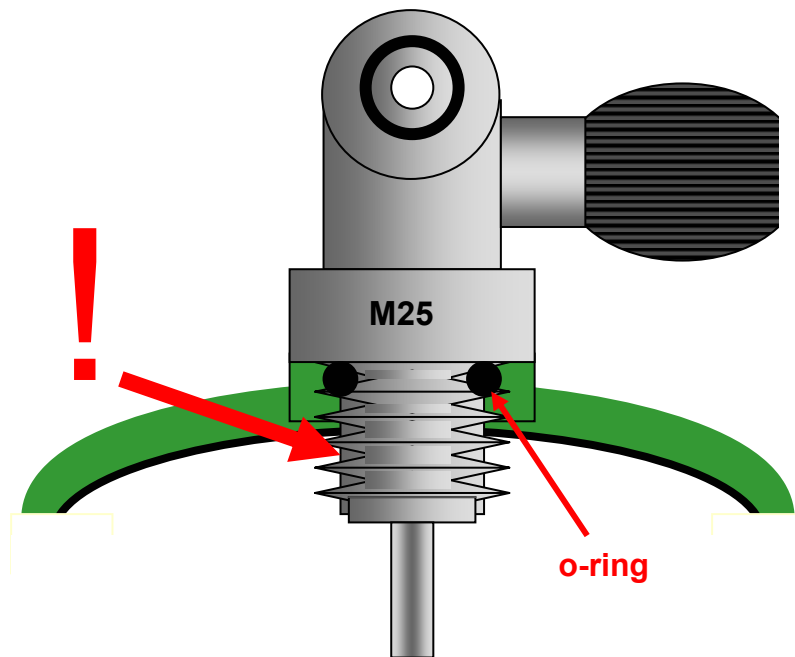


## Table des matières

Introduction .....	3
Blocs et Robinetteries .....	4
Premiers étages – Introduction .....	12
Premiers étages à piston .....	13
Premiers étages à membrane .....	18
Equilibrer les forces et CBS .....	22
Premiers étages: Qualité .....	23
Deuxièmes étages - Introduction .....	26
Le deuxième étage traditionnel .....	28
Deuxièmes étages “Downstream Override” .....	32
Deuxièmes étages à clapet pilote .....	33
Caractéristiques des deuxièmes étages .....	34
Givrage du détendeur .....	36
Tester un détendeur sur le terrain .....	38
Détendeurs: Entretien périodique .....	43
Entretien général des détendeurs .....	53
Autres types de scaphandre autonome .....	54
Air Enrichi et équipement .....	59
Inflateurs .....	60
Soupape de surpression et purge rapide .....	63
Un peu d’histoire: les gilets stabilisateurs .....	64
Les manomètres .....	67
Les profondimètres .....	69
Les compas .....	71
Index .....	72

Le risque de confusion est devenu encore plus élevé avec l'introduction du pas de vis M25x2. Avec l'apparition d'une norme standardisée, le M25x2 a résolu les problèmes des différents modèles dans différents pays, mais le pas de vis est à première vue très semblable au  $\frac{3}{4}$  gaz. Tous les nouveaux blocs européens sont équipés du pas de vis M25x2.

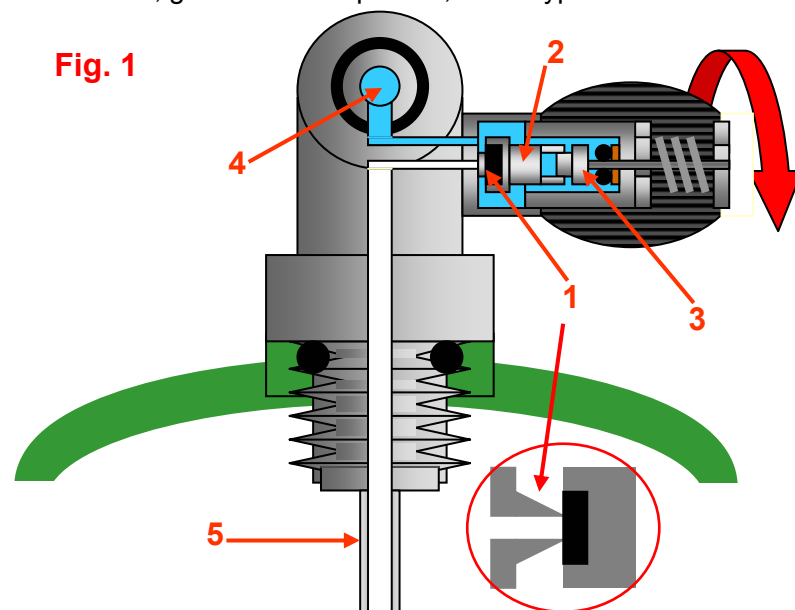
Si l'inverse ne fonctionne pas, il est possible de visser une robinetterie M25x2 dans un bloc  $\frac{3}{4}$  gaz. Après 4 ou 5 tours la résistance augmente. Un professionnel diagnostiquera immédiatement un problème de pas de vis, mais un utilisateur mal informé pourra en forçant un peu connecter la robinetterie au bloc, endommageant le pas de vis. Celui-ci ne supportera pas une pression de 200 bar et la robinetterie "explosera" du bloc pendant ou peu après le gonflage, ce qui est extrêmement dangereux. Le risque est réel lorsqu'un plongeur achète une nouvelle robinetterie pour son bon vieux bloc. En effet un bloc bien entretenu peut durer des dizaines d'années et il y a encore beaucoup de  $\frac{3}{4}$  gaz en circulation. Les centres de plongée qui ont eu un problème suite à une confusion M25x2 –  $\frac{3}{4}$  gaz sont sans doute plus nombreux que vous ne pensez.



Toutes les robinetteries et tous les blocs récents ont un marquage M25x2 (parfois simplement M25). Si vous ne trouvez aucun marquage, attention, ce n'est pas une connexion M25. Un autre point important concernant les anciens blocs est qu'ils ne sont pas toujours utilisables à 200 bar. En France on trouve encore le très populaire bi huit qui a été fabriqué pour une pression maximum d'environ 170 bars.

*Les blocs récents ne posent aucun problème, mais la durée de vie d'une bouteille de plongée peut se compter en dizaines d'années, et vous pouvez avoir affaire à du matériel ancien. Faites attention si vous ne trouvez pas de marquage M25.*

La plupart des robinetteries utilise un système simple d'ouverture et de fermeture, et peuvent être connectées, grâce à un adaptateur, aux 2 types de détendeur: DIN et étrier (Fig.1 – numéro 4).

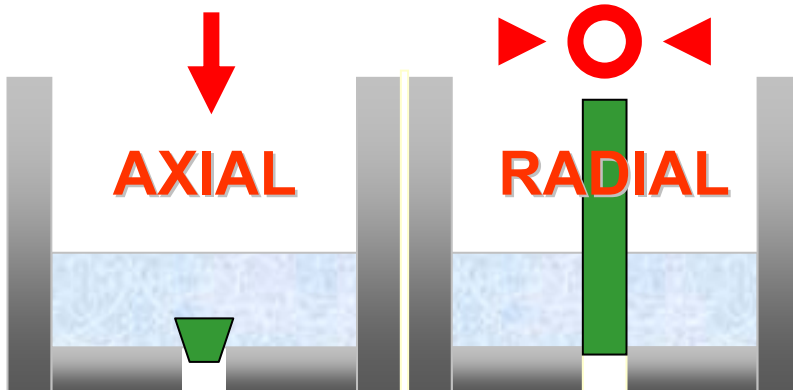


La pression dans la bouteille est bloquée par le clapet (la partie molle) qui ferme sur le siège (la partie dure – Fig.1 – numéro 1). Le clapet fait partie de la "vis clapet" (numéro 2), qui est vissée et dévissée à l'aide de la "tige tournevis" (numéro 3), qui est connectée au volant.

Si une robinetterie non connectée à un détendeur est immergée, toute la partie en bleu sur l'illustration se remplira d'eau. Une purge évacuera une grande partie de l'eau, située après la sortie d'air, mais en laissera une petite quantité, d'où des résidus de sel, de minéraux et de saletés à l'intérieur de la robinetterie.

Pour remonter une robinetterie vous devez travailler dans la direction inverse. En remettant l'écrou en place vous devez faire attention à ne pas forcer la vis clapet sur le siège. Pour cela vérifiez de temps en temps que la tige tournevis peut bouger librement. Sinon utilisez la tige tournevis pour dévisser légèrement la vis clapet. Pour le reste tout fonctionne comme pour le démontage mais dans l'ordre inverse.

## Premiers étages - Introduction



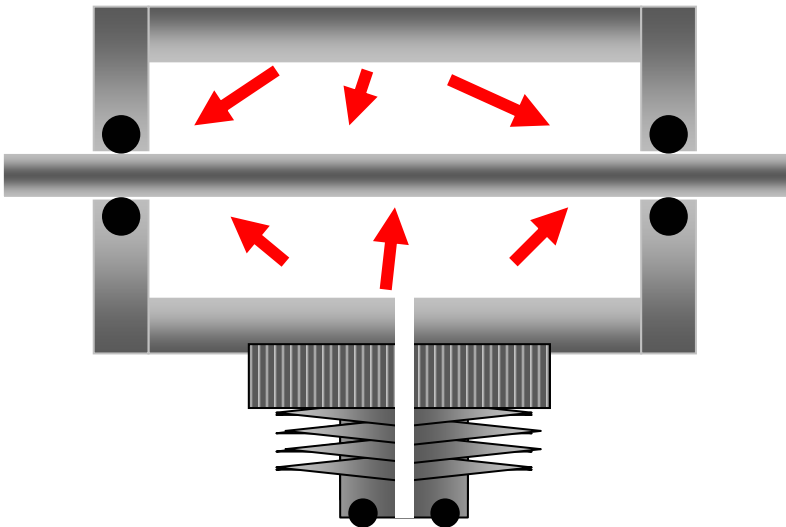
Pour comprendre le fonctionnement des premiers étages nous devons d'abord expliquer quelques concepts.

*Les concepts des forces axiales et radiales sont importants pour les premiers étages à piston.*

La force axiale est une force appliquée dans l'axe de mouvement alors qu'une force radiale n'a pas d'influence sur le mouvement. Une force entre les deux aura une composante axiale et une composante radiale.

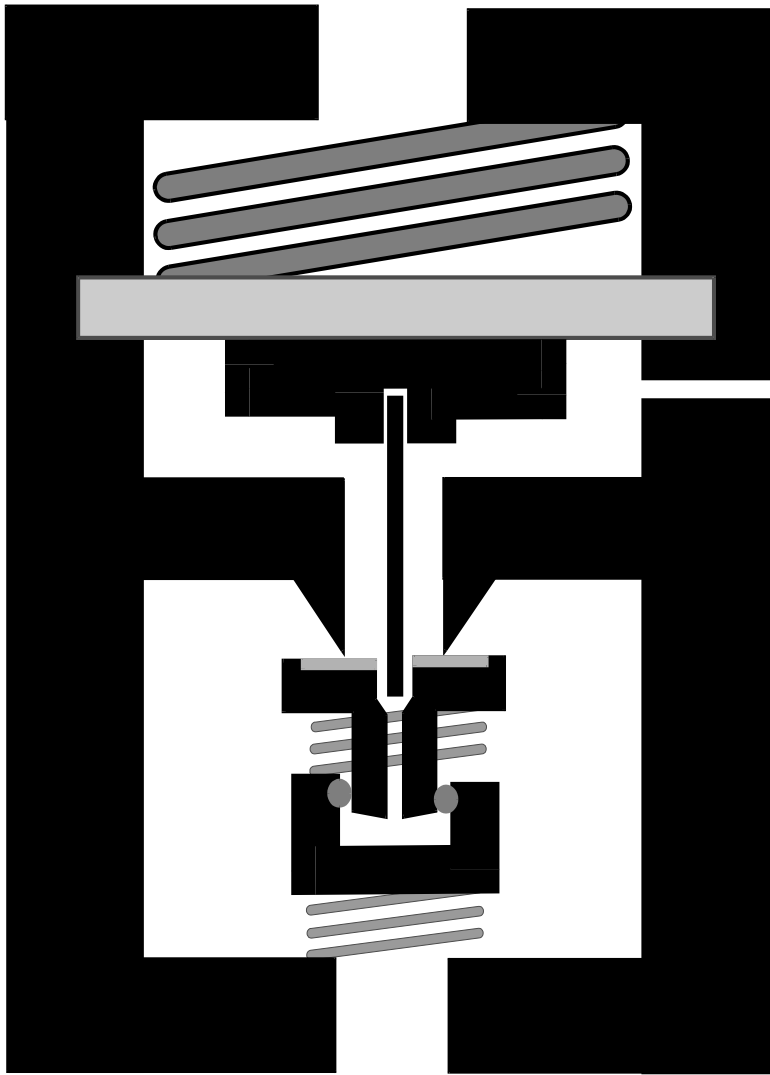
Le schéma représente un évier bouché. Sur le côté gauche le bouchon est complètement submergé. Sur le côté droit on utilise un tuyau de diamètre égal sur toute la longueur. A gauche le poids de l'eau travaille dans l'axe du mouvement parce qu'il y a une surface sur laquelle « pousse » la masse de l'eau. A droite, par contre, nous avons affaire à une force radiale: le poids de l'eau est le même que sur la gauche mais il n'y a pas de surface sur laquelle il peut « pousser », influençant le mouvement du tuyau.

Le tuyau est entouré d'eau. La force est égale tout autour du tuyau, annulant toute influence sur le mouvement de celui-ci. Sur la gauche il y aura une différence dans la force requise pour enlever le bouchon, proportionnelle à la hauteur de la colonne d'eau dans l'évier.



Le même principe s'applique pour une chambre à haute pression remplie d'air. L'air entourant la barre de métal n'a pas d'influence sur le mouvement de celle-ci car il n'a aucune surface où appliquer une force axiale.

Quelle que soit la pression dans la chambre la barre de métal ne bougera pas. Cela serait différent si le diamètre de la barre n'était pas le même sur toute la longueur. Dans ce cas là la barre bougerait du côté où le diamètre serait plus important.



A première vue le fonctionnement d'un premier étage est un peu plus compliqué, mais si on se souvient de l'introduction sur les premiers étages, le concept devient très facile à comprendre.

Le premier étage à membrane compensé est très proche du non compensé, mais à la place du clapet conique (dur) nous trouvons un siège (en dur) et un clapet (la partie molle à l'extrémité du petit piston) habituels.

L'arrivée haute pression et la connexion vers le deuxième étage et les autres sorties moyenne pression (autre désignation de la pression intermédiaire) se trouvent au même endroit que sur un premier étage à membrane non compensé.

Le fonctionnement de ce type de premier étage est basé sur le fait que deux forces égales qui s'opposent s'annulent.

Le petit piston dispose d'un passage vers une chambre de pression intermédiaire (ou chambre de compensation). La première partie du trou est suffisamment grande pour permettre à l'aiguille d'y pénétrer, mais ensuite le

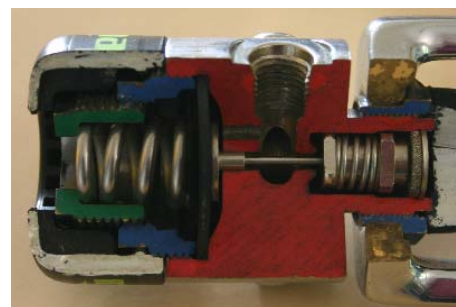
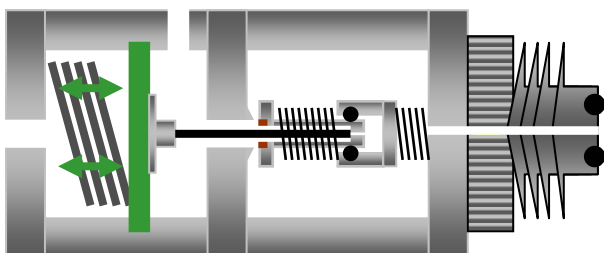
diamètre diminue pour l'empêcher de passer à travers le piston. Le diamètre de la chambre de compensation est le même que celui du passage entre la chambre de haute pression et la chambre de pression intermédiaire. En outre, la partie du petit piston autour du siège a la même surface au-dessus et en dessous. Cela nous amène à la formule complète suivante pour un premier étage à membrane compensé (en supposant que le diamètre du passage entre haute et moyenne pression est de  $8\text{mm}^2$  et que la partie du petit piston entourant le siège a une surface de  $10\text{mm}^2$ ):

$$MP \cdot 500\text{mm}^2 = P_{\text{ressort}} \cdot 500\text{mm}^2 + P_{\text{ambiante}} \cdot 500\text{mm}^2 + P_{\text{intermédiaire}} \cdot 8\text{mm}^2 - P_{\text{intermédiaire}} \cdot 8\text{mm}^2 + P_{\text{bloc}} \cdot 10\text{mm}^2 - P_{\text{bloc}} \cdot 10\text{mm}^2$$

Comme un + et un - s'annulent et après avoir éliminé les surfaces identiques, nous retrouvons la même formule que pour le premier étage à piston compensé:

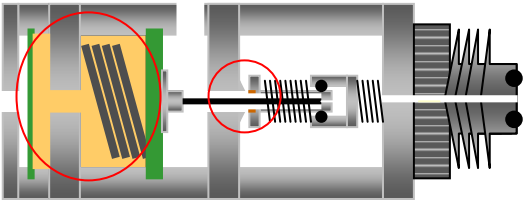
$$MP \cdot 500\text{mm}^2 = P_{\text{ressort}} \cdot 500\text{mm}^2 + P_{\text{ambiante}} \cdot 500\text{mm}^2 + P_{\text{middle}} \cdot 8\text{mm}^2 - P_{\text{middle}} \cdot 8\text{mm}^2 + P_{\text{cylinder}} \cdot 10\text{mm}^2 - P_{\text{cylinder}} \cdot 10\text{mm}^2$$

$$MP \text{ (pression intermédiaire) } = P_{\text{ressort}} + P_{\text{ambiante}}$$



## Givrage du détendeur

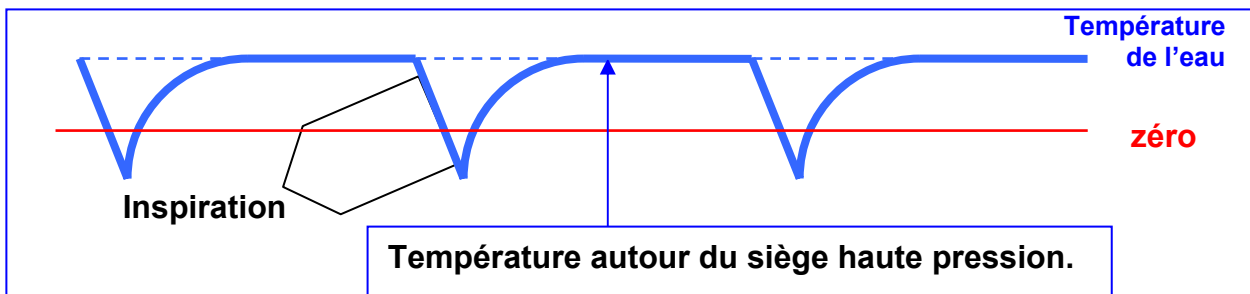
Lors de plongées en eaux froides, de la glace dans le détendeur peut causer un débit continu. Pour que de la glace se forme, il faut deux éléments: une température en dessous de zéro et de l'eau. Si l'un des deux manque, un détendeur ne peut pas givrer. Il est très peu probable qu'un premier étage ne gèle. Les basses températures sont créées aux endroits où la pression chute brutalement. C'est à dire pour un premier étage au siège haute pression. Peu importe le type de détendeur utilisé, membrane ou piston, compensé ou non compensé, à l'endroit où la pression chute lorsque le plongeur inspire il n'y a normalement pas d'eau.



Si l'eau est entrée jusqu'au siège haute pression, c'est qu'elle vient du bloc. C'est une des raisons pour lesquelles on doit éviter toute entrée d'eau dans le bloc ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre 1. De l'air humide pénétrant dans le premier étage peut provoquer une accumulation d'eau autour du siège haute pression, qui gèlera si la température descend en dessous de zéro

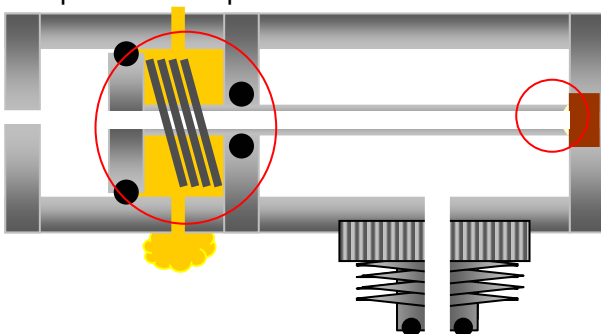
et peut empêcher le clapet de se fermer sur le siège. Pour le plongeur cela signifie que le bloc doit être sec avant toute plongée en eau froide.

Certains premiers étages sont équipés de systèmes pour prévenir le gel. La plupart d'entre eux ne fonctionnent pas vraiment, parce que l'isolation n'est pas au bon endroit. C'est seulement au siège haute pression que la température sera négative. Le premier étage est construit en métal (un excellent conducteur) et le détendeur est immergé dans l'eau où la température est toujours positive (nous ne plongeons pas dans la glace). Lorsque le plongeur inspire, la température autour du siège haute pression descend au dessous de zéro (ce qui n'est pas un problème pourvu que l'air arrivant du bloc soit sec), mais grâce à la température positive de l'eau environnante, il se réchauffe avant que le plongeur ne prenne sa prochaine respiration.



L'isolation autour du ressort de pression intermédiaire peut être utile pour empêcher l'entrée d'impuretés dans la chambre de pression intermédiaire, mais ne servira pas à grande chose pour éviter le givrage du détendeur. Plutôt que d'ajouter ce genre de protection, le plongeur devrait s'assurer que le bloc est parfaitement sec à l'intérieur et est gonflé par des professionnels suivant les procédures correctes de filtrage et de gonflage.

A un certain moment, les plongeurs prirent l'habitude de remplir la chambre humide des premiers étages à piston de graisse silicone, mais cela avait un effet contraire à celui recherché. Au lieu d'empêcher les impuretés d'entrer dans la chambre, la silicone les retenait à l'intérieur. A chaque



mouvement du piston, la silicone était expulsée par les trous et l'eau (avec les impuretés) était aspirée vers l'intérieur. Les impuretés collaient alors à la silicone et créaient un mélange de silicone et de saletés qui n'était pas vraiment bon pour le détendeur.

De petites quantités de silicone sortaient également des ouvertures quand le premier étage était mis sous pression ce qui rendait le détendeur graisseux et glissant.

La construction d'un recycleur semi fermé au Nitrox est la même que celle d'un recycleur à oxygène, mais la quantité de gaz respirable injecté ne peut pas être calculé de façon linéaire – on ne peut affirmer que, si la consommation d'un plongeur est de 2 litres par minute, il suffira d'injecter 4 litres de AENx50 par minute, c'est à dire 2 litres d'azote et 2 litres d'oxygène. Vous devez prendre en compte l'oxygène qui est sorti du système par la soupape de surpression. La formule utilisée pour calculer le débit pour un AENx spécifique et une consommation estimée est la suivante :

$$\text{Débit} = \frac{(\text{Consommation estimée} \times \% \text{ contre poumon } O_2 - \text{consommation estimée})}{(\% \text{ contre poumon } O_2 - \text{bloc } O_2)}$$

En prenant l'exemple d'une consommation estimée de 2 litres par minute et d'une injection de AENx50 nous pouvons calculer le débit nécessaire. Avant cela nous devons connaître le pourcentage d'oxygène désiré dans le contre poumon. Pour éviter tout risque d'hypoxie, nous voulons un pourcentage au moins égal à celui de l'oxygène dans l'air. Pour calculer le débit minimum assurant une quantité suffisante d'oxygène au plongeur, nous prendrons un pourcentage d'oxygène dans le contre poumon à 21.

$$\text{Débit} = \frac{(2 \text{ litres/minute} \times 0.21 - 2 \text{ litres/minute})}{(0.21 - 0.5)}$$

$$\text{Débit} = \frac{(0.42 \text{ litres/minute} - 2 \text{ litres/minute})}{- 0.29}$$

$$\text{Débit} = \frac{- 1.58 \text{ litres/minute}}{- 0.29 \text{ litres/minute}} = \frac{1.58 \text{ litres/minute}}{0.29 \text{ litres/minute}}$$

Débit = 5.4 litres par minute

*Un recycleur semi fermé au Nitrox typique*



Les recycleurs semi fermés au Nitrox permettent de longues plongées, mais les variations du pourcentage d'oxygène dans le circuit entraînent quelques inconvénients. Comme nous pouvons le voir dans la formule ci-dessus, nous calculons le débit en nous basant sur le minimum requis pour garder le gaz dans le circuit non hypoxique. Cela signifie qu'un plongeur qui consommerait

effectivement la valeur estimée de 2 litres par minutes, respirerait de l'air. Sans instruments il est impossible de connaître sa consommation d'oxygène, la seule possibilité sera donc de régler l'ordinateur sur «air» (pour le calcul de temps de plongée maximum).

D'autre part un vidage de masque ou autre (comme une purge complète du système que l'on apprend durant la formation) pourrait emplir complètement le circuit de gaz provenant des blocs. On devra donc déterminer la profondeur maximum en fonction du pourcentage d'oxygène dans les blocs. Cette nécessité de prendre en compte « le pire des cas » pour les réglages présente plusieurs inconvénients. Avec des instruments mesurant et calculant en temps réel, ils peuvent être diminués, mais cela ne sera jamais comme avec un système à circuit ouvert où le plongeur sait toujours avec précision ce qu'il respire.