

INSPIRATION ^{CE}

EVOLUTION ^{CE}

**Ambient Pressure Diving Ltd.
Recycleur à circuit fermé**

Salon de la Plongee 2006

2006



Avec ou sans bulle ?

(Extrait du mémoire d'Instructeur National de Eric BAHUET - disponible dans son intégralité sur le site : www.plongeesout.com rubrique articles/recycleur).

Jean Pierre MONTAGNON a présenté dans le SUBAQUA N° 190 les différents types de recycleurs présents sur le marché. J'utilise l'un d'entre eux et je vous propose de découvrir le potentiel de cette « drôle de machine ».

Rappelons à toutes fins utiles qu'un recycleur permet de recycler le gaz expiré tout en compensant la perte d'oxygène liée à la consommation du métabolisme ! Ce fonctionnement est indépendant du gaz utilisé : il peut s'agir d'un Nitrox, d'un Trimix, d'un HélioX, ...

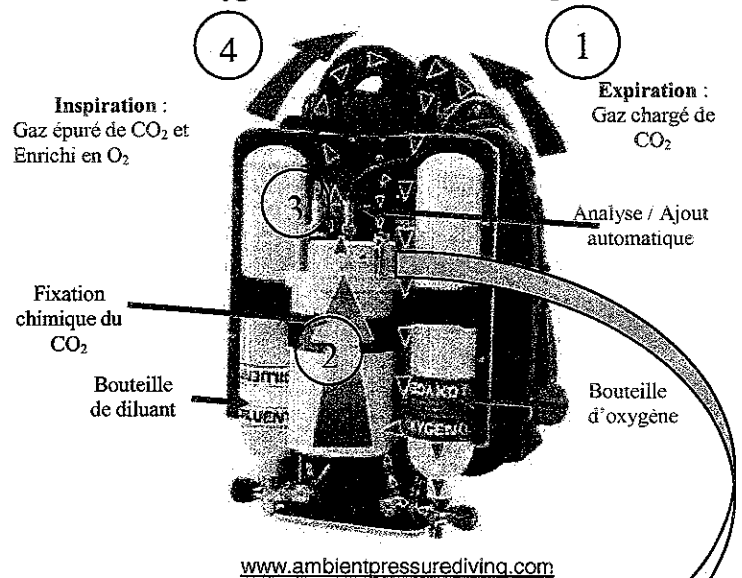
Pour apprécier le fonctionnement de ces machines, il faut se remémorer quelques notions de physiologie. Notre métabolisme consomme de l'oxygène (O_2) et produit du dioxyde de carbone (CO_2). A chaque ventilation, l'air expiré est donc appauvri en oxygène et chargé en dioxyde de carbone. Tout recycleur apporte des solutions techniques pour éliminer le dioxyde de carbone produit et effectuer le juste complément en oxygène. La technique avec laquelle ces matériels réalisent cet apport en oxygène permet de les différencier. Le recycleur « INSPIRATION » est fabriqué et commercialisé par la société anglaise « AMBIENT PRESSURE DIVING ». Il s'agit d'un recycleur à circuit fermé, piloté par une électronique. Son fonctionnement est spécifique car il effectue l'apport en oxygène en le maintenant à une pression partielle constante (ppO_2). En clair, il s'agit de maintenir la même quantité d'oxygène en terme de nombre de molécules. Pour y parvenir, l'appareil effectue, à intervalles réguliers, une mesure de la ppO_2 à l'aide de capteurs spécifiques. L'électronique compare cette mesure avec une valeur prédéfinie par l'utilisateur : le « setpoint ». Si la mesure est inférieure au setpoint, une vanne électrique, appelée solénoïde, est actionnée, et déclenche l'arrivée d'oxygène pur à partir d'une bouteille dédiée. C'est le domaine du sur-mesure. Le recycleur effectue les apports en oxygène en fonction des besoins de l'organisme, c'est à dire des efforts. De là à dire qu'il s'agit d'une usine à gaz, il n'y a qu'un pas ! En théorie, c'est l'appareil idéal car il permet de maximiser la valeur de la ppO_2 dans le système et par conséquent, de diminuer d'autant les pressions partielles des gaz qui influent sur la décompression (azote ou hélium). Ce matériel implémente des solutions généralement peu compatibles avec l'élément liquide : l'électronique et l'électricité. Après les appareils photos et les ordinateurs, c'est au tour des recycleurs... La mesure de la fraction d'oxygène dans la boucle respiratoire se réalise à l'aide de capteurs qui ont une fiabilité limitée dans un environnement humide. Ceci est vraisemblablement le talon d'Achille de l'appareil. La solution de redondance choisie par le constructeur consiste à multiplier le nombre de ces capteurs.

On trouve donc dans l'INSPIRATION :

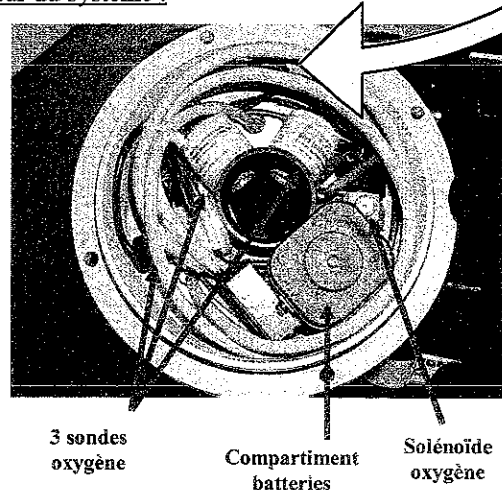
- trois capteurs oxygène qui mesurent la ppO_2
- un mécanisme d'injection commandé par électronique
- une boucle respiratoire constituée de tuyaux annelés et de faux poumons inspiratoires et expiratoires
- de la chaux sodée qui est chargée de fixer le CO_2
- une bouteille de 3 litres d'oxygène pur
- une seconde bouteille de 3 litres qui contient un diluant (Air, Trimix, ...). Il sert à diluer l'oxygène et permet ainsi de s'affranchir de la limite des 6 mètres imposée par la toxicité de l' O_2 . En fonction du choix du diluant, le plongeur va recycler par exemple un Nitrox ou un Trimix.

Principe de fonctionnement

1. expiration dans le faux poumon (sac) expiratoire via un tuyau annelé qui achemine le gaz expiré vers la chaux sodée
2. la chaux sodée fixe le CO_2
3. l'électronique injecte, après analyse, le complément en oxygène nécessaire
4. inspiration via le faux poumon inspiratoire d'un gaz enrichi en oxygène et débarrassé de son CO_2



Le cœur du système :



Avec cet appareil, on ne se soucie presque plus de la quantité de gaz disponible mais plutôt de la qualité du gaz que l'on respire. Si pour une raison ou une autre, le système injecte trop ou pas assez d'oxygène, c'est l'hyperoxie ou l'hypoxie en perspective ! Pour éviter cette situation peu réjouissante, le constructeur a prévu des alarmes sonores et visuelles. Sa recommandation reste quand même de surveiller la ppO_2 à l'aide des consoles d'affichage très régulièrement. Pour en savoir plus sur le fonctionnement de cet appareil, je vous invite à parcourir son manuel d'utilisation qui a été traduit en Français par Jean Marc BELIN et Eric BAHUET :

<http://www.plongeesout.com> (rubrique articles/recycleur)

Les recycleurs se retrouvent tous autour d'avantages communs : silence en plongée, sensation de faire partie du milieu, approche facilitée de la faune, respiration d'un gaz chaud et humide, autonomie importante, décompression optimisée. Ces derniers points sont principalement mis en valeur avec l'INSPIRATION.

On remarque dans le schéma ci-dessus que jusqu'à 50 mètres (et avec une ppO_2 paramétrée à 1,3 bar), le pourcentage d'azote respiré avec l'INSPIRATION est inférieur à celui respiré avec un scaphandre traditionnel. Au delà, c'est le contraire. Pour conserver en profondeur toute notre lucidité, nous emploierons rapidement un mélange Trimix (son utilisation devient vraiment peu onéreuse du fait de sa réutilisation sur plusieurs plongées).

Quels moyens de décompression possibles avec un diluant AIR ?

Nous pouvons utiliser :

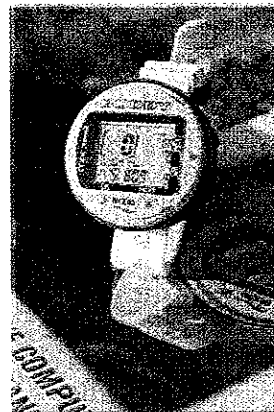
1. Des tables à ppO_2 constante (exemple : celle de l'US Navy). Mais comme souvent en exploration, on privilégiera rapidement par commodité l'emploi d'un ordinateur.
2. Quel ordinateur ? une première possibilité consiste à utiliser un « classique » modèle Nitrox paramétré avec la valeur du mélange atteinte à la profondeur maximale d'évolution.

Exemple : plongée à 30 m avec une ppO_2 paramétrée à 1,3 bar => Nitrox 32 ($1,3 \div 4 = 0,32$).

C'est évidemment très conservateur car le mélange fabriqué à la descente et à la remontée sera supérieur en oxygène à un Nitrox 32.

3. Un ordinateur spécifique fonctionnant à ppO_2 constante comme le Nexus de la société « AP VALVES » ou le récent VR2 de « Delta P Technology ».

Ils permettent une utilisation en mode circuit ouvert ou circuit fermé. Il sont cependant « limités » à une utilisation air ou Nitrox.



Nexus

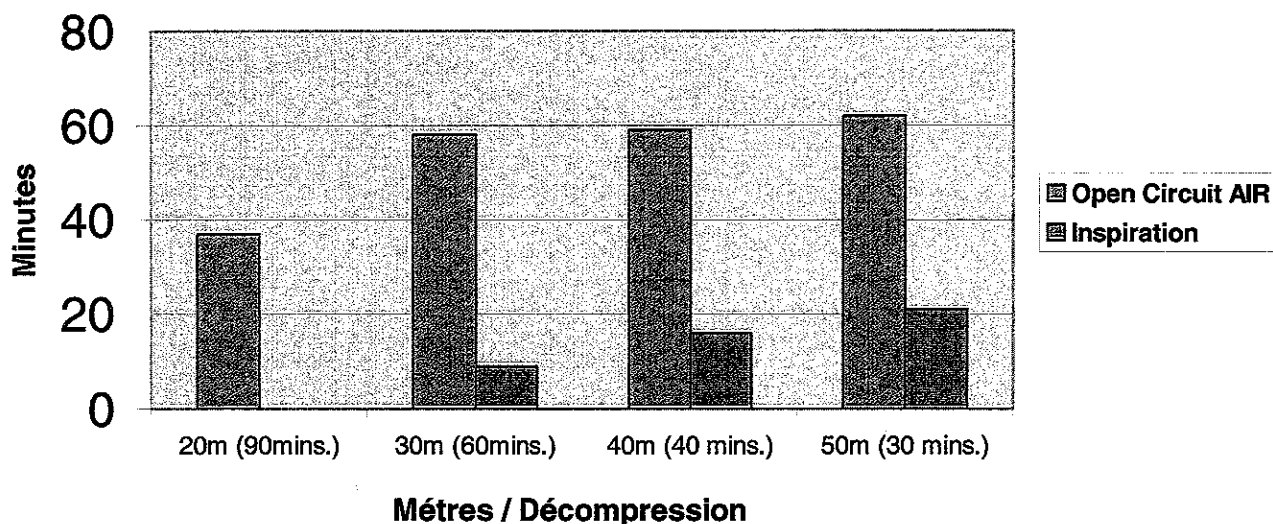
Dans le graphique ci dessous, nous comparons différentes décompressions Air ou en recycleur circuit fermé. Ces simulations suivantes ont été réalisées à l'aide d'un logiciel de décompression.

Le même profil de plongée (20 / 30 / 40 / 50mètres) a été utilisé avec 2 configurations différentes :

1. **une plongée en circuit ouvert à l'air.** Temps total de plongée à 50 mètres : **30 minutes** dont 61 de décompression
2. **une plongée en recycleur circuit fermé.** Temps total **30 minutes** dont 21 de décompression !

Les différences sont significatives. Nous connaissons déjà les avantages de la plongée au Nitrox, mais il faut reconnaître qu'avec l'emploi d'un circuit fermé électronique ces avantages prennent une autre dimension. Autrement dit, ce matériel permet d'envisager de nouvelles plongées, vraisemblablement plus engagées : des explorations plus longues que des plongées effectuées en circuit ouvert pour un même temps de décompression ou des explorations de durées identiques mais avec un temps de décompression moindre...

Comparons différents décompression



semblent, comme toujours interminables et ennuyeux au possible le long de notre ligne de décompression. Le froid se fait sentir et les veinards dont les combinaisons sont équipées de « purge pipi » font des envieux... De retour au port, nous sommes confrontés au traditionnel entretien du matériel et remplissage des blocs. La fabrication des mélanges est souvent fastidieuse et les temps de gonflage sont en rapport avec les quantités consommées. C'est un nouvel avantage en faveur des recycleurs. Nous effectuons de simples et rapides compléments en gaz.

Des matériels comme l'INSPIRATION disposent d'un tel potentiel qu'il ne faut en aucun cas sous estimer l'importance d'une formation de qualité. Il est tentant d'aller profond trop rapidement. Beaucoup d'utilisateurs brûlent les étapes de l'apprentissage pour se mesurer vainement à l'abyme... ce n'est assurément pas la bonne approche. Si nous devons donner un seul conseil aux futurs utilisateurs, il serait certainement d'accepter de tout réapprendre avec des formateurs expérimentés. De nouveaux réflexes sont à acquérir et les procédures de sécurité ne s'improvisent vraiment pas. Comme le précise le manuel d'utilisation de l'INSPIRATION, l'expérience acquise en circuit ouvert, si importante soit-elle, ne sert à rien !

Ce n'est qu'en pratiquant régulièrement et dans des espaces d'évolution peu profonds que l'on construira progressivement son expérience. Ainsi, peu à peu, le plongeur en recycleur apprendra à tirer le meilleur parti de son matériel pour des plongées exceptionnelles.

Les limites que nous connaissions de la plongée sportive sont désormais repoussées : la durée d'une plongée peut atteindre plusieurs heures, les profondeurs peuvent devenir conséquentes. Ces problèmes, nouveaux pour la plupart des plongeurs « mer », ont été résolus depuis longtemps par les plongeurs spéléo. Il s'agit tout d'abord du froid, conséquence de ces durées d'immersion. L'autonomie de nos éclairages est également mise à rude épreuve. Nous avons dû adapter notre équipement en conséquence et bénéficier de l'expérience acquise par nos cousins « souterrains ». L'équipement du plongeur forme un tout et nous nous attachons lors de la préparation de nos plongées à utiliser des matériels appropriés : recycleur, protection contre le froid et éclairage.

Cela a été pour nous l'occasion de revoir notre équipement. Des matériels comme l'INSPIRATION disposent d'un tel potentiel qu'il ne faut en aucun cas sous estimer l'importance d'une formation de qualité. Il est tentant d'aller profond trop rapidement. Beaucoup d'utilisateurs brûlent les étapes de l'apprentissage pour se mesurer vainement à l'abyme... ce n'est assurément pas la bonne approche. Si nous devons donner un seul conseil aux futurs utilisateurs, il serait certainement d'accepter de tout réapprendre avec des formateurs expérimentés. Nous avons pu mesurer la qualité de produits Français. Ils sont suffisamment rares dans le domaine de la plongée pour que nous prenions le temps de les citer : TOPSTAR pour nos combinaisons étanches désormais équipées d'une indispensable « purge pipi » et de sous combinaisons adaptées aux conditions des plongées réalisées. Pour l'éclairage, la technologie HID de BERSUB répond parfaitement à notre besoin d'autonomie et de puissance.

Les plongées engagées nécessitent une organisation sans faille. Celle-ci a été assurée par la structure ESPACE MER de la Tour Fondue (Philippe BERNARDI). Nous remercions Béa, Philippe et Patrick pour leur accueil ainsi que Sabine, la très compétente pilote du bateau Odyssee.

Le groupe de plongeurs : Frank VASSEUR, Emmanuel VASSARD, Philippe BERNARDI, Christophe BARDIN, Gérard CLABE, Laurent BALLESTA, Jean Marc BELIN, Eric BAHUET.