE) : réduction des "valeurs des gradient factors de 8 lors d'une arrivée en surface à la suite d'une plongée, et en les augmentant ensuite de 1 toutes les 15 minutes lors d'un intervalle de surface" (ce qui fait revenir les GF à leur valeur de départ au bout de 2 heures).

Pour le mode MULTI DAY, Mares indique : réduction des "gradient factors d'une valeur de 2 le deuxième jour, encore de 2 le troisième jour et d'une valeur supplémentaire de 2 le quatrième jour, avec un maximum de 6."

C GF ET PALIERS OBLIGATOIRES

De manière générale, l'ajustement des GF conduit à effectuer des paliers obligatoires. Cependant, le choix de Scubapro est différent : "Si vous ignorez un palier de niveau exigé, le G2 passera simplement à un niveau de microbulles plus bas. En d'autres mots, si vous choisissez le niveau L4 avant la plongée, mais qu'au cours de celle-ci vous ignorez les paliers recommandés pour le niveau L4, le G2 va automatiquement régler le niveau à L3 ou moins encore."

D GF FIXÉS MANUELLEMENT

Certains fabricants laissent les utilisateurs libres de saisir la valeur attribuée à GF_{low} et GF_{high}. Ce choix est, par définition, arbitraire. Fabricants concernés : **Shearwater, OSTC, Garmin, Scubapro pour le modèle G2 Tek...**

GF 30/70, 35/80, 40/85 ou autres ?

Aucune justification scientifique

À notre connaissance, il n'existe aucune publication scientifique justifiant l'utilisation de GF dissymétriques du type 30/70, 35/80, 40/85 ou autres. Le fait qu'ils soient proposés par défaut dans certains ordinateurs de plongée ne constitue pas une validation scientifique.

Ce type de paramétrage est dangereux à l'air. Il conduit à faire des paliers profonds au cours desquels les compartiments longs continuent à saturer, ce qui provoque, au final, des bulles en excès et augmente les risques d'ADD.

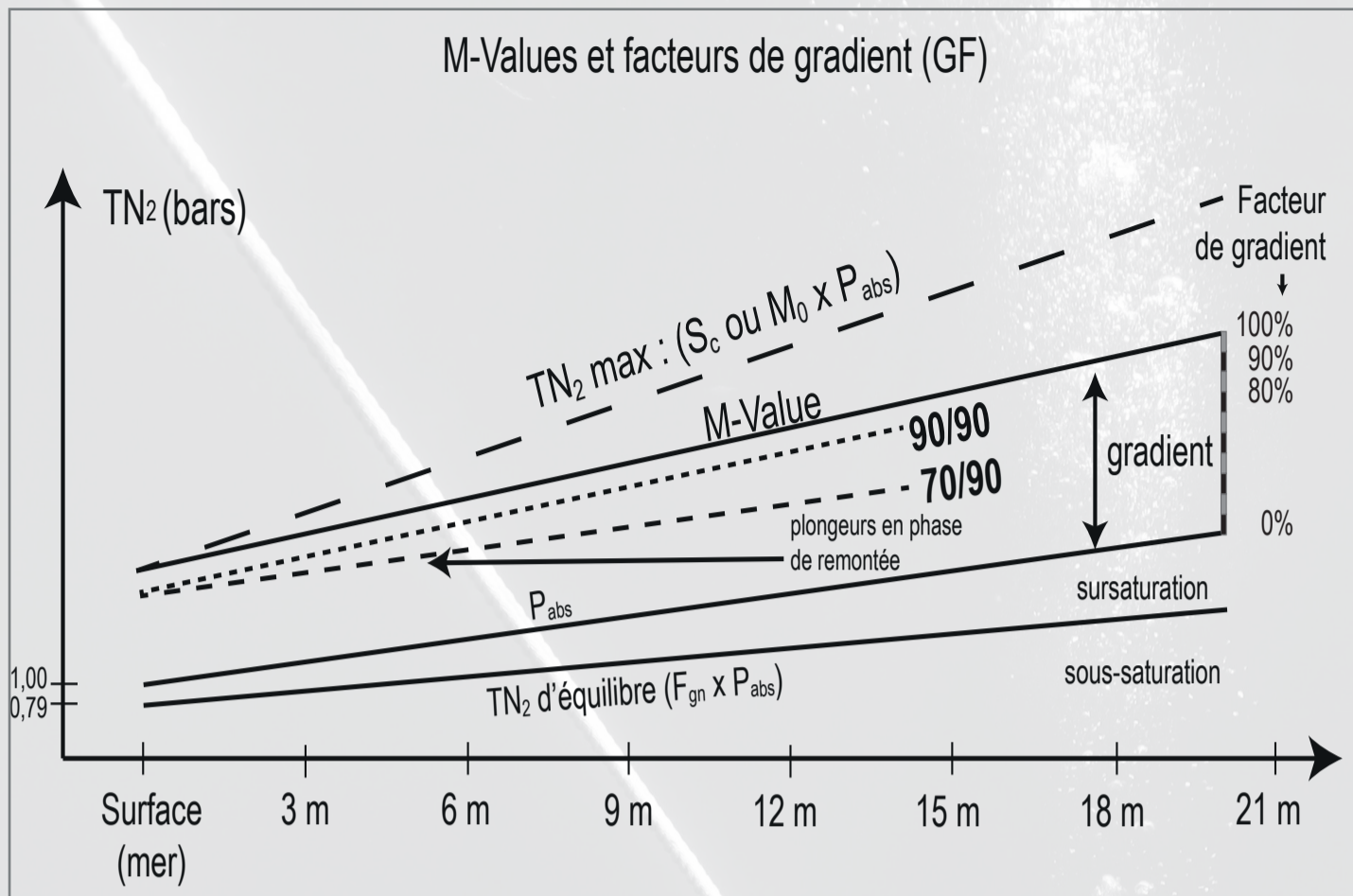
Pour les mélanges autres que l'air (hélium) nous ne pouvons pas émettre d'avis.

MARQUAGE CE

Ne vous laissez pas tromper par le marquage **CE** des notices ou des écrans d'accueil des ordinateurs : les logiciels de désaturation ne sont soumis à aucune certification.

Seuls sont soumis à essais par un organisme notifié les capteurs électroniques combinant la mesure de la pression et du temps (norme NF EN 13319) au titre des exigences essentielles de sécurité définies par l'Union Européenne (UE).

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES GF



Le "gradient" est la différence entre la M-Value et la P_{abs} .
Les plongeurs en phase de remontée sont en sursaturation (ils désaturent) et rencontrent la droite des M-Values modifiées par les GF avant celle des M-Values Origine : les paliers sont plus longs et/ou plus profonds.

M-VALUES MODIFIÉES PAR LES GF : CALCUL

$$M_{p(gf)} = (M_p - P_{abs}) \times GF\% + P_{abs}$$

Interprétation :

- La M-Value à la profondeur p affectée du GF ($M_{p(gf)}$) est égale à la M-Value Origine à la profondeur p (M_p) à laquelle on retire la pression absolue (P_{abs});
- Ce résultat, qui représente le gradient, est multiplié par un pourcentage (GF%);
- On rajoute ensuite la pression absolue (P_{abs}). Il faut retirer P_{abs} avant d'appliquer le pourcentage car la pression absolue ne peut pas être réduite, elle ne fait pas partie du gradient.

Exemple :

Si GF% = 90%, la M-Value à 6 mètres ($P_{abs} = 1,6$ bar) affectée du GF% est égale à :

$$M_{6(90\%)} = (3,06 - 1,6) \times 0,9 + 1,6 = 2,91$$

Exemple pour C_3 (12,5 min)	M-Values Origine (bar)	M-Values GF 90/90 (bar)	M-Values GF 80/80 (bar)	M-Values GF 70/70 (bar)
Surface - M_0	2,25	2,13	2,00	1,88
3 m - M_3	2,66	2,52	2,39	2,25
6 m - M_6	3,06	2,91	2,77	2,62
9 m - M_9	3,50	3,34	3,18	3,02
...				

M-Values Origine Bühlmann ZH-L₁₆C et modifications par les GF, compartiment 12,5 minutes.

GF INTERMÉDIAIRES : CALCUL

Imaginons, en guise d'illustration, que les GF soient paramétrés à 60/90 et que le premier palier soit à 9 m.

La M-value à 9 m ($M_{9(gf)}$) sera calculée avec GF_{low} et celle permettant de remonter en surface¹ ($M_{0(gf)}$) avec GF_{high} .

Les deux autres M-Values ($M_{6(gf)}$ et $M_{3(gf)}$) seront calculées avec une répartition égale de l'intervalle entre 60 % et 90 % (interpolation linéaire), soit : 70 % et 80 %.

La formule générale est la suivante :

$$GF_{(p)} = GF_{high} + \frac{GF_{high} - GF_{low}}{PGF_{high} - PGF_{low}} \times p$$

où :

$GF_{(p)}$: valeur du GF à la profondeur p

GF_{high} : valeur du GF_{high}

GF_{low} : valeur du GF_{low}

PGF_{high} : profondeur du GF_{high}

PGF_{low} : profondeur du GF_{low}

p : profondeur du palier

Exemple

Si :

$GF_{low} = 60$ et $PGF_{low} = 9$ m

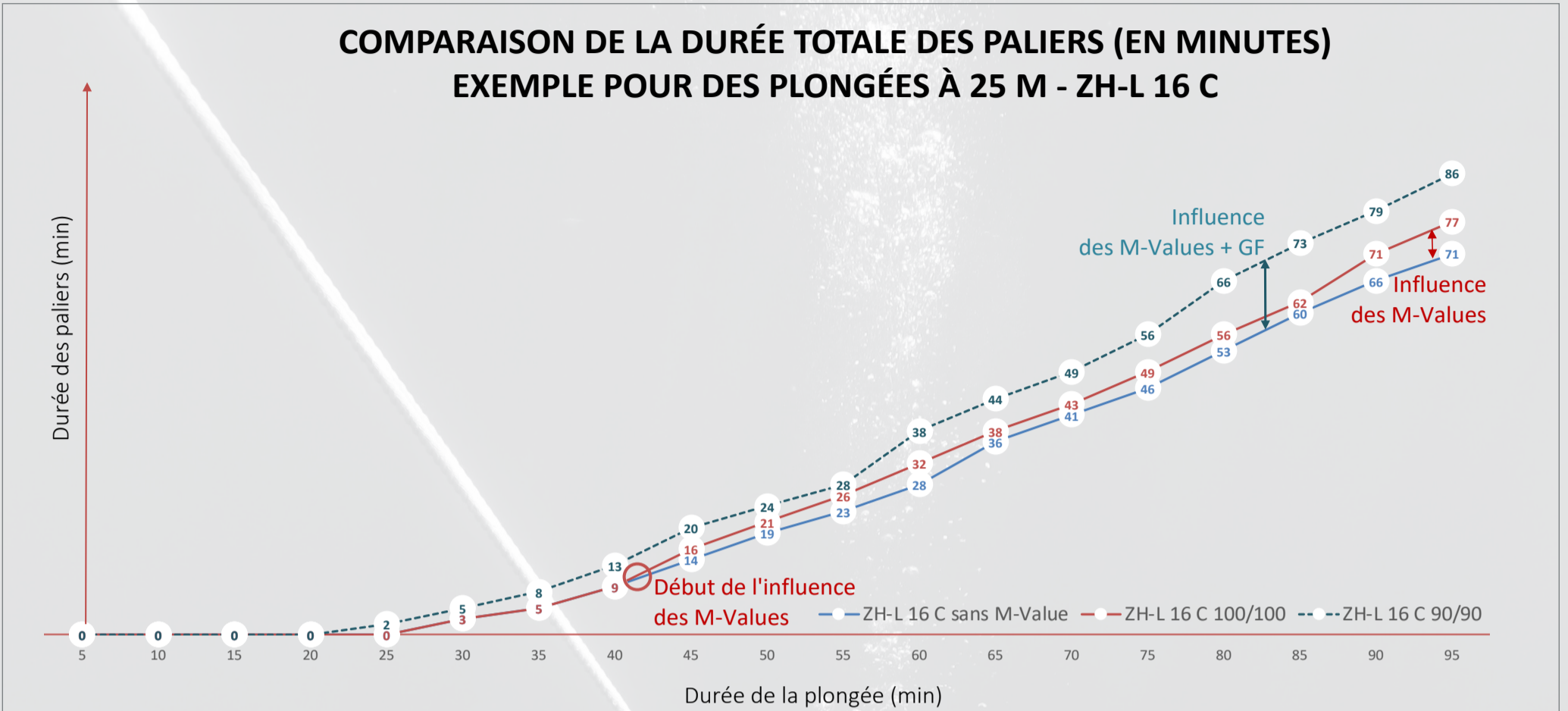
$GF_{high} = 90$ et $PGF_{high} = 0$ m (retour en surface)

Si nous recherchons la valeur du GF à 6 m, alors :

$$GF_{(6)} = 90 + \frac{90 - 60}{0 - 9} \times 6 = 90 + \frac{30}{-9} \times 6 = 90 - 20 = 70$$

¹ Tous les calculs à un palier donné se font en fonction du palier suivant. Ainsi, la sortie du palier de 3 m dépend des M-Values de surface.

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



Comparaison de l'influence des M-Values et des GF sur la durée totale des paliers en fonction du niveau de saturation (durée et profondeur). ZH-L₁₆ C sans M-Values : neutralisation de l'effet des M-Values, pour les besoins de l'étude.

GF JUMEAUX : DURÉE DE PLONGÉE AUGMENTÉE FICTIVEMENT

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
20	40	85/85	47	+7	100/100				4
20	40	80/80	49	+9	100/100				5
40	20	100/100						3	9
40	20	95/95	21	+1	100/100			4	10
40	20	90/90	22	+2	100/100			5	11
40	20	85/85	23	+3	100/100		1	5	12
40	20	80/80	23,5	+3,5	100/100		1	6	12

Comparaison, pour différents couples profondeur/durée, entre des GF jumeaux et une augmentation fictive de la durée de plongée (ZH-L₁₆C) aboutissant aux mêmes paliers. Utiliser des GF 80/80 pour une plongée de 40 min à 20 m revient à augmenter fictivement la durée de plongée de 9 min.

C'est la procédure historique* utilisée avec les tables : prendre une ou deux cases de plus que la durée réelle de la plongée.

* "Jesus factor", Shields T. G. et Lee W. B., *The incidence of decompression sickness arising from commercial offshore air-diving operations in the UK sector of the North Sea during 1982/83*, United Kingdom, 1998, p.25.

GF DISSYMMÉTRIQUES : FORCER DES PALIERS PROFONDS

Prof. m	Durée min	GF %	Paliers (min)			
			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

Les GF dissymétriques conduisent à forcer la réalisation de paliers profonds. À notre connaissance, aucune publication scientifique n'a confirmé, à ce jour, ni le bien-fondé de cette approche ni les valeurs à retenir pour GF_{low} et GF_{high}. Elle reste largement pratiquée dans certaines communautés de plongeurs profonds utilisant de l'hélium. Les écarts conséquents avec le jeu de paramètres du modèle d'origine ne peut que nous interroger.