

# 4<sup>e</sup> Symposium Jean Gloor de Médecine Subaquatique et Hyperbare



Le 4<sup>e</sup> Symposium Jean Gloor de Médecine Subaquatique et Hyperbare s'est déroulé au CHUV le 18 novembre 2023, devant plus de 300 auditeurs, comprenant majoritairement des plongeurs et également des médecins, des infirmiers et des physiothérapeutes. Après le mot de bienvenue de M. Claude Kaltenrieder, Instructeur I4 et président de CMAS swiss diving, le Dr Francis Héritier présentait M. Umberto Pelizzari, apnéiste d'excellence et multirecordman mondial dans toutes les disciplines dans les années 1990 – 2000.



## « Une vie en apnée »

Personne charismatique, **Umberto Pelizzari**, lorsqu'il était petit garçon, avait une peur panique de l'eau. Comme relaté dans son livre autobiographique, *Con La Forza Del Respiro*<sup>1</sup>, la seule vue d'un flacon de shampoing suffisait à lui déclencher une crise de larmes. Pour tenter d'y remédier, sa mère l'inscrivit à l'âge de 4-5 ans à un cours de natation. Umberto y prit goût en découvrant par lui-même l'apnée. Facétieux, il se cachait

par exemple sans respirer sous l'échelle de la piscine, pendant que ses compagnons faisaient des longueurs. À 8 ans, à l'école au fond de sa classe, il effectua comme premier record personnel, une apnée de 3 minutes et manqua de peu de s'évanouir à la grande frayeur de sa maîtresse. Une gifle magistrale ainsi qu'une comparution immédiate devant le directeur s'ensuivirent!

Dès l'âge de 17 ans, Umberto se dédia en autodidacte à la plongée en apnée.

En 1990, diplôme universitaire en informatique en poche, il obtint d'être transféré à l'île d'Elbe, pour effectuer son service militaire obligatoire au sein des plongeurs du Corps national des sapeurs-pompiers. En quelques semaines, ses extraordinaires facultés pour l'apnée apparurent évidentes.

Celles-ci lui permirent d'établir le 10 novembre 1990, le record mondial de -65 mètres en poids constant, battant ainsi de 2 mètres le record du légendaire cubain Francisco « Pipín » Ferreras. La Radiotélévision italienne (Rai) était présente ce jour-là pour immortaliser cet exploit. En réalité, la Rai recherchait des images de syncope pour illustrer un documentaire médical!

En 1991, Umberto établit une série impressionnante de records dans différentes disciplines de la plongée en apnée. Il atteignit ainsi la profondeur de 67 mètres en poids constant, de 95 mètres en poids variable et de 118 mètres en no limits. Pour cela, Umberto avait bénéficié des conseils de son instructeur



du Corps national des sapeurs-pompiers Massimo Giudicelli et de Alfredo Guglielmi, dénommé Le Corsaire, responsable du centre de plongée homonyme à l'île d'Elbe. Ce dernier avait précédemment assisté Jacques Mayol lors de son record à 105 mètres en 1983.

Par un heureux hasard, Jacques Mayol possédait une maison sur l'île, à Capoliveri. Le 13 avril 1991, comme dans un rêve, Umberto plongea en apnée avec ce personnage légendaire. De retour à terre, il sollicita son avis. Jacques lui répondit avec sincérité: «*toi, de l'apnée tu ne comprends vraiment rien... tu es concentré uniquement sur la performance... tu utilises seulement les muscles, mais pas la tête... si tu veux rester ici pour t'entraîner avec moi, je ne veux plus te voir dans l'eau avec des montres, profondimètres ou ordinateurs de plongée...*».

De façon déconcertante, Jacques Mayol proposa à Umberto de longues séances d'entraînement sur un fond de 10 à 12 m. Le but, initialement difficile à comprendre, était d'améliorer sa décontraction et ses sensations en plongée, tout en travaillant sa préparation mentale. Comme un vrai maître yogi, Mayol montrait le chemin. A l'élève toutefois de trouver ses propres solutions telles que se concentrer sur l'objectif, se libérer des pensées parasites, respirer, se relaxer et faire appel à toutes les motivations positives.

C'est en 1999 que Umberto, alors âgé de 34 ans, fut le premier homme à atteindre la profondeur de 150 mètres en poids variable no limits. Son témoignage, illustré par un film documentaire, a permis au public d'appréhender la complexité et le caractère extrême de cet exploit. L'occasion pour Umberto de remercier les plongeurs profonds de son team d'assistance. Leur présence fondamentale lui permit de plonger à maintes reprises tranquille, serein et concentré.

L'épopée du record débuta le 21 octobre 1999, alors qu'une tempête frappait la Ligurie. Elle contraignit l'Anteo, navire spécialisé pour la plongée profonde de la Marine militaire italienne et base logistique de l'entreprise, à se réfugier dans le port de Gênes. Dans la nuit du 22 octobre, à la faveur d'une légère accalmie, Umberto effectua en pleine obscurité un dernier entraînement à -130 mètres, grevé d'une difficulté d'équilibrage du tympan gauche. Le retour à terre se fit à 5 heures du matin. Au matin, une météo

exécrable nécessita un nouvel ajournement.

Le 23 octobre, pour vérifier l'intégrité de son tympan, Umberto se soumit à un test en piscine supervisé par son médecin. En équilibrant, des microbulles sortirent de l'oreille gauche. La perforation du tympan était confirmée et l'avis du médecin irrévocable: «*impensable de plonger dans ces conditions*». Ignorant cet avis, le 24 octobre et par une mer toujours agitée, Umberto plongeait à la profondeur mythique de -150 mètres, après les -50 mètres de Enzo Maiorca en 1961 et les -100 mètres de Jacques Mayol en 1976.

Cela renforce l'adage de Enzo Maiorca, à qui un autre médecin avait prédit une mort certaine par écrasement du thorax pour une plongée en apnée à 50 mètres de profondeur: «*Impossible is an opinion*». ■



### « Le recycleur, aspects techniques »

Introduit par le Dr Benoît Desgraz, c'est **Emmanuel Léchaire**, plongeur professionnel et Instructeur I3 CMAS swiss diving, qui présentait l'aspect technique de la plongée en circuit fermé.

Après un rappel historique, Emmanuel vulgarisait le principe de fonctionnement de ces appareils. En effet, «*c'est comme respirer dans un sac en circuit fermé au moyen d'un tuyau*».

Toutefois, pour respirer en sécurité et éviter un manque d'apport d'oxygène aux tissus (hypoxie), un rajout continu d'oxygène dans le sac respiratoire est nécessaire. De plus, une cartouche de chaux sodée intercalée dans le circuit expiratoire absorbe le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) ce qui prévient l'augmentation pathologique de ce gaz dans le sang (hypercapnie).

Lors de la descente, l'augmentation de la pression ambiante induit deux conséquences, en l'occurrence l'écrasement du sac respiratoire (Loi de Boyle-Mariotte) et une augmentation de la pO<sub>2</sub> (Loi de Dalton). Ainsi, il est nécessaire d'injecter dans le circuit un gaz diluant sous forme d'air, de Nitrox ou d'un mélange à base d'hélium. Cette injection de gaz rétablit le volume du sac respiratoire en profondeur, tout en faisant chuter, selon sa composition, la pression partielle d'oxygène (pO<sub>2</sub>). A la remontée, le volume de gaz en excès par dilatation est évacué sous forme de bulles par une soupape de surpression ou par l'expiration nasale du plongeur.

Puis, Emmanuel explicitait les recycleurs à circuit semi-fermé (figure 1) et à circuit fermé (figure 2).

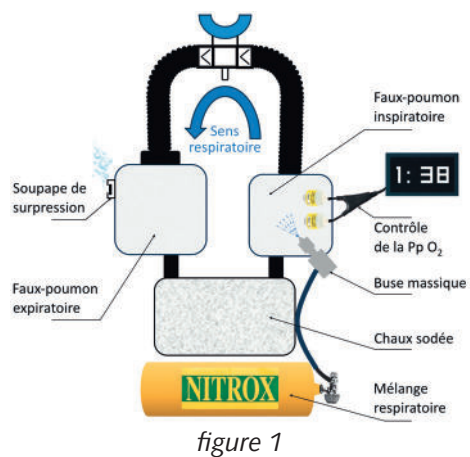


figure 1

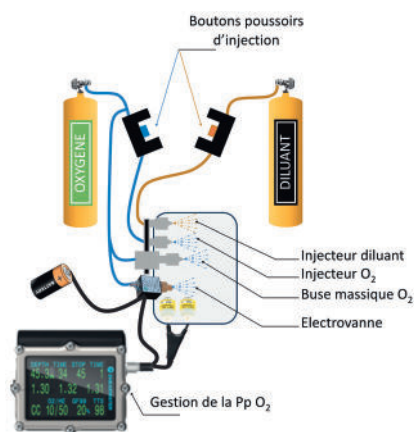


figure 2

Le circuit semi-fermé (dit *actif*) consiste en une injection permanente et constante de gaz respirable dans le circuit, souvent du Nitrox, permettant de compenser la consommation d'oxygène.

Puisqu'il y a une injection permanente de gaz (~11 l/min), une surpression se produit dans la boucle et l'excédent de gaz est évacué par la soupape de surpression.

La  $pO_2$  dans le circuit semi-fermé est évolutive en fonction de la profondeur. En effet, comme le gaz injecté dans le recycleur a une concentration fixe en oxygène, la variation de la pression ambiante va influencer la  $pO_2$ , qui sera plus élevée au fond qu'à la remontée.

En plongeant en circuit fermé, l'objectif est de maintenir une  $pO_2$  constante afin de diminuer les pressions partielles en gaz inertes ( $pN_2$  ou  $pHE$ ). Effectivement, les gaz inertes contenus dans les mélanges respirables sont à l'origine de la saturation des tissus. Ainsi, en augmentant la  $pO_2$ , on diminue la  $pN_2$  et/ou la  $pHE$ , entraînant de facto une réduction de la saturation, donc des paliers. La régulation de l'oxygène des recycleurs en circuit fermé est soit mécanique, électronique ou hybride.

Parmi les inconvénients de la plongée en recycleur, Emmanuel a souligné la nécessité d'une formation rigoureuse, la complexité et le prix de ces appareils, un risque d'accident majoré selon certaines statistiques.

Pour terminer cet excellent exposé, Emmanuel nous a fait part des avantages des immersions en circuit fermé. En l'occurrence, grâce à la pression partielle constante d'oxygène et par conséquent de la diminution de la  $pN_2$  (et/ou de la  $pHE$ ), la décompression est optimisée. Le plongeur évolue dans un monde silencieux et dénué de bulles. Le recycleur dispose d'une grande autonomie et le gaz respiré est chaud et humide. ■



### « Le recycleur, aspects médicaux »

Les aspects médicaux de la plongée en recycleur ont été développés par le **Dr Pierre Louge**, ancien nageur de combat de la Marine nationale et actuel médecin adjoint à l'Unité de médecine subaquatique et hyperbare aux Hôpitaux

Universitaires Genève (HUG).

Cet éminent plongeur et médecin a débuté sa conférence sur la plongée aux mélanges, en soulignant les avantages et les inconvénients du Nitrox, pour nous parler ensuite du Trimix (mélange ternaire d'oxygène, d'azote et d'hélium).

Le Dr Louge a ensuite illustré les risques spécifiques de la plongée en recycleur en rapportant un cas d'hyperoxie fatale à 60 mètres.

De façon plus détaillée, selon une étude rétrospective portant sur 153 accidents survenus chez des plongeurs-recycleurs de l'Armée française, il s'était avéré que la majorité des accidents étaient de type « biochimique », donc liés à la toxicité des gaz en fonction des pressions partielles. Par ordre de fréquence: hypercapnie > hyperoxie > hypoxie (figure 3).

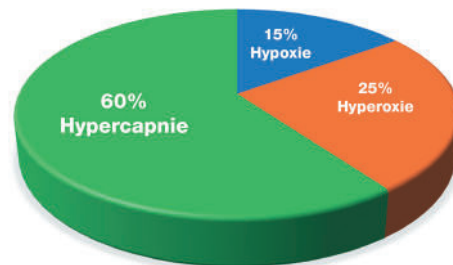


figure 3

Les autres pathologies, moins fréquentes, étaient la maladie de décompression, l'œdème pulmonaire d'immersion (OPI), les barotraumatismes, voire l'ingestion d'un cocktail caustique (eau entrée accidentellement en contact avec la chaux sodée) (figure 4).

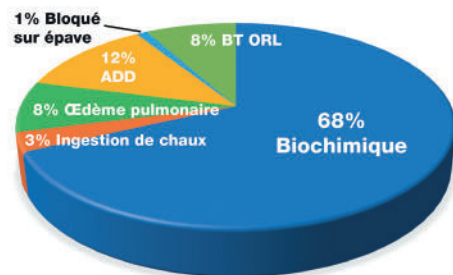


figure 4

Le principal danger de la plongée en recycleur, en relation avec les accidents biochimiques, est la perte de connaissance.

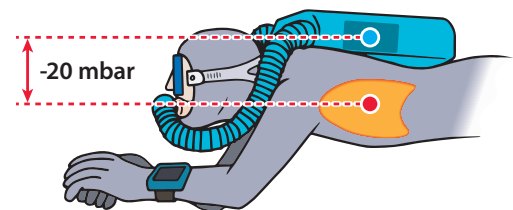
L'intervention de sauvetage, pour prévenir une noyade, est de remonter le plongeur inconscient en surface afin qu'il puisse respirer à l'air libre. Cette remontée en catastrophe expose la victime à un risque de surpression pulmonaire, sans oublier l'accident de désaturation.



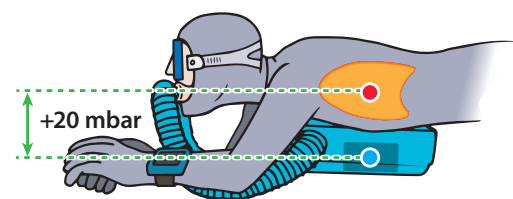
En France, les plongeurs militaires utilisent une sangle d'embout, qui permet de le maintenir en bouche en dépit d'une perte de conscience. Cet équipement de sécurité diminue le risque de noyade et augmente ainsi considérablement les chances de survie.

Selon le Dr Louge, un autre risque majeur de la plongée en recycleur est l'œdème pulmonaire d'immersion, qui est favorisé par l'augmentation de l'effort respiratoire selon la position des faux poumons. L'élévation de la résistance à l'inspiration, causée par la position dorsale du recycleur, induit une pression alvéolaire négative, ce qui augmente de facto le risque d'OPI.

Dans le but de limiter la résistance à l'inspiration, l'idéal serait de plonger avec un recycleur doté de faux poumons aménagés au niveau des épaules ou à défaut, de s'immerger avec une machine ventrale, tout en adaptant la position du plongeur (figure 5).



Gradient de pression négatif: augmentation de l'effort respiratoire



Gradient de pression positif: diminution de l'effort respiratoire

figure 5



En guise de conclusion, le Dr Louge a exposé une étude qui relève que les recycleurs en circuits semi-fermés et circuits fermés occasionnent 204 fois plus de risques que la plongée en circuit ouvert. Quant au recycleur en circuit fermé à gestion électronique, il génère 900 fois plus de risque que le scaphandre autonome classique. ■



### « Apnée, aspects médicaux et sécuritaires »

Lors de sa seconde conférence, **Umberto Pelizzari** a développé les aspects médicaux et sécuritaires de la plongée en apnée. En effet, cette activité n'est pas dénuée de risque d'accident. Pour les prévenir, une formation rigoureuse et un entraînement spécifique sont indispensables.

Les accidents graves comprennent des crachats de sang, un œdème du poumon, la pré-syncope (*samba*), et la redoutée syncope par manque d'oxygène (*blackout*) qui peut conduire à la noyade. Les variations potentiellement rapides de la pression ambiante en fonction de la profondeur exposent en outre

l'apnéiste à divers barotraumatismes (oreille, sinus, dents, yeux)<sup>3</sup>.

La première recommandation pour la sécurité est de ne jamais plonger seul<sup>4</sup>. En suivant la règle « l'un en haut, l'autre en bas », le plongeur a toujours la certitude de disposer d'un « ange gardien » à la surface. Ce dernier, d'un niveau sportif équivalent, pourra intervenir en cas de pré-syncope ou de syncope. Ce risque est particulièrement important dans les derniers mètres de la remontée, et même plusieurs secondes après la sortie de l'eau. Prévenir une syncope, c'est donc connaître ses limites et ne pas vouloir les dépasser.

L'hyperventilation avant l'apnée est dangereuse. Ces mouvements respiratoires forcés et répétés diminuent sensiblement la quantité de gaz carbonique normalement contenue dans le sang et les poumons. A l'inverse, la quantité d'oxygène disponible dans le sang n'augmente que très peu. L'abaissement initial du taux de gaz carbonique retarde le besoin de respirer et la survenue des premières contractions diaphragmatiques. L'apnée pourra se prolonger plus aisément. Pendant ce temps, utilisé pour le métabolisme du corps, la quantité d'oxygène dans le sang diminue. Le risque de syncope augmente.

Une autre erreur technique, qui favorise la syncope, est de vider complètement et avec force les poumons au retour en surface, ou pire de commencer à expirer pendant la remontée. En surface, il convient à l'inverse d'expirer doucement par la bouche, sans vider complètement les poumons, avant de les remplir par une inspiration franche pour les recharger au plus vite en oxygène. Cette technique, essentielle pour la sécurité de l'athlète,

devrait se transformer en automatisme à la fin de chaque apnée, qu'elle soit statique, dynamique ou profonde. L'utilisation du tuba lors de la plongée est à proscrire, car il nécessite un effort expiratoire au retour en surface. De plus, en cas de syncope, l'embout buccal favorise l'entrée d'eau dans les poumons.

En ce qui concerne les oreilles, la règle numéro un est de ne jamais forcer l'équilibrage et de savoir renoncer en cas de difficulté. ■



### « Sauvetage en mer, l'expérience Marseillaise »

Le **Dr Mathieu Coulange** est Chef de Service de Médecine Hyperbare, Subaquatique et Maritime aux Hôpitaux Universitaires de Marseille (AP-HM). Au cours de son brillant et exhaustif exposé, il nous a parlé tour à tour de la logistique du sauvetage en mer, des premiers secours à prodiguer à un plongeur conscient ou inconscient, en terminant sur les accidents de la plongée en apnée.

En cas d'alerte au SAMU (Service d'aide médicale urgente) ou au CROSS (Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage), un premier triage est effectué. En fonction des informations transmises par téléphone portable (numéro 196 en France) ou radio maritime VHF (canal 16), des conditions météorologiques et de la distance, le régulateur engage soit l'hélicoptère de la Sécurité civile, soit une embarcation du Sauvetage en Mer, voire exige le retour du bateau de plongée au port le plus proche. Dans ce cas, la victime est médicalisée sur terre par le SAMU, puis transférée par ambulance vers l'hôpital spécialisé le plus proche.

Lorsque la victime est consciente, il peut s'agir par ordre de fréquence d'un accident de désaturation (plus de 40 % des





cas), d'un barotraumatisme (environ 20% des cas), d'un œdème pulmonaire d'immersion (10% des cas). Pour le reste, ce sont des erreurs de procédures ou d'autres causes telles que des traumatismes. Les premiers gestes pour une victime consciente sont de la placer sous oxygène à haut débit (15 l/min), de l'hydrater et de la couvrir, tout en donnant l'alerte.

Lorsque la victime est inconsciente, les principales causes sont un accident cardiaque, une noyade, une surpression pulmonaire. Compte tenu du délai d'intervention des secours médicalisés et sachant que les chances de survie s'amenuisent avec le temps, les résultats les plus probants ont été obtenus lorsque la réanimation est débutée sur site par les premiers témoins. Pour les sauveteurs, les actions prioritaires sont d'extraire la victime de l'eau, d'entamer au plus vite un massage cardiaque, une ventilation et idéalement une défibrillation, tout en alertant bien entendu la centrale sanitaire d'urgence. Selon le Dr Coulange,

les premiers gestes de réanimation sont bien effectués par les plongeurs, lorsqu'ils sont formés et entraînés à ces manœuvres. Le binôme de plongée pourra, selon les circonstances et même en l'absence de symptômes, bénéficier d'une oxygénothérapie normobare précoce puis d'une recompression préventive en caisson hyperbare.

Enfin, le Dr Coulange a brièvement parlé de l'accidentologie de l'apnée. Par exemple, lors du championnat du monde d'apnée AIDA en 2019, 24 accidents avaient été recensés, soit 1 barotraumatisme, 5 sambas (perte de contrôle moteur), 15 syncopes et 3 œdèmes pulmonaires d'immersion. L'ensemble des accidentés avaient survécu et, hormis les victimes d'OPI, tous avaient pu reprendre la compétition.

Dans sa conclusion, le Dr Coulange a rappelé que tout problème de santé apparaissant dans les 24 heures après une immersion doit être considéré, jusqu'à preuve du contraire, comme un accident de plongée. ■

Après une série de questions aux conférenciers, le Comité d'organisation de Plongée et Santé a clôturé la matinée en remerciant chaleureusement les orateurs, les Services de cardiologie et de pneumologie du CHUV, l'Unité de médecine hyperbare des HUG, les sponsors, ainsi que les bénévoles.

Texte: M. Emmanuel Léchaire et Dr Francis Héritier.

Relecture: M. Claude Millasson et Dr Benoit Desgraz.

Photographies: M. Alain Binggeli, Mme Christine Giroud Meylan, M. Daniel Tenthorey.

Mise en page: Christine Giroud Meylan - [www.looping-creation.ch](http://www.looping-creation.ch)

Comité d'organisation: Dr Benoît Desgraz, Mme Christine Giroud-Meylan, Dr Francis Héritier, M. Claude Kaltenrieder, M. Emmanuel Léchaire et M. Claude Millasson.

Références:

<sup>1</sup> Umberto Pelizzari. *Con la forza del respiro*. Sperling & Kupfer, 2021. ISBN : 9788820068950.

<sup>2</sup> Pierre Louge et coll. *Epidémiologie des accidents de plongée avec appareils respiratoires à recyclage des gaz utilisés dans les armées françaises. A propos de 153 accidents répertoriés depuis 30 ans*. Bull. Medsubhyp. 2009,19 (suppl): 111-118.

<sup>3</sup> Umberto Pelizzari. *Allenamento specifico per l'apnea*. Magenes Editoriale srl, 2020. ISBN: 9788866492092.

<sup>4</sup> Umberto Pelizzari, Stefano Tovaglieri. *Apnée de l'initiation à la performance*. Editions Amphora, 2005. ISBN: 2851806726.

[www.plongee-sante.ch](http://www.plongee-sante.ch)

