

Travail en milieu hyperbare

Dr Philippe Barré
Centre médical subaquatique
Expertis
cmsbarre@aol.com

Principes de base

On ne peut se protéger du milieu
hyperbare

Principes de base

On est soumis à la pression
ambiante

Principes de base

L'organisme doit s'adapter à cette
pression

Pour s'en affranchir

- Travailler avec un ROV (Remote operating vehicle : robot télécommandé)
- Travailler en sous-marin ou en bathyscaphe

Mais on n'est plus en hyperbarie

On peut parfois diminuer la pression en baissant le niveau d'eau ou en travaillant à marée basse

Petit rappel de physique

Au niveau de la mer on a une pression atmosphérique de 1 bar ou 10m d'eau ou 760mm de mercure ou 1 ATA ou 100kPa

Tous les 10 mètres d'eau on ajoute 1 bar ou
1 ATA

A 70 mètres on a 7 bars relatifs ou 8 ATA

Définition du milieu hyperbare

Lorsque la pression est supérieure à 0,1bar
(1 mètre d'eau)

Décret 90-277 du 28 mars 1990

Sont exclus les personnels des salles blanches

Sont inclus tous les personnels travaillant en
milieu immergé quelle que soit la pression

Article R4534-136 du Code du travail impose le gilet de sauvetage dès qu'il y a un risque de noyade interdisant toute immersion sans appliquer le décret 90-277 même dans 1m d'eau et en apnée

Type de personnel intervenant en milieu hyperbare

- En milieu humide (mention A selon arrêté du 28 janvier 1991)
 - Scaphandriers de génie civil et offshore
- En milieu humide (mention B selon arrêté du 28 janvier 1991)
 - Plongeurs biologistes
 - Plongeurs des ports de plaisance
 - Moniteurs de plongée
 - Plongeurs pompiers, sécurité civile, police
 - Plongeurs photographes et cinéastes
 - Plongeurs militaires (Réglementation différente)
 - Plongeurs aquaculteurs
 - Plongeurs de contrôles non destructif
 - Etc...

Type de personnel intervenant en milieu hyperbare

- En milieu sec (mention D selon arrêté du 28 janvier 1991)
 - Tubistes
 - Intervention en chambre de soudure
- En milieu sec (mention C selon arrêté du 28 janvier 1991)
 - Personnels des caissons hospitaliers

Répartition du personnel intervenant en milieu hyperbare selon la profondeur

- Classe 1A de 0 à 12m ou 1,2 bar
- Classe 1 de 0 à 40 m ou 4 bars
- Classe 2 de 0 à 60m ou 6 bars
- Classe 3 sans limitation

Record du monde en 1992 : 701m en
caisson à Marseille (Comex)

Sont concernés

- Les salariés de toutes entreprises, y compris les associations, et les établissements publics (Article L4111-1 du Code du travail)
- Les artisans dès qu'ils interviennent dans le bâtiment et le génie civil (Article L4535 du Code du Travail)
- Les artisans dès qu'ils interviennent dans une autre entreprise (Article R4512-7 du Code du travail et Article R4513-9)

Risques associés

- Travail dans les égouts
- Travail en milieu nucléaire
- Travail en eau très chaude
- Utilisation d'outils vibrants
- Manutention de charge en surface
- Travail à proximité de machine en mouvement
- Travail à proximité de zone d'aspiration
- Travail avec explosifs
- Manutention de charges lourdes en surface
- Plongée avec surface non libre : en galerie, sous glace
- Etc ...

Pour intervenir en milieu
hyperbare, le salarié va devoir
s'adapter

Adaptation de l'organisme au milieu hyperbare

Lié à la relation Pression-Volume (Mariotte)

$$P \times V = \text{Constante}$$

Concerne toute les cavités aériennes de l'organisme

- Cavités ORL
- Cavités digestives
- Appareil respiratoire

Cavités ORL

- Perméabilité des sinus
- Perméabilité de la trompe d'Eustache pour équilibrer l'oreille moyenne

D'où de nombreuses contre-indications
d'origine ORL

Tube digestif

Compression passive et décompression passive sans conséquence sauf :

- Si apport de gaz pendant le séjour sous pression
- Si fragilité de la paroi

Appareil respiratoire

La pression des gaz dans l'appareil respiratoire et parfaitement égal à la pression ambiante

On ne peut inspirer si la différence de pression dépasse 20mbar
soit 20cm d'eau

Il y a donc une augmentation de la masse volumique « ρ » des gaz respiratoire avec la profondeur

L'hyperbariste est un insuffisant respiratoire

- ρ augmente linéairement avec la pression
- ρ dépend du type de gaz air>héliox>hydrox

Les efforts fournis par la musculature respiratoire croissent comme

- La racine carrée de ρ
- La puissance mécanique demandée
- Les contraintes liées à l'équipement

Contre indication respiratoire

- Tout déficit de la fonction respiratoire pour ne pas aggraver l'insuffisance respiratoire de l'hyperbariste
- Tout trouble obstructif principalement expiratoire (Asthme +++, etc..)
- Toute cavité aérienne peu ou non ventilée (Emphysème, etc..)

Adaptation de l'organisme au milieu hyperbare, lié à la dissolution des gaz neutre (Loi de Henry)

Loi de Henry

Lorsqu'un gaz est en contact avec un liquide, il se dissout dans ce liquide jusqu'à saturation

La quantité dissoute dépend : du liquide, du gaz, de la température et de la pression

La dissolution d'un gaz dans un liquide n'est pas instantanée

Elle se fait suivant une Loi exponentielle

Loi de Henry

Pendant la phase de compression et de séjour sous pression, on est en sous-saturation : phase sans risque quand il y a moins de gaz dissous que le liquide peut en contenir

Pendant la phase de décompression on est en sur-saturation : phase à risque quand il y a plus de gaz dissous que le liquide peut en contenir il existe alors un gradient de sursaturation

Dans un liquide biologique, il existe des
noyaux gazeux

Ils sont à l'origine, lors de l'existence d'un
gradient de sursaturation, de formation de
bulles de gaz inerte

Qui sont à l'origine des accidents de
décompression

Pour se décompresser en toute sécurité il faut limiter ce gradient de sursaturation par une décompression progressive

D'où obligation de faire des paliers de décompression après un séjour hyperbare

Adaptation de l'organisme au milieu hyperbare lié aux modification des échanges thermiques

En hyperbarie, il y a augmentation des pertes caloriques respiratoires par :

- Augmentation de la masse volumique des gaz inspirés
- Augmentation de la chaleur spécifique et de la conductivité thermique de l'hélium par rapport à l'azote

Associé à une augmentation des pertes caloriques cutanée du fait de l'immersion

Conséquence :

La température de confort thermique augmente avec la pression et la plage de confort thermique se réduit

Adaptation de l'organisme à l'immersion

En immersion :

L'augmentation de la pression hydrostatique augmente la volémie d'environ 500ml, augmentation aggravée par le froid

Il en résulte une distension auriculaire qui augmente la natriurèse et le débit urinaire corrigeant l'hypervolémie d'immersion

Entraînant une hypovolémie d'émersion favorisant l'accident de décompression

En immersion

L'annulation de l'effet réfractif de la cornée rend l'œil hypermétrope (+42 D)

Le masque utilisé pour s'en affranchir réduit le champs visuel et modifie la perception de distance et de taille d'un objet

L'absorption plus grande des rouges que des bleus rend très vite la vision monochromatique

Moyens d'intervention

Intervention unitaire en eau

- Scaphandre
- Narguilé
- Bulle
- Tourelle

Intervention en scaphandre

- Méthode d'intervention la plus fréquente
- Le plongeur est équipé :
 - d'une réserve de gaz comprimé,
 - d'un détendeur,
 - d'un équipement de tête : masque, facial, casque,
 - d'une combinaison en néoprène humide ou d'un vêtement sec,
 - d'un lestage,
 - d'un équipement de remonté rapide
- Équipe minimum 4 personnes
- Temps de travail paliers compris limité à 3 heures en mention A et 6 heures en mention B par jour

Intervention au Narghilé

- Mode d'intervention la plus fréquente en travaux publics
- L'équipement est identique
- La réserve de gaz est plus faible, uniquement un secours
- Le scaphandrier est relié par la surface par un narguilé qui apporte les gaz, les communications, une mesure continue de la pression à laquelle évolue le plongeur
- Équipe minimum 3 personnes

Plongée en bulle

- Le narghilé principal est relié à un cloche de plongée : la bulle
- Un ou plusieurs narguilés secondaires partent de la bulle
- Les paliers se font dans la bulle, tête et tronc hors de l'eau permet de utiliser l'oxygène pur aux paliers à partir de 12m, réduisant et sécurisant la décompression
- Intervention limitée à 120m
- Équipe minimum 4 personnes

Intervention à saturation

- Lorsque le temps de travail en hyperbarie deviens trop faible par rapport aux temps de palier
- Le plongeur est saturé dans un caisson en surface à la pression de travail
- Le gaz utilisé le plus fréquemment est l'héliox
- Un tourelle descend le plongeur pour son intervention dans l'eau 1 fois par jour
- Plusieurs équipes peuvent se relayer pour intervenir en continu
- Installation coûteuse et lourde à mettre en œuvre
- Permits de travailler au-delà de 120m jusqu'à 701m (record mondial en 1992 à la COMEX)

Intervention en tunnelier

- Soit galerie entièrement pressurisée
- Soit intervention dans la chambre d'attaque en phase d'entretien du tunnelier
- Pression de 0,3bar à 4,8bars, études pour intervention à des pressions supérieures

ACCIDENTS DES TRAVAILLEURS EN MILIEU HYPERBARE

- LES ACCIDENTS GRAVES SONT LIES A L'ENVIRONNEMENT ET NON A LA SITUATION HYPERBARE
- 1 MORT TOUS LES 2 ANS POUR UNE POPULATION DE 1600 PLONGEURS MENTION A
- TAUX DE MORTALITE 10 FOIS SUPERIEUR AU BTP

ACCIDENTS LIES A L'HYPERBARIE

- Accidents barotraumatiques
- Accidents liés à la toxicité des gaz
- Accidents de décompression
- Pathologie chronique

Rôle du médecin du travail

- Valider le manuel de procédure de sécurité en milieu hyperbare de l'entreprise (article 28 du décret 90-277 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare)
- Valider les procédures de secours
- Tenu à jour du plan de prévention lorsque des TRAVAUX SONT RÉALISÉS DANS UN ÉTABLISSEMENT PAR UNE ENTREPRISE EXTÉRIEURE (**Article R4512-7 du Code du travail et Article R4513-9**) en tant que médecin du travail des entreprises utilisatrices ou des entreprises extérieures
- Valider l'aptitude médicale du personnel et effectuer ou faire effectuer les examens complémentaires nécessaires à l'aptitude, s'assurer des vaccinations requises

Il peut pour cela se faire assister par un médecin expert du risque hyperbare

Responsabilité du médecin du travail

Délivrer une aptitude sans respecter l'arrêté du 28 mars 1991 définissant les recommandations aux médecins du travail chargés de la surveillance médicale des travailleurs intervenant en milieu hyperbare

Expose le médecin à une responsabilité en cas d'accident

Bien indiquer dans son certificat lorsque les examens complémentaires sont demandés : avis différé en attente d'examens complémentaires et non apte en attente d'examen complémentaire car ces examens doivent avoir lieu avant toute affectation au travail en milieu hyperbare

Examens complémentaires

- Réalisés par le médecin du travail ou par un ou des médecins extérieurs ou des centres d'expertises médicaux au risque hyperbare
- Les examens prescrits par le médecin du travail ne peuvent être invasifs
- A la charge de l'entreprise : Article R4624-26 du Code du travail
- Surtout pas à la charge de la sécurité sociale qui ne prend pas en charge la médecine de prévention

Liste des examens

- Examen clinique général avec interrogatoire sur les ATCD personnels et des accidents de plongée
- EFR
- Audiométrie avec impédancemétrie
- ECG de repos
- ECG d'effort SOUS-MAXIMAL avec mesure de la VO₂ max par mesure indirecte
- Radio pulmonaire
- Radio des hanches épaules de face et genoux de profils
- EEG
- Test en caisson à 1,2bar

Particularité du test à l'effort

- Il ne s'adresse qu'à des hyperbaristes pour lesquels l'ECG de repos est normal
- Sans ATCD cardiaque
- Sans signe fonctionnel
- Il permet avant tout d'évaluer le niveau d'entraînement avec une surveillance cardiaque
- Il ne doit à aucun cas être maximal
- En cas d'anomalie, le salarié est adressé à un cardiologue qui évalue les examens complémentaires nécessaires

Résultats (principes)

- Bonne santé en général
- Bonne capacité physique sans être exceptionnelle
- Pas de risque de perte de connaissance
Epileptie, diabète, trouble du rythme cardiaque, etc
- Pas de risque barotraumatique en particulier ORL

Résultats

- Consulter le site :

www.subaquamed.com

- Ou poser des questions à

cmsbarre@aol.com