

De la plongée en scaphandre à la plongée sans bulle...

**Mémoire de présentation à la candidature d'Instructeur Régional de la Région
Côte d'Azur de Jean-Pierre MARIN, MF2 N° 1355**

SOMMAIRE

Présentation

Remerciements
Justifications
Limites

Technique

Principe général
Recycleur fermé
Recycleur semi fermé

Intérêts

Temps / confort
Décompression / gaz
Hormis la technique...

Inconvénients

Investissement
Mise en œuvre
L'équipier

Logistique

Le matériel
Le support plongée
Les autres plongeurs
La direction de plongée
Les accidents / les incidents
La planification

Cursus

Le point sur les formations fédérales
Les gaz
Les passerelles

Conclusion

Bibliographie

PRESENTATION

Remerciements

La réalisation de ce mémoire est d'abord l'aboutissement d'une curiosité personnelle suscitée par la passion de mon premier parrain en plongée : Jean-Marc Belin. Jean-marc, un des co-auteurs de l'ouvrage « Plongées sans bulles » (Immersion en recycleur INSPIRATION) m'a en effet suivi tout au long de mon stage pédagogique MF1 lorsque j'étais en Région Centre et m'a transmis, outre une partie de ses savoirs, sa passion de la plongée en recycleur. La vieille amitié complice qui nous unit depuis n'a pas encore réussi à nous rassembler sous l'eau avec ces drôles de machines. Ce n'est que partie remise, et en attendant, c'est d'abord à toi que je rends hommage pour l'aide que tu m'as apportée tout au long de mes cursus de moniteur.

Lorsque l'on s'expatrie de sa région d'origine et que l'on cherche à intégrer une nouvelle Commission Technique Régionale, le chemin est rocailleux et parsemé d'embûches...J'adresse mes sincères remerciements à ceux qui ont bien voulu croire en moi, membres du collège des Instructeurs, et tout particulièrement à Philippe Boulenouar qui m'a accueilli dans cette région, Christian Jaffard et Philippe Poinboeuf qui m'ont parrainé dans le cadre de ce stage. Je n'oublie pas dans ce collège, Philippe Bernardi et Georges Coppola, puisque j'aurai donc usé deux présidents de CTR pour venir à bout de ce mémoire...

Une pensée amicale également pour Jean-François André qui a eu la patience de me faire découvrir sa machine préférée, le « SUBMATIX », et qui travaille actuellement sur l'intégration de cursus de formation sur ce type de recycleur au sein de la FFESSM, et à Evelyne Verdier pour son enseignement de la plongée « INSPIRATION ».

Justifications

Encore un ouvrage sur le fonctionnement des recycleurs !

Avant d'expliquer ce que sera ce mémoire, je tiens à préciser ce qu'il ne sera pas...

En effet, même si pour des raisons de compréhension globale du sujet, il me faut traiter quelque peu du fonctionnement de ces usines à gaz, l'objectif recherché n'est pas d'en faire une étude technique approfondie. D'autres l'ont déjà fait et de fort belle façon.

Je rechercherai plutôt, au travers de ce document, à en démystifier l'emploi et à analyser comment on passe de l'autre côté du miroir en décidant de plonger au recycleur.

A partir de quel niveau peut-on le faire, avec quels gaz, où, comment, avec qui ?

Bref autant de questions que je me suis posé le jour où j'ai vu débarquer ces espèces de valises « DELSEY » sur le pont de mon bateau et qu'il a fallu, avant de les imiter, que je mette à l'eau des « Tortues Ninja » en espérant qu'elles veuillent bien remonter à la surface à un moment donné !

Limites

A l'heure où j'écris ces quelques lignes, les cursus fédéraux de formation, et donc le champ de mon étude, se limitent :

- au recycleur « INSPIRATION », pour les machines dites « à circuit fermé »



- aux recycleurs « RAY » et « DOLPHIN » pour les machines dites « à circuit semi fermé », même si celles-ci tendent à disparaître du marché national, la société Aqua Lung ayant abandonné leur commercialisation.



Les études en cours sur le cursus de formation « SUBMATIX » pour la FFESSM ne devraient pas modifier de façon notable les réflexions qui seront menées ci après.

Certains grands principes sont d'ordre général, l'un des principaux étant que pour toute machine, un certain nombre d'heures de formation et de pratique est indispensable. Les réflexes d'utilisation d'une machine peuvent être acquis, cependant toutes les notions ne sont pas « transférables » d'un recycleur à l'autre sans une période d'adaptation théorique et pratique.

Dans la limite du possible, sauf si l'exemple est nécessaire à la compréhension, il ne sera donc pas fait appel ou référence au type de la machine dans cette étude qui se veut, je le répète, généraliste.

TECHNIQUE

Principe général

La plongée loisir, en circuit ouvert, telle que nous la concevons actuellement, doit beaucoup au développement initial de cette pratique dans le secteur militaire. Les avancées techniques et commerciales engendrées par la pratique de masse de cette activité par tout un chacun se sont naturellement répercutées dans le domaine militaire qui a su, à son tour, y trouver son intérêt.

Ce cercle vertueux du développement de la plongée en circuit ouvert est en passe de se dupliquer dans le domaine de la plongée en recycleur : la technique militaire, confidentielle et onéreuse, s'est peu à peu adaptée à une pratique élargie dont les coûts de mise en œuvre s'amenuisent au fil du temps. Tout porte à croire que le développement de nos recycleurs de loisir ouvrira à son tour la porte au développement d'outils militaires et de techniques encore plus innovantes par le futur...

Le principe de fonctionnement général d'un recycleur est des plus simples : comme il l'est précisé dans son nom, cette machine « recycle » le gaz respiré.

Lorsque l'on plonge en circuit ouvert, tout le gaz inspiré, prélevé dans le bloc, est expiré et perdu dans l'eau. L'autonomie du plongeur se trouve donc limitée par la capacité globale du bloc (volume/pression de service), et par sa consommation propre (volume pulmonaire courant/fréquence respiratoire/profondeur d'évolution).

En recycleur, le gaz expiré va être récupéré pour être inspiré de nouveau après avoir bien entendu été rendu « propre » à la consommation.

En effet, le corps humain ne consomme qu'une infime partie (de l'ordre de 5%) de l'oxygène (O₂) inspiré. Le gaz expiré contient donc encore environ 16% d'oxygène utilisable par le métabolisme humain. Il suffirait d'y injecter de temps à autre de l'oxygène en très petite quantité pour maintenir le mélange à sa valeur nominale. En revanche, ce même métabolisme produit du dioxyde de carbone (CO₂), qui, lui, serait rapidement nocif s'il n'était éliminé. Pour continuer à le respirer il faudrait donc épurer le gaz en CO₂. Le recycleur utilise ces deux principes simultanément : enrichissement du mélange expiré en oxygène et épuration en CO₂.

Pour cela, diverses phases sont nécessaires :

- **La récupération du gaz expiré** : elle a lieu dans un sac, appelé « faux poumon expiratoire », lorsque le plongeur expire dans le tuyau annelé.



- **L'épuration en CO2 de ce gaz** : elle a lieu dans une cartouche de chaux sodée, qui fixe chimiquement le CO2.



- **L'analyse de la teneur en oxygène du mélange et sa mise au niveau souhaité si nécessaire** : grâce à une ou des cellules électroniques, et un système d'injection d'O2 manuel ou automatique.
- **L'inspiration du mélange obtenu** : elle a lieu dans un « faux poumon inspiratoire », par l'intermédiaire d'un autre tuyau annelé.

L'ensemble du dispositif nécessaire à ces différentes phases est généralement caréné et installé au sein d'une espèce de valise que le plongeur porte sur son dos... Les plongeurs ressemblent alors à des tortues avec leur carapace, d'où le sobriquet dont je les affuble : « tortues Ninja » !

La cartouche de chaux sodée est en quelque sorte le cœur de la machine. Elle doit retenir l'ensemble du CO2 présent dans la boucle respiratoire, sans « freiner » le déplacement du gaz. Trop tassée, elle ne laisserait pas suffisamment passer le mélange respiratoire et occasionnerait un travail ventilatoire trop important. Pas assez tassée, elle se comporterait comme un tamis dont les mailles trop grosses laisseraient passer le CO2. Sa capacité à fixer le CO2 sera en règle générale le facteur limitant de la durée de plongée en recycleur. Tout dépassement de cette durée risque irrémédiablement d'entraîner le plongeur vers l'hypercapnie et son corollaire : l'essoufflement. La chaux sodée produit, en présence d'eau, de la soude. Cette base, à l'instar d'un acide, est particulièrement nocive pour le corps humain et peut créer des lésions irréversibles, notamment au niveau des voies respiratoires. On comprendra toute l'attention que requiert donc la préparation et le contrôle de cet organe. Afin de pallier toute entrée d'eau dans le système, des « pièges à eau » sont prévus à différents niveaux des machines. Il arrive cependant que de l'eau pénètre dans le système, comme lors d'une de mes toutes premières tentatives : la goût est affreux, le passage en circuit ouvert s'avère instantanément la meilleure et la seule solution !

En fonction des machines les faux poumons pourront être situés au niveau des bretelles ou dans la coque de protection. Ils prennent la forme de sacs souples, facilement déformables. Le faux poumon d'expiration sera équipé d'une soupape de surpression, nécessaire à l'élimination d'un surplus de gaz (lors de la remontée par exemple). Le faux poumon d'expiration peut recevoir l'injection d'O2. Cependant, l'injection ne se fait que très rarement dans la partie expiratoire car dans ce cas là la soupape aurait tendance à tout rejeter au dehors. On injecte généralement dans la partie inspiratoire ou cartouche de chaux coté

inspiratoire comme dans le cas de l' INSPIRATION. Le faux poumon d'inspiration reçoit l'injecteur de diluant, nécessaire au rétablissement du volume de gaz inspiratoire en adéquation avec le volume pulmonaire du plongeur et la pression ambiante.

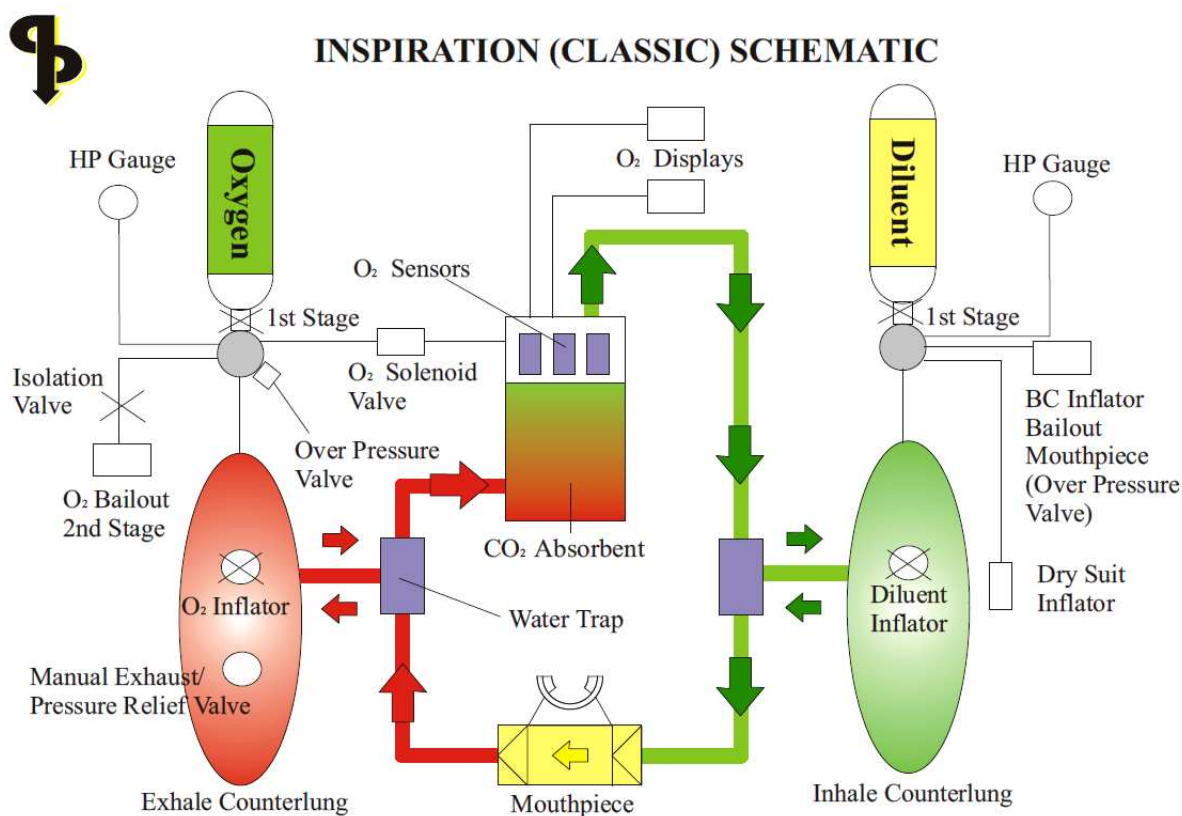
L'analyse de la PPO2 (Pression Partielle d'O2) sera confiée à des cellules électroniques dont la redondance assurera la sécurité de l'ensemble. Différents modèles et marques sont disponibles sur le marché : leur principe de fonctionnement reste identique : elles « comptent » les molécules d'O2, transcrivent ce chiffre en tension électrique, grâce à une pile embarquée. Le tout est traité par un petit calculateur capable d'afficher une pression partielle d'O2, en fonction de la profondeur d'évolution.

On comprend facilement qu'un tel équipement nécessitera une préparation calme et méticuleuse et qu'une plongée au recycleur, encore moins qu'une plongée en scaphandre autonome ouvert, ne s'improvise pas ! Nous aurons l'occasion plus tard d'en évoquer les risques spécifiques.

Recycleur fermé

Dans ce type de recycleur, en théorie, aucune bulle de gaz n'est libérée : le circuit est complètement « fermé ». On emploie souvent le sigle CCR (Close Circuit Rebreather) pour le désigner.

A titre d'exemple, étudions le fonctionnement d'un recycleur « INSPIRATION », à gestion électronique de la PPO2. Le schéma ci-dessous provient du distributeur de cette machine « Ambient Pressure Diving ».



Le plongeur expire dans l'embout buccal. Le gaz expiré est conduit via le tuyau annelé (couleur rouge) dans le faux poumon expiratoire. Un piège à eau est situé sur ce sac. De l'oxygène est injecté dans ce mélange expiratoire en fonction de la teneur détectée au niveau des sondes O₂, et jusqu'à obtenir la valeur de PPO₂ souhaitée (on parle souvent de « set point »). Le mélange réoxygéné est ensuite nettoyé de son CO₂ dans la cartouche de chaux sodée, avant d'être stocké dans le faux poumon inspiratoire (couleur verte) où il est dilué par le mélange choisi. A ce stade, le mélange obtenu est prêt à être inspiré : convenablement oxygéné, dépourvu de CO₂ et dans un volume de diluant permettant de se remplir les poumons.

Seule la quantité de gaz nécessaire au mécanisme respiratoire et au métabolisme est injectée (O₂ ou diluant) : en théorie donc, aucun gaz ne s'échappe du couple plongeur/machine, le seul déchet est le CO₂ qui est stocké dans la cartouche de chaux sodée.

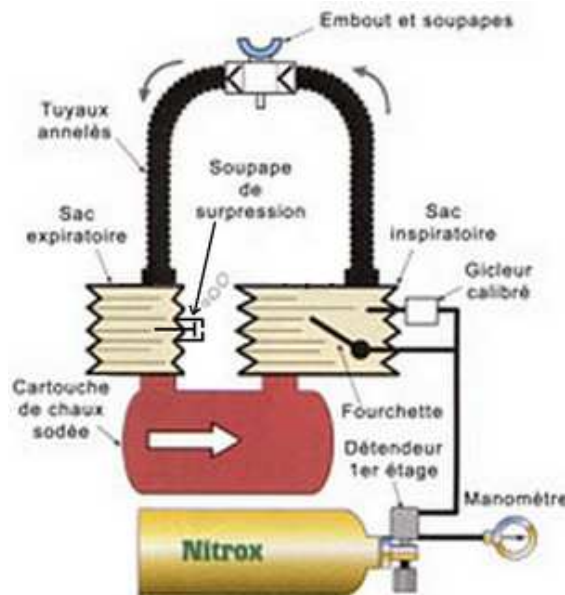
L'injection d'O₂ et son contrôle peut être entièrement automatique (électronique), semi manuel, ou entièrement manuel.

Recycleur semi fermé

Dans un type de machine comme le « DOLPHIN » du gaz est injecté en permanence, à travers des buses, afin d'enrichir en O₂ le mélange après passage dans la cartouche de chaux sodée. Ce système est dit « actif », ou à « débit massique constant ». Ce gaz peut également être injecté à la demande, dans le cas de systèmes dits « passifs ».



Le gaz injecté est un mélange suroxygéné, choisi en fonction de la profondeur d'évolution. L'inconvénient majeur de ce système est que le taux d'O₂ du mélange respiratoire est variable et dépend de la consommation de l'organisme. Le taux d'O₂ du mélange respiré sera toujours inférieur à celui du mélange sélectionné. L'étude approfondie de cette perte n'entre pas dans le cadre de ce mémoire.



Le surplus de gaz s'échappe naturellement par la soupape de surpression.

Par rapport à un recycleur fermé, le SCR aura donc une autonomie réduite, dont la limite dépendra de la contenance du bloc nitrox et non plus seulement de la cartouche de chaux sodée.

INTERETS

Temps / confort

Le principal intérêt de la plongée en recycleur est bien évidemment la durée de plongée qu'il autorise, limitée à la capacité de la cartouche de chaux sodée (plus de 3 heures) dans le cas de CCR, supérieure à 2 heures dans la majorité des plongées SCR. De telles durées ne peuvent pas être envisagées, sous nos latitudes, sans l'utilisation d'une combinaison étanche sans laquelle l'hypothermie du plongeur serait atteinte bien avant les limites de la machine.

Cependant, les déperditions calorifiques générées par la ventilation du plongeur sont nettement moins importantes que lorsque ce dernier respire sur un circuit ouvert classique. En effet le phénomène de détente du gaz dans le premier et le deuxième étage d'un détendeur, refroidi considérablement le mélange que respire le plongeur. Ainsi le mélange inspiré contribue lui aussi, tout comme la température de l'eau environnante, à refroidir le plongeur dont le corps s'évertue à réchauffer un gaz qu'il évacue à chaque expiration.

Lorsque le plongeur inspire le gaz que lui délivre son recycleur, le mélange est déjà beaucoup plus tempéré (il a été réchauffé par le corps à l'expiration précédente et la réaction chimique dans la cartouche de chaux sodée est exothermique) et humidifié (contrairement au gaz détendu contenu dans le bloc du circuit ouvert qui a été asséché lors de sa compression.) La respiration en plongée à l'aide d'un recycleur s'apparente beaucoup plus à la respiration terrestre au niveau des sensations qu'avec un bloc en circuit ouvert. L'adaptation du plongeur n'en est que plus facile et l'impression de confort ventilatoire est rapidement perçue.

Décompression / Gaz

Lorsque l'on parle de la gestion des gaz embarqués en recycleur, on est effectivement amené à envisager deux aspects complémentaires :

- le choix du diluant (la base du mélange respiré)

- le calcul de la décompression.

En ces domaines, le recycleur amène un panel de choix très vaste et permet d'optimiser d'une part le « mélange fond » et d'autre part, si on le souhaite, une augmentation progressive du pourcentage d'O₂ du mélange lors de la remonté (jusqu'à 100% éventuellement), ce qui logiquement, diminue le temps de paliers. A noter, qu'à contrario, cette remarque est valable à l'inverse lors de la descente, puisque l'on sera amené à réduire le pourcentage d'O₂ injecté dans le diluant, si on ne veut pas atteindre, sous l'effet de l'augmentation de la pression, un seuil hyperoxique.

Au regard du prix non négligeable d'un mélange TRIMIX, l'avantage de consommer ce diluant et de le recycler apparaît évident. De plus, le recycleur permet de commencer sa plongée avec un TRIMIX normoxique, pour passer sur un mélange hypoxique fond à la profondeur choisie et de repasser sur un mélange normoxique à la remontée. Le pilotage de la PPO₂ via les indicateurs numériques permet d'adapter le pourcentage d'O₂ dans le diluant et donc d'optimiser le mélange fond et la décompression. Mieux vaut rapidement se familiariser avec les calculs de pressions partielles qui doivent devenir un acte réflexe !

On est très loin de l'image du plongeur « tech » en circuit ouvert, bardé de toutes ses bouteilles de mélanges fond, descente et remontée, voire de décompression. Le seul recycleur serait capable de remplacer tout cet attirail, puisqu'il est conçu pour adapter le pourcentage d'O₂ à la profondeur d'évolution (manuellement ou automatiquement) et qu'il ne demande pas l'emport d'une quantité de gaz monstrueuse...

Nous verrons plus loin que la sagesse veut qu'une plongée en recycleur, plus que tout autre, se planifie précisément. Dans cette planification viendra le moment d'envisager le pire des cas : la panne totale en début de remonté. Cette précaution viendra quelque peu ternir ce tableau idyllique, même si les intérêts évoqués précédemment restent intacts...

Quant à l'utilisation des ces différents diluants, elle est bien entendue assujettie à la détention des qualifications ad hoc, conformément au Code du Sport de 2008. Cette partie sera étudiée dans la partie de ce mémoire réservée aux cursus de formation.

Hormis la technique

...il reste le plaisir d'évoluer sans bruit, sans variation de flottabilité due à l'effet bien connu du « poumons-ballast », en respirant un air chaud et humide, et sans risque de manquer de gaz !

La plongée en recycleur ouvre des horizons nouveaux aux photographes, aux biologistes et aux plongeurs profonds...La plongée souterraine en fait également un vecteur de progression important, pour tous les avantages évoqués précédemment : c'est surtout dans le domaine de la redondance des systèmes que cette commission apporte sa contribution...

INCONVENIENTS

Puisque bien sûr il en existe, il faut les évoquer....

Investissement

Le premier qui vient à l'esprit est bien entendu l'investissement financier.

L'achat d'une machine est souvent lié à l'achat d'une formation. Certain fabricants, comme APDiving pour le modèle INSPIRATION, ne vendent leurs recycleurs que par l'intermédiaire de centres de formation agréés. Ainsi, il est théoriquement impossible d'acheter un de ces recycleurs sans sa formation de base. La théorie comme toujours a ses limites puisque si l'on

s'intéresse à des machines d'occasion, tout devient possible, un rapide coup d'œil sur internet suffit à s'en persuader ! Là encore, rien n'empêche le plongeur averti de remettre en question ses acquis et d'investir dans la formation de base adaptée à sa machine.

Lorsque l'on s'intéresse à l'acquisition de matériel neuf, associé à sa formation initiale, il est sage de se préparer à un investissement de l'ordre de 7000€ pour un CCR, de l'ordre de 4000€ pour un SCR. On trouve de très bonnes machines d'occasion auprès de centres de formation à partir de 3000€ pour un CCR (en fonction de ses options). Le suivi des recycleurs semi fermés RAY et DOLPHIN n'étant plus assuré, il n'est pas recommandé de se tourner vers ses machines...

Ensuite, vient le moment d'assurer leur fonctionnement et leur entretien.

Une cellule « Oxy », une de celles qui permet d'analyser la teneur en O₂ du mélange, coûte environ 90€ et a une durée de vie d'environ 1 an, qu'on utilise le recycleur ou pas. Une machine comme l'INSPIRATION en possède 3...Plus, si on est raisonnable, la révision annuelle de la tête : de l'ordre de 1000 Euros...

Les piles qui alimentent le système électronique devront être changées dès que leur tension n'est plus nominale. Le coût de ces piles n'est pas significatif (environ 30€), la fréquence d'échange sera fonction de l'utilisation de la machine, mais on n'évitera pas un échange annuel au minimum.

La chaux sodée de la cartouche est donnée pour environ 4 heures de plongée. Une recharge coûte environ 7€ (environ 100€ les 20kg.)

En fonction des profils de plongée envisagés, les gaz embarqués varieront. Comme nous l'avons vu précédemment, l'investissement en ce domaine sera minime, voire ridicule par rapport aux temps de plongée réalisés.

Le reste de la mécanique d'un recycleur est principalement composé de tuyauterie, de robinetterie et de détendeurs communs, si l'on excepte la partie électronique de la machine sur laquelle le plongeur commun ne peut pas faire grand-chose. Son entretien n'est pas non plus très significatif d'un point de vue financier.

L'heure de plongée en recycleur, en prenant en compte l'amortissement des cellules O₂, le coût de la chaux sodée, des piles et de l'O₂ revient globalement, hors prix du recycleur à environ 5€ pour un mécanique, un peu plus pour un électronique comme l'INSPIRATION, à cause des piles plus onéreuses et à changer toutes les 15 heures.

Le point le plus limitatif au niveau financier, de la plongée en recycleur est donc bien l'investissement initial dans la machine en elle-même.

Mise en œuvre

Une plongée en recycleur ne s'improvise pas ! Comme évoquée précédemment, elle devra, encore plus qu'une plongée technique « classique », être soigneusement planifiée. Mais la planification n'est pas la seule contrainte à sa réalisation, il faudra ensuite préparer la machine.

Diverses opérations sont indispensables et la plongée ne peut être réalisée sans le suivi d'une « check list », relativement commune à l'ensemble des recycleurs, avec quelques particularités en fonction des machines :

- chargement et contrôle de la bouteille d'O₂
- chargement et contrôle de la bouteille de diluant
- chargement et contrôle de la cartouche de chaux sodée
- test des piles
- test des cellules O₂
- contrôle de la tenue en pression de la machine (recherche de fuites)
- contrôle de la tenue en dépression de la machine (recherche de fuites)

- « mise en route » de la machine pour atteindre la PPO2 choisie et mettre la chaux en température.

Autant d'opérations pendant lesquelles peuvent survenir des petits problèmes qui devront être résolus faute d'annuler la plongée. Rapidement cette check list devient naturelle et on finit par la suivre sans réellement la ressentir comme une contrainte. La préparation de la machine finit par se réaliser de façon transparente, pendant la préparation en elle-même du plongeur et de la plongée. Il est plus que conseillé de pratiquer cette préparation sur le quai que sur le pont du navire : du calme et de la place sont en effet les bienvenus. Il faut compter une bonne demi-heure pour accomplir l'ensemble de cette tâche. La machine peut ensuite être stockée sur le pont du navire, prête à l'emploi, comme un vulgaire bloc de plongée.

A l'issue de la plongée il faudra bien entendu nettoyer tout ce matériel :

- rinçage de la machine
- nettoyage des faux poumons
- nettoyage de la cartouche de chaux sodée.

A noter que la machine peut très bien resservir pour une deuxième plongée du jour avec un minimum de remise en œuvre, voire aucune remise en œuvre si ce ne sont les tests de sécurité.

Si la machine doit être utilisée par plusieurs plongeurs son nettoyage devra être effectué entre chaque plongée obligatoirement. Rappelons au passage que les faux poumons recueillent des gaz expirés issus du métabolisme du plongeur et que l'humidité et les miasmes qu'on y retrouve n'incitent pas au partage de la machine...L'emploi d'un désinfectant est même fortement recommandé pour le nettoyage de la boucle! A toutes fins utiles, il semble aberrant d'organiser, à la chaîne, des baptêmes en recycleur, comme on peut les envisager en circuit ouvert...C'est pourtant comme cela que j'ai fait ma première expérience en recycleur, au salon de la plongée de Paris en Janvier 2006, dans 1,50 m d'eau et avec les microbes de toute une population parisienne qui m'avait précédée ! Heureusement cet hiver là, la grippe A H1N1 n'était pas au rendez vous et je n'en garde malgré tout qu'un excellent souvenir...

L'équipier

Rien n'empêche un plongeur en recycleur de partager son incursion sous-marine avec un plongeur en circuit ouvert. Aussi étrange que cela puisse paraître le législateur a en effet choisi de limiter, dans le Code du Sport de 2008, la constitution des palanquées en fonction des niveaux de plongeurs et de leurs qualifications par rapport aux mélanges employés, plutôt qu'en fonction des machines utilisées. Un plongeur en recycleur est donc un plongeur tout simplement. Seuls seront donc pris en compte son niveau et ses qualifications pour lui trouver un équipier.

Il va sans dire que l'objectif d'un plongeur en recycleur reste de faire une plongée plus longue et silencieuse qu'une plongée en circuit ouvert et que son équipier de prédilection sera comme lui équipé d'un recycleur. De plus, un équipier doté des mêmes qualifications mélanges et machine sera beaucoup plus réactif en cas de problème ou de panne sur un recycleur. Le contrôle de détection de bulles par exemples, le « bubble check », devient un réflexe pour un plongeur CCR, ainsi que le contrôle d'affichage de la PPO2, ou la réaction sur clignotement anormal d'une alarme visuelle. Comment imaginer la réaction d'un guide de palanquée, novice en matière de CCR/SCR, face à ce type d'anomalie, même qualifié TRIMIX ?

Ce problème se retrouve à l'identique au niveau de la direction de plongée lorsque l'on ne dispose pas d'une formation minimale sur le fonctionnement et l'utilisation des recycleurs. Notons que rien ne prédispose, dans son enseignement initial, un P5 ou un E3 à encadrer de telles plongées... Ceci fera l'objet d'un prochain paragraphe.

LOGISTIQUE

Le matériel

Outre la machine choisie, le plongeur en recycleur utilise bien souvent une panoplie « teck » qui nécessite elle aussi quelques explications :

- **le pony** ou bloc relais. Ce bloc de 6 à 9 litres, acier ou le plus souvent en aluminium est du même type que ceux utilisés par les plongeurs NITROX confirmés qui emportent un bloc de décompression fortement suroxygéné. Bien sûr qualifié O2 avec la robinetterie ad hoc, ce bloc a une importance capitale dans le cadre de plongées recycleur, puisqu'il devient l'ultime secours en cas de panne totale de la machine. Les plongeurs en recycleur s'entraînent régulièrement à passer en « circuit ouvert » sur ce bloc relais. L'INSPIRATION est équipé pour sa part d'un détendeur de secours intégré (octoair) branché sur la bouteille de diluant et d'autonomie très limitée en conséquence. Partir sans cette sécurité relève de l'inconscience...De plus, le plongeur en recycleur doit être capable de servir de relais à un équipier, selon le Code du Sport...En discutant avec J-F André, c'est d'ailleurs la seule fois où son Pony a été utilisé en réel : pour donner du gaz à un plongeur en panne d'air au palier !

Toujours dans le cadre de la planification de la plongée, la capacité de ce relais, le mélange employé, voire le nombre de blocs relais et de mélanges adaptés, devront être soigneusement étudiés. La formation du plongeur recycleur nécessite donc une forte imprégnation de ces notions de sécurité et de redondance : ces notions seront tout particulièrement étudiées dans les cursus « mélanges », NITROX et TRIMIX, lors des présentations des procédures de décompression.

- **le parachute de palier** ou plutôt, les parachutes de palier. En effet les plongeurs recycleurs, tout comme les plongeurs TRIMIX ont, pour la plupart, pris l'habitude de s'immerger avec deux parachutes de signalisation (le terme choisi est plus en adéquation avec cette pratique) :
 - o **Orange** : signale la remonté de la palanquée sans problème notable
 - o **Jaune** : signale un problème au sein de la palanquée, manque de gaz en général.
 - o **Jaune et Orange** : signale un problème grave, nécessitant l'intervention des secours

Ce code est particulièrement utile à la surveillance surface amenée à réagir au plus vite. On a trop souvent tendance à oublier cette surveillance, même quand on a eu l'occasion de l'exercer à maintes reprises...Pour ma part je ne peux concevoir l'attente sur le bateau en lisant un livre ou en dormant pendant que mes plongeurs sont sous l'eau. Je suis le premier à hurler lorsque les tortues Ninja ne se signalent pas lors de leur remonté, ou au palier. Et oui le DP est inquiet et le parachute rassure ! Je l'ai pourtant vite oublié en plongeant sur un de mes sites favoris sous la direction de Didier Martinez du club « Aventures Sous marines », ou dans une mer avec moins de 60 cm de visibilité suite à 3 jours d'orage terribles nous étions stupidement au palier depuis 20 mn sans avoir pensé à nous signaler, et pourtant à 3 mètres du bateau. La mer était rouge de sédiments, Didier aussi quand il nous a vu émerger avec 25 minutes de retard sur l'horaire prévu ! Il était déjà prêt à appeler les secours !

Ces parachutes sont fréquemment équipés de soupapes de sécurité, particulièrement efficaces et adaptés à toute pratique sous-marine. Associés à un dévidoir /enrouleur ils peuvent être gonflés et largués à forte profondeur, dès le début de la remonté, servir de repère au plongeur en pleine eau lors de la remonté

et surtout être tenus à bout de bras pour éventuellement se signaler, dans une mer formée, à la surveillance surface.

L'utilisation du couple parachute à soupape/dévidoir mérite à lui seul quelques bonnes séances de formation...et beaucoup de patience pour défaire les nœuds !

- **la combinaison étanche** est l'élément incontournable de ce type de plongée. Le temps passé dans l'eau pouvant atteindre 3 heures et plus, la déperdition calorifique serait trop importante, même dans une eau à 25°C avec une combinaison humide ou même semi étanche. Là encore une formation adéquate pourra s'avérer nécessaire avant toute chose. N'oublions pas, nous sommes dans le domaine de la logistique, de prévoir un système pour lutter contre la diurèse à l'immersion (couche ou autre...)

Le support plongée

Tout navire de plongée est adapté à la plongée en recycleur. Il va sans dire que le confort ne sera pas le même entre un semi rigide et un chalutier et que les déplacements sur le pont ne se feront pas aussi facilement sur l'un que sur l'autre. Néanmoins, toutes les mises à l'eau sont réalisables, bascule arrière, saut droit ou glissade latérale à partir de toutes les embarcations. La bascule arrière est moins conseillée pour les CCR à cause des chocs sur la coque et leur impact sur les cellules O2. C'est plus pour des raisons de préparation que le choix se tournera vers des navires à « pont plat », bien que comme nous l'avons vu précédemment, il est sage de préparer son matériel sur le quai avant le départ afin d'éliminer toute mauvaise surprise.

La plongée en recycleur et notamment la phase de formation, me semble tout particulièrement adaptée à la pratique des clubs de l'intérieur des terres, où l'on plonge en carrière, en combinaison étanche (le plus souvent) et où la partie de la logistique du bateau est oubliée au profit de la technique pure. C'est une excellente école dans laquelle tous les éléments énumérés dans ce chapitre peuvent être mis en application, voire en exergue, lors d'une formation sur recycleur.

Les autres plongeurs, sur le bateau et dans la palanquée

Il n'est pas toujours aisé de faire cohabiter sur le même pont de bateau des plongeurs recycleurs et des plongeurs en circuit ouvert. En effet, les durées de plongées n'étant absolument pas comparables il faudra déployer des trésors d'ingéniosité pour arriver à faire coïncider les heures de retour au bateau, sous peine de donner naissance à une mutinerie ou du moins à de nombreux mécontentements. Il est donc fortement conseillé de faire immerger les plongeurs en recycleurs en premier ou des les limiter au maximum à une heure de plongée afin de ne pas obliger le reste du bateau à attendre sur le pont pendant deux heures leur retour...Le problème, et nous avons vu que cela pouvait se pratiquer, ne se posera pas si les palanquées sont mixtes : il sera résolu en transparence dès la réserve du premier plongeur atteinte !

De là à penser que la plongée en recycleur est un loisir qui se partage en milieu retreint, il n'y a qu'un pas, facile à franchir du reste, puisque souvent, effectivement, ces plongeurs recherchent plutôt des centres ou des périodes calmes afin d'assouvir leur passion.

La direction de plongée

Au regard de la loi, rien n'oblige le directeur de plongée (DP) à détenir la moindre qualification « recycleur » pour exercer ses prérogatives en ce domaine, heureusement d'ailleurs, il devrait dans ce cas être qualifié sur toutes les machines disponibles sur le marché

pour assumer son rôle ! Rappelons une fois encore que seule sa qualification vis-à-vis des mélanges utilisés lui est nécessaire : NITROX confirmé ou TRIMX.

Il me semble cependant important qu'une information soit dispensée, peut être à l'occasion d'un stage initial ou final MF1, ou dans un cursus de formation P5, sur l'utilisation et les spécificités de ces machines. Comment peut on reprocher à un DP de n'avoir pas donné les bonnes consignes, ou effectué les bons rappels sur ce type de plongée, alors que rien dans sa formation ne l'amène à en connaître ? L'apport d'une formation initiale, un peu à l'instar d'un « tronc commun » recycleur pourrait ainsi être intégrée dans la formation de nos cadres (évolution du manuel de formation technique.) Ce tronc commun pourrait être basé sur la connaissance du fonctionnement théorique des machines (SCR et CCR) ainsi que sur les intérêts/inconvénients/risques, tels que j'ai pu les évoquer précédemment. Celui-ci pourrait également servir de base théorique aux différentes formations sur recycleurs, puisqu'elles sont demandées à ce niveau. L'élève pourrait acquérir lors de sa formation sur la machine la partie spécifique qui lui est propre.

Quelques rappels doivent effectivement être mis en exergue, outre ceux communs à la plongée en circuit ouvert :

- temps de plongée estimé
- profondeur planifiée
- gaz embarqués en relais
- parachutes de signalisation : présence et codes
- gaz de secours sur le bateau
- procédure de récupération des plongeurs

Le DP, contrairement à la surveillance surface qu'il a coutume d'exercer en circuit ouvert, ne peut suivre le trajet des plongeurs grâce à leurs bulles. Il devra s'attacher à obtenir des guides de palanquées la description la plus précise de leur trajet planifié, afin de pouvoir lancer les recherches si d'aventures le temps d'immersion planifié est outrepassé. Ne pas hésiter à insister lourdement, quel que soit le niveau des plongeurs si vous voyez ce que je veux dire !

La plongée en recycleur au sein d'un club français n'est possible qu'avec du matériel homologué CE. Il est vrai que rien n'empêche un plongeur de cacher derrière une coque d'INSPIRATION une usine à gaz de fabrication « maison » et de contourner cette interdiction en maquillant son délit : mais la responsabilité du DP ne serait certainement pas engagée à ce niveau. En revanche, autoriser une plongée en recycleur qui ne serait pas homologué CE, sciemment ou par méconnaissance, pourrait être reconnu comme une faute au regard de la réglementation...

Enfin, il est toujours rassurant de savoir de quoi l'on parle et de connaître les risques auxquels on expose les plongeurs placés sous sa responsabilité, et par la même, ceux auxquels on peut être exposé. De plus, le DP est bien souvent amené à donner un sérieux coup de main, notamment lors de conditions météorologiques défavorables, aux palanquées qu'il encadre. Mieux vaut alors connaître les rudiments de fonctionnement de ces machines pour assister les plongeurs en difficulté, voire pour interdire leur plongée : en bref diriger l'activité.

Les accidents / les incidents

Nous nous bornerons bien entendu à l'étude des problèmes spécifiques que l'on peut rencontrer en plongée au recycleur.

La majeure partie de ces problèmes est liée à la toxicité des gaz en milieu hyperbare : la notion physique la plus importante sera liée à la loi de Dalton. L'autre partie sera plus succinctement liée aux incidents mécaniques que peut connaître la machine en elle-même.

- Rappels :

- o En immersion, passé quelques dizaines de centimètres, le plongeur serait incapable de respirer un mélange normo barre. Je me souviens encore de ce

rêve que j'avais, étant enfant, de plonger avec un grand tuyau relié à la surface pour aller explorer le fond de la mer ! Ce n'est que plus tard que j'ai compris pourquoi les « Dupont » devaient pomper en surface pour envoyer de l'air sous pression au capitaine Haddock et pourquoi les plongeurs emmenaient avec eux du gaz comprimé ! En effet, le diaphragme et les muscles inter costaux sont incapables d'entraîner le soufflet pulmonaire pour le gonfler dès que la pression hydrostatique augmente. Les poumons ont en fait besoin d'être gonflés : « à la main », lorsque le plongeur non autonome est relié par un tuyau à une pompe de surface, par la pression délivrée par le détendeur lorsqu'il plonge en scaphandre autonome. Il s'en suit que le plongeur respire un gaz comprimé, à la pression du lieu où il se trouve, faute de quoi il ne pourrait inspirer : là les problèmes physiologiques commencent ! D'une part, les gaz non métabolisés par l'organisme vont s'y dissoudre (loi de Henry) et retrouver leur forme gazeuse lors de la remontée, d'autre part la pression partielle de chacun des constituants du mélange augmentant avec la pression totale du mélange va elle aussi risquer de créer des problèmes spécifiques (application de la loi de Dalton.)

- Les accidents toxiques en plongée sont ceux que l'on rencontre lors de la modification de la pression partielle d'un des constituants du mélange respiré au-delà ou au-deçà d'une certaine valeur. Les problèmes peuvent survenir principalement à cause de l'oxygène (hypoxie, hyperoxie) et de l'azote (narcose.) L'essoufflement si il est dû à une augmentation du taux de CO₂ dans le sang n'est pas directement lié à une augmentation de la PPCO₂ : l'hypercapnie en plongée est plus le résultat d'une inadaptation de l'organisme à la respiration de mélanges hyperbares qu'à l'augmentation intrinsèque de la pression partielle de ce gaz respirée.

- **Toxicité des gaz :**

- **Hyperoxie :** tout comme en plongée en circuit ouvert, elle peut arriver à tout moment, dès lors que serait dépassée la PPO₂ de 1,6 bars. A noter qu'en circuit ouvert, on calcule la profondeur maximum à laquelle on peut descendre et qu'on ne contrôle plus que son profondimètre pendant la plongée pour être sûr de ne pas dépasser cette valeur. En recycleur il en va différemment puisque c'est bien cette valeur de PPO₂ que l'on contrôle à intervalles réguliers et que ce n'est plus simplement la profondeur (la pression absolue) qui influe sur une proportion d'O₂ fixe : l'injection variable d'O₂ doit être prise en compte. En cas d'élévation trop importante de la PPO₂ dans le circuit, il faut pratiquer ce que l'on dénomme un rinçage de la boucle. Cette manœuvre consiste en fait, simplement à évacuer le gaz de la boucle (en soufflant par le nez, ou en faisant fuser l'embout). Ce gaz dont la PPO₂ dépassait le set point va être remplacé par du diluant à la bonne teneur en O₂ (ce diluant a été préalablement choisi pour être respirable à la profondeur planifiée.) Sinon, lorsque la valeur de PPO₂ affichée ne dépasse que légèrement le seuil maximum, il peut être possible d'attendre, tout en contrôlant son évolution, qu'elle chute naturellement par le simple biais de la consommation du métabolisme corporel. Le dépassement de la PPO₂ fixée ne peut arriver que suite à une injection manuelle d'O₂ trop importante, une descente trop rapide, ou suite à une avarie de la machine (blocage d'un injecteur ou d'une électro vanne par exemple.) Dans ce dernier cas le passage en manuel ou sur Bail Out s'impose. En manuel, il suffit en fait de fermer le robinet de conservation de la bouteille d'O₂ pour en couper l'injection dans le mélange. Dès que la

PPO2 redescend en dessous de la valeur de set point choisie on ouvre ce robinet pour réinjecter de l'O2 et ainsi de suite.

- **Hypoxie** : si en plongée en circuit ouvert cet accident ne peut pas arriver (sauf en Trimix hypoxique en surface), il reste un risque majeur en recycleur. Ce risque est d'autant plus important que l'accident survient surtout aux alentours de la surface, voire en surface. Lors de la mise à l'eau par exemple, le plongeur peut être amené à faire des efforts de nage à contre courant en surface. De même, à la remontée, la PPO2 chute naturellement avec la pression totale. Lors de tels exercices, il est primordial de garder un œil sur l'affichage de la PPO2 voire d'écouter sa machine pour épier le bruit de l'injection d'O2. En effet, l'effort est gros consommateur d'O2 et en surface la baisse du pourcentage d'O2 dans le mélange respiré influe très rapidement sur la PPO2 de la boucle. Si le diluant n'est pas très oxygéné et que l'injection d'O2 n'a pas lieu de façon nominale, la PPO2 va rapidement chuter et entraîner le plongeur en syncope hypoxique.
 - **Hypercapnie** : si on excepte les causes endogènes telles que celles que l'on décrit communément dans le mécanisme bien connu de la montée vers l'essoufflement en circuit ouvert, l'hypercapnie en recycleur peut survenir sans effort ventilatoire particulier. Rarement invoquée en circuit ouvert, la cause est ici exogène puisque due à la machine elle-même et plus particulièrement à la cartouche de chaux sodée. Si cette dernière perd ses qualités de filtration du CO2 l'essoufflement devient inéluctable et ses conséquences seront les mêmes qu'en circuit ouvert, sauf qu'il est irréversible sur la machine et qu'il nécessite impérativement le passage sur bail out. Cela revient en fait à plonger en circuit ouvert avec un bloc pollué en CO2 ! Cependant l'intoxication au CO2 dans ce cas là pourrait être plus pernicieuse et survenir de façon beaucoup plus brutale qu'en circuit ouvert. Plus que jamais le plongeur doit rester à l'écoute de sa respiration et vérifier son aptitude au maintien de petites apnées inspiratoires. Dans tous les cas, le suivi de l'utilisation de la chaux sodée doit être effectué consciencieusement...
 - **Narcose** : elle sera plus rare qu'en plongée ouverte à l'air pour des raisons évidentes de choix des gaz diluants.
- **Incidents mécaniques** :
- **Noyade du circuit** : elle ne devrait pas arriver de façon imprévue. Certains signes doivent être enregistrés avec la plus grande attention : bruits de siphon bouché dans la tuyauterie en fonction de la position de la machine, émission de bulles etc....La noyade de la machine impose irrémédiablement le passage sur bail out et la fin de la plongée.
 - **Panne de l'électrovanne O2** : en cas d'injection continue d'O2 dans la boucle, il faut rapidement réagir comme nous l'avons vu précédemment pour passer en mode manuel. Ce type de panne n'est susceptible d'arriver bien entendu que sur CCR, en SCR, les sondes à débit massique ne pouvant pas subir ce genre de panne (et de toute façon, elles injectent un SUROX.) Il est donc particulièrement important de garder un œil attentif aux consoles d'affichage de PPO2 et de se maintenir apte à « piloter » la machine en mode manuel (en agissant sur le robinet de conservation de la bouteille O2.)

La planification

On dit ce qu'on fait et on fait ce qu'on dit :

- à quelle profondeur ?
- avec quels gaz ?
- combien de temps ?
- avec quelle procédure de décompression ?

Cette partie doit en fait être travaillée de façon itérative, chacun des choix influant sur le reste des paramètres. C'est en cela que la plongée en recycleur demande certainement la plus grande préparation. Les choix et les possibilités sont très nombreux :

- le choix de la profondeur, ou la profondeur d'exploration, va déterminer le choix du mélange fond (donc du diluant) : air, trimix (normoxique, hypoxique). En cas de trop forte PPO₂, c'est ce gaz qui servira à rincer la boucle. Son effet narcotique guidera le choix du pourcentage de N₂ (en dessous de 5,6 bars de toute façon.)
- Une fois le mélange fond choisi, vérifier que le gaz pourra être respiré de la surface et pendant toute la descente avec injection de l'O₂. Que se passe-t-il lors de la remontée si un problème survient avec l'injection d'O₂ ? Bien penser que la consommation d'O₂ due au métabolisme et la baisse de la pression totale vont entraîner une sérieuse chute de la PPO₂ !
- Il faut donc prévoir des gaz de secours, à emporter en Pony :
 - o Un bloc pour assurer le retour du fond vers la ou les zones de décompression. Sa capacité sera fonction du temps que l'on souhaite passer au fond et sera calculée pour pallier une avarie qui pourrait survenir au pire moment : celui de remonter !
 - o Un bloc relais éventuel pour passer d'un mélange hypoxique à un mélange normoxique (ou surox).
 - o Un bloc de décompression éventuel, jusqu'à 100% d'O₂ si souhaité.
- tous ces choix entraînent bien évidemment de nombreuses modifications sur les temps de plongée réalisables. Encore une fois, ils devront être faits en accord avec la sécurité surface et la direction de plongée. Certaines solutions peuvent impliquer la pose de lignes relais et de gros préparatifs logistiques.
- différentes solutions sont possibles pour calculer sa décompression. Les modèles de CCR les plus évolués comme le VISION INSPIRATION calculent la décompression en temps réel en fonction des mélanges respirés. Celle-ci est donc optimisée puisqu'elle intègre la quantité de gaz inerte dissoute à chaque instant et qu'en fonction des choix opérés, on peut aller jusqu'à 100% d'O₂ pour réaliser ses paliers. Le calculateur lit directement la PPO₂ via une sonde dans la boucle inspiratoire. Notons qu'avec un diluant air par exemple, avec une PPO₂ fixée à 1,4, on peut facilement réaliser une plongée dans la zone des 50 mètres en restant bien en dessous du seuil hyperoxique, en respirant un Nitrox 27/73. Pendant toute la phase de remonté, le pourcentage d'O₂ respiré va augmenter progressivement au détriment de l'azote, jusqu'à atteindre 100% à 4 mètres. Le calcul de cette décompression optimisée ne peut se faire que par l'intermédiaire de calculateurs qui intègrent directement le gaz respiré. Sinon, il reste possible d'opérer des choix plus « archaïques », avec des ordinateurs capables de gérer plusieurs mélanges (2 ou 3) et plusieurs gaz (O₂, N₂, He). Le choix intermédiaire consistera à planifier sa plongée via certains logiciels de décompression en y entrant les paramètres de sa plongée (profondeur, durée, mélanges, paramètres personnels comme consommation d'O₂, forme physique...) et ensuite de suivre cette planification « à la lettre » en l'imprimant, et à l'aide d'un timer et d'un bon profondimètre. C'est une des méthodes que J-F André a le plus tendance à enseigner : le simple a du bon, et l'enseignement du basique a déjà fait ses preuves...

Ces notions sont largement étudiées dans les cursus TRIMIX.

CURSUS

Le point sur les formations fédérales

A l'heure actuelle, seuls deux cursus de formation existent sur le marché fédéral :

- la qualification « Recycleur », recycleur semi fermé au Nitrox
- la qualification de « Plongeur recycleur circuit fermé ».

Ces deux qualifications ne concernent que trois machines :

- le DOLPHIN et le RAY pour les SCR
- l'INSPIRATION pour les CCR, avec ses trois versions : CLASSIC, VISION et EVOLUTION, qui ne diffèrent entre elles principalement, que par l'électronique embarquée (gestion de la décompression) mais qui gardent le même principe de fonctionnement.

- Conditions d'entrée en formation :

Outre les habituelles conditions administratives communes à toutes les formations fédérales, on trouve les contraintes suivantes :

Minima	Qualification « Recycleur »	Qualification « Plongeur recycleur circuit fermé »
Age	18 ans	18 ans
Niveau d'entrée en formation	N1 FFESSM ou équivalent	N3 FFESSM ou équivalent
Qualification	Nitrox FFESSM ou équivalent	Nitrox confirmé FFESSM ou équivalent

La première remarque qui vient à l'esprit est qu'il est impossible de commencer une formation sur recycleur avant l'âge de 18 ans. Or, si l'on s'en tient à la logique et à la cohérence des cursus fédéraux, un jeune plongeur peut obtenir son niveau 1 dès l'âge de 14 ans (voire 12 ans sur dérogations) et sa qualification de plongeur Nitrox dès l'âge de 14 ans. Dans le pire des cas, il pourrait donc détenir l'ensemble des qualifications nécessaires à son début de formation SCR fédérale dès l'âge de 14 ans.

J'ai eu l'occasion de rencontrer, depuis les trois ans que je suis installé en région CA, des jeunes plongeurs formés aux techniques de plongée en recycleur, largement capables de suivre ce type d'école, sur le plan théorique comme sur le plan pratique. En ce qui concerne la qualification « Recycleur » il pourrait donc être intéressant d'ouvrir ce cursus aux plongeurs dès l'âge de 14 ans. Rappelons ici que rien n'empêche de limiter la durée des plongées en fonction de la température de l'eau ou des conditions météorologiques.

En ce qui concerne la formation CCR, les conditions d'âge restent plus cohérentes, tant sur le niveau technique, que sur la qualification « mélanges ».

La deuxième remarque a trait aux niveaux techniques minima requis pour l'entrée en formation « Recycleur » : niveau 1/Nitrox.

On s'impose ici des certifications techniques en circuit ouvert en s'interdisant la possibilité de les valider lors de la formation en elle même. Nous verrons par la suite, en étudiant les qualifications « gaz », qu'il est en revanche possible de suivre une formation Trimix élémentaire ou Trimix pendant sa formation CCR. Pourquoi s'interdire la possibilité de suivre

la formation Nitrox dans le cadre de sa formation SCR, dans les mêmes limites que pour les ouvertures CCR/Trimix (« avec les adaptations nécessaires à la plongée en recycleur ») ? En corollaire de cette remarque, ne serait-il pas possible de passer son Niveau 1 sur SCR ?

Il convient d'opérer un juste retour aux fondamentaux pour délimiter les contours des formations en recycleur de la façon la plus homogène et la plus cohérente possible :

- respiration
- équilibre
- déplacement
- communication

En ce qui concerne les deux derniers, force est de constater que le circuit ouvert et le recycleur ne diffèrent en rien en ces domaines : la communication reste identique avec un recycleur sur les épaules et se déplacer avec n'est pas plus compliqué ou déstabilisant que d'utiliser un bi bouteilles en circuit ouvert. Il faut donc concentrer ses efforts sur la respiration et l'équilibre.

Le peu de théorie contenue dans le Niveau 1 et les actes moteurs associés pourraient être travaillés en SCR :

- compétence 1a : utiliser son matériel
- compétence 1b : comportements et gestes techniques en surface
- compétence 2 : immersions et retour en surface
- compétence 3 : maîtrise de la ventilation en plongée, une adaptation à travailler sur la maîtrise du poumon ballast, qui devra plus être orientée vers la maîtrise du niveau d'immersion
- compétence 4 : réactions aux situations usuelles, avec adaptation au passage sur bail out
- compétence 5 : facultative.

Ainsi, je pense que le manuel de formation technique devrait être modifié pour permettre cette formation initiale sur SCR. Le niveau 1 pourrait certainement se travailler, en milieu artificiel et naturel sur un nombre de séances sensiblement équivalent à ce qui peut se pratiquer en circuit ouvert. Un niveau 1 qui se travaille sur une saison en club de l'intérieur ou en 4 jours en milieu naturel dans des structures professionnelles se travaillerait (théorie spécifique liée à la machine mise à part) dans les mêmes conditions sur SCR. Il conviendrait, bien entendu, comme précisé ci-dessus, d'y incorporer la formation initiale Nitrox. Comme dans le cas de la qualification actuelle, il serait sage de prévoir un minimum de 8 plongées dont 4 au moins en milieu naturel pour valider ce niveau 1 en recycleur.

A partir de là rien n'empêcherait de continuer à progresser dans les niveaux fédéraux avec un recycleur en y ajoutant les spécificités de la machine.

Je pense que les contraintes, faibles il est vrai, imposées à la pratique initiale de la plongée en SCR ont, peu à peu, conduit les débutants à s'éloigner de cette machine pour privilégier une formation initiale en circuit ouvert. La forte perte d'intérêt des fabricants à l'égard de cette machine reflète cette tendance, regrettable, puisqu'elle pouvait être considérée comme un intermédiaire très instructif à la plongée CCR, à un coût très abordable.

Pour la qualification CCR, il en va autrement puisque cette machine pouvant être amenée à fonctionner avec des mélanges supérieurs à 40% d'O₂, la détention de la qualification Nitrox confirmé s'impose, l'âge de 18 ans minimum également par conséquence. On peut cependant se demander si cette qualification, à l'instar des qualifications Trimix élémentaire et Trimix ne pourrait pas être obtenue en cours de formation, avec pour contrainte la détention de la qualification Nitrox en entrée de formation. De la même façon, j'ai du mal à justifier la possession du N3 minimum pour la pratique de plongées CCR : tous les plongeurs CCR ne sont pas des plongeurs très profond en autonomie ! Nombre d'entre eux pourraient plonger dans la zone lointaine encadrés par un N4 et se contenter d'un niveau 2. On peut même se

demander si, comme pour le niveau 1 en SCR, il ne serait pas possible de travailler le Niveau 2 en CCR, en insistant sur les particularités de la machine...Et à partir de là poursuivre sa progression technique en CCR...

Si la législation considère le plongeur recycleur au même titre qu'un plongeur en scaphandre ouvert, les formations fédérales semblent donc le démarquer complètement en lui interdisant de progresser techniquement sur sa machine. Nous aurons peut être à répondre un jour à cette demande, avec le développement du marché des recycleurs et leur démocratisation...

Les gaz

- Les Nitrox :

Il me semble impératif de connaître les avantages et risques de l'oxygène en milieu hyperbare pour prétendre plonger en recycleur. Encore une fois, je pense que cette connaissance peut être acquise lors de la formation initiale sur la machine, lorsque l'on s'initie au SCR. La qualification Nitrox, comme évoqué précédemment pourrait devenir un pré requis à l'entrée en formation CCR, l'objectif de fin de formation étant de détenir la qualification Nitrox confirmé.

La théorie de base des recycleurs intègre de toute façon, en ce qui concerne l'O2, les notions contenues dans ces qualifications « mélanges ». Il semble inconcevable de comprendre le fonctionnement de sa machine, d'en déterminer les dysfonctionnements et d'y remédier sans avoir acquis les connaissances de base de la plongée Nitrox

- Les Trimix :

En ce domaine, les possibilités d'évolution au sein des qualifications recycleurs sont beaucoup plus ouvertes, du moins en ce qui concerne le CCR, puisqu'il est ici possible de suivre une qualification Trimix et Trimix élémentaire lors de l'obtention de la qualification CCR. Les détenteurs de qualifications Trimix élémentaires et Trimix sont de fait qualifiés pour l'utilisation de ces gaz sur CCR, dès lors que leur aura été dispensée « un complément de formation théorique et pratique spécifique à l'utilisation d'un recycleur.» Pour la qualification Trimix, ils devront justifier de plus d' «une expérience minimale de 30 plongées, totalisant 50 heures en circuit fermé. »

Comme pour le Nitrox, ceci n'est pas envisagé en SCR : il faut détenir la qualification du mélange considéré pour pouvoir l'utiliser, sans autre limitation ni ouverture.

Passerelles

Le tableau suivant permet de résumer les différentes possibilités aujourd'hui disponibles pour suivre une formation de plongeur recycleur dans le cursus fédéral :

Niveau détenu (minimum)	Qualification détenue (minimum)	Formation possible	Qualification possible au sein du cursus
N1	Sans objet	Néant	Sans objet
N2	Nitrox	Qualification « Recycleur »	Néant
N3	Nitrox confirmé	Qualification « Recycleur circuit fermé »	Trimix élémentaire Trimix

CONCLUSION

L'éclairage concis sur la plongée en recycleur, que j'ai voulu donner à ce document doit permettre à chacun de mieux comprendre quelles sont les possibilités offertes en matière de formation et d'exploration avec ces drôles de machines. Le but est avant tout de démystifier l'aspect « hyper tech » et réservé à une élite qu'on veut trop souvent associer aux recycleurs. La formation est nécessaire, elle n'est pas inabordable, d'un point de vue théorique et pratique même si elle reste relativement chère sur le plan financier.

Le tableau ci-dessous reprend de façon synthétique les différents avantages et inconvénients liés à ces types de plongées. Outre le prix d'achat de la machine, celui de son entretien doit également être pris en compte : il n'est pas négligeable dans le cas des CCR !

	Circuit Ouvert	SCR	CCR
Investissement initial	1 000€ (bloc/détendeur/gilet)	4 000€	7 000€
Entretien annuel	70€	200€	1 000€
Coût de la plongée / heure	6€	5€	6€
Confort	Froid et déshydratant	+	++
Décompression	Modèle fixe	Modèle fixe / Nitrox	Modèle « évolutif »
Préparation	Faible	30 minutes	30 minutes

Concrètement et pour donner des éléments de jugement à nos futurs cadres techniques, directeurs de plongée en devenir, une intervention en ce domaine, comme dans celui des plongées « mélanges » pourrait être dispensée lors des formations de moniteurs fédéraux du premier degré, lors de stages initiaux ou finaux. Le but étant simplement de sensibiliser un peu plus les candidats aux diverses possibilités qu'ils pourraient être amenés à côtoyer au sein de leurs clubs dans le futur.

Enfin, je ne puis que déplorer le peu d'attention portée à la plongée SCR, qui risque, et on le perçoit déjà au travers l'abandon des fabricants, de sonner le glas de ce type de matériel. Il est surprenant de voir combien les contraintes imposées sont lourdes au regard du faible niveau technique requis et du peu de risques encourus. La plongée SCR pourrait être la porte d'entrée initiale au monde sous marin, du baptême à la formation N4. Mais ça c'est une autre histoire et elle ne peut être que collégiale...

BIBLIOGRAPHIE

- Plongées sans bulle ; Immersions en recycleur INSPIRATION (Eric Bahuet, Jean-Marc Belin, Laurent Ballesta, Didier Borg)
- Nitrox & Recycleur. Manuel de préparation et de planification (Jean-François André)