

# LE SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE

## 2/2

### LES EFFETS DE LA PLONGEE SUR LE SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE

RISQUES ET PREVENTION

Cours N4 saison 2012/2013  
Edwige TROHEL





# SOMMAIRE

## 1.- LES BULLES SILENCIEUSES

1.1.- DESCRIPTION

1.2.- PREVENTION

## 2. – LE FORAMEN OVALE PERMEABLE

2.1.- DESCRIPTION

2.4.- CAUSES

2.5.- PREVENTION

## 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

3.1.- LES CAUSES ET MECANISMES

3.2.- LA DIURESE D'IMMERSION (cas particulier)

3.3.- SYMPTÔMES

3.4.- PREVENTION

## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

4.1.- CAUSES ET MECANISMES

4.2.- SES EFFETS

4.3.- LA DEPERDITION DE CHALEUR

4.4.- SYMPTÔMES

4.5.- FACTEURS FAVORISANTS

4.6.- PREVENTION DU PLONGEUR

4.7.- PREVENTION DU GUIDE DE PALANQUEE

4.8.- CONDUITE A TENIR



# 1.- LES BULLES SILENCIEUSES

## 1.1.- DESCRIPTION

- ❖ Toute phase de décompression génère des bulles appelées « bulles silencieuses ».
- ❖ Elles sont détectées à l'aide d'un doppler.
- ❖ En 1968, il a été découvert par SPENCER que la décompression produisait des bulles dites « bulles silencieuses » qui sont tolérées jusqu'à un certain stade.
- ❖ Cette détection a permis de valider ou de corriger certaines procédures de décompression (vitesse de remontée, temps et profondeurs des paliers).



# 1.- LES BULLES SILENCIEUSES

## 1.1.- DESCRIPTION

- ❖ Ces «bulles silencieuses» sont des bulles de gaz inertes (azote) qui se trouvent dans le circuit veineux, elles sont tolérées par l'organisme tant qu'elles sont peu nombreuses et de petite taille, on les appelle aussi «microbulles».
  
- ❖ Elles sont évacuées par le filtre pulmonaire, lors de l'expiration.
  
- ❖ L'augmentation des microbulles apparaissent :
  - Sur des profils à risque (vitesse de remontée trop rapide, plongées yo-yo),
  - Sur des plongées saturantes (plongées profondes et/ou longues).



# 1.- LES BULLES SILENCIEUSES

## 1.2.- PREVENTION

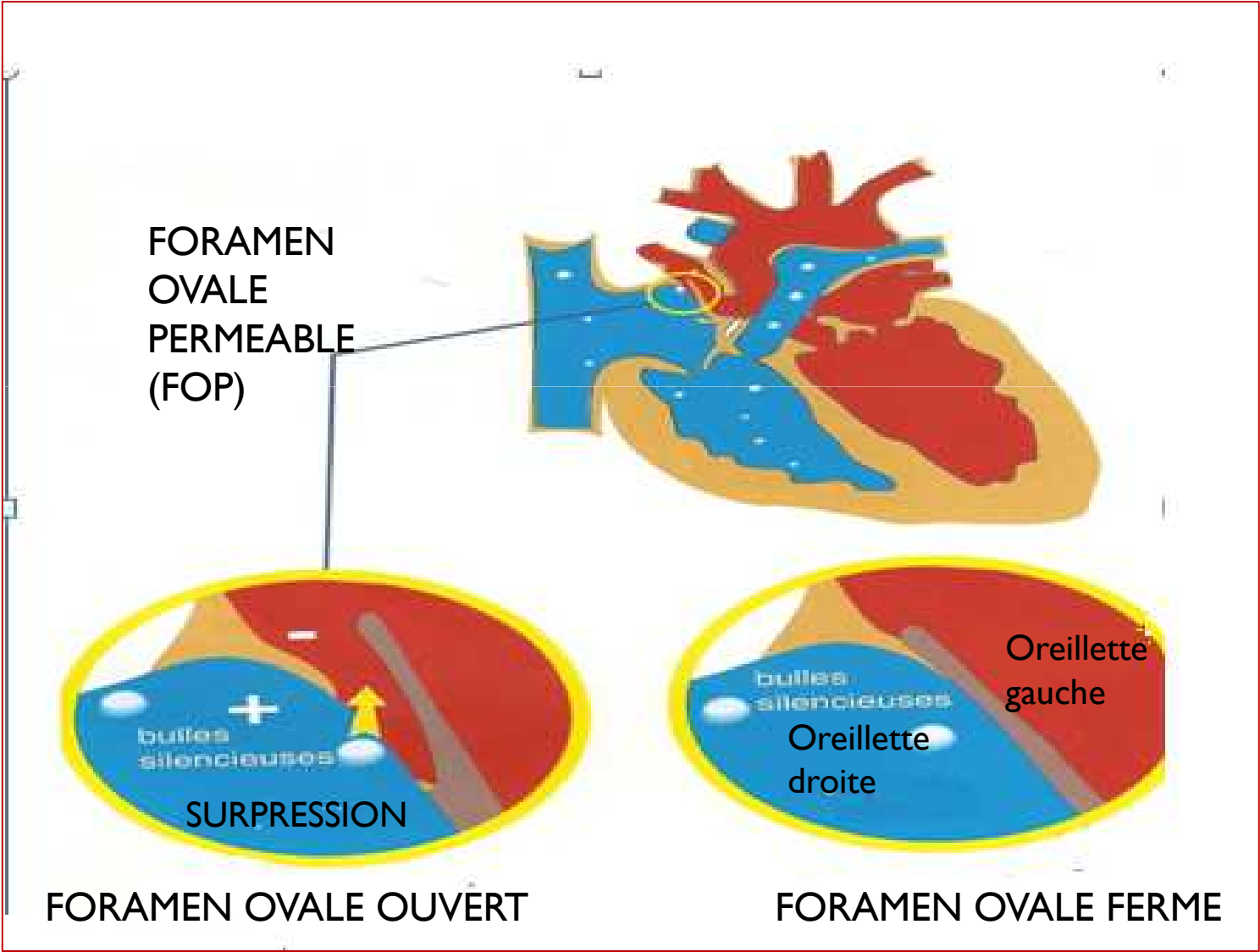
- ❖ Elles représentent un danger potentiel d'accident de décompression si elles passent dans la grande circulation :
  - En cas de problème physiologique : shunt cardiaque ou pulmonaire,
  - Suite à une quantité trop importante (capacité du filtre pulmonaire dépassée).

A titre préventif, il y a lieu :

- ❖ De remontée à vitesse contrôlée définie par les tables MN90
- ❖ D'éviter tous efforts à la remontée :
  - Valsalva à la remontée,
  - gonflage du gilet par la bouche,
  - etc.

Une bonne décompression dépend de la vitesse de remontée, des paliers, du profil et du comportement.

# Schéma du foramen ovale perméable (FOP) ouvert et fermé

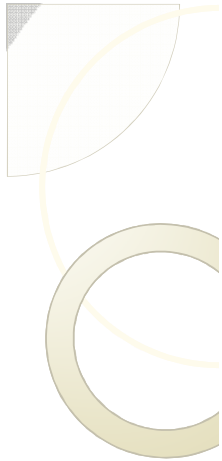




## 2.- LE FORAMEN OVALE PERMEABLE

### 2.1.- DESCRIPTION

- ❖ Dans le ventre de sa mère, l'embryon ne respire pas, l'oxygénation de son sang s'effectue par le placenta.
- ❖ Le **cœur droit** et le cœur gauche sont en communication par l'intermédiaire d'un orifice qui se referme à la naissance.
- ❖ Chez 25 à 30 % d'individu, cette fermeture reste fragile ; on parle de FOP ou FORAMEN OVALE PERMEABLE.
- ❖ Sans danger dans la vie courante, en plongée ce phénomène n'est pas sans conséquence.
- ❖ Comme dit ci-dessus, la décompression génère des « bulles silencieuses » qui doivent impérativement être évacuées par le filtre pulmonaire.



## 2.- LE FORAMEN OVALE PERMEABLE

### 2.2.- CAUSES

❖ Si certaines personnes ont cette faiblesse de naissance, le fait de mettre sous pression le **cœur droit** peut engendrer l'ouverture d'un FOP suite à un effort à glotte fermée provoquant une hyperpression thoracique :

- Valsalva à la remontée,
- Gonflage du gilet à la bouche,
- Se moucher, toux ....

Laissant passer des bulles dans la circulation générale via le **cœur gauche** et occasionner un ADD.

❖ Ce type d'accident inattendu peut arriver alors que la plongée a été effectuée dans de bonnes conditions avec respect de la décompression ; le FOP est rarement connu avant l'accident.



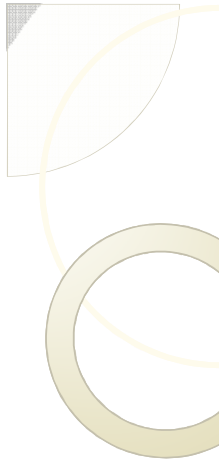


## 2.- LE FORAMEN OVALE PERMEABLE

### 2.3.- PREVENTION

- ❖ Il est possible de détecter un FOP par échocardiographie ou écho doppler ; ces recherches sont lourdes, pénibles et coûteuses.
  
- ❖ Afin d'éviter l'ouverture au FOP, un comportement adapté est très important :
  - Pas d'effort après la plongée (dans l'eau ou en surface),
  - Pas de Valsalva trop fort ou trop long,
  - Ne pas de moucher trop fort etc....

Tous efforts violents pendant la plongée et dans les heures qui suivent sont totalement déconseillés.



## 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

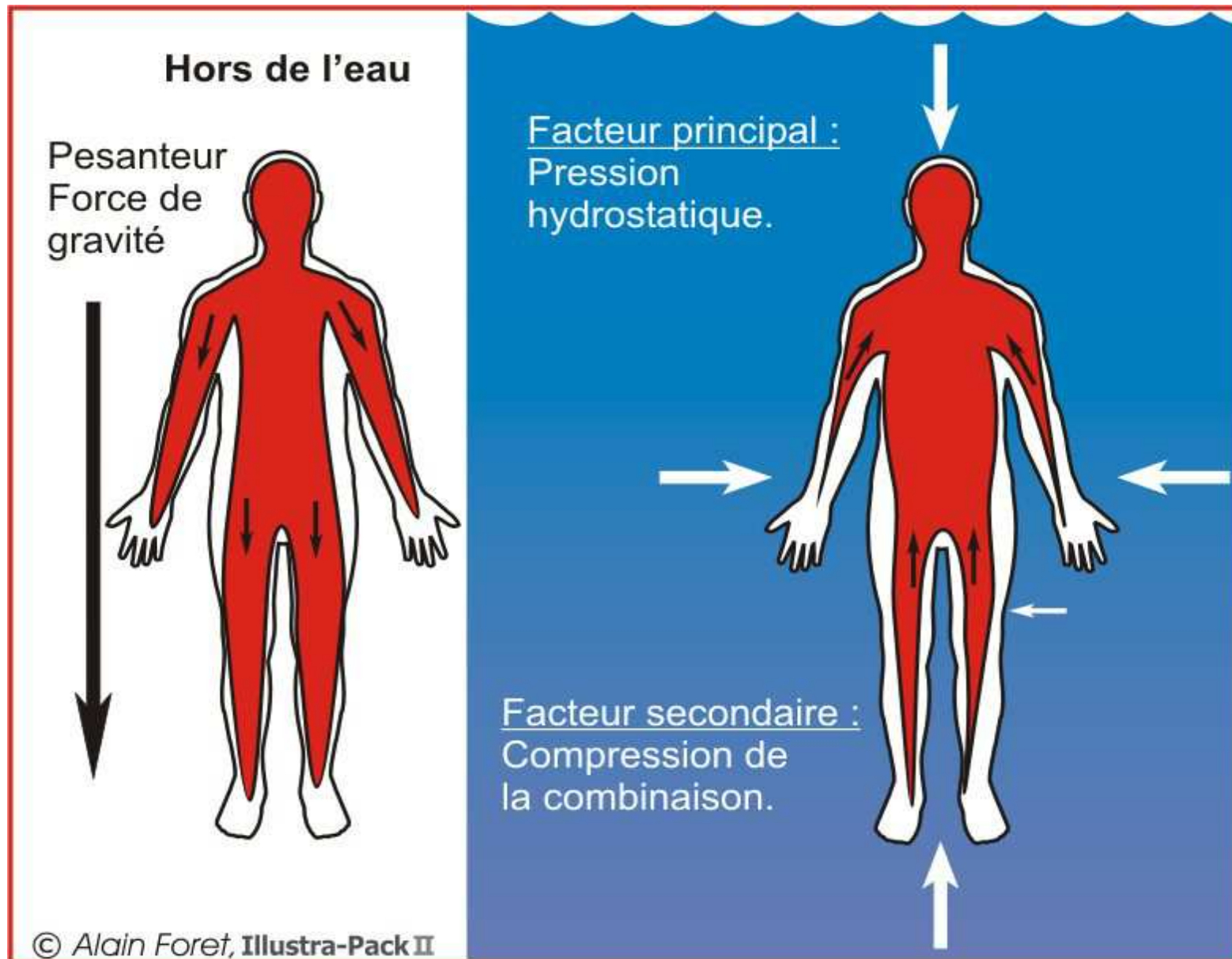
### 3.1.- LES CAUSES ET MECANISMES

Le phénomène de déshydratation existe en plongée, souvent négligé, il peut favoriser un accident de décompression du fait de la viscosité sanguine due à cette déshydratation.

❖ Les causes sont dues :

- A la sudation occasionnée par la chaleur (perte d'eau),
- A la perte de liquides due à un embarras gastro-intestinaux,
- A l'air du bloc,
- Au froid (développé ci-après),
- Et au fait de s'immerger qui génère la diurèse d'immersion (envie d'uriner).

## Schéma de la diurèse d'immersion





### 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

#### 3.2.- LA DIURESE D'IMMERSION (cas particulier)

L'immersion provoque une déshydratation, pourquoi ?

- ❖ La pression de l'eau (pression hydrostatique) due à la poussée d'Archimède s'oppose à la force de gravité permettant un poids apparent nul de même que la combinaison :
  - Entraîne une redistribution du volume sanguin des membres inférieurs (bras, jambes) vers le thorax et l'abdomen,
  - Et provoque une augmentation du volume sanguin central.



## 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

### 3.2.- LA DIURESE D'IMMERSION (cas particulier)

Le cœur reçoit alors plus de sang, il doit s'adapter :

- ❖ En diminuant sa fréquence cardiaque :
  - Du fait d'un afflux du sang plus important vers le cœur, détecté par les capteurs de pression (barorécepteurs), le système nerveux réagit par réflex et provoque une baisse de la fréquence cardiaque (bradycardie),
  - Cette action ayant une durée limitée et doit trouver une autre solution.
  
- ❖ En éliminant une quantité de sang envoyée à chaque cycle :
  - Le corps trouve une solution en diminuant la masse sanguine donc en perdant de l'eau,
  - Des capteurs appelés « volorécepteurs » situés derrière l'oreillette droite provoque une diurèse (sécrétion de l'urine),
  - L'eau passant dans la vessie, le volume sanguin diminue, et le corps retrouve un rythme cardiaque proche de la normale,
  - D'où l'envie d'uriner.



### 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

#### 3.2.- LA DIURESE D'IMMERSION (cas particulier)

De retour en surface :

- ❖ La pression diminue,
- ❖ Le volume sanguin reprend sa répartition normale dans le corps.

Du fait de la diurèse d'immersion :

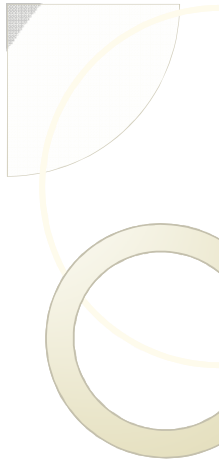
- ❖ Il résulte une baisse du volume sanguin (hypo volémie) qui a pour effet :
  - De gêner l'élimination de l'azote,
  - D'augmenter un risque d'ADD ou peut engendrer des complications dues au manque de fluidité du sang.



## 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

### 3.3.- SYMPTÔMES

- ❖ L'envie de boire,
- ❖ Bouche pâteuse,
- ❖ Urine jaune foncée,
- ❖ Maux de tête,
- ❖ Augmentation du rythme cardiaque,
- ❖ Malaise,
- ❖ Problèmes neurologiques et pour certains cas extrêmes peuvent aller jusqu'au coma.



## 3.- DESHYDRATION ET PLONGEE

### 3.4.- PREVENTION

- ❖ Boire avant et après la plongée (même sans sensation de soif)  
→ donc avoir toujours une bouteille d'eau dans son sac,  
→ l'eau est la meilleure boisson (le café ou le thé favorisent l'envie d'uriner).
  
- ❖ Pas d'alcool,
- ❖ Eviter de mettre sa combinaison trop tôt et rester au soleil,
- ❖ Eviter les efforts.

Nota : un guide de palanquée doit avoir dans son sac une bouteille d'eau afin de pouvoir en distribuer à sa palanquée, si besoin.

(En général, peu de plongeurs boivent avant et après avoir plongée).





## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.1.- CAUSES et MECANISMES

- ❖ L'homme est homéotherme, c'est-à-dire qu'il doit maintenir sa température centrale (cerveau, cœur, poumons, foie, reins...) pour survivre aux alentours de 37°C (*contrairement au poisson dont la température interne correspond à celle de l'eau*).
  - Il produit de la chaleur : thermogénèse
  - Il perd de la chaleur : thermolyse
  
- ❖ La neutralité thermique (thermogénèse = thermolyse) est :
  - Dans l'air entre 24 et 26°C,
  - Dans l'eau, elle est ramenée à 33°C et 35°C (même en mer chaude, on se refroidit).
  
- ❖ **Dans l'eau, on se refroidit 25 fois plus vite que dans l'air.**
  
- ❖ Dans ces conditions, notre corps doit se réguler et réagit en fonction des pertes ou des apports calorifiques.

## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.2.- SES EFFETS

Afin de lutter contre le froid, le corps réagit en :

- ❖ Réduisant les pertes de calories :
  - par une vasoconstriction périphérique (diminution de la circulation du sang aux extrémités du corps -mains, pieds-) qui crée :
    - Une sensation de doigts gourds diminuant l'habileté manuelle,
    - Une envie d'uriner du fait de l'afflux du sang vers le cœur (diminution du surplus de liquides).
  
- ❖ Visant à produire de la chaleur : le corps se défend avec des frissons, des crampes, une hyperventilation et une vasoconstriction cutanée (grande pâleur)
  - risque d'hypothermie grave (température du corps d'environ 35°C) pouvant entraîner la mort.

# Schéma de la déperdition de chaleur

Refroidissement par évaporation

*Par la ventilation aussi, le corps se refroidit*

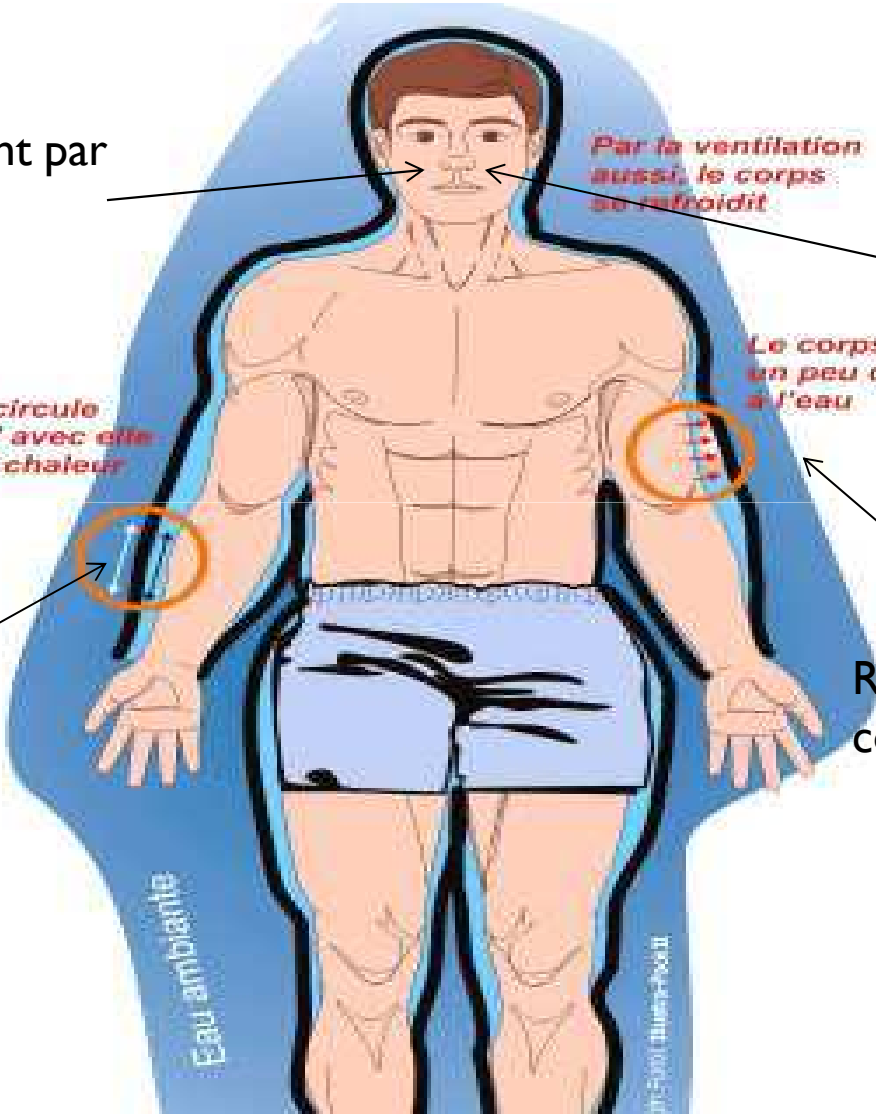
Refroidissement par La ventilation

*L'eau qui circule "emporte" avec elle un peu de chaleur*

*Le corps transmet un peu de sa chaleur à l'eau*

Refroidissement par convection

Refroidissement par conduction





## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.3. - LA DEPERDITION DE CHALEUR

Plusieurs facteurs favorisent le déperdition de chaleur chez le plongeur :

❖ Refroidissement par convection

- circulation de l'eau sur l'extérieur et à l'intérieur de la combinaison qui oblige à réchauffer sans cesse cette petite quantité d'eau d'où l'intérêt d'avoir un combinaison adaptée à sa morphologie et au milieu (en cas d'eau froide éviter trop de mouvements).

❖ Refroidissement par conduction

- le corps réchauffe l'eau emprisonnée dans la combinaison (le chaud se dirige vers le froid, il y a donc conduction de l'eau réchauffée vers l'eau qui l'entoure).

## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.3. - LA DEPERDITION DE CHALEUR

- ❖ Refroidissement par la ventilation
  - l'air aspiré est réchauffé par les poumons laissant ainsi échapper à chaque ventilation un peu de chaleur ; par cette ventilation, notre corps se refroidit également ; ce refroidissement est d'autant plus important que la température de l'eau, et donc de l'air inspiré, est basse.
  
- ❖ Refroidissement par évaporation
  - l'air comprimé que nous respirons est sec ; de ce fait, notre organisme forme une vapeur d'eau afin de l'humidifier ; la transformation du liquide en gaz crée du froid.

## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.4.- SYMPTÔMES

Le plongeur qui a froid ressent :

- ❖ Une augmentation du rythme de la ventilation donc une consommation plus importante d'air,
- ❖ Une perte de sensation au niveau des extrémités (mains, pieds),
- ❖ Des frissons,
- ❖ Des crampes,
- ❖ Des tremblements,
- ❖ Envie d'uriner (mais qui est due également par la pression comme dit ci-dessus).



## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.5.- FACTEURS FAVORISANTS

Les facteurs favorisants sont :

- ❖ la morphologie,
- ❖ la fatigue (manque de sommeil etc.),
- ❖ alimentation insuffisante,
- ❖ la deuxième plongée (liée à la fatigue de la 1<sup>ère</sup> plongée),
- ❖ la profondeur (diminution de l'épaisseur du néoprène due à la pression),
- ❖ Trop de mouvements.

LE FROID :

- ❖ Augmente les risques ADD,
- ❖ Augmente les risques d'essoufflement.



## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.6.- PREVENTION DU PLONGEUR

Afin de remédier au mieux au problème du froid, il est conseillé au plongeur :

- ❖ d'avoir une bonne forme physique,
- ❖ d'avoir une bonne alimentation (éviter l'alcool),
- ❖ d'avoir une combinaison adaptée,
- ❖ de bien se couvrir sur le bateau afin d'éviter d'avoir froid avant de s'immerger,
- ❖ d'arrêter la plongée dès les premiers symptômes,
- ❖ d'éviter les mouvements qui favorisent la circulation de l'eau dans la combinaison,
- ❖ de limiter la profondeur, le temps de plongée en eau froide et augmenter les paliers.





## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.7.- PREVENTION DU GUIDE DE PALANQUEE

Le guide de palanquée doit être vigilant :

- ❖ Avant la plongée
  - vérifier l'équipement du plongeur,
  - s'informer de sa condition physique,
  - faire le briefing à l'abri, si possible.
  
- ❖ Pendant la plongée
  - limiter le temps, la profondeur de la plongée,
  - arrêter la plongée dès le signe « j'ai froid »,
  - être vigilant en cas :
    - de désintéressement de la plongée,
    - d'une position recroquevillée
    - de tremblements au niveau des lèvres et des bras.



## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.7.- PREVENTION DU GUIDE DE PALANQUEE

#### ❖ Après la plongée

- inciter à se sécher et s'habiller après s'être déséquiper, si possible, ou mettre un coupe vent,
- proposer une boisson chaude et sucrée, si possible.



## 4.- LE FROID ET THERMOREGULATION

### 4.8.- CONDUITE A TENIR

En cas de refroidissement, le guide de palanquée doit :

- ❖ aider à déséquiper le plongeur rapidement,
- ❖ le sécher sans frotter,
- ❖ lui mettre des vêtements secs et chauds et le protéger du vent,
- ❖ l'allonger avec une couverture (la surface argentée doit être sur la victime),
  - *la surface dorée refroidit* -
- ❖ lui proposer une boisson chaude (pas d'alcool),
- ❖ attendre le réchauffement et surveiller,
- ❖ attendre le réchauffement avant de prendre une douche chaude.

Pour les cas extrêmes (hypothermie) :

- ❖ Prévenir les secours,
- ❖ Mise sous O2 en cas de perte de conscience.



# MERCI DE VOTRE ATTENTION

- **PROCHAIN COURS :**

**« LE SYSTÈME RESPIRATOIRE DU  
PLONGEUR »**