



Options de sécurité pour plonger sous terre en recycleur « Inspiration »

Frank Vasseur

06/2006

Prolégomènes

Cet article, est basé avant tout sur une expérience, une pratique de terrain.

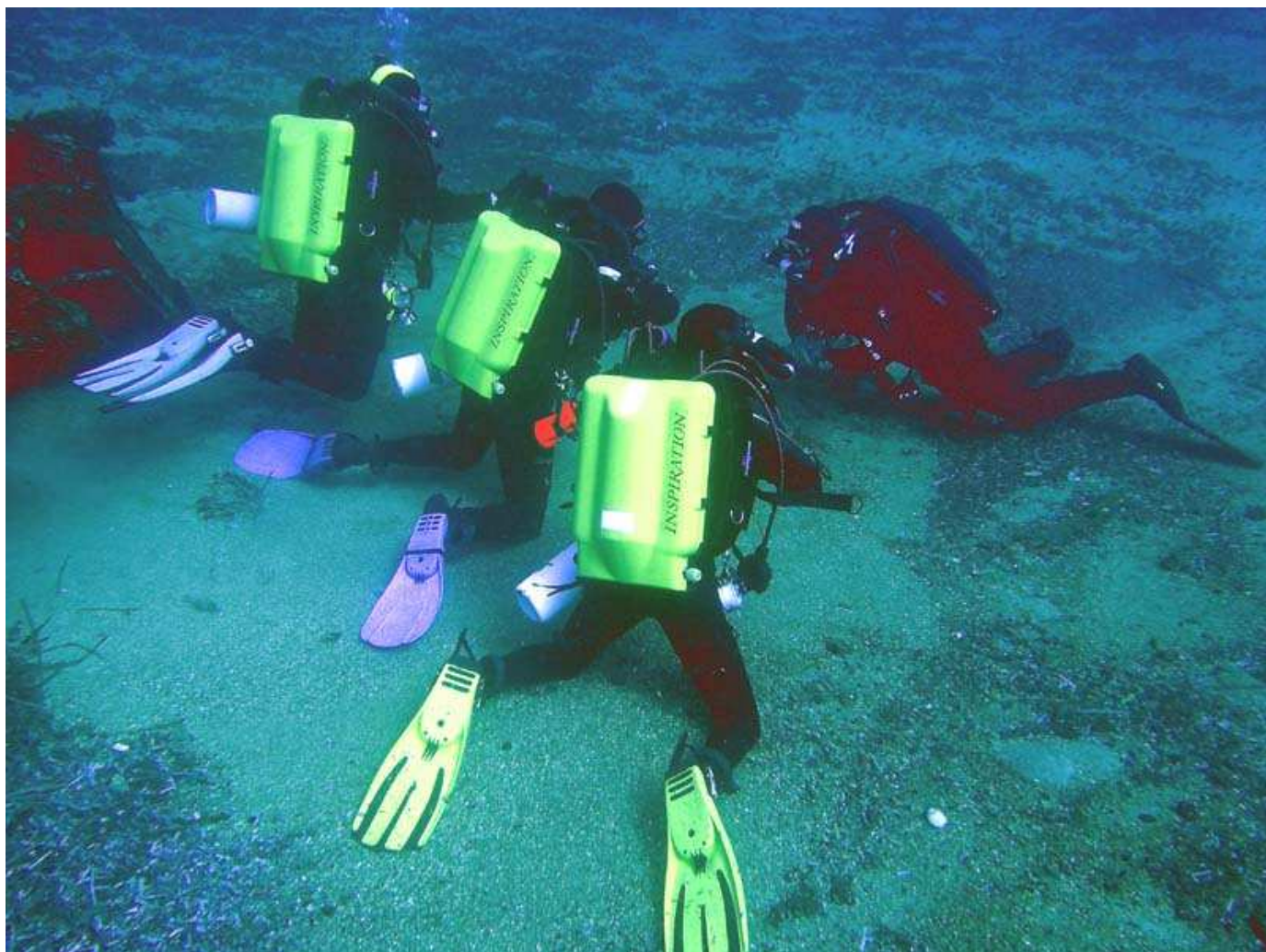
Il reprend également les échanges avec d'autres pratiquants. La confrontation des choix techniques et des pratiques est générateur d'une saine réflexion, voire d'une remise en cause de ses propres modes opératoires.

Aussi, le recycleur central du système sera celui pratiqué (et pas

ceux sur lesquels on fantasme faute de les posséder) et uniquement celui-ci, pour ne pas déroger à notre approche de la publication et de l'échange d'informations.

Ce n'est pas pour autant que ce recycleur est « meilleur » que d'autres, ni plus adapté à la plongée souterraine, ni à recommander par rapport à d'autres pour cette activité.

Photo. : F.V.



*Dépuclage maritime en bonne et due forme,
avec Aldo Ferrucci comme instructeur.*

Introduction

Le recycleur à circuit fermé (R.C.F.) « Inspiration » a été conçu pour la plongée en milieu ouvert.

Il n'a pas été pensé en vue d'une utilisation « sous plafond », et encore moins pour plonger sous terre. Certaines parties sont proéminentes et sensibles aux chocs, aux raclements. De nombreuses pièces en plastique vieillissent prématurément au contact, appuyé et répété, du calcaire.

Plonger avec un R.C.F. revient à s'immerger en pilotant une machine, dont on doit rester maître, pour ne pas en devenir tributaire.

Plonger avec un R.C.F. « Inspiration » consiste à plonger en « pilotage automatique » (injection de l'oxygène gérée par électronique).

L'important est de ne point s'endormir au volant, de rester particulièrement attentif tant aux réactions de la machine, qu'aux manifestations diverses de son organisme, tout en assurant ses arrières en cas de panne de l'appareil.

La présente note considère les possibles utilisations de cet appareil en milieu souterrain, sans déroger au principe de redondance.

En l'état actuel de notre expérience en recycleur (et peut-être aussi en fonction du modèle utilisé), nous considérons qu'en plongée souterraine, en cas de défaillance de la machine, l'utilisation en mode dégradé de l'appareil est trop

exposée pour constituer l'unique solution de repli.

Si le recycleur semble un appareil de haute technologie, il n'en est pas moins faillible (entrée d'eau dans la boucle respiratoire, défaut de filtration du CO₂, panne d'alimentation en O₂ ou en diluant, électronique défectueuse, cellules donnant des informations erronées ou dérivant lors de l'injection d'O₂ ou encore au fur et à mesure de la plongée...etc.). La liste est longue, des dysfonctionnements lourds de conséquences, pour le plongeur.

En effet, si en circuit ouvert, il « suffit » de s'assurer de la quantité de gaz dont on dispose, en recycleur, il faut en permanence s'inquiéter de la qualité du gaz respiré. Qualité qui peut se dégrader rapidement (hypoxie, hypercapnie, hyperoxie, cocktail caustique) à fortiori lors d'une progression « sportive », comme c'est souvent le cas (configuration lourde) en plongée souterraine.

Aujourd'hui, la redondance est principalement assurée en circuit ouvert.

Quelques plongeurs ont cependant fait le pas vers un second R.C.F. embarqué.

Selon qu'on plonge en solitaire ou en binôme, voire trinôme, ces options peuvent être adaptées.

1 Recycleur à Circuit Fermé et redondance en circuit ouvert

La redondance en circuit ouvert présente plusieurs avantages. Pour le débutant en recycleur, en cas de souci, il revient en « terrain connu », sur du matériel et dans une configuration avec lesquels il a acquis des réflexes, des automatismes.

1.1 Plongée (et plaisir ?) solitaire

Rappel : en plongée souterraine, a fortiori sous le « vieux continent » et dans de nombreuses cavités, la plongée solo est une option supplémentaire de sécurité (turbidité de l'eau, étroitures...etc.). Le plongeur emporte, pour pallier à une défaillance éventuelle du

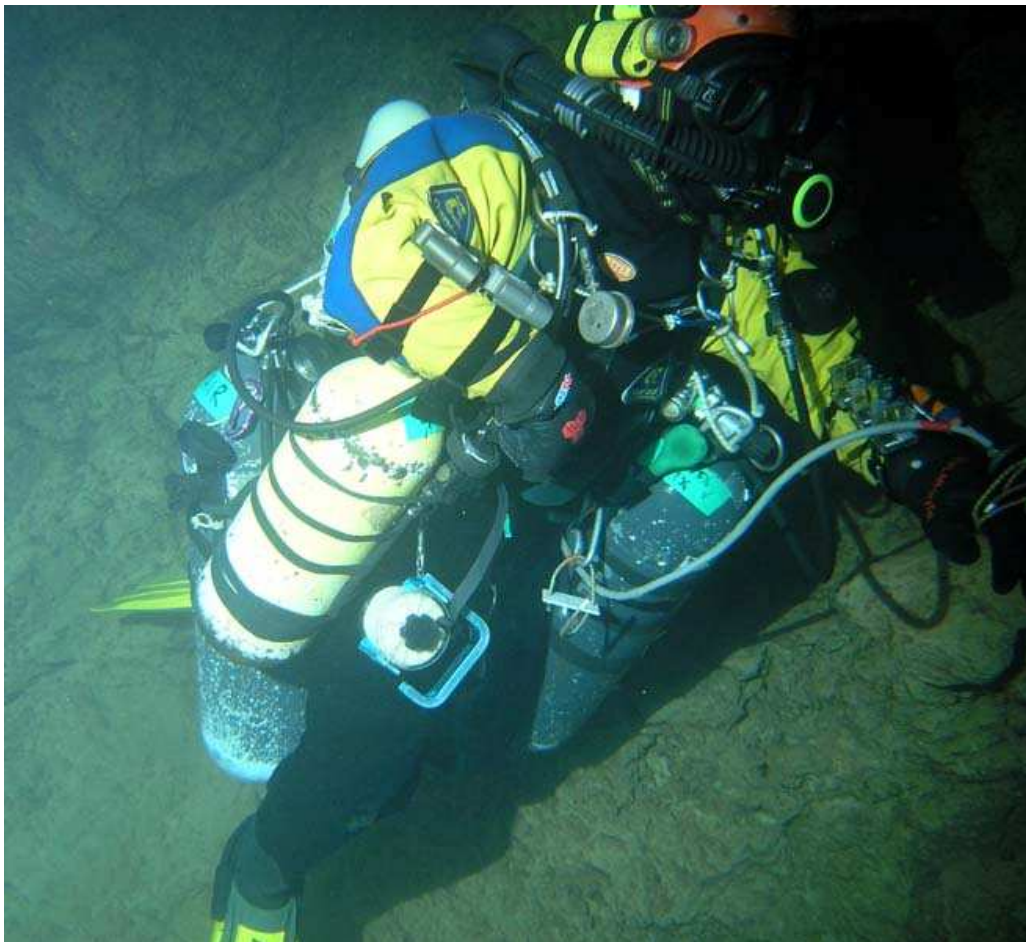
Il n'y a qu'un seul recycleur à gérer, ce qui est déjà suffisamment accaparant.

Enfin, un aspect qui n'est pas à négliger, les finances. Une partie du matériel « traditionnel » (détendeurs, bouteilles-relais) conserve une utilité.

recycleur, des bouteilles, sur lesquelles il peut se rabattre dans l'urgence.

Dès lors que la plongée devient conséquente, il devient illusoire d'embarquer la totalité des flacons nécessaire au retour.

Photo. : F.V.



Un recycleur dorsal avec deux bouteilles d'alimentation et une bouteille de nitrox de sécurité. Difficile de se charger beaucoup plus et de progresser ainsi à la palme.

Dans le cas où la/les bouteilles embarquées ne suffisent plus à regagner la sortie, si le RCF est hors service au point le plus éloigné de l'entrée, le principe consiste à installer préalablement des bouteilles de sécurité dans la cavité. L'espacement et le dimensionnement des blocs, la composition des mélanges sera adaptée au profil de la

Applications

Unai Artaloita (Euskadi) assure la redondance avec des bouteilles en aluminium de 10l, quasiment neutres lorsqu'elles sont remplies. Il en porte plusieurs du même côté.

Il utilise aussi des 18 l Faber pour les plongées au trimix, qui sont quasi neutres aussi lorsque partiellement

cavité, ainsi qu'à la profondeur d'évolution.

Cette option induit la mise en place d'une ligne de décompression, en plus des bouteilles de sécurité, et la prévision, par le plongeur, d'un jeu de tables pour le circuit ouvert, approprié aux mélanges installés dans la cavité.

remplies avec de l'hélium.

Il embarque toujours la moitié de la quantité de gaz qu'il emporterait en circuit ouvert jusqu'au point le plus éloigné de la plongée.

Avec cette technique, il a progressé en solitaire jusqu'à 1500m dans le Pozo Azul (Espagne) et - 105 dans la

Fuente azul
(Espagne).

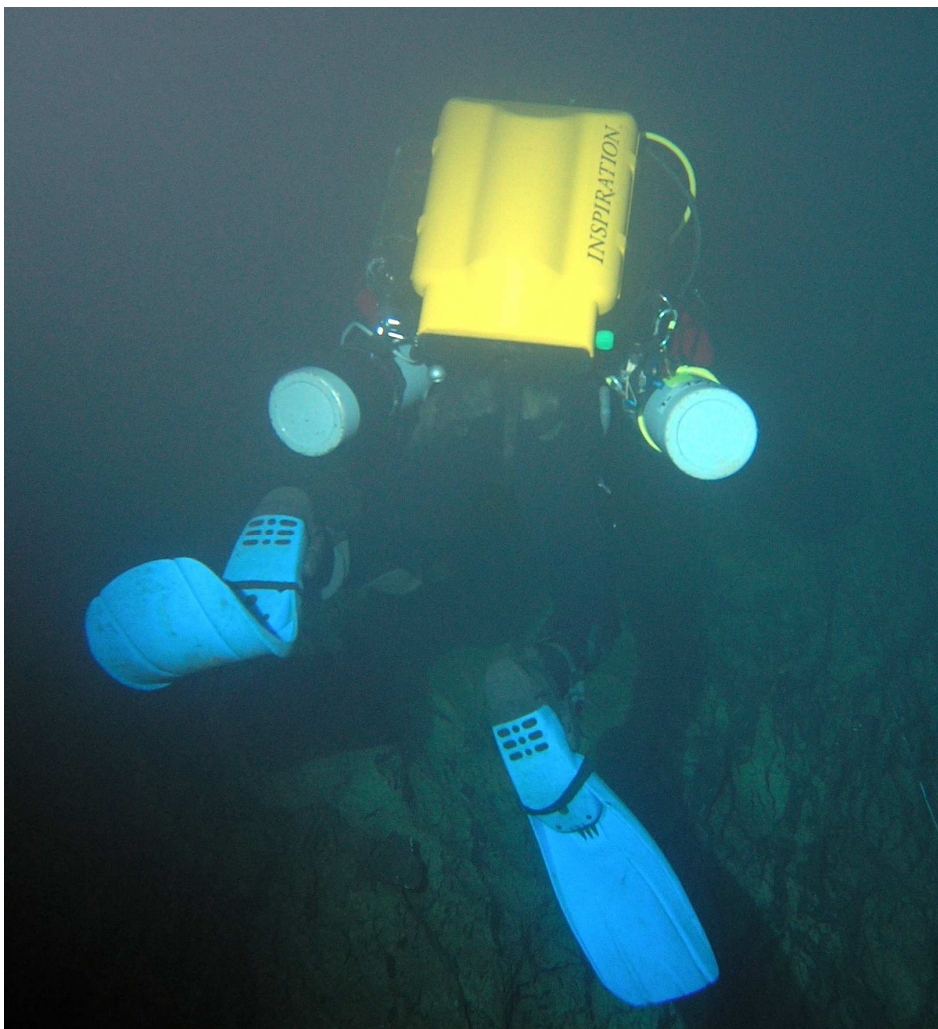


Photo : F.V.

Recycleur dorsal et
bouteilles de sécurité
(neutres dans l'eau)
embarquées.

Włodzimierz Szymanowski (Pologne) avait équipé son recycleur d'un embout particulier, constitué d'un second étage de détendeur intégré, pour basculer instantanément en circuit ouvert sans changer d'embout, en cas d'urgence.

<http://www.watalibi.com/fkiocdsv.htm>

Il emportait une bouteille d'oxygène supplémentaire et une autre pour gonfler son vêtement (disposée sur le haut du recycleur), ainsi que des bouteilles en circuit ouvert.



Photos. : Włodzimierz Szymanowski

Embout de recycleur « convertille ».

La bouteille d'air consacrée au vêtement portée sur le dessus du recycleur.

Włodzimierz est décédé lors d'une plongée récréative en recycleur, à -105 dans le Goul du Pont (Fr) en avril 2005.

Il aurait omis de connecter son trimix sur sa boucle et aurait plongé à l'air en pensant être au trimix.

Il avait participé et réalisé plusieurs explorations souterraines avec son recycleur (Roumanie, Bosnie).

C'était aussi un collaborateur spontané et efficace de « plongeesout.com ».

Jason Mallinson (Royaume-Uni) s'équipe toujours de deux bouteilles latérales lorsqu'il plonge avec son recycleur, généralement des 20 l légères. Lors des longues plongées avec de multiples décompressions, il utilise deux bouteilles d'oxygène dans le recycleur. La première est celle d'origine et l'autre est une sécurité qui peut être connectée à l'inflateur du faux-poumons d'expiration.

Lors de plongées avec long développement, des bouteilles sont préalablement disposées dans le siphon.

Les faux-poumons ont été placé à l'arrière, derrière les épaules. Cela désencombre la poitrine, mais l'injection manuelle est moins aisée.

Un ADV de fabrication artisanale (avec un deuxième étage de Poséidon) facilite l'usage du recycleur à la descente.

Le recycleur est très souvent combiné à l'utilisation d'un ou plusieurs propulseurs rapides, qui assurent un prompt retour en cas de souci.

Depuis le printemps 2005, Jason plonge avec un R.C.F. « KISS ».

Photo. : F.V.



Jason Mallinson avec ses 20 l. (une de trimix et une d'air) comme bouteilles de sécurité.

1.2 Plongée en binôme (ou plus)

1.2.1 Binôme en circuit ouvert

Ce n'est pas la configuration la plus homogène, mais elle n'est pas exceptionnelle, surtout en plongée récréative.

En exploration de pointe ou induisant de la décompression, il est préférable d'harmoniser les équipements respiratoires, afin que les binôme conserve une certaine logique et ne soit pas séparé par des procédures de décompression différentes.

Dans ce cas, le plongeur en circuit fermé s'organise comme s'il était en solo, car il ne peut décemment dépendre de la marge de sécurité de son binôme, sur son circuit ouvert. Il emporte une ou deux bouteilles sur lesquelles il peut se rabattre dans l'urgence, ou laisse des bouteilles dans le siphon si la distance et la profondeur de la plongée l'imposent.

Photo. : F.V.



Un couple « irrégulier » 😊

1.2.2 binôme en recycleur similaire

Plusieurs plongeurs souterrains, encore au stade de découverte globale du recycleur, se voient mal s'engager dans un siphon avec deux appareils à gérer, alors que nombre de spécialistes s'estiment toujours débutants après cent heures de pratique sur un seul.

L'aspect financier (achat de deux recycleurs), l'indigence des modèles (R.C.F.) portables en latéral et le manque de retour d'expérience sur ces appareils, conforte nombre de plongeurs dans leur « veille attentive » en matière de second appareil embarqué.

Aussi, si presque tout le monde est d'accord sur la validité théorique de la redondance en recycleur en plongée souterraine, certains plongeurs assurent d'abord leurs arrières en circuit ouvert.

Ils plongent en binôme avec chacun deux bouteilles (voire plus lors de plongées en scooter).

Un plongeur en difficulté obligé de « sortir » de son recycleur pourrait compter sur ses deux bouteilles et une (au moins) de son binôme.

Cette pratique induit qu'on table au départ sur une et une seule panne de R.C.F. dans le binôme.

Photo. : F.V.



Binôme en recycleur à circuit fermé.

La redondance est assurée par des bouteilles de 10 l en circuit ouvert.

Selon les cas, la distance et les zones de profondeur prévues, induisent un volume de gaz supérieur à celui des quatre bouteilles embarquées par le binôme. Dans ce cas, un plongeur passé en ouvert sur l'intégralité du trajet retour n'aurait pas de quoi rejoindre la sortie. Le binôme n'est plus autonome.

Dans ce cas, soit on embarque des bouteilles de capacité supérieure (mais cette option n'est pas toujours compatible avec l'hydrodynamisme et les possibilités de progression à la palme), soit on dépose préalablement

des bouteilles de sécurité dans la cavité (à condition d'avoir le temps de réaliser les immersions préalables, ou de faire partie d'une équipe avec suffisamment de plongeurs pour contribuer à cette sécurisation).

L'équipe consent également à l'installation d'une ligne de décompression complète et adaptée à la plongée envisagée (y compris dépassement du temps initial), ainsi qu'au calcul de tables adaptées (circuit-ouvert).

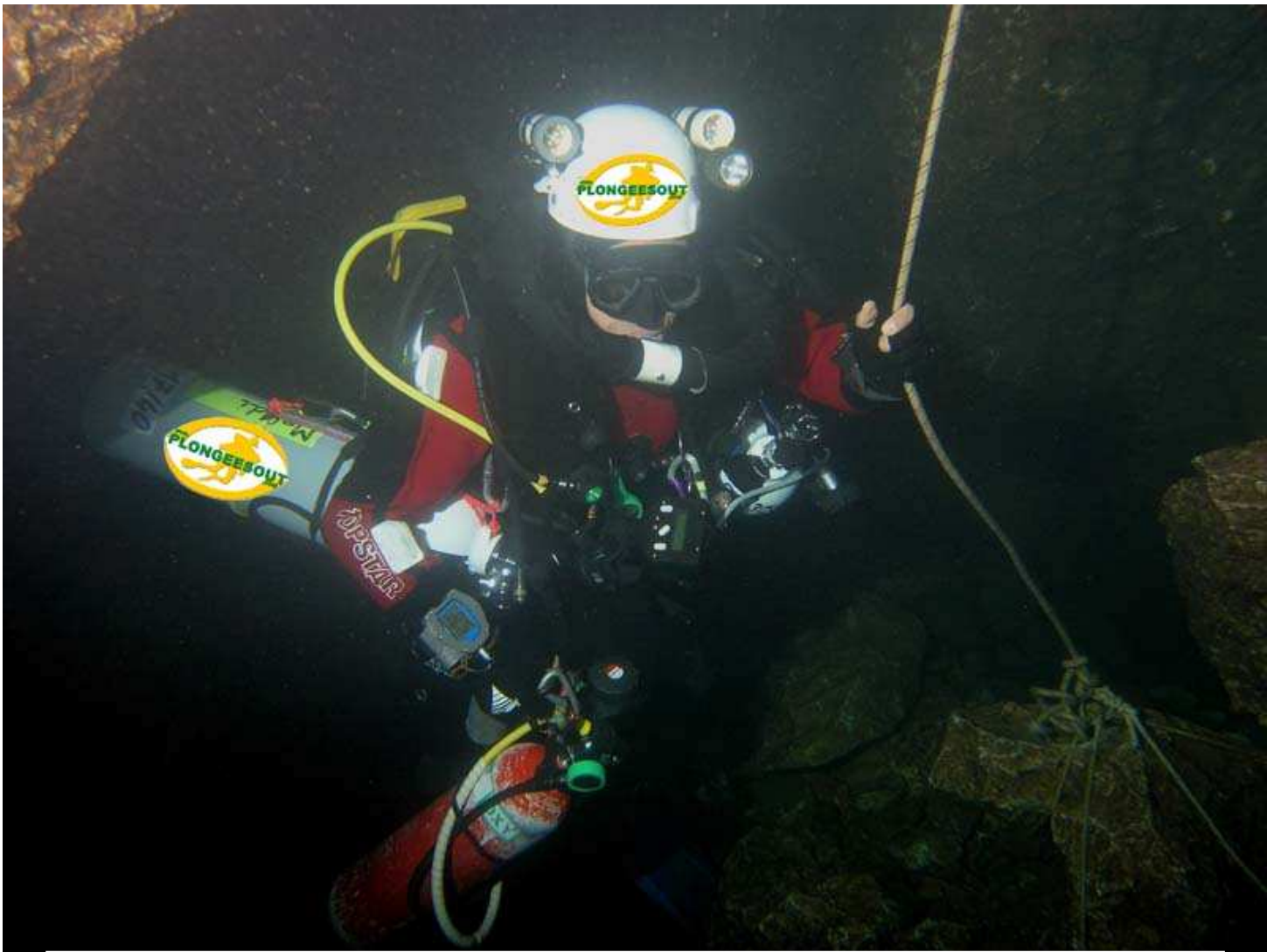


Photo : F.V.

Plongeur en décompression sur son recycleur, avec des blocs de mélanges de décompression en sécurité.

Applications

L'équipe « Plongeesout » plonge ainsi depuis plus d'un an (hiver 2005). Elle fonctionne en équipe et généralement en binôme, ce qui permet les déposes préalables des lignes de décompression de secours et d'autres bouteilles de sécurité dans le siphon.

Les pointes sont généralement organisées en binômes, afin de synchroniser topographie et exploration (pendant que le premier équipe le fil d'Ariane. Le second relève les données).

Cette logique du binôme est également appliquée lors des plongées profondes en mer.

Cette technique peut être qualifiée de « bâtarde ». Elle est fortement influencée par les principes de sécurité utilisés en circuit ouvert (relais de bouteilles, ligne de décompression, fonctionnement en équipe) et encore très loin du concept d'autonomie totale du plongeur, chère aux caverneux européens.

Photo. : Jean-Louis Galera



Logique du binôme étendue au trinôme.

Les membres de cette équipe, bien qu'accordés sur le principe théorique de redondance des recycleurs, sont, à ce jour, partagés quant à l'application de ce principe (choix et fiabilité dans la gamme de second recycleurs embarqués). L'évolution du matériel devrait permettre la concrétisation de cette logique fondatrice de l'activité.

Depuis juin 2005 et jusqu'à juin 2006, l'approche actuelle de « Plongeesout » a été efficace

dans plusieurs explorations en cours :

- Peyraou de Chadouillet (07) : siphon de 880m avec un point bas à -78 et remontée à -4 ;
- Grotte de la Vipère (82) : S.1 (200m), S.2 (1150m ; -25) ;
- Source aux Fées (64) : (230m ; -115) ;
- Fontaine de Nimes (30) : S.1 (50m), S.2 (985m ; -43) ;
- Aven du Rouet (34) : Siphon (511m ; -79) remontée à -9.

Photo. : F.V.



Configuration minimale d'un plongeur de
« **Plongeesout** ».

1.2.3 Binôme avec des recycleurs différents

On entend par « différents » des recycleurs dont le système de fonctionnement, le mélange d'alimentation et la consommation sont dissemblables.

Soit un Circuit fermé et un circuit semi-fermé.

Dans ce cas, la logique du binôme ne pourrait s'appliquer qu'en fonction des configurations et des options de redondance mises en oeuvre.

Si les deux plongeurs sont en mono-recycleur avec un sécurité envisagée en ouvert, il est possible de se dépanner en se passant les bouteilles de l'un à l'autre, indépendamment des recycleurs dorsaux.

Tout en sachant que les mélanges utilisés ne seront assurément pas optimisés en cas de passage en ouvert, du fait de la différence de gaz utilisés pour les divers types de

recycleur (sensiblement suroxygénés avec les semi-fermés, souvent largement sous-oxygénés avec des circuits fermés).

Si la plongée impose une décompression, il faudra prévoir des tables avec les mélanges respirés ou bien disposer d'un ordinateur capable d'intégrer un changement de gaz dans son calcul de décompression.

Si un plongeur est autonome (double recycleur), et l'autre en mono circuit, le second plongeur a peu de chances de pouvoir bénéficier d'une marge confortable en cas de passage en ouvert. Il doit alors se considérer comme en plongée solo et disposer de suffisamment de flacons dans le siphon pour assurer son retour en ouvert.

Photo. : Alexandra Beluche



Binôme composé d'un plongeur en RCF a gestion électronique (avec redondance en ouvert) et d'un autre en double RSF.

La présence d'un équipier, dans une cavité qui s'y prête, est cependant d'une aide précieuse en cas de problèmes divers (emmêlement, panne de propulseur...etc.).

Chaque cavité, chaque siphon, chaque exploration demeure un cas particulier auquel il faudra s'adapter. Il n'y a donc pas de configuration idéale et universelle, compatible avec tous les siphons.

1.3 bilan sur une redondance en circuit ouvert

Les -

La sécurité en circuit ouvert demeure une option « bâtarde » dans la mesure où elle est assujettie à la lourdeur du circuit ouvert, même si on ne prévoit que la progression retour (majorée pour assurer une marge de sécurité).

Elle devient lourde à mettre en œuvre lors de plongées engagées et la logistique grimpe en exponentielle avec la décompression.

De plus, l'autonomie du plongeur est réduite à ses possibilités de retour en circuit ouvert, et non à celles du recycleur.

Les +

Cette option est relativement abordable financièrement (dans la mesure où le matériel en circuit ouvert est considéré acquis avant l'achat d'un recycleur).

On peut considérer l'association RCF mono circuit + circuit ouvert comme une solution de transition vers le double recycleur, dans la mesure où la gestion d'une seule machine est suffisamment contraignante, et que la plupart des accidents de plongée en recycleur fermé participeraient d'une mauvaise manipulation de la part de l'utilisateur.

En cas de défaillance ou de mauvaise manipulation du recycleur, le repli sur un circuit ouvert consiste à revenir en « terrain connu ».

2 Redondance assurée par un second recycleur

Un plongeur en recycleur est totalement autonome lorsqu'il dispose d'un second recycleur du même type que son principal, durant toute sa progression, voire un troisième pour assurer la décompression. Il n'a plus besoin d'un binôme pour l'alimenter en gaz, ni d'une équipe qui dépose préalablement des bouteilles de secours.

C'est une configuration « idéale » surtout dans une logique d'exploration de « pointe », la configuration « historique » adoptée par les pionniers de l'exploration souterraine en recycleur (Olivier Isler et son R.I. 2000).

Notons que le choix s'était d'abord porté sur des appareils semi-fermés.

2.1. RCF + RSF

Envisageable uniquement avec un RSF modèle « modulaire ». Cette option pose le problème du mélange d'alimentation du second recycleur (pour une profondeur donnée : nécessairement suroxygéné en R.S.F., souvent sous-oxygéné en R.C.F.) qui ne pourra être le même que celui du R.C.F. .

Cette approche peut être considérée comme une sensible amélioration de la redondance en circuit ouvert. Le nombre de flacons de sécurité est proportionnel à la quantité de

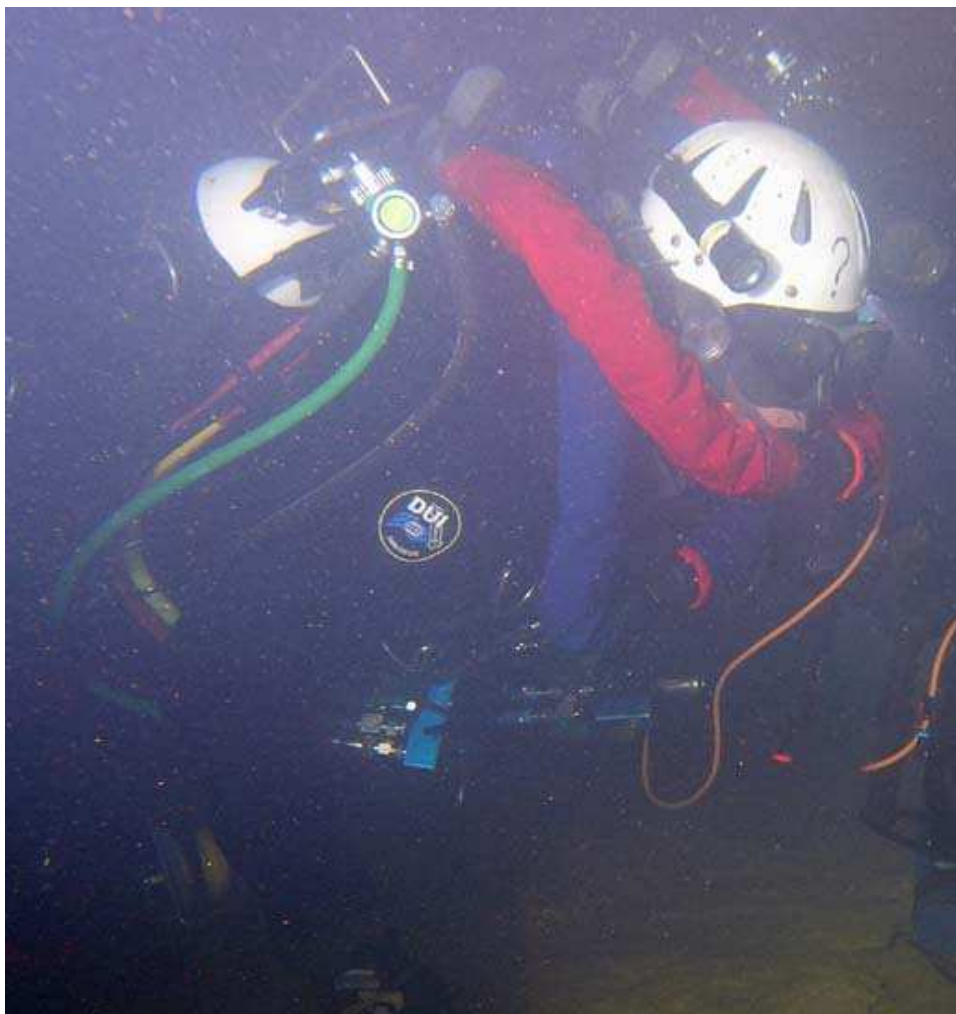
mélanges gazeux nécessaires à la décompression. La capacité des blocs est cependant réduite par rapport au circuit ouvert.

Applications

Des essais ont été réalisés, mais apparemment pas suivi d'effets.

Effectivement, à acquérir deux recycleurs pour plonger avec les deux ensemble, autant qu'ils soient compatibles et de pilotage similaire si ce n'est assez proche.

Photo. : F.V.



Deux R.S.F. « EDO 04 » : il est plus logique de gérer deux recycleurs similaires que dépareillés.

2.2 Inspiration + RCF

2.2.1 : Inspiration en principal + un second R.C.F de conception différente (portage latéral)

L'avantage réside dans la gestion de mélanges d'alimentation identiques, pour le recycleur principal et le secondaire.

Cette technique cumule la légèreté, l'homogénéité, la compatibilité du matériel et assure au plongeur une autonomie certaine.

En cas d'immersion induisant une longue décompression, un troisième recycleur, ou une ligne de décompression en circuit ouvert, sont à envisager.

La mise en œuvre de deux R.C.F. implique une expérience et une maîtrise parfaite de ces appareils, lesquels devront être impérativement fiables.

Selon quelques plongeurs expérimentés qui ont tenté cette configuration, il n'y aurait pas aujourd'hui de recycleur « relais » (disposition latérale) fiable à 100 %. Certains modèles le seraient presque, mais pas encore suffisamment.

Apparemment, tous les utilisateurs de recycleur, quel qu'en soit le modèle, s'accordent sur la "délicatesse" du maniement d'un recycleur sous l'eau à cause des risques de noyade lors d'un changement d'appareil (un embout de

recycleur est juste une vanne ouvert-fermé, pas un détendeur).

Se pose également le problème de la réactivité de la machine de secours. Elle devra être allumée dès le départ et alimentée en gaz, pour éviter la mise en dépression de la boucle lors de la descente.

Il faudra alors gérer sa flottabilité à la descente, lors de la remontée et plus encore en cas de profil en yo-yo. Sa chaux sera-t-elle immédiatement efficace après un séjour dans une eau à 12°C. ? Il faudra fonctionner en mode semi-fermé pour que le recycleur de secours devienne pleinement fonctionnel.

Actuellement (juin 2006), la proportion de plongeurs qui réalisent des explorations avec deux R.C.F. est infinitésimale (3 ou 4 en Europe) et le retour d'expérience très faible.

Peut-être que la gestion de deux RCF passe par un pré-requis sur un seul appareil ?

Financièrement, il faut aussi consentir à l'achat de deux machines.

Nul doute que c'est dans le domaine des recycleurs portables en latéral que les évolutions devraient être le plus bénéfiques à la plongée souterraine. Restons en veille attentive.

Application : John Volanthen : Inspiration + Joki.

Photo. : John Volanthen



Pour composer un double système, John a apporté quelques modifications personnelles.

- l'AIR 2 d'origine est remplacé par un inflateur ordinaire ;
- la clarinette a été remplacée par une autre qui permet plus de connexions pour le diluant et pour l'oxygène ;
- Il a rajouté des flexibles externes raccordable à des bouteilles externes de diluant ou d'oxygène pour les connecter sur la clarinette ou sur les inflateurs (pour alimenter les boucles des recycleurs).
- Un "BOB" a été préféré à l'ADV d'origine pour pouvoir utiliser un détendeur à moyenne pression supérieure à 9 bars (Poséidon) sur le diluant externe ;
- Il a mis des anti-retour entre les blocs internes et la clarinettes. Il faut comprendre que la clarinette de diluant est alimentée par deux sources simultanément : interne et externe (poseidon); Aussi, pour éviter tout problème de retour, il a mis l'anti-retour. S'il ferme le

diluant interne, c'est le diluant externe qui alimente la boucle et inversement. Et si les deux sont ouverts, ça doit être le diluant externe qui gagne car la MP est supérieure.

- Habituellement, les 2 bouteilles internes (oxygène) sont reliées à la clarinette. Le diluant est externe uniquement.

- Les deux bouteilles d'O₂ sont montées à l'intérieur du corps de l'Inspiration. Une seule bouteille de diluant, avec un robinet double sortie, alimente les deux recycleurs.

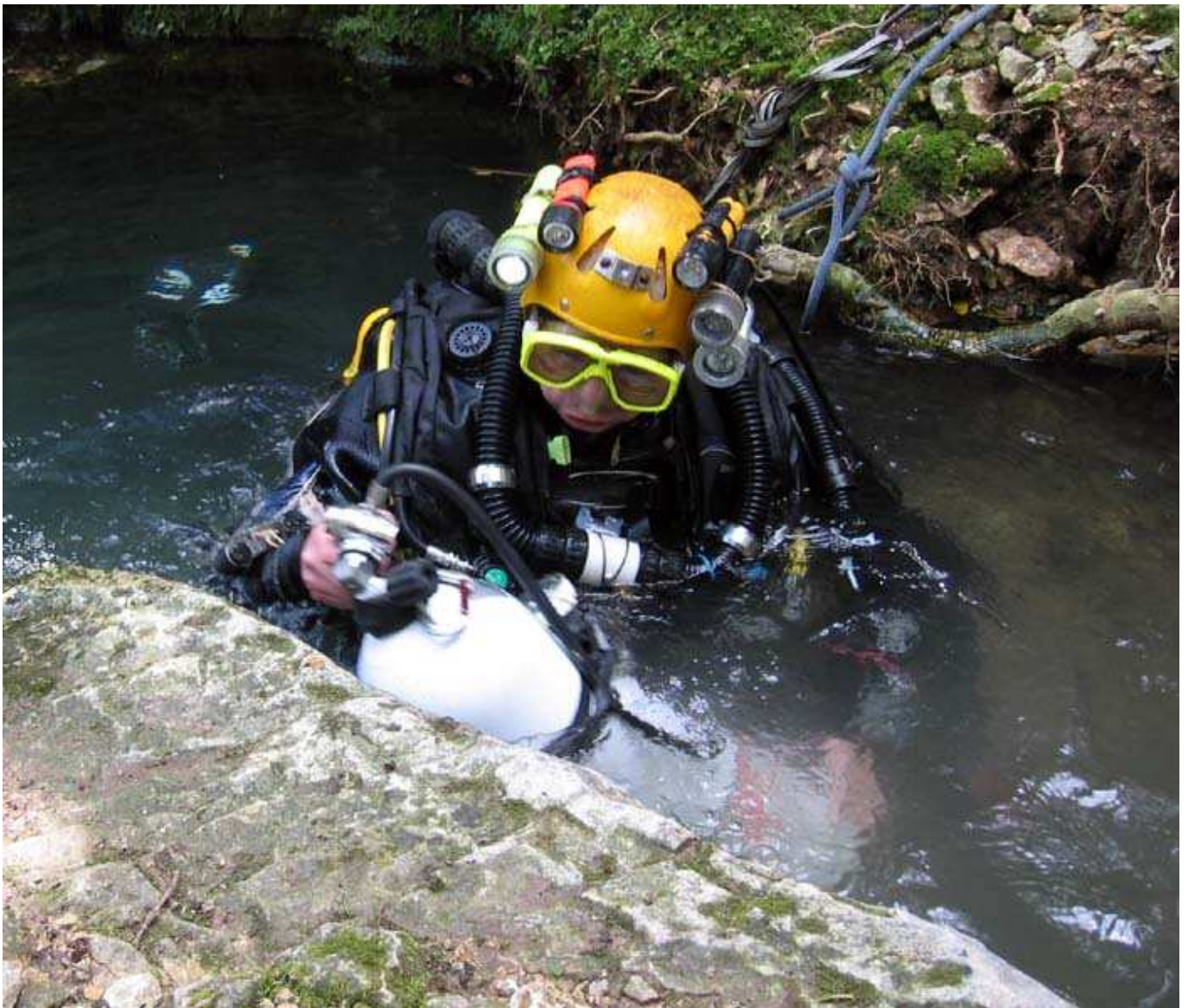


Photo. : John Volanthen

2.2.2 Deux Recycleurs « Inspiration » embarqués

Un système de double « Inspiration » (<http://www.deepdiving.net/pearse/twinsp.html>) a été mis au point par Dave Apperley pour l'exploration de « Pearce résurgence », en Nouvelle-Zélande.

Paul Garske a repris ce principe en 2005. (http://www.sydneyproject.com/image_gallery/gallery.asp?gid=15)

Ce dernier a modifié son recycleur de façon à disposer de deux systèmes complets et indépendants, avec deux boucles respiratoires

complètes et deux sources de gaz autonomes.

Ce double recycleur est utilisable pour des plongées très engagées, car il constitue à la fois le recycleur principal et le système respiratoire de secours.

Il requiert une maîtrise parfaite de cette configuration « lourde ».

Une traduction de l'article de Dave est en ligne sur « plongeesout », rubrique articles / recycleurs.

Photo. : archives Davie Apperley



Conclusion

L'avenir de certaines plongées souterraines peut passer par une configuration "tout recycleur" (deux ou trois recycleurs séparés embarqués ou un système redondant de conception). Demeure alors le problème de la fiabilisation des appareils,

des manipulations et du passage d'un appareil à l'autre (problème de l'exposition à la noyade de l'appareil lors du changement d'embout), ainsi que l'habileté du plongeur à gérer l'usage simultané de deux, voire trois RCF.

Photo : F.V.



Quelque soit l'option choisie (deux R.C.F. ou R.C.F. + circuit ouvert), le plongeur va évoluer en configuration lourde.

L'équilibrage prend une dimension fondamentale, le risque d'erreur de manipulation aussi .

Dans ces conditions, la progression à la palme devient utopique, même pour les plus « gaillards ».

L'usage de propulseurs s'impose alors conjointement à celui des recycleurs.

Le propulseur devient alors une composante fondamentale de la sécurité du plongeur, dans la mesure où il n'est pas certain qu'il soit capable, dans la configuration évoquée, de se déplacer durablement à la palme.

Se pose alors la question de la redondance du propulseur, à laquelle il convient de répondre avant de s'engager.

Remerciements

Merci aux plongeurs qui ont bien voulu développer et communiquer sur les configurations qu'ils ont adoptées :

Dave Apperley (Australie),
Unai Artaloita (Espagne),
Eric Bahuet (F.),
Jean-Marc Belin (F.),
Mehdi Dighouth (F.),
Jason Mallinson (U.K.),
Jérôme Meynié (F.),
Włodzimierz Szymanowski (Pologne),
John Volanthen (U.K.).

On a vite fait de mettre le doigt dans un engrenage financièrement rédhitoire, consommateur d'énergie et générateur de délais d'apprentissage (matériel et des configurations).

Tout ceci pour évoluer dans un terrain de jeu limité aux résurgences faciles d'accès (portage difficilement envisageable de par la masse, le volume et la fragilité du matériel) dont la section et la visibilité ne se réduisent guère.

Ces dernières années, les explorations se sont concentrées sur ce genre de cavité. Les terminus y sont éloignés, difficiles d'accès, parfois mêmes parvenus aux limites des capacités matérielles et physiologiques (décompression, profondeur ...etc).

L'avenir de l'exploration souterraine en recycleur se limitera-t-il aux seules résurgences « scooterisables »?

Merci aussi à Mehdi Dighouth, Jérôme Meynié et Christian Moreau pour leur relecture avisée et leurs suggestions.