

LES ACCIDENTS de la plongée à l'air

Docteur FRUCTUS

Ces accidents sont variés. Leurs conséquences sont variables. Ils vont de l'incident, fréquent mais vite oublié, à l'accident grave, invalidant ou mortel, heureusement rare. Il est difficile de les classer, toute classification étant imparfaite.

Forcés d'en choisir une, nous adopterons la plus simple. Elle laisse de côté la noyade.

La noyade, sur laquelle peuvent déboucher la plupart des accidents que nous allons évoquer, fera l'objet d'un chapitre spécial étant donné son importance.

Nous envisagerons donc, successivement, les accidents physiques, mécaniques, biophysiques et biochimiques.

I. - ACCIDENTS PHYSIQUES

LE MAL DE MER

Phénomène banal mais qui peut avoir des conséquences fâcheuses chez les prédisposés.

Il ne faut pas s'attendre à ce qu'il se calme au mouillage. Le balancement de la houle ne fera que l'aggraver. Si les vagues sont relativement hautes et courtes, il pourra même incommoder le plongeur nageant en surface.

Complications :

— D'une part, il altère l'équilibre nerveux du plongeur et peut le prédisposer à des malaises allant jusqu'à la perte de connaissance.

— D'autre part, s'il a entraîné la prise d'un médicament "antinaupathique", ce médicament peut atténuer les réactions de vigilance sous l'eau, accroître la sensibilité au CO₂ et prédisposer à la narcose.

Précautions :

— Eviter les plongées profondes ou impressionnantes (dans le bleu) si le mal de mer n'est pas calmé ou s'il l'est par un dérivé de la Dramamine ;

— A la rigueur, utiliser la Marzine qui n'est pas somnifère et présente l'avantage de prévenir les vertiges et leurs suites ;

— Mais essayer ce médicament pour la première fois, à l'occasion d'une sortie en mer, sans plongée.

LE FROID

Mis à part le phénomène de choc qu'il peut déclencher (et qui, participant à la noyade, sera décrit avec celle-ci), le froid accroît les difficultés de la plongée et diminue son attrait :

— Il réduit les possibilités physiques du plongeur et abaisse le seuil de la fatigue ;

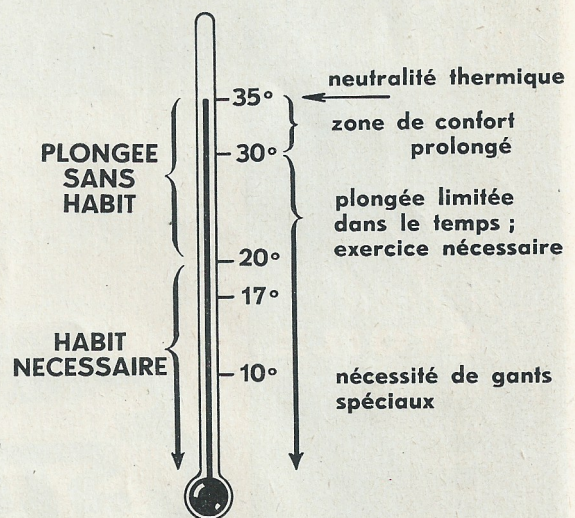
— Il oblige l'organisme à accroître ses combustions pour compenser ses pertes. La production de CO₂, étant, de ce fait, augmentée,

favorisera l'essoufflement, tandis que l'air des bouteilles sera plus rapidement consommé ;

— Chez le sujet qui s'y est exposé assez longtemps pour avoir épuisé ses réserves calorifiques, la baisse de la température centrale provoquera une sorte de torpeur, proche de la narcose, et éminemment dangereuse en profondeur.

Précautions :

— Se conformer au schéma ci-dessous, tant en ce qui concerne l'équipement que la durée de l'immersion ;



HEMA du Prof J. CORRIOL

— Se souvenir qu'à partir de — 20 à — 30 m, la température de la mer avoisine 14°, en toute saison, quelle que soit la chaleur en surface

et que, par conséquent, l'habit isothermique est toujours indispensable pour les plongées dépassant — 20 mètres ;

— Eviter de s'exposer trop longtemps au froid avant l'immersion — et se réchauffer entre deux plongées — pour ne pas gaspiller ses réserves caloriques ;

— Maintenir ses réserves par une alimentation suffisante, sous forme de repas répétés mais digestes et peu encombrants, riches en sucres et en corps gras facilement assimilables, alternés avec des boissons chaudes sucrées, sans alcool.

II. - ACCIDENTS MÉCANIQUES

Pour les comprendre, il suffit d'avoir toujours à l'esprit la loi de Mariotte.

PLAQUAGE DU MASQUE

Si l'intérieur du masque se trouve en dépression par rapport à la pression hydrostatique, celui-ci se comporte comme une véritable ventouse.

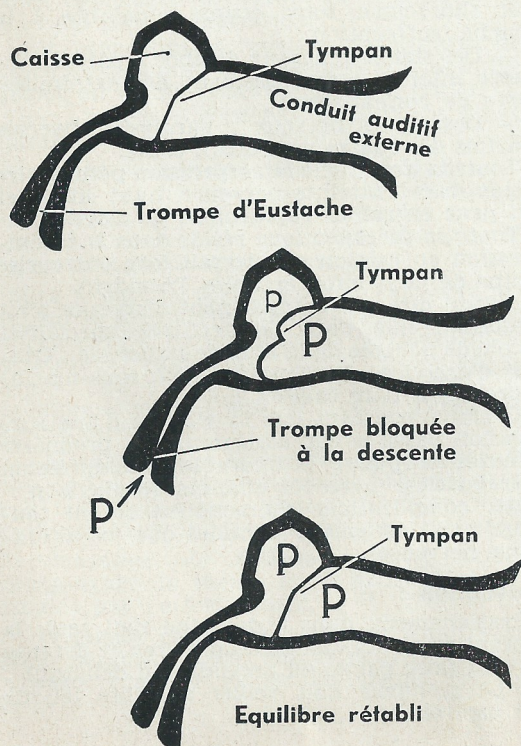
C'est ce qui se produit lorsque le plongeur, à la descente, oublie de souffler dans son masque par le nez.

Le plaquage peut provoquer des hémorragies conjonctivales ou nasales, en général bénignes. Le saignement de nez est d'ailleurs trop souvent attribué à un barotraumatisme sinusien.

Il est facile d'éviter ces incidents par des manœuvres d'équilibration qui deviennent rapidement automatiques.

OTITE BAROTRAUMATIQUE (O.B.T.)

Schématiquement, l'oreille moyenne est constituée par une cavité, la caisse,



- en rapport avec l'extérieur par une membrane souple et étanche, le tympan ;
- et communiquant avec le rhino-pharynx par l'intermédiaire d'un conduit, la trompe d'Eustache.

La trompe d'Eustache comprend un segment externe osseux et un segment interne cartilagineux. Du fait de son peu de rigidité, l'orifice interne peut faire trop facilement valve. Pour admettre l'air dans l'oreille moyenne, il ne s'ouvre que grâce au jeu des muscles péri-tubaires (lors de la déglutition ou lors du baillement).

À la descente, si la trompe reste fermée, l'équipression, de part et d'autre du tympan, ne se réalise pas. Celui-ci, tendu à l'extrême, commence par se congestionner et l'otite barotraumatique s'amorce. L'accident débute près de la surface, entre 3 et 7 mètres.

Dans le *premier stade*, la congestion ne se limite d'ailleurs pas au tympan, elle gagne la trompe d'Eustache et favorise son obstruction. C'est pourquoi, dès que l'otite débute, si minime soit-elle, l'équilibration sera encore plus difficile lors des plongées suivantes. C'est ce que l'on a appelé le cercle vicieux tubaire.

Dans le *deuxième stade*, provoqué par trop d'insistance, les lésions du tympan et de l'oreille sont plus graves. Un saignement se produit dans la caisse, s'accompagne de phénomènes inflammatoires et la douleur persiste plusieurs jours.

Dans le *troisième stade*, si l'on a forcé trop brutalement à la descente, c'est la perforation du tympan qui se produit, avec une douleur aiguë, des bourdonnements, une surdité transitoire et parfois des vertiges. Les suites sont encore plus pénibles. La cicatrisation est lente.

À la remontée, on n'observe, théoriquement, jamais d'accident.

Quel que soit le degré de gravité des O.B.T., leur répétition entraîne des lésions chroniques, génératrices de troubles de l'audition, souvent définitifs (bruits subjectifs et surdité aux sons aigus).

Prévention :

— Il faut éviter de plonger en cas de coryza aigu. Mais les rhino-pharyngites chroniques ne sont une contre-indication que si elles s'accompagnent d'obstruction tubaire rebelle aux manœuvres.

— Si l'on souffre d'une O.B.T. au stade 1, s'abstenir de plonger pendant huit à dix jours ; au stade 2, pendant trois semaines, et au stade 3, pendant deux mois. De toute façon, se faire examiner et traiter par un spécialiste.

Précautions :

— L'équilibration des oreilles est, pour certains, aisée et presque naturelle. Pour d'autres, elle n'est que le résultat de manœuvres répétées. L'aisance s'acquiert aussi par l'entraînement.

Manœuvres :

— La descente doit toujours être lente au cours des premiers mètres et les manœuvres commencées très tôt et fréquemment renouvelées.

— Mis à part le baillement, difficile à commander surtout en plongée, on utilisera soit la déglutition simple, soit la déglutition

narines pincées (*manœuvre de Toynbee*), soit la *manœuvre de Valsalva* qui consiste à souffler dans son nez brutalement, narines et bouche fermées mais sans "jouer de la trompette". On entend l'air passer en sifflant dans les trompes lorsque l'équilibre se réalise.

— En cas de douleur, remonter de 1 à 2 mètres et recommencer.

— En cas d'échec, ne pas forcer. (Il existe des obstructions tubaires irréductibles autrement que par des traitements spéciaux.)

— Au cours des rhino-pharyngites chroniques, certains produits décongestifs, en pulvérisations nasales, sont parfois efficaces mais il ne faut pas en abuser.

SINUSITES BAROTRAUMATIQUES

Dues à l'obstruction accidentelle des orifices des sinus, elles se produisent aussi à la descente. Elles sont caractérisées par une vive douleur, accompagnée parfois de saignement de nez.

Elles affectent, de préférence, les sinus frontaux car ces cavités communiquent avec les fosses nasales par un canal osseux relativement étroit et long.

Elles s'accompagnent d'infection, de maux de tête, parfois de fièvre et deviennent souvent chroniques.

Elles peuvent contre-indiquer la plongée et nécessiter un traitement médical énergique durant plusieurs semaines.

Prévention :

— Eviter de plonger si l'on souffre d'un coryza aigu et même d'une infection chronique, car les sinus s'infectent beaucoup plus facilement que l'oreille moyenne.

— Si l'obstruction sinusienne est bénigne et non infectée, elle se manifesterait par une douleur supportable, qui céderait soudainement, quelques mètres plus bas. Parfois même à la remontée se produirait alors un drainage efficace des sinus encombrés de mucosités.

Mais si la douleur va en augmentant, ne pas insister car il n'existe pas de manœuvre pour déboucher les orifices des sinus.

— Les produits décongestifs sont quelquefois efficaces dans les cas bénins exclusivement.

LES VERTIGES

Ces troubles fonctionnels de l'oreille interne se traduisent par une impression de désorientation totale au sein d'un monde tournoyant.

Ils majoritent l'angoisse du débutant et peuvent le précipiter dans un état de panique toujours dangereux en plongée.

Leur déclenchement, imprévisible, inconstant, paraît lié à un défaut d'équilibration de l'oreille moyenne, pour des différences de pression minimales, bien en deçà de l'O.B.T.

Ils se produisent, d'ailleurs, souvent à la remontée ou lors d'une rotation brusque de la tête.

Victime d'un vertige, le plongeur doit garder son calme et "attendre que ça passe", immobile ou remontant lentement, en position verticale.

COLIQUES DES SCAPHANDRIERS

A vrai dire assez rares, ces douleurs abdominales, parfois très vives, accompagnées de bal-

lonnement à la sortie de l'eau, sont dues à des accumulations de gaz dans certains segments du tube digestif.

Elles sont favorisées par les fermentations intestinales (conséquence d'une alimentation trop riche en farineux) aussi bien que par l'aérophagie d'origine nerveuse.

Si elles ne se calment pas spontanément par des expulsions naturelles, un traitement antispasmodique sera institué sous surveillance médicale. La recompression thérapeutique est rarement nécessaire.

SURPRESSION PULMONAIRE

Cet accident, le plus souvent gravissime, se produit dans les 10 derniers mètres de la remontée si, par un spasme nerveux l'expiration se bloque.

En effet, la masse d'air contenue dans les poumons, ne pouvant se détendre par échappement à l'approche de la surface, créera dans cet espace clos une surpression par rapport à la pression ambiante.

Si la glotte ne cède pas, ce sont les alvéoles pulmonaires qui, distendues, céderont en certains points, laissant fuir les gaz dans les espaces environnants (emphysème) ou dans les vaisseaux (embolies gazeuses).

Ce sont les débutants qui, par crainte de "manquer d'air", au cours d'un exercice ou lors d'une remontée en catastrophe, paient le plus lourd tribut à la surpression pulmonaire.

Et, bien souvent, le coup de poing dans le creux épigastrique administré par le moniteur pour "faire souffler" l'élève ne fait qu'aggraver la situation, quand il ne la provoque pas !

Le drame qui se manifeste dès la sortie de l'eau, parfois même encore dans l'eau, est caractérisé par :

— Des signes pulmonaires : violente douleur thoracique, toux, écume sanglante à la bouche, suffocation ;

— Des signes généraux de choc : pâleur, faiblesse intense, refroidissement des extrémités, perte de connaissance ;

— Des signes nerveux : paralysies diverses (parfois des quatre membres), coma.

Toute la gravité de la surpression pulmonaire réside dans l'atteinte nerveuse, haut située et qui peut entraîner rapidement la mort.

Toute sa thérapeutique réside dans la recompression en caisson qui devrait être entreprise moins de cinq minutes après l'accident.

Autant dire que le traitement d'urgence n'est réalisable que dans les centres spécialisés (Ecole de plongée de la Marine nationale ; Centres d'exercices d'évacuation d'un sous-marin) à proximité d'un caisson.

Il arrive pourtant que la victime d'une surpression passe le cap dangereux des premières minutes et puisse attendre la recompression thérapeutique avec des chances de guérison.

Les complications pulmonaires seront toujours plus facilement curables que les altérations nerveuses.

Prévention :

Pratiquement, dans le domaine civil, seule la prévention est valable et les mesures de défense doivent faire partie du bréviaire du débutant :

« Le plongeur doit veiller au libre jeu de son expiration :

« — Surtout lors d'une remontée rapide après gonflage du gilet de sauvetage ;

« — Et, au voisinage de la surface où les variations de pression sont les plus rapides, le plongeur doit contrôler sa vitesse de remontée. » (Docteur Barthélemy.)

Il est bon de savoir, en outre, que des surpressions pulmonaires localisées mais tout aussi dangereuses peuvent se produire chez des sujets qui, à la suite d'une affection sévère de l'appareil respiratoire, même ancienne, présentent des étranglements bronchiques cicatriciels, de gros nodules pulmonaires ou une "bronche à clapet".

Aucun entraînement ne peut leur éviter le risque d'un accident particulièrement redoutable et dont la simple probabilité doit faire renoncer à la plongée.

III. - ACCIDENTS BIOPHYSIQUES

LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION

Le "mal des caissons", premier aspect souvent sévère des accidents de décompression, est apparu dès le début du travail en air comprimé, il y a plus d'un siècle.

En 1878, le Français Paul Bert en a magistralement déterminé la cause et esquissé la prévention. Mais les mesures de sécurité n'ont été précisées qu'en 1907, à la suite des travaux de l'Anglais J.S. Haldane.

Le coefficient de sursaturation établi par ce physiologiste (et qui est différent suivant la nature du gaz dissous et le tissu qui le contient, ce qui complique le problème), représente le point critique au-delà duquel la formation de bulles est inévitable.

Or, de la localisation et de la taille de ces bulles dépendent la nature et la gravité des accidents de décompression.

Leur pronostic est fonction de la durée des désordres circulatoires provoqués par les bulles, surtout en ce qui concerne le tissu nerveux.

Leur apparition n'est pas instantanée. Elle se manifeste après la remontée :

— avant 30 minutes dans	50 %	des cas,
— » 1 heure	» 85 %	des cas,
— » 3 »	» 95 %	des cas,
— » 6 »	» 99 %	des cas,

d'après une statistique américaine.

Mise à part la décompression explosive, qui ne peut se produire que dans des circonstances heureusement exceptionnelles (remontée en catastrophe après un séjour prolongé ou noyade par grand fond), les accidents de décompression sont susceptibles de revêtir les aspects suivants :

— **Manifestations superficielles bénignes.** Ce sont les "pucés", picotements et brûlures de la peau (rares chez les plongeurs) ou les "moutons", gonflements douloureux sous-cutanés.

— **Sensation de fatigue intense,** parfois accompagnée de sueurs et de frissons et non justifiée par l'effort fourni.

— **Troubles cardio-pulmonaires,** avec respiration pénible, rapide, superficielle, toux douloureuse, angoisse et parfois même état de choc.

— **Douleurs ostéo-articulaires (bends),** en général localisées aux grosses articulations (épaule, hanche, genou) légères au début mais devenant rapidement fortes ou même insupportables.

— **Manifestations paralytiques,** affectant de préférence les membres inférieurs (paraplégie) par lésion de la partie moyenne de la moelle épinière. La perte de la motricité est progressive. Elle s'accompagne de fourmillements et de troubles de la sensibilité et se complique souvent d'une paralysie de l'intestin et de la vessie.

D'autres paralysies sont possibles. Si elles affectent le cœur ou les muscles respiratoires par l'intermédiaire du bulbe rachidien, elles entraînent la mort.

Mais le cerveau lui-même est rarement atteint, sans doute à cause de sa riche vascularisation et au contraire de ce qui se passe dans les embolies gazeuses massives de la surpression pulmonaire.

Au niveau des articulations et plus encore dans le tissu nerveux, la répétition des traumatismes de décompression, même passés inaperçus, est dangereuse.

C'est à elle que beaucoup de travailleurs sous-marins et même de plongeurs doivent les "ostéo-arthrites des caissons", lésions articulaires définitives, évoluant comme un rhumatisme déformant et pouvant aboutir à l'ankylose.

De même, des paralysies partielles ou des troubles sensitifs peuvent s'installer, sans espoir de guérison, en cas d'accidents nerveux, même bénins, récidivants.

Prévention :

C'est dire que le "mal des caissons" devrait répandre la terreur parmi les "populations sous-marines". Or, il n'en est rien et chaque été les chambres de recompression voient augmenter leur clientèle.

Devant la perspective d'un accident, pratiquement incurable si l'on se trouve loin de tout moyen de secours, c'est pourtant la sagesse et l'intelligence qui devraient prévaloir.

La sagesse, c'est la connaissance et le respect des Tables de plongée, et leur application pratique grâce à la montre et au bathymètre.

L'intelligence, c'est l'adaptation aux contingences que les tables ne peuvent intégrer, c'est, par exemple :

— Tenir compte des séjours prolongés aux profondeurs intermédiaires ;

— Prolonger de quelques minutes son palier de sécurité si l'on a fourni un travail intense au fond ;

— Retourner faire son palier (un peu plus long) si l'on a involontairement débordé de la table par une remontée en catastrophe.

Traitement :

La recompression-décompression thérapeutique est seule valable. Elle doit être appliquée le plus tôt possible.

Elle peut comporter diverses modalités suivant les circonstances, les lieux et les moyens de secours. Nous citerons le *Mémento de la Marine nationale*.

« 1° RECOMPRESSION DANS L'EAU.

Une recompression sans caisson est toujours difficile et délicate.

Dans le cas de bend supportable, il n'est pas nécessaire de réimmerger le plongeur : alerter le service le plus proche comportant un caisson de recompression et y transporter immédiatement l'accidenté.

En cas de troubles neurologiques ou de symptômes graves, s'installant progressivement, si un caisson n'est pas à proximité, il convient de réimmerger le plongeur aussitôt, les troubles s'aggravant très rapidement et les lésions nerveuses se fixant si un traitement n'est pas entrepris dans un laps de temps très court.

Dans ce cas, réimmerger le plongeur jusqu'à la profondeur de soulagement, sans dépasser 30 mètres.

Suivre pour la décompression le tableau suivant :

30 mètres :	5 minutes
20 mètres :	15 minutes
6 mètres :	30 minutes
3 mètres :	50 minutes

(Les vitesses de remontée doivent être très lentes, main sur main.)

Durant le traitement par réimmersion, alerter la chambre de recompression la plus proche. Dès que le traitement par réimmersion est terminé, même si les symptômes et signes sont effacés, il convient de faire un traitement complet en caisson multiplace avec inhalation d'oxygène.

Aides, conduites à tenir pour un traitement par réimmersion :

Le plongeur doit être complètement équipé, avec chaussons et gants afin de résister au froid (si possible vêtement de laine + néoprène + vêtement étanche).

Des bouteilles pleines doivent être disponibles. Si possible, un narguilé. Des plongeurs de surveillance doivent sans cesse contrôler le sujet en traitement et noter tout incident.

2° UTILISATION D'UN CAISSON MONOPLACE.

Le caisson de recompression monoplace constitue un secours d'urgence. Il ne peut être considéré que comme moyen de transport vers un caisson de recompression multiplace. Un traitement complet en caisson monoplace est aléatoire.

Conduite à tenir lors de la recompression en caisson monoplace :

— Prévoir une source d'air suffisante : par exemple une pression dans le caisson de 5 kg/cm² demande 1.500 litres atmosphériques.

— Introduire le sujet sur une civière spécialement adaptée au caisson.

— Munir l'accidenté d'un sac de chaux sodée ouvert : cette chaux servira à la fixation du CO₂ lors des arrêts de ventilation.

— Mettre le caisson en pression : 3 kg/cm² (relatif).

— Maintenir cette pression durant toute la durée du trajet.

— Pratiquer une ventilation :

- la ventilation nécessaire demande un débit de 30 à 40 litres/minute à la pression d'utilisation. Lorsque la mesure est faite à l'aide d'un débitmètre à la pres-

sion atmosphérique, il suffit de calculer le volume à la pression d'utilisation ; - lorsqu'il n'existe pas de débitmètre, la ventilation nécessaire est réglée en contrôlant la chute de pression de l'air de la bouteille d'alimentation suivant le tableau ci-dessous.

Profondeur de recompression	Pression relative	Chute de pression/minute	
		Bloc bibouteille	Bouteille d'air 45 l.
Surface	0 kg/cm ²	3 kg/cm ²	1 kg/cm ²
10 mètres	1 kg/cm ²	6 kg/cm ²	2 kg/cm ²
20 »	2 kg/cm ²	9 kg/cm ²	3 kg/cm ²
30 »	3 kg/cm ²	12 kg/cm ²	4 kg/cm ²
40 »	4 kg/cm ²	15 kg/cm ²	5 kg/cm ²
50 »	5 kg/cm ²	18 kg/cm ²	6 kg/cm ²

Considérer que le caisson monoplace n'est qu'un moyen de transport : ce caisson s'adapte sur un caisson de recompression multiplace. Le transfert de la victime du caisson monoplace au caisson multiplace étant effectué sans variation de pression, on choisit alors dans le caisson multiplace la pression de traitement adaptée au cas clinique et l'on décomprime selon la table retenue.

Ne jamais utiliser de l'oxygène ou des mélanges suroxygénés en caisson monoplace (impossibilité de surveillance et d'intervention). »

Si ces opérations n'ont pu être réalisées :

3° Transport d'extrême urgence et par les moyens les plus rapides (ex. hélicoptères de la Protection civile), vers le Centre le plus proche de recompression thérapeutique.

4° Traitement en chambre de recompression sous la direction d'un médecin spécialisé (médecin de la Marine nationale ou médecin fédéral).

Voici les emplacements des diverses chambres de recompression en France et dans la Communauté.

AJACCIO. — CI 5 Parachutiste, Aspretto.

BIZERTE. — D.C.A.N., Arsenal.

BREST (Finistère). — D.C.A.N., terre-plein du Château (caissons multiplace et plusieurs monoplaces) - (Tél. : 44.42.00).

CANNES (Alpes-Maritimes). — Sapeurs-pompiers de la ville (caisson monoplace transportable).

CHERBOURG (Manche). — D.C.A.N., Arsenal.

DAKAR. — D.C.A.N., Arsenal (caissons multiplace et individuel).

DIEGO-SUAREZ. — D.C.A.N., Arsenal.

LE HAVRE (Seine-Maritime). — Caserne auxiliaire des pompiers, port autonome du Havre (caissons multiplace et monoplace transportables).

LORIENT (Morbihan). — Base sous-marine de Lorient-Kéroman (caissons multiplace et deux monoplaces transportables) - (Tél. : 64.14.01).

MARSEILLE (B.-du-Rh.). — Caserne des marins-pompiers, quai de la Grande-Bigue (caisson multiplace) - (Tél. : 62.37.48).

NICE. — Centre régional de la Protection civile, 2, boulevard de la Madeleine (caisson portatif) - (Tél. : 86.16.12).

ORAN. — D.C.A.N., Arsenal.

MERS-EL-KEBIR. — Base des Sous-Marins (caissons multiplace et monoplace transportables) - (Tél. : 219.51 à Oran - Poste 2084).

PARIS (Seine). — Centrale Sous-Marine. 37, rue Pasquier (8^e) ; — Société S.O.G.E.T.R.A.M., 2, quai de la Rapée (12^e).

BRETAGNE-SUR-ORGE (Seine-et-Oise). — Centre d'Essais en Vol (caisson multiplace) - (Tél. : Arpajon 397-398).

SAINT-FLORENT (Corse). — La Citadelle (caisson monoplace).

SAINT-MALO. — Hôpital Inter-Communal.

SAINT-SERVAN. — Hôpital (deux caissons individuels).

STRASBOURG. — Forces Maritimes du Rhin.

KEHL (Allemagne). — Base des Forces Maritimes du Rhin, Port.

TOULON (Var). — G.E.R.S., Arsenal de la Marine (deux caissons multiplaces et plusieurs monoplaces) - (Tél. : 92.99.25 - Poste A. 06.22).

IV. - ACCIDENTS BIOCHIMIQUES

INTOXICATION PAR LE GAZ CARBONIQUE

Nous savons que l'air que nous respirons ne doit contenir que des traces de CO₂, environ 0,03 %.

Une proportion plus grande est tolérable en surface mais elle pourra devenir dangereuse en profondeur du fait de l'augmentation de la pression.

Si, par exemple, l'air des bouteilles contient 2 % de CO₂, il ne produit qu'une hyperventilation compensatrice à la pression atmosphérique.

Ce même air, respiré à — 30 mètres (4 kg absolus), présente, pour l'organisme, la nocivité d'un mélange à 8 % de CO₂.

Car la pression partielle de ce gaz, qui était dans le cas considéré de 20 g/cm² en surface, est passée à 80 g/cm² à cette profondeur.

Les conséquences en seront graves, d'autant plus que le plongeur risquera la mort non seulement par syncope toxique mais encore par noyade.

Cet accident est fort heureusement rare, mais les pollutions minimales le sont moins. Elles ne provoquent qu'une légère intoxication, passée inaperçue au cours de la plongée, mais se traduisant, dès le retour à la surface, par des maux de tête violents et tenaces, accompagnés de nausées et même de vomissements — comme dans une crise de migraine.

ESOUFFLEMENT

Le plongeur qui, pour une raison quelconque, est atteint d'une crise d'essoufflement, se met à respirer d'abord plus fort, ensuite plus vite. Si la crise se prolonge, sa respiration devient de plus en plus superficielle, haletante, désordonnée.

Comparable à l'essoufflement présenté par le sportif terrestre au terme d'un effort violent et soutenu, il en diffère par ses causes.

S'il ne s'agissait que de l'accroissement de la production de CO₂ par le travail musculaire, le plongeur aurait moins de raisons de s'essouffler au fond que s'il exécutait un 400 mètres nage libre.

En fait, ce sont les entraves à l'élimination du gaz carbonique qui rendent instable l'équi-

libre respiratoire en plongée. En plus de l'effort physique, du froid et de l'émotion, interviennent en effet :

— La densité des gaz sous pression ;

— La petite augmentation de l'espace mort des voies aériennes (minime avec les appareils modernes) ;

— Et surtout l'inertie du détendeur. (C'est pourquoi l'essoufflement produit par un exercice en caisson est tellement plus vite apaisé.)

Le phénomène déclenché, des réactions en chaîne se produisent, d'autant moins réversibles que la profondeur est plus grande, pour aboutir à l'insuffisance respiratoire aiguë, suivie de syncope respiratoire ou de noyade.

Il est heureusement moins fréquent qu'on ne se l'imagine et doit être distingué de ses imitations :

— La gêne respiratoire subjective des sujets pusillanimes qui ressentent ainsi leur crise d'angoisse au cours de la plongée ;

— La respiration excessive du débutant ou de l'hyperémotif. Cette hyperventilation, plus ou moins consciente ne fait qu'écourter le séjour sous-marin par gaspillage d'air.

Mais il ne faut jamais oublier que, sous l'effet d'un effort désordonné, d'un choc émotif, du froid ou d'un vertige ces troubles peuvent amorcer la véritable crise d'essoufflement.

Prévention :

Les sujets trop pusillanimes, hyperémotifs ou anxieux doivent renoncer à la plongée. A la rigueur, ils se contenteront d'évoluer lentement, par petites profondeurs, non loin du bateau et toujours accompagnés.

Les plongeurs moyens doivent s'astreindre à acquérir la maîtrise de leur respiration et mesurer leurs efforts à leurs possibilités physiques. Il existe une véritable gymnastique propre à la plongée et qui consiste à adapter ses gestes à un milieu dans lequel la masse et la densité ont plus d'importance que le poids.

Il est généralement reconnu que les bons plongeurs sont ceux qui, évitant toute agitation et tout effort parasite, parviennent à effectuer des travaux sous-marins importants au prix d'une dépense énergétique réduite.

Mesures de défense :

La crise d'essoufflement une fois déclenchée, il s'agit avant tout de retrouver son contrôle respiratoire et pour cela :

— D'abord se mettre au repos ;

— Ensuite, utiliser au mieux les possibilités de son détendeur et, pour cela, se souvenir que le "manque d'air" n'est pas tout dans l'essoufflement, que faciliter aussi l'expiration a une importance capitale donc :

a) Avec le détendeur dorsal, se coucher sur le dos pour prendre une inspiration ample et se tourner sur le côté pour expirer ;

b) Avec le détendeur buccal à levier de débit continu, rester horizontal et n'appuyer sur le levier que pour l'inspiration.

Il est évident que de telles parades ne sont concevables que pour un plongeur suffisamment entraîné.

Pour le novice, la remontée rapide, dès le début de la crise, est préférable. S'il peut facilement larguer son lest et si la bride et le

« 1° RECOMPRESSION DANS L'EAU.

Une recompression sans caisson est toujours difficile et délicate.

Dans le cas de bend supportable, il n'est pas nécessaire de réimmerger le plongeur : alerter le service le plus proche comportant un caisson de recompression et y transporter immédiatement l'accidenté.

En cas de troubles neurologiques ou de symptômes graves, s'installant progressivement, si un caisson n'est pas à proximité, il convient de réimmerger le plongeur aussitôt, les troubles s'aggravant très rapidement et les lésions nerveuses se fixant si un traitement n'est pas entrepris dans un laps de temps très court.

Dans ce cas, réimmerger le plongeur jusqu'à la profondeur de soulagement, sans dépasser 30 mètres.

Suivre pour la décompression le tableau suivant :

30 mètres :	5 minutes
20 mètres :	15 minutes
6 mètres :	30 minutes
3 mètres :	50 minutes

(Les vitesses de remontée doivent être très lentes, main sur main.)

Durant le traitement par réimmersion, alerter la chambre de recompression la plus proche. Dès que le traitement par réimmersion est terminé, même si les symptômes et signes sont effacés, il convient de faire un traitement complet en caisson multiplace avec inhalation d'oxygène.

Aides, conduites à tenir pour un traitement par réimmersion :

Le plongeur doit être complètement équipé, avec chaussons et gants afin de résister au froid (si possible vêtement de laine + néoprène + vêtement étanche).

Des bouteilles pleines doivent être disponibles. Si possible, un narguilé. Des plongeurs de surveillance doivent sans cesse contrôler le sujet en traitement et noter tout incident.

2° UTILISATION D'UN CAISSON MONOPLACE.

Le caisson de recompression monoplace constitue un secours d'urgence. Il ne peut être considéré que comme moyen de transport vers un caisson de recompression multiplace. Un traitement complet en caisson monoplace est aléatoire.

Conduite à tenir lors de la recompression en caisson monoplace :

— Prévoir une source d'air suffisante : par exemple une pression dans le caisson de 5 kg/cm² demande 1.500 litres atmosphériques.

— Introduire le sujet sur une civière spécialement adaptée au caisson.

— Munir l'accidenté d'un sac de chaux sodée ouvert : cette chaux servira à la fixation du CO₂ lors des arrêts de ventilation.

— Mettre le caisson en pression : 3 kg/cm² (relatif).

— Maintenir cette pression durant toute la durée du trajet.

— Pratiquer une ventilation :

- la ventilation nécessaire demande un débit de 30 à 40 litres/minute à la pression d'utilisation. Lorsque la mesure est faite à l'aide d'un débitmètre à la pres-

sion atmosphérique, il suffit de calculer le volume à la pression d'utilisation ;

- lorsqu'il n'existe pas de débitmètre, la ventilation nécessaire est réglée en contrôlant la chute de pression de l'air de la bouteille d'alimentation suivant le tableau ci-dessous.

Profondeur de recompression	Pression relative	Chute de pression/minute	
		Bloc bibouteille	Bouteille d'air 45 l.
Surface	0 kg/cm ²	3 kg/cm ²	1 kg/cm ²
10 mètres	1 kg/cm ²	6 kg/cm ²	2 kg/cm ²
20 »	2 kg/cm ²	9 kg/cm ²	3 kg/cm ²
30 »	3 kg/cm ²	12 kg/cm ²	4 kg/cm ²
40 »	4 kg/cm ²	15 kg/cm ²	5 kg/cm ²
50 »	5 kg/cm ²	18 kg/cm ²	6 kg/cm ²

Considérer que le caisson monoplace n'est qu'un moyen de transport : ce caisson s'adapte sur un caisson de recompression multiplace. Le transfert de la victime du caisson monoplace au caisson multiplace étant effectué sans variation de pression, on choisit alors dans le caisson multiplace la pression de traitement adaptée au cas clinique et l'on décomprime selon la table retenue.

Ne jamais utiliser de l'oxygène ou des mélanges suroxygénés en caisson monoplace (impossibilité de surveillance et d'intervention). »

Si ces opérations n'ont pu être réalisées :

3° Transport d'extrême urgence et par les moyens les plus rapides (ex. hélicoptères de la Protection civile), vers le Centre le plus proche de recompression thérapeutique.

4° Traitement en chambre de recompression sous la direction d'un médecin spécialisé (médecin de la Marine nationale ou médecin fédéral).

Voici les emplacements des diverses chambres de recompression en France et dans la Communauté.

AJACCIO. — CI 5 Parachutiste, Aspretto.

BIZERTE. — D.C.A.N., Arsenal.

BREST (Finistère). — D.C.A.N., terre-plein du Châteaudeau (caissons multiplace et plusieurs monoplaces) - (Tél. : 44.42.00).

CANNES (Alpes-Maritimes). — Sapeurs-pompiers de la ville (caisson monoplace transportable).

CHERBOURG (Manche). — D.C.A.N., Arsenal.

DAKAR. — D.C.A.N., Arsenal (caissons multiplace et individuel).

DIEGO-SUAREZ. — D.C.A.N., Arsenal.

LE HAVRE (Seine-Maritime). — Caserne auxiliaire des pompiers, port autonome du Havre (caissons multiplace et monoplace transportables).

LORIENT (Morbihan). — Base sous-marine de Lorient-Kéroman (caissons multiplace et deux monoplaces transportables) - (Tél. : 64.14.01).

MARSEILLE (B.-du-Rh.). — Caserne des marins-pompiers, quai de la Grande-Bigue (caisson multiplace) - (Tél. : 62.37.48).

NICE. — Centre régional de la Protection civile, 2, boulevard de la Madeleine (caisson portatif) - (Tél. : 86.16.12).

ORAN. — D.C.A.N., Arsenal.

MERS-EL-KEBIR. — Base des Sous-Marins (caissons multiplace et monoplace transportables) - (Tél. : 219.51 à Oran - Poste 2084).

PARIS (Seine). — Centrale Sous-Marine. 37, rue Pasquier (8^e) ; — Société S.O.G.E.T.R.A.M., 2, quai de la Rapée (12^e).

BRETIGNY-SUR-ORGE (Seine-et-Oise). — Centre d'Essais en Vol (caisson multiplace) - (Tél. : Arpajon 397-398).

SAINT-FLORENT (Corse). — La Citadelle (caisson monoplace).

SAINT-MALO. — Hôpital Inter-Communal.

SAINT-SERVAN. — Hôpital (deux caissons individuels).

STRASBOURG. — Forces Maritimes du Rhin.

KEHL (Allemagne). — Base des Forces Maritimes du Rhin, Port.

TOULON (Var). — G.E.R.S., Arsenal de la Marine (deux caissons multiplaces et plusieurs monoplaces) - (Tél. : 92.99.25 - Poste A. 06.22).

IV. - ACCIDENTS BIOCHIMIQUES

INTOXICATION PAR LE GAZ CARBONIQUE

Nous savons que l'air que nous respirons ne doit contenir que des traces de CO₂, environ 0,03 %.

Une proportion plus grande est tolérable en surface mais elle pourra devenir dangereuse en profondeur du fait de l'augmentation de la pression.

Si, par exemple, l'air des bouteilles contient 2 % de CO₂, il ne produit qu'une hyperventilation compensatrice à la pression atmosphérique.

Ce même air, respiré à — 30 mètres (4 kg absolus), présente, pour l'organisme, la nocivité d'un mélange à 8 % de CO₂.

Car la pression partielle de ce gaz, qui était dans le cas considéré de 20 g/cm² en surface, est passée à 80 g/cm² à cette profondeur.

Les conséquences en seront graves, d'autant plus que le plongeur risquera la mort non seulement par syncope toxique mais encore par noyade.

Cet accident est fort heureusement rare, mais les pollutions minimales le sont moins. Elles ne provoquent qu'une légère intoxication, passée inaperçue au cours de la plongée, mais se traduisant, dès le retour à la surface, par des maux de tête violents et tenaces, accompagnés de nausées et même de vomissements — comme dans une crise de migraine.

ESOUFFLEMENT

Le plongeur qui, pour une raison quelconque, est atteint d'une crise d'essoufflement, se met à respirer d'abord plus fort, ensuite plus vite. Si la crise se prolonge, sa respiration devient de plus en plus superficielle, haletante, désordonnée.

Comparable à l'essoufflement présenté par le sportif terrestre au terme d'un effort violent et soutenu, il en diffère par ses causes.

S'il ne s'agissait que de l'accroissement de la production de CO₂ par le travail musculaire, le plongeur aurait moins de raisons de s'essouffler au fond que s'il exécutait un 400 mètres nage libre.

En fait, ce sont les entraves à l'élimination du gaz carbonique qui rendent instable l'équi-

libre respiratoire en plongée. En plus de l'effort physique, du froid et de l'émotion, interviennent en effet :

— La densité des gaz sous pression ;

— La petite augmentation de l'espace mort des voies aériennes (minime avec les appareils modernes) ;

— Et surtout l'inertie du détendeur. (C'est pourquoi l'essoufflement produit par un exercice en caisson est tellement plus vite apaisé.)

Le phénomène déclenché, des réactions en chaîne se produisent, d'autant moins réversibles que la profondeur est plus grande, pour aboutir à l'insuffisance respiratoire aiguë, suivie de syncope respiratoire ou de noyade.

Il est heureusement moins fréquent qu'on ne se l'imagine et doit être distingué de ses imitations :

— La gêne respiratoire subjective des sujets pusillanimes qui ressentent ainsi leur crise d'angoisse au cours de la plongée ;

— La respiration excessive du débutant ou de l'hyperémotif. Cette hyperventilation, plus ou moins consciente ne fait qu'écourter le séjour sous-marin par gaspillage d'air.

Mais il ne faut jamais oublier que, sous l'effet d'un effort désordonné, d'un choc émotif, du froid ou d'un vertige ces troubles peuvent amorcer la véritable crise d'essoufflement.

Prévention :

Les sujets trop pusillanimes, hyperémotifs ou anxieux doivent renoncer à la plongée. A la rigueur, ils se contenteront d'évoluer lentement, par petites profondeurs, non loin du bateau et toujours accompagnés.

Les plongeurs moyens doivent s'astreindre à acquérir la maîtrise de leur respiration et mesurer leurs efforts à leurs possibilités physiques. Il existe une véritable gymnastique propre à la plongée et qui consiste à adapter ses gestes à un milieu dans lequel la masse et la densité ont plus d'importance que le poids.

Il est généralement reconnu que les bons plongeurs sont ceux qui, évitant toute agitation et tout effort parasite, parviennent à effectuer des travaux sous-marins importants au prix d'une dépense énergétique réduite.

Mesures de défense :

La crise d'essoufflement une fois déclenchée, il s'agit avant tout de retrouver son contrôle respiratoire et pour cela :

— D'abord se mettre au repos ;

— Ensuite, utiliser au mieux les possibilités de son détendeur et, pour cela, se souvenir que le "manque d'air" n'est pas tout dans l'essoufflement, que faciliter aussi l'expiration a une importance capitale donc :

a) Avec le détendeur dorsal, se coucher sur le dos pour prendre une inspiration ample et se tourner sur le côté pour expirer ;

b) Avec le détendeur buccal à levier de débit continu, rester horizontal et n'appuyer sur le levier que pour l'inspiration.

Il est évident que de telles parades ne sont concevables que pour un plongeur suffisamment entraîné.

Pour le novice, la remontée rapide, dès le début de la crise, est préférable. S'il peut facilement larguer son lest et si la bride et le

couvre-lèvres lui évitent le lâchage de l'embout, cause de noyade, il pourra retrouver son souffle en surface, quelquefois au prix d'un accident de décompression.

Encore faut-il ajouter qu'il pourra lui arriver de se noyer en surface s'il ne trouve pas soit le bateau, soit un flotteur à proximité. C'est pourquoi nous sommes partisans de la bouée individuelle gonflable à l'air, du type utilisé dans la Marine nationale.

IVRESSE DES PROFONDEURS

Cette extase de l'homme qui descend sous des dizaines de mètres d'eau bleue, cette euphorie peut-être faite d'une angoisse refoulée, cet état second, va, si la descente continue, se transformer insidieusement en inconscience, en folie même, et ouvrir au plongeur les portes de la mort.

Elle débute à des profondeurs variables suivant les individus et, pour un même individu, d'un jour à l'autre.

On peut même dire que son premier stade est souvent précoce, à partir des premiers mètres, tandis que son point critique se situe entre — 40 et — 60 mètres, — plus bas encore pour les sujets les plus équilibrés et les mieux entraînés — mais qu'au-dessous de 80 mètres, elle est presque inévitable. — 90 mètres devant être considéré comme la profondeur limite de la plongée à l'air dans les meilleures conditions.

Donc, au niveau critique, l'extase des grandes profondeurs (J.-Y. Cousteau) se produit. La dégradation des performances, imperceptible mais statistiquement vérifiée dès les premiers mètres, se précise et se manifeste. Après le raisonnement et la mémoire immédiate ce sont la coordination motrice et le temps de réaction qui s'altèrent, tandis que la dextérité manuelle est presque intacte. Plus bas, toutes ces dégradations se fondent en une perte de conscience d'autant plus dangereuse qu'elle peut entraîner des actes inconsidérés (rejet de l'embout buccal).

Mais ce délire régresse et disparaît en quelques mètres de remontée.

D'après R. Rispe : « Une étude plus minutieuse de l'individu soumis à la respiration de mélanges gazeux sous pression a permis de constater que dès la profondeur de 30 mètres, l'organisme commence à subir des modifications physiologiques que l'on s'est attaché à préciser grâce à des tests permettant de suivre la perturbation de certaines performances.

On a d'abord demandé aux sujets d'accomplir des tâches simples, soit purement mécaniques, permettant d'étudier l'habileté motrice, soit avec une participation intellectuelle minime, comme l'écriture ou des opérations de calcul simple. Mais ceci ne permet ni de déceler des troubles mineurs ni de chiffrer les dégradations.

BREVETÉ
Espadon
Tarzan

PALIMÈTRE



TEMPS DE REMONTÉE SANS PALIER INCORPORÉ, A CHAQUE PROFONDEUR CORRESPONDANTE

Aiguille trainante indiquant la profondeur maximum atteinte

BELGIQUE "AGENCE EXCLUSIVE" L'ÉQUIPEMENT SOUS-MARIN

Le plus simple des sondeurs

En utilisant une batterie de trois tests complexes qui mettent en jeu :

Le premier :

- la vigilance,
- la réceptivité,
- la faculté de réponse sensorio-motrice ;

Le second :

- la dextérité mécanique ;

Le troisième :

- les possibilités de raisonnement,
- le jugement,
- la mémoire immédiate,

on est parvenu récemment à déceler l'apparition d'une détérioration progressive des performances entre 0 et 30 mètres, ces performances redevenant approximativement normales au cours du palier de décompression de 3 mètres.

Cette étude a également démontré que la dégradation est d'autant plus importante que la complexité de la tâche imposée est plus grande. Il semble bien qu'on puisse conclure que plus la tâche à accomplir met en jeu des structures nerveuses complexes, plus elle est perturbée.

Par contre, le temps de séjour à une pression donnée n'influe pas sur l'intensité des troubles présentés. Tout se passe comme si la saturation toxique une fois atteinte, le degré de perturbation restait stable et constant. »

Les résultats de cette étude ont été confirmés par l'électro-encéphalographie (Bennet et Glass).

Les causes de l'ivresse des profondeurs sont complexes et mal connues. L'action de l'azote, qui lui a donné son nom anglais de "*Nitrogen narcosis*", n'est pas niable et les plus récents travaux américains le démontrent encore.

Mais, en 1960, Seusing et Drube ont fait intervenir l'effet du CO₂. Leurs théories ont été reprises par Bühlmann et Keller, qui incriminent en plus l'oxygène.

La rétention de CO₂ consécutive à l'essoufflement semble d'ailleurs, parfois, favoriser la narcose.

La toxicité des différents gaz participant aux processus respiratoires n'est d'ailleurs pas seule en cause. J. Chouteau a montré l'apparition

d'altérations cellulaires, avec formation de peroxydes, sous la simple influence de variations de pression. Nous trouverons peut-être un jour la réponse à nos questions dans l'intimité même du chimisme de nos cellules — et principalement celles de notre tissu nerveux.

Personnellement, nous insisterons sur l'effet favorisant de l'angoisse, même inavouée. Dans la sécurité de l'exercice en caisson, l'ivresse se manifeste beaucoup plus bas et la plupart des sujets peuvent atteindre les — 80 mètres fictifs sans sombrer dans la perte de conscience.

D'ailleurs, les plongeurs entraînés, dont l'activité sous-marine est devenue trop routinière pour être angoissante, échappent, en général, aux accidents de la narcose. Même si, aux grandes profondeurs, leurs facultés sont notablement diminuées, ils perçoivent le signal d'alarme du point critique à ne pas dépasser.

Il n'en est pas de même des plongeurs "amateurs", plus courageux qu'expérimentés, qui plongent surtout pendant les vacances, à des profondeurs excessives, déjà grisantes pour leur amour-propre. C'est parmi eux que nous dénombrons chaque année les victimes des accidents mortels de l'ivresse.

Mesures de défense :

Nous n'insisterons pas sur l'absolue nécessité de :

— Comprendre la vanité de la "course à la profondeur" ;

— Considérer que la plongée au-delà de 40 mètres est une entreprise sérieuse, à ne pas sous-estimer ;

— Mesurer la performance en fonction du nombre et de la qualité des plongées antérieures ;

— N'entreprendre la plongée profonde que dans des conditions strictes d'organisation et de contrôle mutuel.

Il reste que, même en cas de narcose, l'em-bout à bride de retenue peut éviter la noyade et que la bouée gonflable à l'air confère au plongeur une sécurité qui lui épargnera peut-être la panique et l'essoufflement, facteurs aggravants de l'ivresse des profondeurs.

CRIS REVISTA DE LA MAR

Publication Mensuelle
— illustrée —

Via Layetana 30 2^o H.
B a r c e l o n e

Abonnement annuel :

Espagne : 150 pesetas
France : 20 N. F.

TRITON

Journal
du British Sub-Aqua-Club
Bi-Mensuel

16, Beverley-Gardens - London S W 13

Tous les aspects du sport sous-marin :

Abonnement :

Six numéros par an : L. 1.50