

# Handicap physique majeur

# Distinction PESH modéré et majeur

Ce n'est pas la pathologie qui définit le type de handicap mais la capacité à réaliser des gestes sécuritaires de base.

## Critères:

- Maintien de l'embout en bouche
- Manœuvre de valsalva tout en maintenant sa stabilisation
- Compréhension des consignes.

Un PESH majeur en début de formation peut évoluer en PESH modéré.

# Atteintes cérébrales

## Pathologies

- IMC : Infirmité Motrice Cérébrale
- Traumatismes crâniens
- Accidents Vasculaires Cérébraux (AVC)
- Tumeurs cérébrales
- Hémiplégie

## Handicaps

- Pertes contrôle du mouvement (précision, amplitude, force, coordination...)
- Troubles proprioceptifs, de sensibilités
- Pertes mémoires, troubles de l'attention
- Troubles du langage (oral, écrits)
- Troubles perception espace et formes
- Troubles système autonome (thermorégulation, cardio-respiratoire, digestion...)

# Atteintes médullaires

## Pathologies

- Paraplégie
- Tétraplégie
- Spina bifida

## Handicaps

- Troubles sensibilités (pertes ou hyper)
- Troubles mobilités (spasticité, atonie...)
- Troubles système autonome (thermorégulation, cardio-respiratoire...)
- Déformation appareil locomoteur (hypotrophie, déviation rachi...)

# Difficultés d'adaptation

1. Système nerveux : rappels
2. Adaptation cardiovasculaire
3. Adaptation respiratoire
4. Adaptation motrice
5. Thermorégulation: le froid, la chaleur
6. Dénitrogénéation

# 1 - Para-Tétraplégie : 1500/an

**Le niveau neurologique** est défini comme étant le niveau le plus distal où la sensibilité et la motricité sont intactes.

## Causes:

### Traumatismes :

*Direct* : élongation, compression, section

*Indirect* : fracture (accident de la voie publique, du travail, sport...)

Myélites : infectieuse ou indéterminée, brutal ou progressif.

Tumeurs : Extra ou intra médullaires.

Accidents vasculaire et médullaire

## Tableau

### De 0 à 6 mois :

Paralysie, anesthésie, aréflexie, hypotonie

### Au delà de 6 mois :

Récupération? hyper réflexie, spasticité

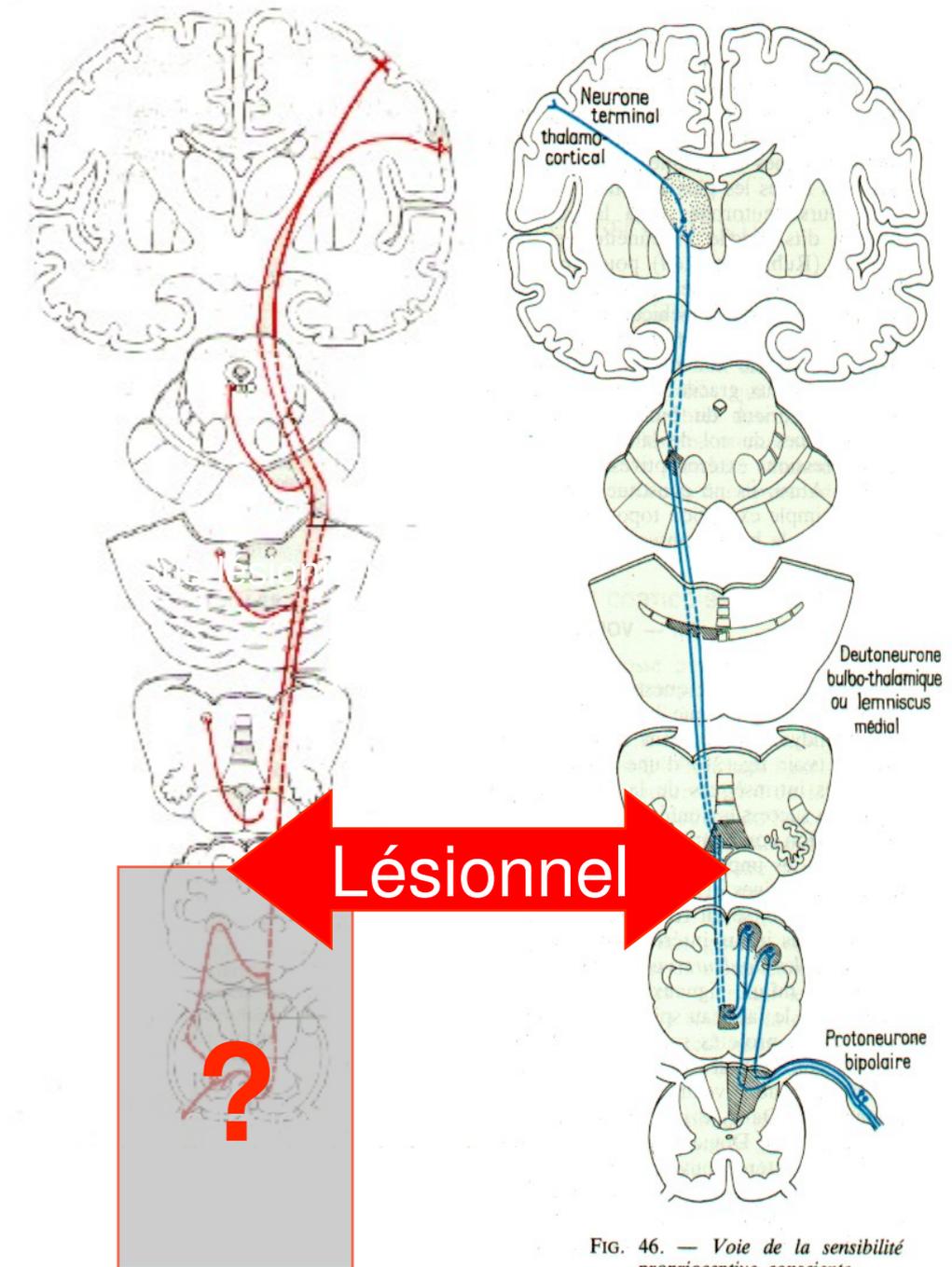


FIG. 46. — Voie de la sensibilité proprioceptive consciente.

# Systeme nerveux

- Neurovégétatif (orthosympathique et parasymphathique) :
  - Involontaire et inconscient : cardio-respiratoire, nutrition, reproduction
- Cérébro-spinal :
  - Vie de relation
    - Systeme nerveux central : encéphale, moelle épinière
    - Systeme nerveux périphérique : nerfs crâniens et rachidiens

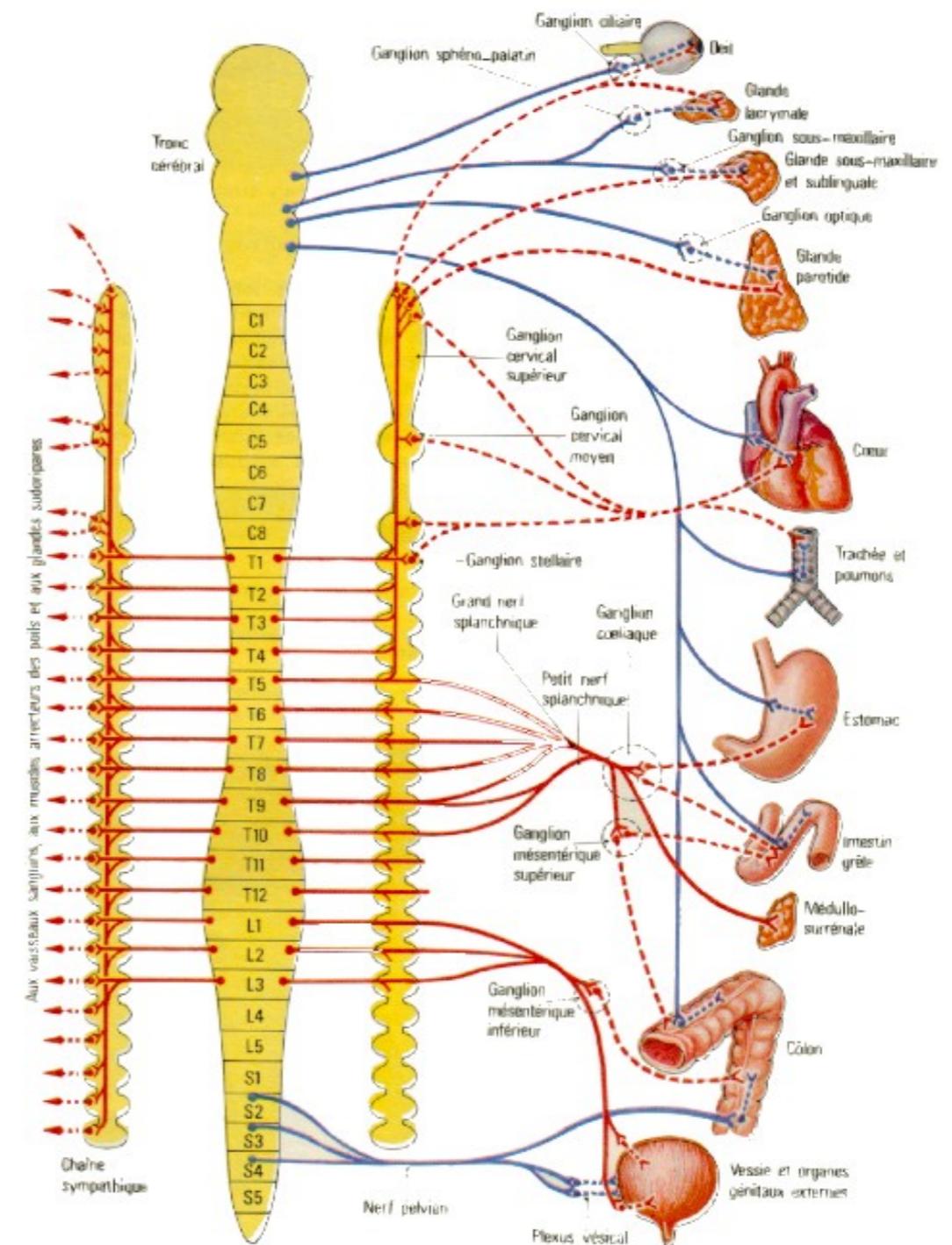
# Systeme Nerveux

## Parasympathique

III , VII , IX et X<sup>ème</sup> paires crâniennes  
*stimulé par l'acétylcholine*

## Orthosympathique

Chaîne ganglionnaire latéro-vertébrale  
 de C8 à L2  
*stimulé par l'adrénaline*



Prédominance du parasympathique (freinateur)

# Hyper réflexie autonome

## Concerne les blessés médullaires > T6

Réponse exagérée du système nerveux sympathique à divers stimuli (excitations) se produisant **EN DESSOUS** de la lésion médullaire et se manifestant entre autres par hypertension artérielle, rougeur à la face et du thorax, congestion nasale, bradycardie, céphalées violentes et sueurs intenses

Le plongeur victime en a déjà connu généralement

Les causes: vessie trop remplie (oubli du sondage), plaie ou escarres en formation...

Le plongeur connaît la conduite à tenir (en principe...)

L'aider s'il ne peut l'assurer seul

**Appel médical d'urgence** au moindre doute.

## 2 - ADAPTATION CARDIOVASCULAIRE

### Conséquences hémodynamiques de l'immersion

- Pression intra-thoracique négative : ascension du diaphragme
- Redistribution de la masse sanguine
- Augmentation de la pré-charge
- Augmentation de 10 à 25% du débit cardiaque
- Vasoconstriction périphérique : augmentation de la post-charge
- Diurèse d'immersion (X4)

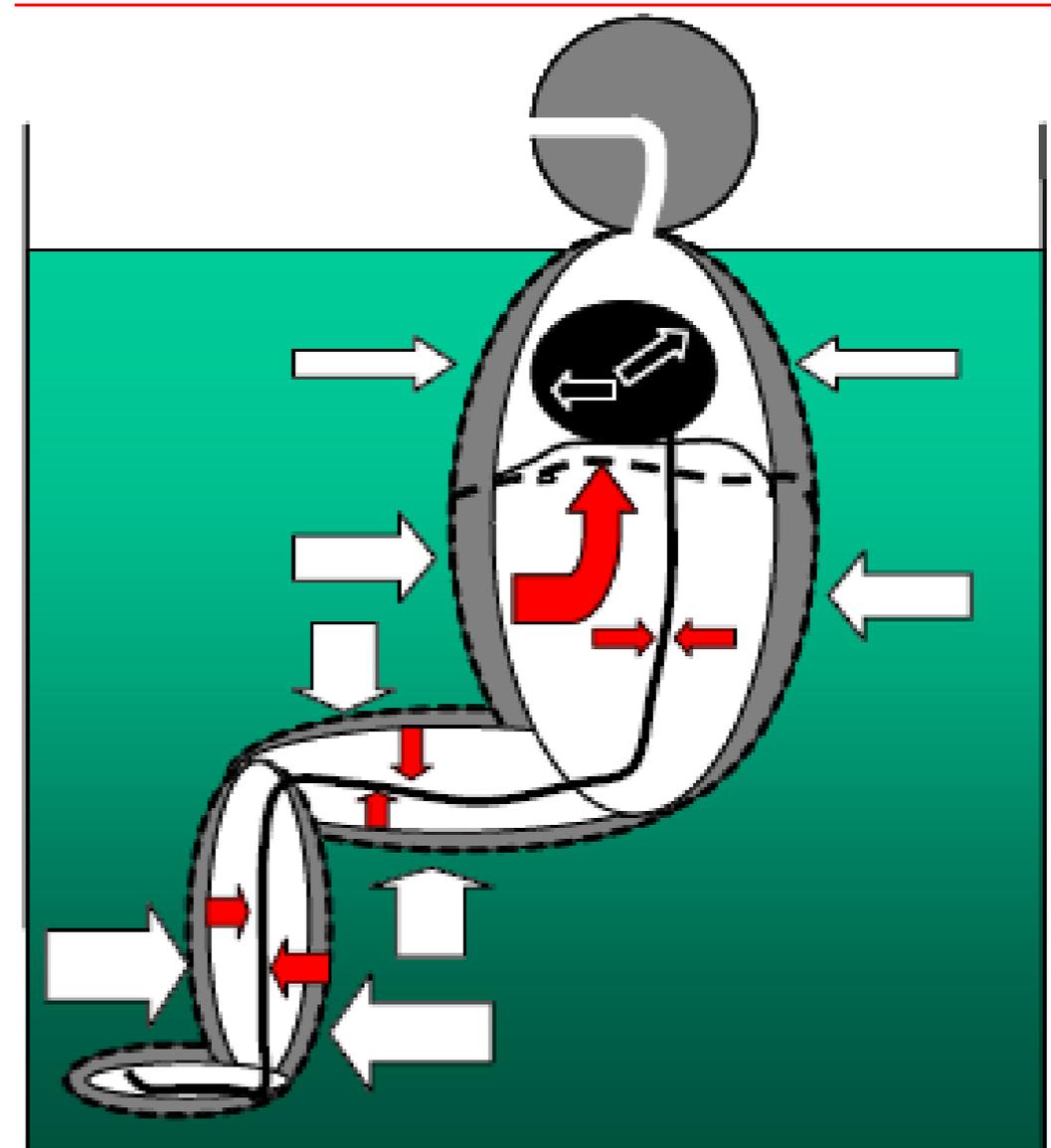


illustration : A. BOUSSUGES

## 2 - ADAPTATION CARDIOVASCULAIRE

Chez le plongeur tétraplégique:

**Bradycardie** par prédominance parasympathique (centres du tronc cérébral préservés)

**Hypotension orthostatique** : pas de tachycardie ni vasoconstriction d'adaptation : diminution de la post charge

**Réduction importantes de l'œdème de stase** des membres inférieurs (vasoplégie) par la pression hydrostatique, ce qui augmente la pré-charge

**Réduction du lit vasculaire** liée à l'atrophie sous-lésionnelle : augmentation moindre pré-charge

## 3 - ADAPTATION RESPIRATOIRE

### Chez le plongeur valide

CV	↘
VRE	↘
Compliance	↘
Résistance	↗

*Agostoni et al. 1966; Nakanishi et al. 1999*

### Immersion :

- Perte de 30% du VRE
- Capacité Vitale = - 300 ml
- Volume RI identique
- Augmentation du travail respiratoire de 60%

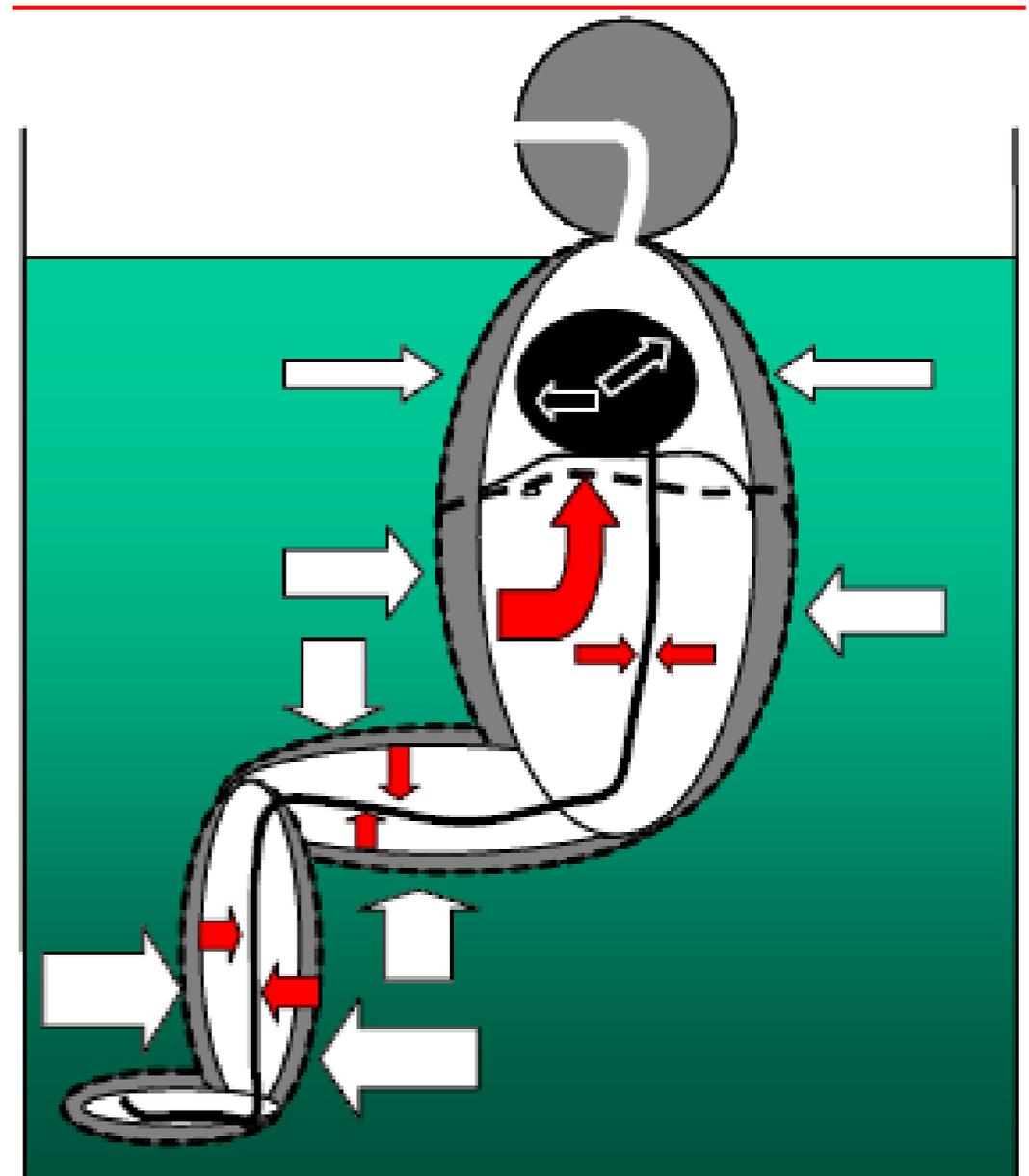
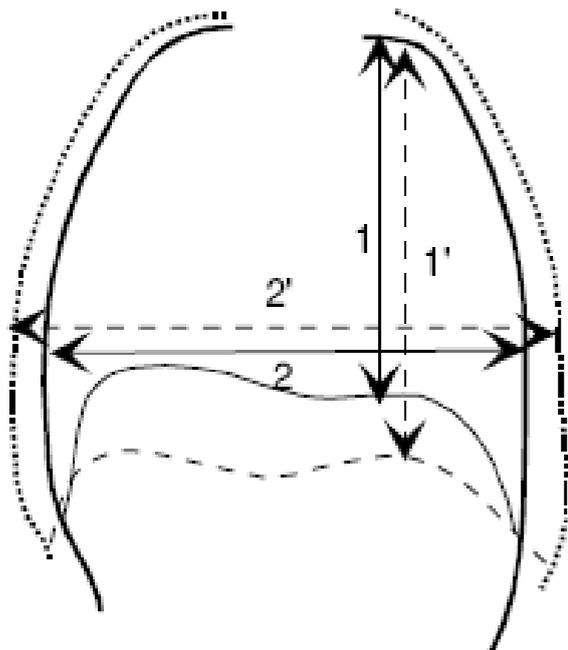
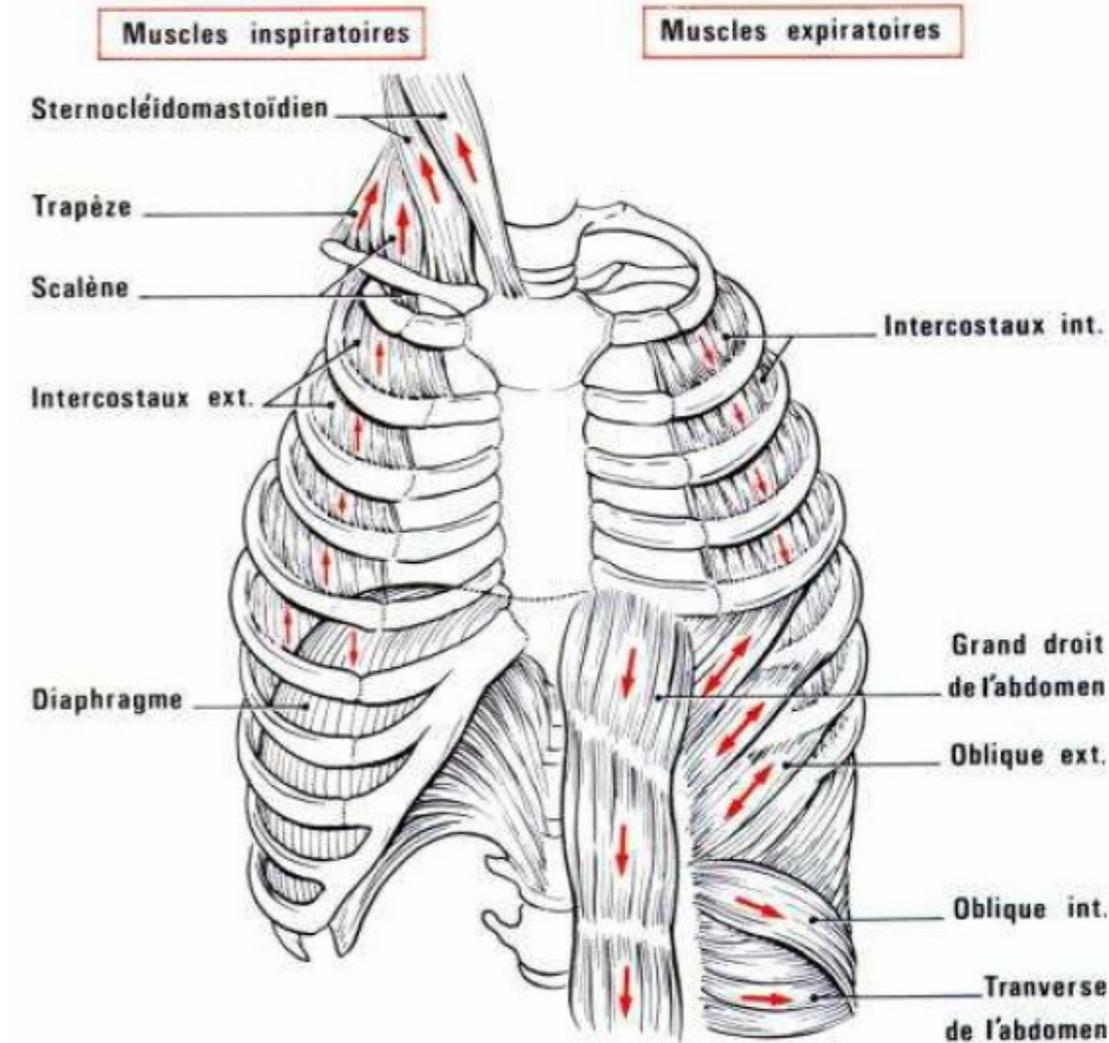


illustration : A. BOUSSUGES

# 3 - ADAPTATION VENTILATOIRE

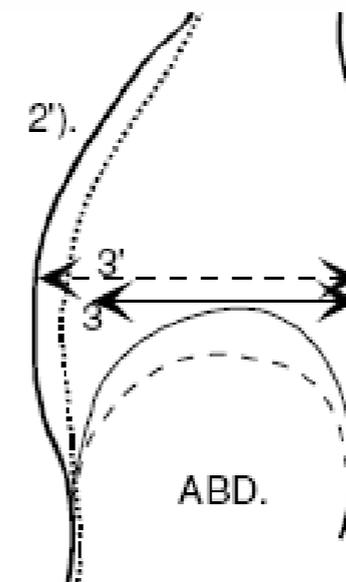
## Les muscles de la ventilation :

- C3 – C4 – C5 : **diaphragme**
- et accessoirement :
- C5 : grand dentelé, scalènes.
- C6 : grand dorsal, grand pectoral, grand rond.
- T1 à T8 : intercostaux.
- T6 à T12 : abdominaux.



La contraction du diaphragme entraîne :

- 1 - Une augmentation du diamètre vertical (1 1')
- 2 - Une augmentation du diamètre antéro-postérieure (2 2').
- 3 - Une augmentation du diamètre transverse (3 3')



## 3 - ADAPTATION VENTILATOIRE

### Chez le tétraplégique

#### Lésion > à C5 :

Atteinte des inspirateurs et des expirateurs.

#### Lésion < à C5:

Inspiration active, elle ne pose pas de réel problème car réalisée à 70% par le diaphragme (C3-C5) et accessoirement : sternocléidomastoïdiens (C2), scalènes (C4)



***Attention aux voies aérienne en surface :***  
*expiration insuffisante, toux inefficace, effort impossible, risque d'encombrement, fausses routes, intercostaux (T1) non fonctionnels*



## 3 ADAPTATION VENTILATOIRE

En plongée l'expiration passive doit se faire contre une résistance accrue : pression hydrostatique et résistance mécanique du détendeur.

L'expiration active forcée est impossible selon le niveau lésionnel : absence des muscles intercostaux et abdominaux (C4 C5 C6)

Paraplégies hautes et cervicales basses : toux assez efficace : muscles accessoires (Intercostaux, Gd pectoral, Gd dorsal, Gd dentelé)

### **En Pratique pour la plongée**

- **Pas de ceinture de plomb (dans la combi +++)**
- **Combinaison pas trop serrée (sur mesure)**
- **Pas d'effort trop intenses (essoufflement ++)**

## 3 - ADAPTATION VENTILATOIRE

Au syndrome restrictif lié à la plongée se rajoutent les atteintes propres du plongeur

Intérêt d'une étude fonctionnelle respiratoire préalable (tétraplégiques, paraplégiques hauts)

## 4 - ADAPTATION MOTRICE

- Maintien du détendeur en bouche : athétose - *mouvement involontaire du maxillaire* 🤪
- Equilibrage de oreilles : pince, assistance.
- Déplacement +/- avec les bras et ondulations du corps
- Rendement énergétique faible
- Risque d'essoufflement
- Protection articulaire des épaules chez les paraplégiques



## 5 - THERMOREGULATION

### EQUATION DU BILAN THERMIQUE

$$\dot{M} \pm \dot{C} \pm \dot{K} \pm \dot{R} - \dot{E} = \pm \dot{S}$$

**M** : 1) métabolisme de base : 40W/ m<sup>2</sup> - viscères 56%, muscles 18%,  
cerveau 15%

2) activité musculaire squelettique : 90%

3) frisson x 4 la production de chaleur

**c : Convection :**

transfert de chaleur par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement

**K : Conduction :**

transfert de chaleur au travers de deux solides en contact

**R : Rayonnement :**

sous forme d'infra rouges du plus chaud vers le plus froid

**E : Evaporation :**

sueur, respiration

# 5 - THERMOREGULATION

Neutralité thermique dans l'air = 25°C  
**dans l'eau = 34°C**

## CONVECTIVITE :

*Boutelier et al. 1979*

hc : coefficient d'échange convectif

	hc (W.m <sup>-2</sup> .°C <sup>-1</sup> )
Air	2,5
Eau (35°C)	45
Eau Froide + 0,1 m.s <sup>-1</sup>	60
Eau Froide + 0,25 m.s <sup>-1</sup>	200

**CONDUCTIVITE** : 25 fois supérieure dans l'eau / air

## 5 - THERMOREGULATION

La chaleur va du corps vers la périphérie au contact de la couche d'eau par **conduction**, puis par **convection** de la couche limite vers l'eau environnante.

La vitesse de transfert est fonction du **différentiel thermique**, de la **vitesse** et de la **turbulence de l'eau** au contact du corps.

 Respecter le temps de plongée si prescription médicale ?!

## 5 - THERMOREGULATION



### LE FROID

Chez le para et tétraplégique :

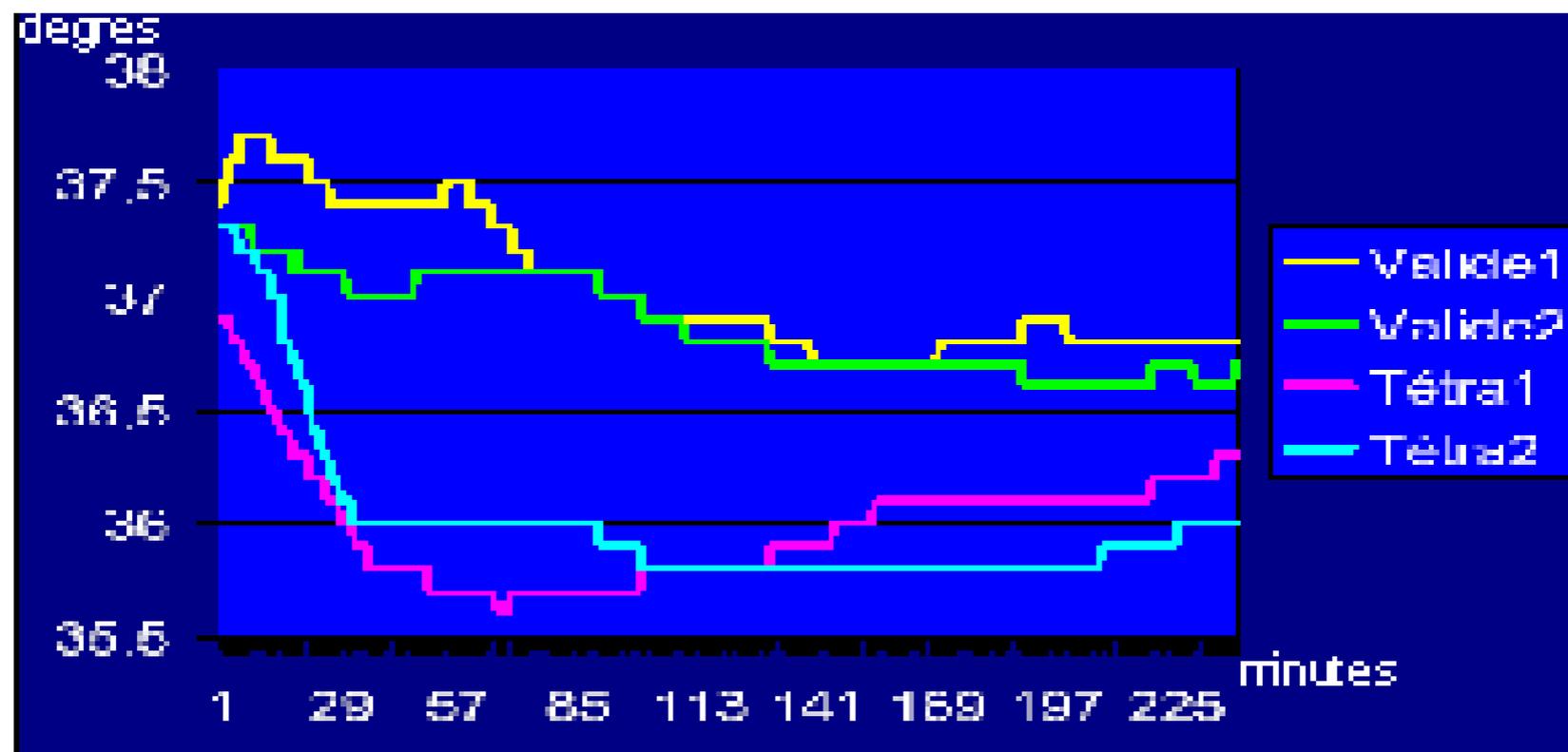
- Pas de **vasoconstriction périphérique** réflexe au froid en sous-lésionnel
- Pas de **frisson** (tétra)
- Problème de l'adaptation de la **protection thermique**
- Respiration de **gaz froids** : convection augmentée



## 5 - THERMOREGULATION

### Etude du GERTP et l'étude du Dr. Wuyam au laboratoire d'explorations fonctionnelles respiratoires du CHU de Grenoble

2 valides et 2 tétraplégiques avec combinaisons de 7mm plongés dans une eau de 18°C pendant 30 minutes. Températures relevées au séchage, habillage et après repos de 4 heures.

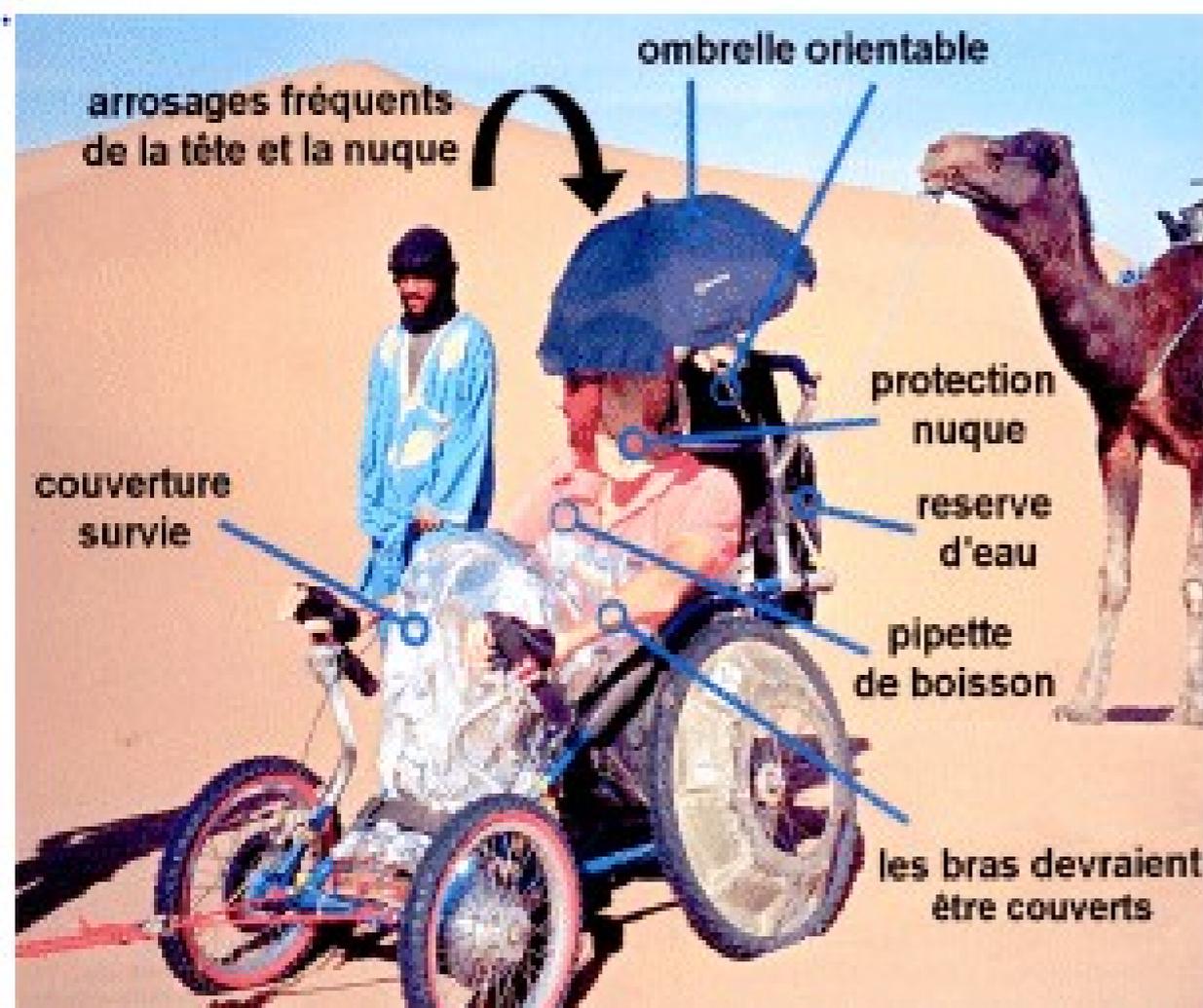


## 5 - THERMOREGULATION



### LE CHAUD

Attention aux gains thermiques : absence de sudation pour les tétraplégiques



**Prévention passive :**  
ombre du bateau...  
vêtements claires, aérés...  
chapeau

**Prévention active :**  
hydratation et arrosage fréquents...  
horaires de l'activité...



## 6 - DENITROGENATION

### Absence d'études

En pratique : plongées dans la courbe de sécurité sans paliers.

On retient pour mémoire les interrogations sur le rôle supposé des compressions médullaires a minima dans certains ADD et dans la stase veineuse rachidienne.

La zone cicatricielle péri-lesionnelle est potentiellement le siège d'une hypervascularisation (d'où le risque de stase bullaire...)