

Utilisation du filtre à CO₂

Temps ou profondeur ?



jean-marc Belin – juin 2008

Il est d'usage courant d'exprimer la performance du filtre à CO₂ en terme de durée : « *mon filtre est donné pour 4h* ».

Certains constructeurs tempèrent cet enthousiasme en ajoutant quelques nuances du genre « *n'entreprenez pas de plongée profonde avec une chaux ayant déjà plus de 2h d'utilisation* », mais il semble que ces recommandations, relativement subjectives, soient souvent ignorées. Et pourtant ...

Les fabricants de chaux sodée indiquent une capacité d'absorption d'environ 120 litres de CO₂ par kg de chaux. Si on considère une production de 1,6 litre de CO₂ par minute (valeur extrême retenue pour la normalisation), on obtient une durée théorique de fonctionnement d'environ 180 minutes pour un filtre de 2,5kg de chaux, soit 3h.

Si la production de CO₂ est de 0,2 litres par minute (valeur moyenne correspondant à un patient endormi), on obtient une durée de fonctionnement théorique de 25h !

Dans le cas d'utilisation à pression atmosphérique, et pour de faibles productions de CO₂, le résultat de ce calcul est certainement proche de la réalité et est indépendant de la forme ou du type de filtre (<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=1051993>). La « durée du filtre » ne dépendra que des caractéristiques de l'absorbant et l'utilisateur pourra effectivement dire « *mon filtre dure 25h et je l'utilise, et ré-utilise, jusqu'à ce qu'il ait 25h* ».

Il faut noter que dans le domaine médical, l'efficacité de la cartouche absorbante est contrôlée par le suivi continu du taux de CO₂ et sa capacité est plutôt de l'ordre du kg.

- *Alors, pour une même quantité de chaux, tous les filtres ont la même durée ? Qu'ils soient de conception longitudinale ou radiale ?*

- *Et bien, oui !*

Mais cette vérité ne s'applique que si on considère le temps qu'il faut pour saturer complètement l'absorbant et ce n'est pas cette information qui est utile au plongeur. Le plongeur a besoin de savoir si la capacité d'absorption instantanée du filtre sera suffisante à tout moment de sa plongée, et cette nuance est de taille !

En utilisation hyperbare, nous savons que l'absorption du CO₂ n'est pas aussi efficace qu'en surface. Plus la profondeur augmente, plus le filtre a des difficultés à fixer le CO₂. En poussant à l'extrême, on peut même imaginer, qu'à très grande profondeur, même un filtre « neuf » ne puisse pas épurer totalement le CO₂ produit.

On s'est rendu compte que dans des situations similaires, et pour un même absorbant, tous les filtres n'avaient pas la même efficacité. On a alors imaginé des tests permettant d'évaluer les performances pour une situation prédéfinie : le test CE 14143 :

- Température du gaz à filtrer : 4° celsius
- Pression : 5 bar (40m)
- CO₂ injecté : 1.6l/min
- Simulation du rythme respiratoire : 40 l/min (normobar)
- On considère que l'absorption est efficace tant que le CO₂ en sortie est inférieur à 5 millibar (équivalent surface 0,1%)

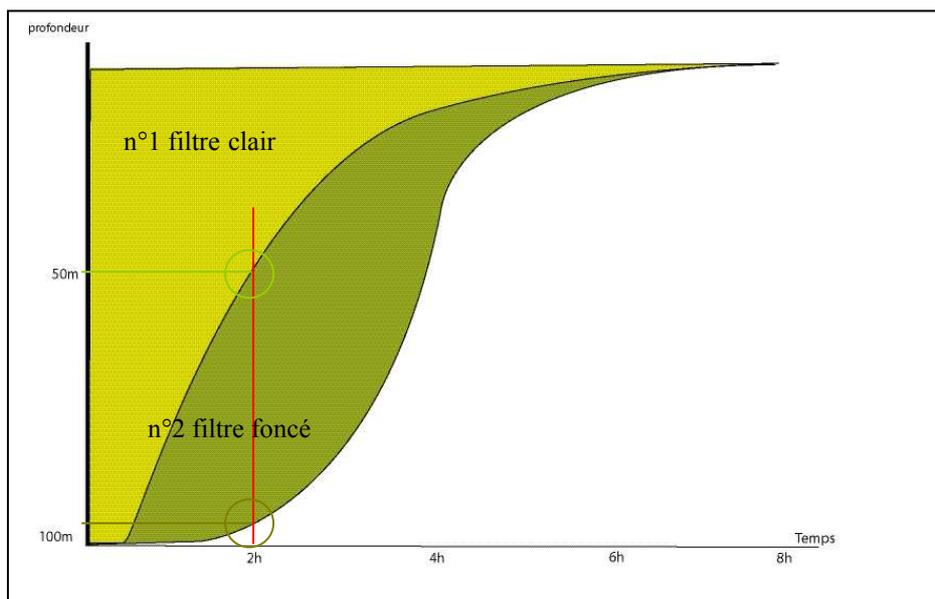


Axial ou radial, la compréhension et la conduite à tenir est la même.



Les tests indiquent, que dans les conditions indiquées, l'absorption fonctionne correctement pendant 2h à 3h selon les filtres et pour une capacité de 2,5kg d'absorbant. Au-delà de ces durées, une partie significative de CO₂ traversera le filtre sans être piégé par la chaux. Mais que se passe-t-il aux autres profondeurs.

L'idéal serait d'avoir les valeurs pour toute la gamme de profondeurs qui intéresse le plongeur, mais il n'est pas très difficile d'imaginer les tendances. Voici à quoi pourraient ressembler les courbes d'efficacité de deux filtres (imaginaires) aux performances très différentes : ces 2 courbes représentent le seuil de CO₂ « tolérable » en fonction de la profondeur et de la durée d'utilisation.



On voit clairement que la durée d'efficacité pour une profondeur donnée est très différentes pour les deux filtres, bien que le temps nécessaire pour atteindre la saturation du produit soit le même (environ 8h dans cet exemple fictif).

Donc, si on veut parler de la « durée du filtre » sans autre précision, et bien elle est identique pour les deux filtres car elle ne dépend que de l'absorbant, et c'est la même dans les deux cas : 8h !

Par contre, si on veut caractériser l'efficacité d'un filtre, en s'appuyant sur le seuil de 5mb de la norme, on voit que la notion de profondeur est bien plus pertinente que la notion de durée. Au bout de 2h, on peut se permettre 90m avec le filtre « foncé » et seulement 50m avec le filtre « clair »

Pour le plongeur, c'est bien la profondeur seuil à ne pas dépasser qui est l'information essentielle et c'est cette courbe qu'il faudrait diffuser.

Pour les explications qui vont suivre, on s'appuiera sur le filtre longitudinal qui permet une meilleure compréhension des phénomènes. Mais il est bien évident, que le filtre radial est soumis aux mêmes phénomènes. De même, cet article ne se focalise que sur l'impact de la profondeur dans l'utilisation du filtre bien qu'il y ait d'autres paramètres qui interviennent comme la température, l'effort respiratoire ou la qualité de la chaux (et son taux d'humidité) : voir : <http://www.newtech-medical.com/articles/The-CO2-Absorption-Capacity-of-Fully-and-Partially-Desiccated-Soda-Lime.html>



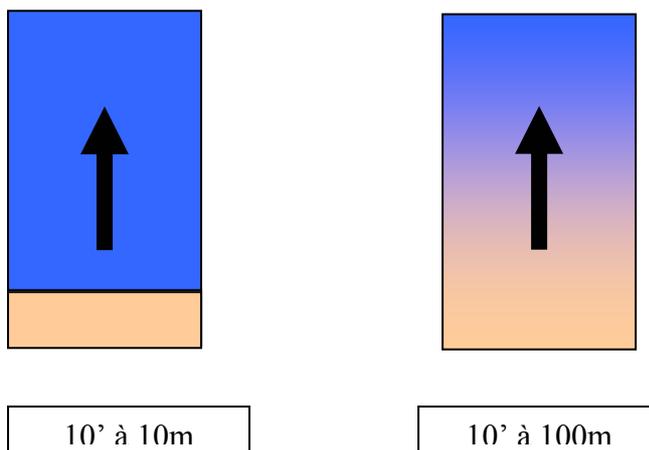
Dispersion de l'absorption

En 10' de plongée, l'organisme produira 16 litres de CO₂ (si on considère les conditions extrêmes retenues pour les tests). Que la plongée s'effectue à 6m ou à 100m, la quantité de CO₂ à filtrer sera la même car elle est indépendante de la profondeur et dans les deux cas, c'est la même quantité de chaux qui aura réagi pour faire son travail.

Par contre, la dispersion des particules de chaux ayant réagi sera sans doute fort différente selon le profil de plongée :

Dans la plongée à 6m, une fine couche de chaux sera suffisante pour absorber la totalité du CO₂ qui va traverser le filtre. Le front de réaction sera nettement défini ainsi que la séparation entre la chaux usagée et la chaux active.

Dans la plongée à 100m, la même couche de chaux ne suffira pas à absorber la totalité des molécules de CO₂. Certaines molécules de CO₂ ne seront pas fixées immédiatement et continueront de progresser pour réagir dans la partie plus haute du filtre. Et il arrive un moment où certaines molécules ne seront même plus piégées du tout.



On comprend donc mieux pourquoi un filtre peut être défaillant en profondeur alors que la chaux est loin d'être saturée et qu'il pourrait encore être parfaitement efficace à faible profondeur.

Encore une fois, la profondeur limite d'utilisation est une caractéristique bien plus pertinente qu'une simple durée.

Conséquences

Connaître le temps nécessaire à saturer complètement un filtre, n'est pas une donnée significative. Cette durée ne garantit pas que le filtre sera toujours efficace, même si on est largement en deçà de la durée théorique maxi.

Le degré de saturation d'un filtre est indépendant du profil de plongée effectué. On aura « consommé » la même quantité de chaux que l'on ait passé toute la plongée à 6m ou qu'on ait passé le même temps entre 100m et 6m. Par contre la dispersion de la chaux ayant réagi sera différente, comme vu précédemment.

Deuxième plongée

Lorsqu'on débute une plongée avec de la chaux ayant déjà été utilisée, il faut adapter sa profondeur plancher en fonction du temps d'utilisation de la première plongée. On redémarre donc avec un seuil de profondeur réduit.

Certes, la dispersion de la chaux usagée (et donc de celle encore active) dépend du profil de la première plongée mais la quantité de chaux active restante ne dépend que de la première durée d'utilisation. Aussi, n'est-il pas sûr que le profil de la première plongée ait beaucoup d'influence, mais ceci restera à vérifier.

Si on possède un filtre permettant de faire varier la quantité de chaux, il faut bien comprendre que le fait de mettre moitié moins de chaux donnera effectivement une durée de saturation réduite de moitié mais il n'autorisera pas « une profondeur/durée réduite de moitié ». Il est même possible qu'un filtre chargé avec seulement 1,25kg de chaux ne permette pas une seule minute de plongée à 100m avec une production de CO₂ de 1,6 l/min.

La durée ne permet pas de caractériser l'efficacité d'un filtre. C'est la profondeur plancher à un moment donné qui est importante.



Plongée profonde = chaux neuve !

Cas du temp stick d'AP Diving

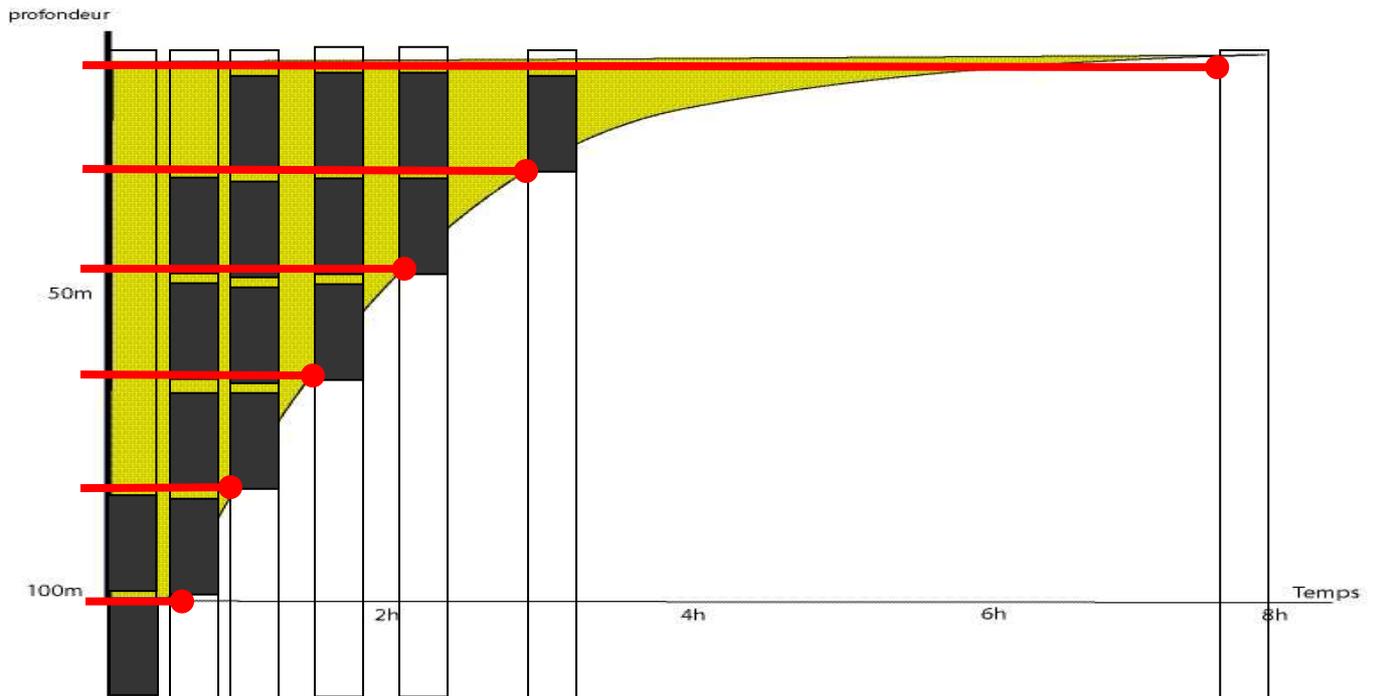
Cette information, présente en option sur l'électronique Vision des recycleurs Evolution et Inspiration, affiche la zone réactive du filtre, grâce à une série de capteurs de température logés dans l'axe central de la cartouche de chaux.



Les 6 graduations ne présentent aucune unité de mesure mais certains plongeurs l'interprète comme une durée restante. Ils ont torts et il faudrait plutôt interpréter les petits carrés qui se noircissent et redeviennent vides comme étant une profondeur limite à ne pas dépasser.

Pour être plus précis, lorsque le carré se noircit, il indique que la zone du filtre correspondant est chaude et que cette portion de chaux est en train de réagir.

Lorsque ce carré redevient « vide », il indique que cette portion de chaux est désormais « éteinte ». C'est à ce moment là qu'on pourrait associer le changement d'état à une réduction de la profondeur maxi de sécurité.



Mais, direz-vous, cette notion de profondeur plancher n'est pas disponible, sauf indirectement pour ceux qui sont équipés du capteur de température comme le Vision de AP_Diving.

Alors que faire ?

Et bien, il va falloir faire en sorte de toujours se trouver très loin du seuil de profondeur limite qu'on ne connaît pas ; en partant avec une chaux neuve pour faire une plongée profonde, en respectant les consignes très restrictives des constructeurs, même si on sait désormais que les durées annoncées pourraient être majorées pour des plongées proches de la surface.

Bref, il va falloir pêcher par prudence et surtout ne plus se contenter de comptabiliser bêtement les heures d'utilisation jusqu'à arriver systématiquement à la limite théorique de saturation sans tenir compte du profil de plongée qu'on va faire.