

L'essoufflement en hyperbarie

- Résultat d'une
 - désadaptation du rythme respiratoire
 - due aux contraintes ventilatoires imposées par la
 - respiration en hyperbarie
- ≠ d'une augmentation d'apport de dioxyde de carbone : intoxication.

Plan

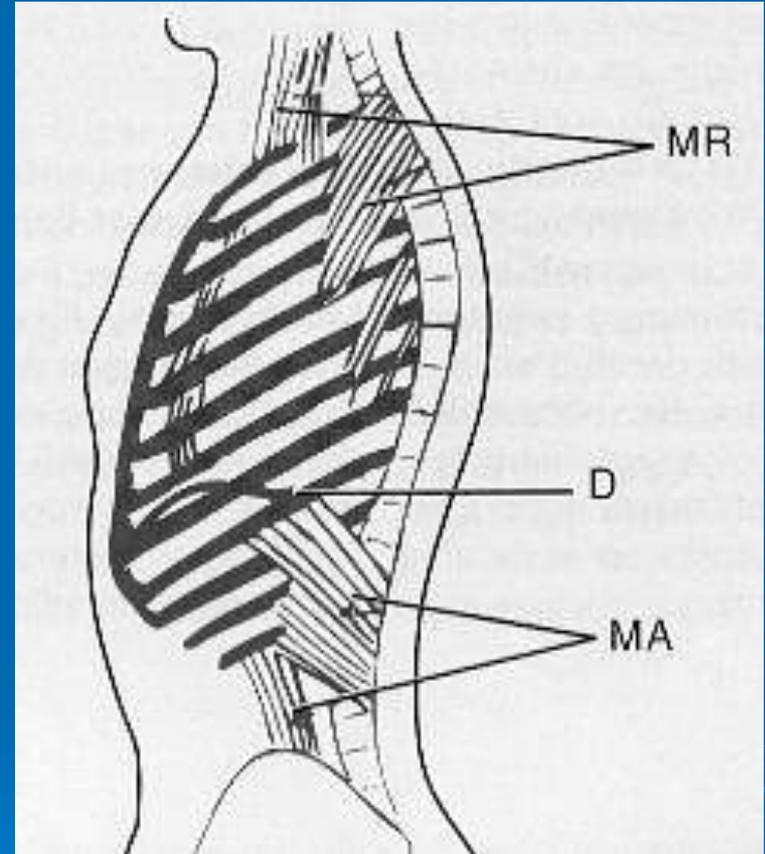
- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

L'inspiration

- Diaphragme : muscle inspirateur principal

Mécanisme

- Les muscles inspiratoires dits "accessoires" Intercostaux inspiratoires et scalènes
 - sont indispensables à l'action du diaphragme.



L'expiration

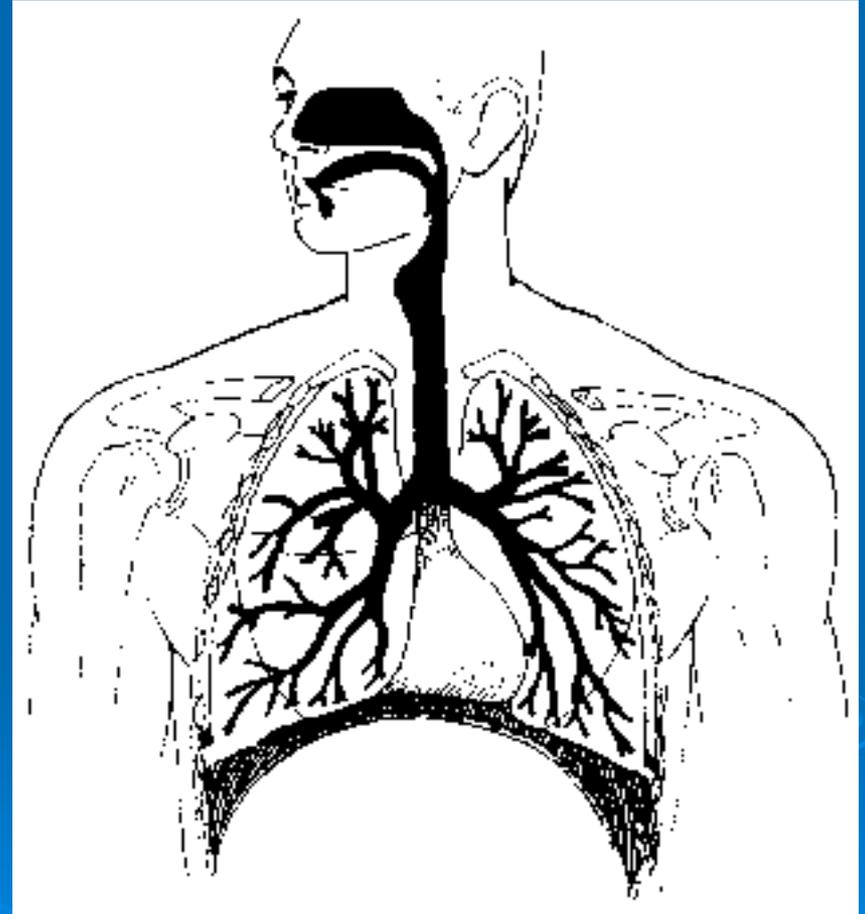
- Est une phase passive.

Mécanisme

- En fait, le diaphragme a un rôle freinateur.
 - Les muscles expirateurs (grands droits, intercostaux internes), sont utilisés à l'effort

L'espace mort

- Ne participe pas aux échanges gazeux
- VD : égal à environ 0,15 l.
- Contenu dans le Volume Courant (VT).



Analyse dynamique de la ventilation

- Grâce à la mesure des débits ventilatoires.
- *Débit Ventilatoire Alvéolaire (VA)*
 - volume d'air parvenant aux alvéoles en une minute.
 - $VA = (V_T - V_D) \times Fr.$
- *Débit Expiratoire Maximum à la Première seconde (VEMS)*
 - mesuré lors d'une expiration active forcée.
- *Débit Expiratoire (VE)*
 - volume d'air expiré pendant une minute.

Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

A l'effort

Augmentation des débits (jusqu'à 20 fois).

Modification de l'écoulement des gaz laminaire → turbulent
→ **Efficacité ventilatoire diminuée**

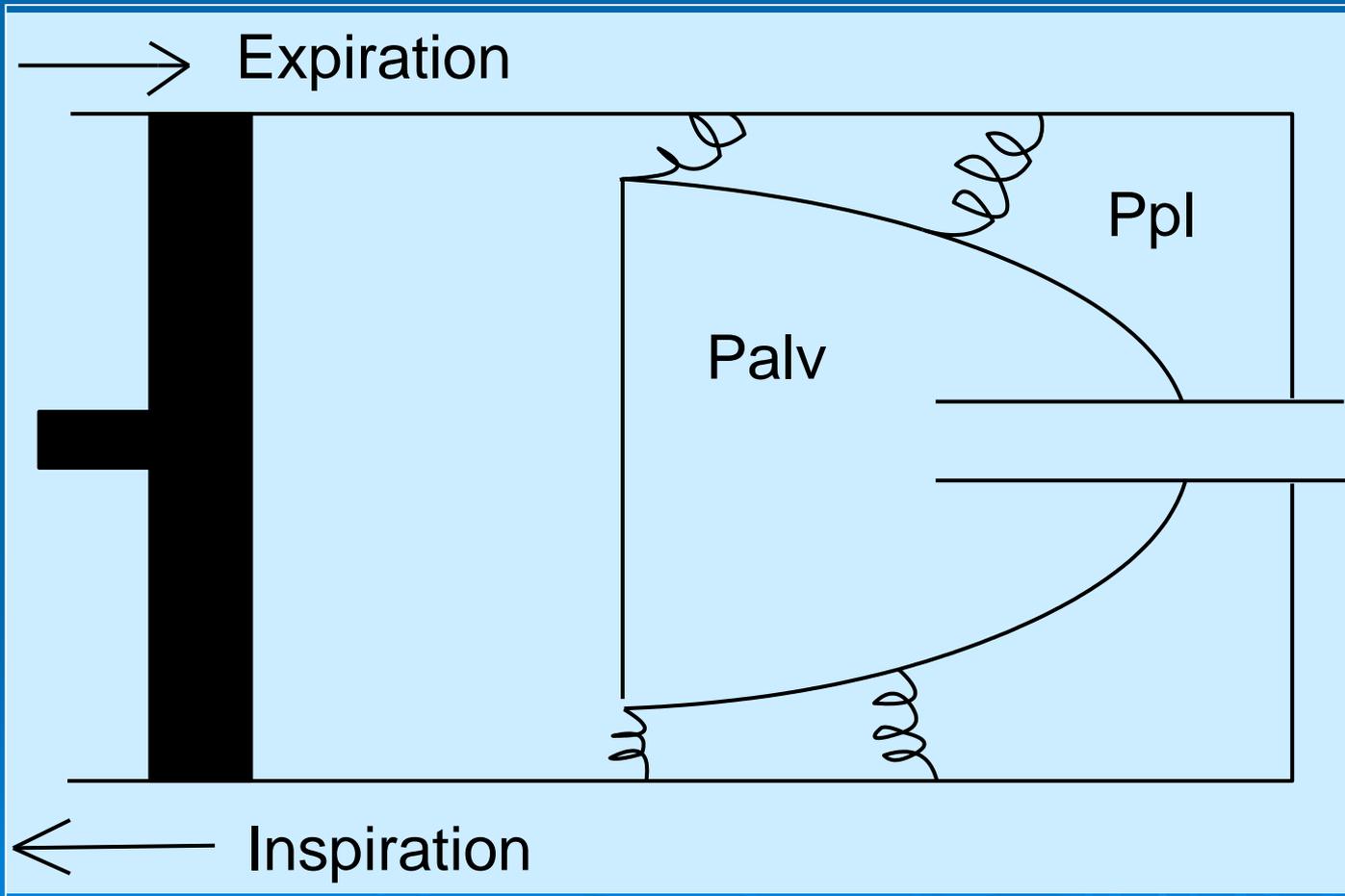
A l'expiration, les conduits diminuent leur calibre

↓
Baisse des débits expiratoires.

Pour maintenir les débits au niveau requis, les muscles ventilatoires doivent augmenter l'amplitude et la fréquence des contractions

Augmentation du travail avec risque de fatigue musculaire.

Volume de fermeture



En hyperbarie

↗ De P. ambiante

→ ↗ de masse
volumique des gaz

→ ↗ de masse
volumique des gaz
et ↗ des débits

↘ Résistances à
l'écoulement

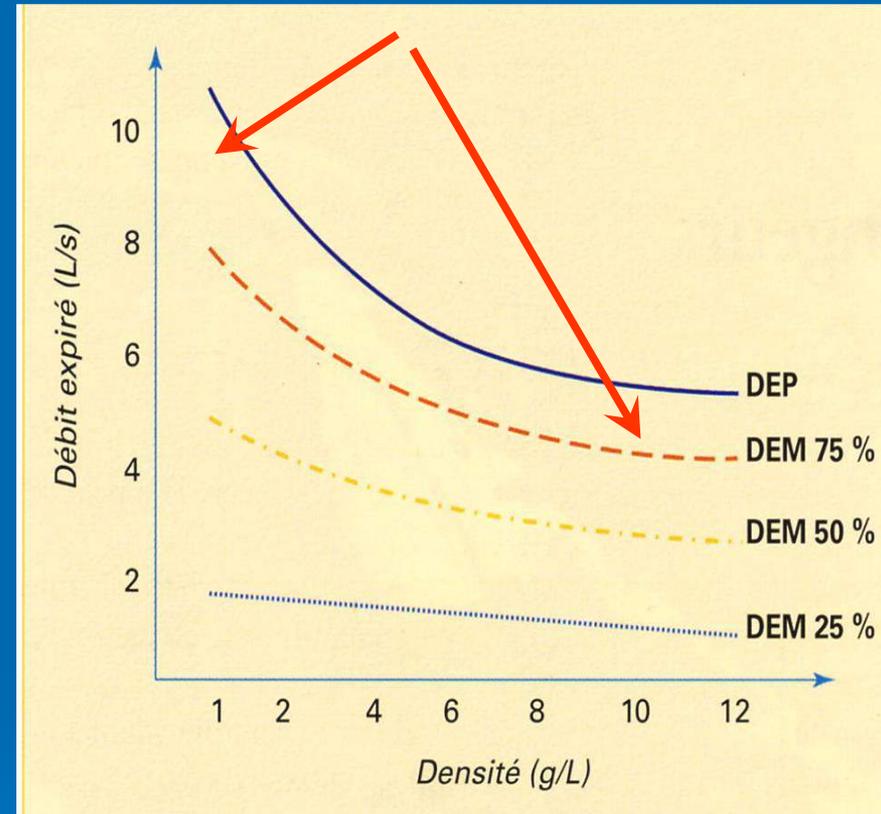
- M/V de l'air en surface = 1,29g/l
 - À 40m
 $1,29 \times 5 = 6,45\text{g/l}$
(= héliox à 300m)



Les débits sont limités

Baisse des débits expiratoires

- Le DEM 85, chute de 9 l/s en surface à 4 l/s à 70 mètres à l'air,
- A 30 mètres, la ventilation maximum volontaire (MVV) est égale à la moitié de celle en surface,
- A une profondeur de 52 mètres le VEMS est diminué de moitié.



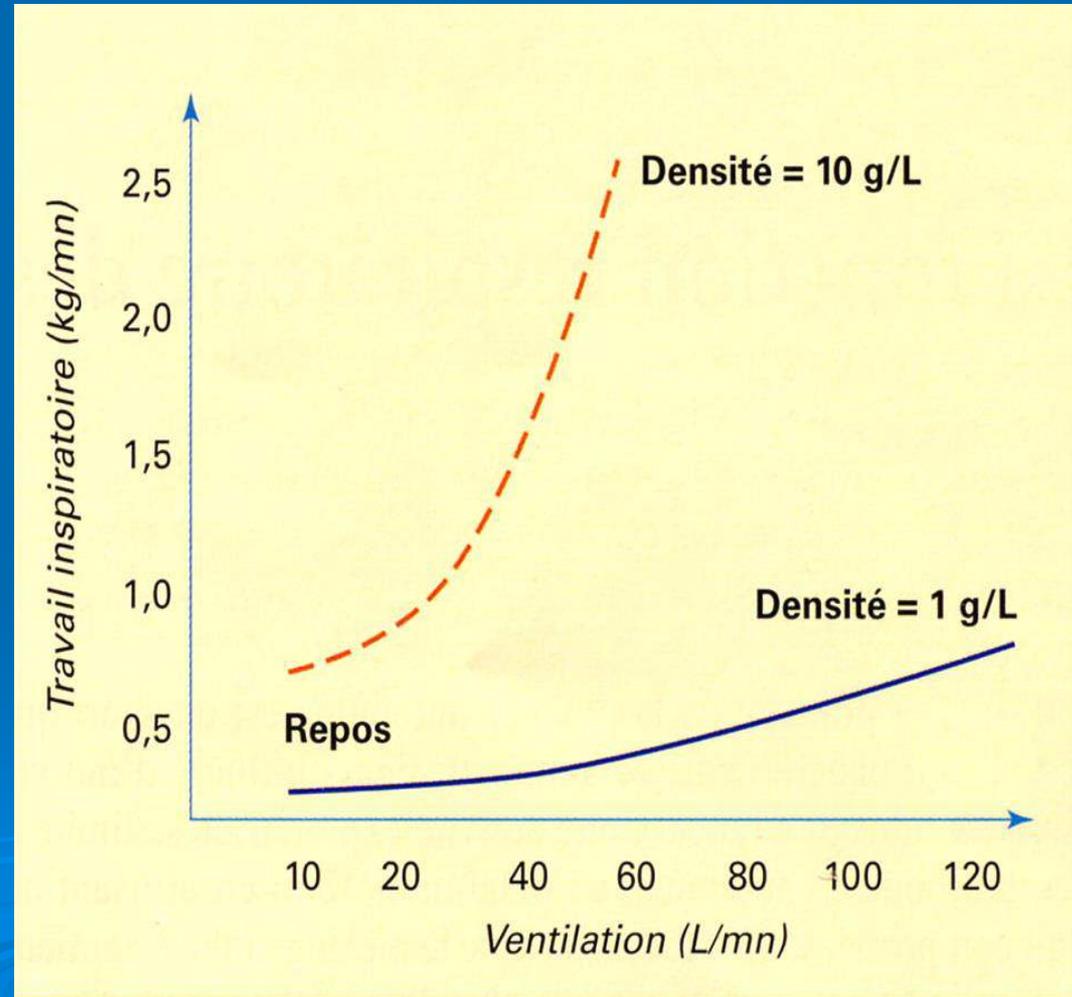
- **des sujets sains** présentent, en plongée, les mêmes débits ventilatoires que des sujets dits "**insuffisants respiratoires**".

Baisse des débits inspiratoires

- Les débits inspiratoires sont eux aussi diminués
- L'énergie dépensée par les muscles inspiratoires pour tenter de maintenir ces débits est importante,
 - la fatigue de ces muscles (en plongée) dépend de leur endurance.

Travail ventilatoire et profondeur

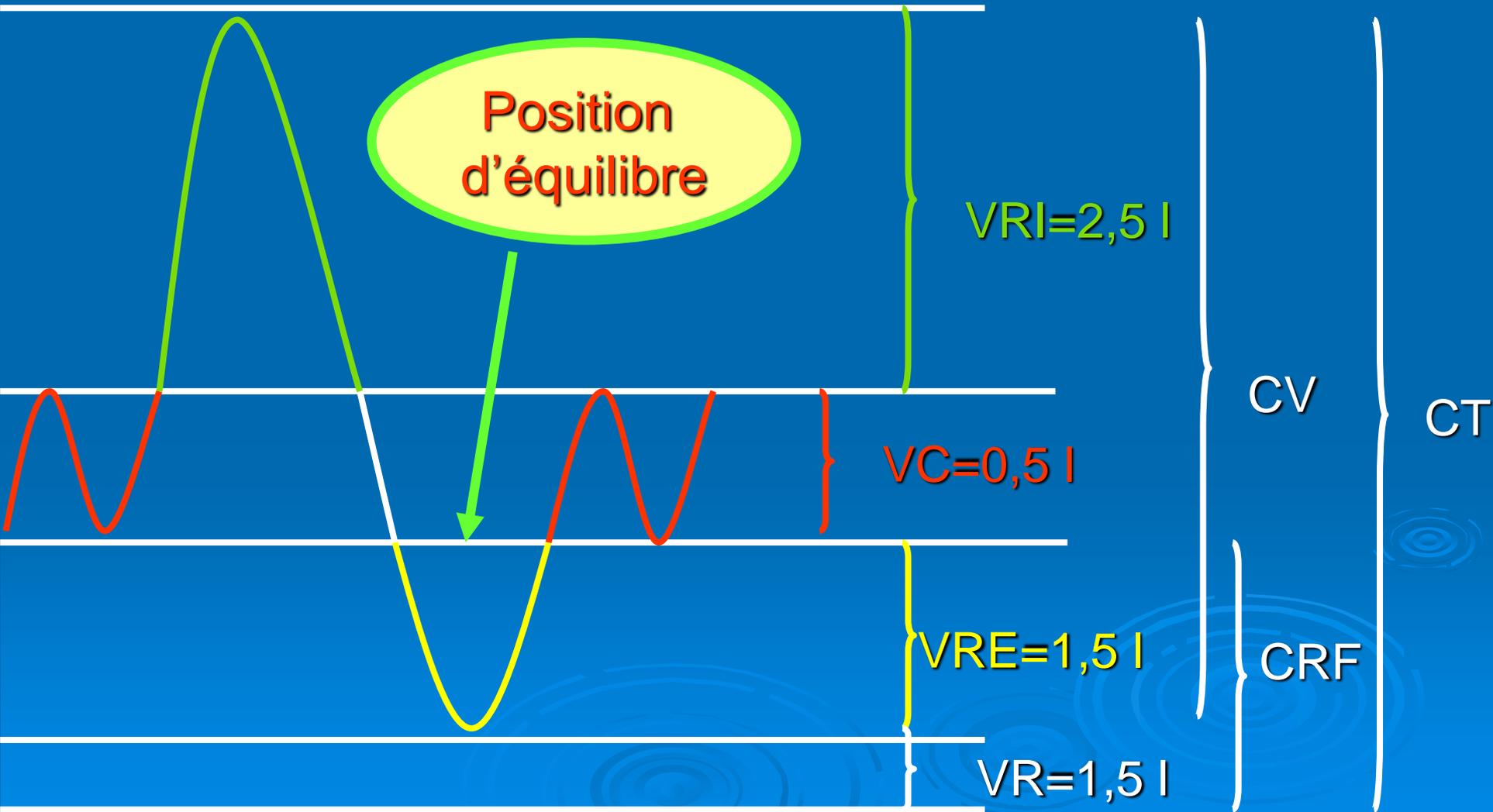
Le travail ventilatoire augmente avec la profondeur



Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

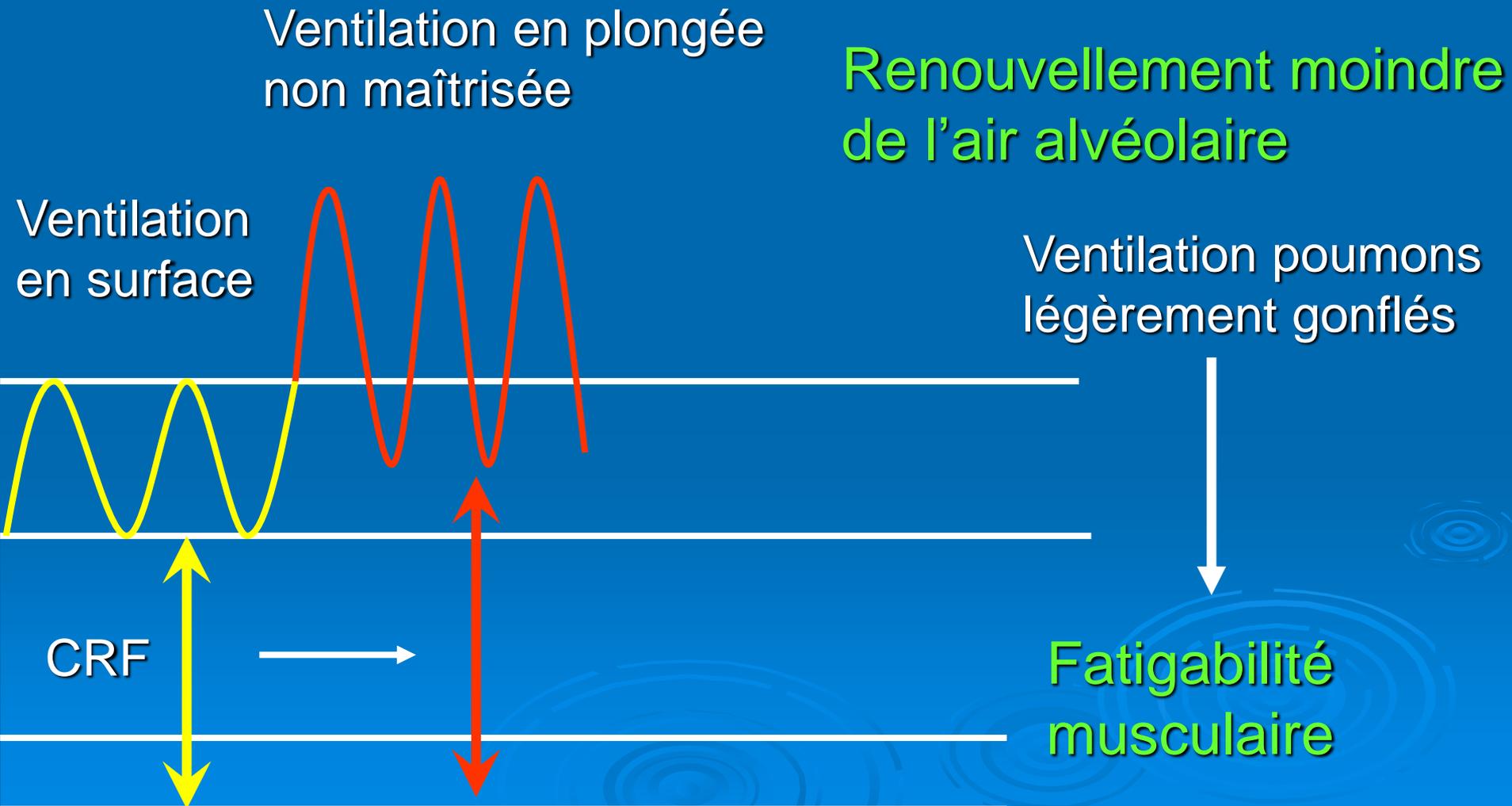
Les volumes pulmonaires



La Capacité Résiduelle Fonctionnelle

- égale à environ
 - 6 fois le volume courant,
 - environ 17 fois le volume d'air renouvelé
- permet de maintenir presque constante la composition du gaz alvéolaire.
 - Les variations à chaque inspiration et à chaque expiration sont négligeables

Modifications des volumes en plongée



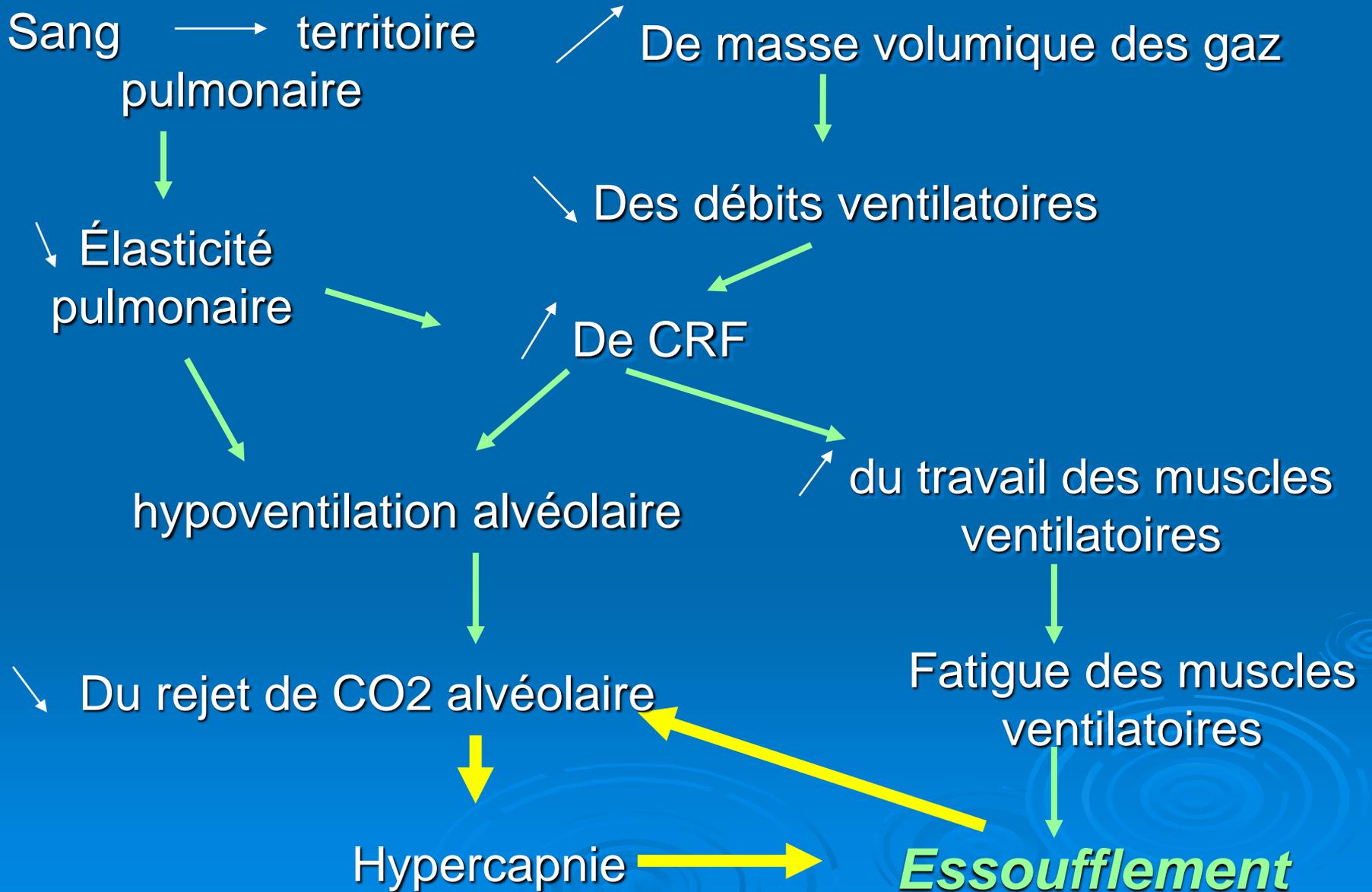
Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

Influence de la contre-pression externe

- Afflux sanguin dans le thorax(700ml)
- Le tissu pulmonaire est ainsi rendu moins "élastique"

Récapitulatif



Contraintes ventilatoires en plongée

Lutte contre le froid
Efforts
Stress

- Consommation accrue d'oxygène et production accrue de CO₂

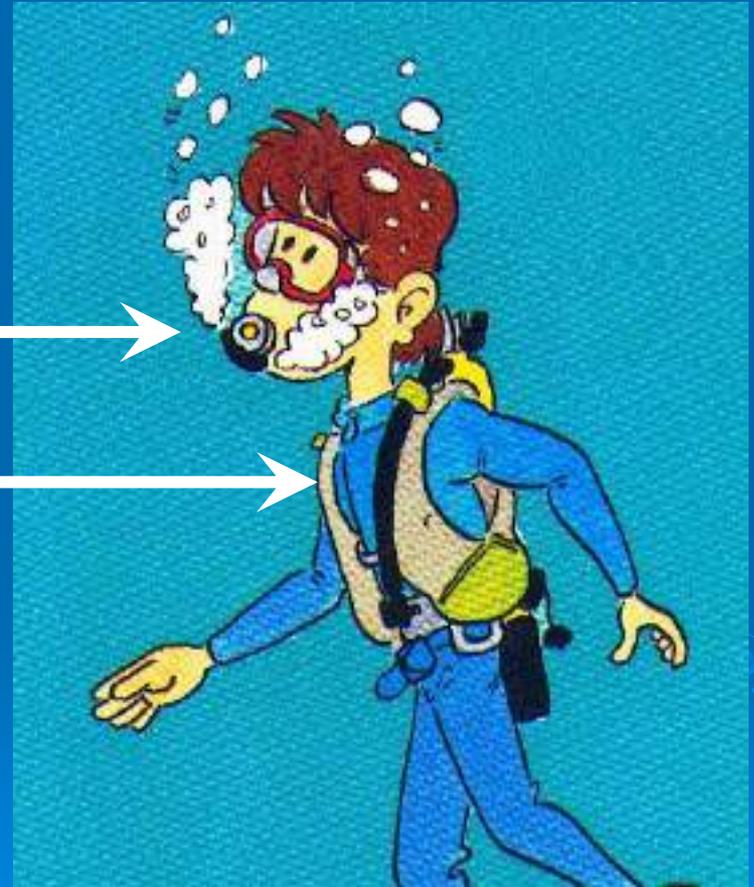
Différences de pression entre la bouche et les poumons

Point moyen thoracique

P



30 cm d'H₂O



Influence de la position de la tête

➤ *Tête en haut*

- La ventilation se fait en pression négative,
- Inspiration difficile,
- Diminution des volumes gazeux pulmonaires,
- A l'effort, fatigue musculaire du fait du travail inspiratoire,

➤ *Tête en bas*

- La ventilation se fait en pression positive
- Inspiration trop facile, expiration laborieuse,
- Augmentation des volumes gazeux,
- A l'effort, risque de fatigue du fait du travail expiratoire.

Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

Ventilation normale : $0,5l \times 16 = 8l/min$

Volume mort

Calcul de l'effet espace mort

Volume utile : $(0,5 - 0,15) \times 16 = 5,6l/min$

Ventilation + ample et + lente : $1l \times 8 = 8l/min$

Volume utile : $(1 - 0,15) \times 8 = 6,8l/min$

Avec tuba : $(0,5 - 0,15 - 0,15) \times 16 = 3,2l/min$

Volume du
tuba

Ventilation + lente et + ample : $(1 - 0,15 - 0,15) \times 8 = 5,6l/min$

Pour conserver une ventilation alvéolaire correcte :
modifier la ventilation, par augmentation du volume
courant (VT).

$$V_A = 0,7 \times 8 = 5,6 \text{ l/min}$$

$$V_A = 0,85 \times 8 = 6,8 \text{ l/min}$$

FR = 16

0,5l

0,15l

0,35l

0,15l

0,15l

0,2l

1l

5,6l

3,2l

0,15l

0,85l

0,15l

0,15l

0,7l

FR = 8

L

➤ E
p

➤ M

➤ A
C

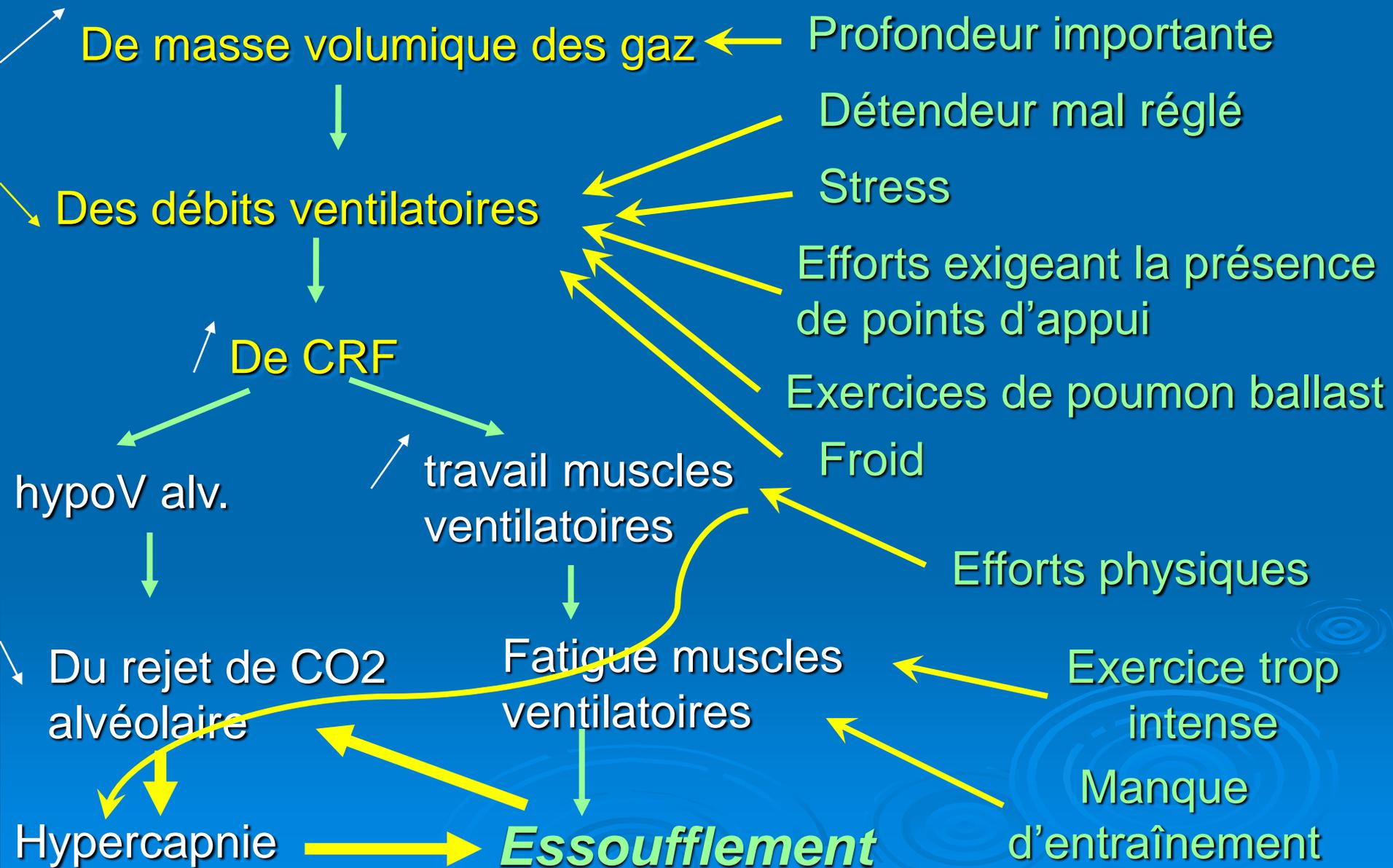


S

S



Facteurs favorisants



Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

Signes et Dangers

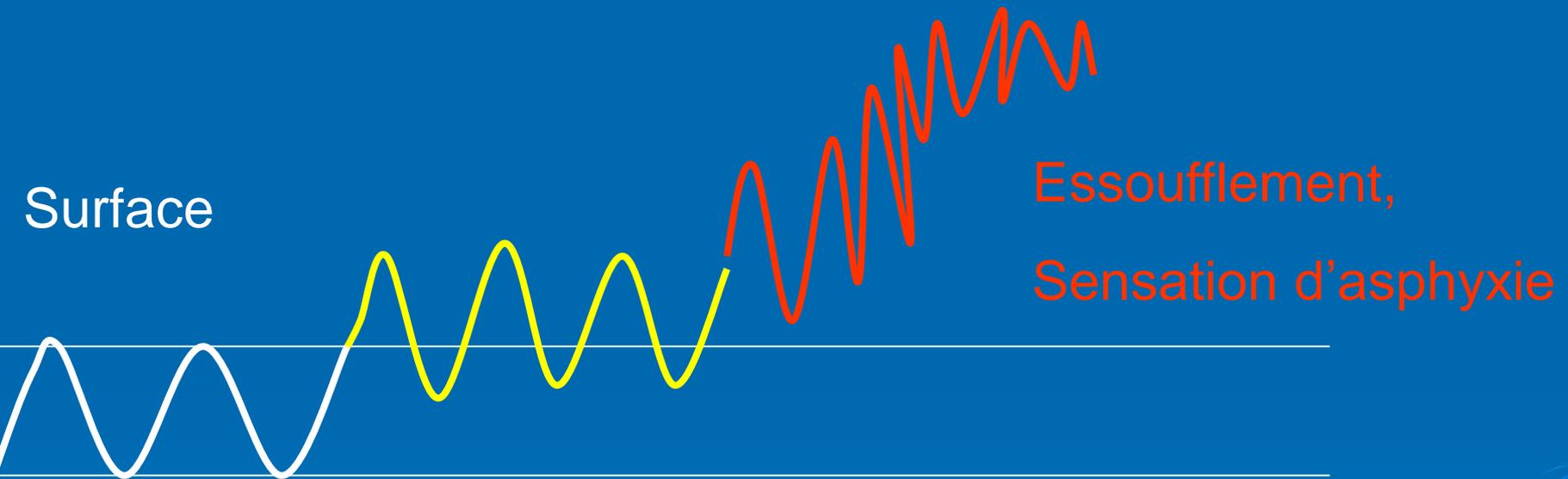
➤ Symptômes

- Sensation de manque d'air,
- accélération de la fréquence ventilatoire,
- sensation d'inefficacité
- tentative d'augmentation de l'inspiration.
- Au maximum, ventilation seulement de l'espace mort

➤ Conséquences

- Recherche d'air par tous les moyens :
 - remontée panique vers la surface,
 - arrachage du détendeur.

Évolution de la ventilation lors de l'essoufflement

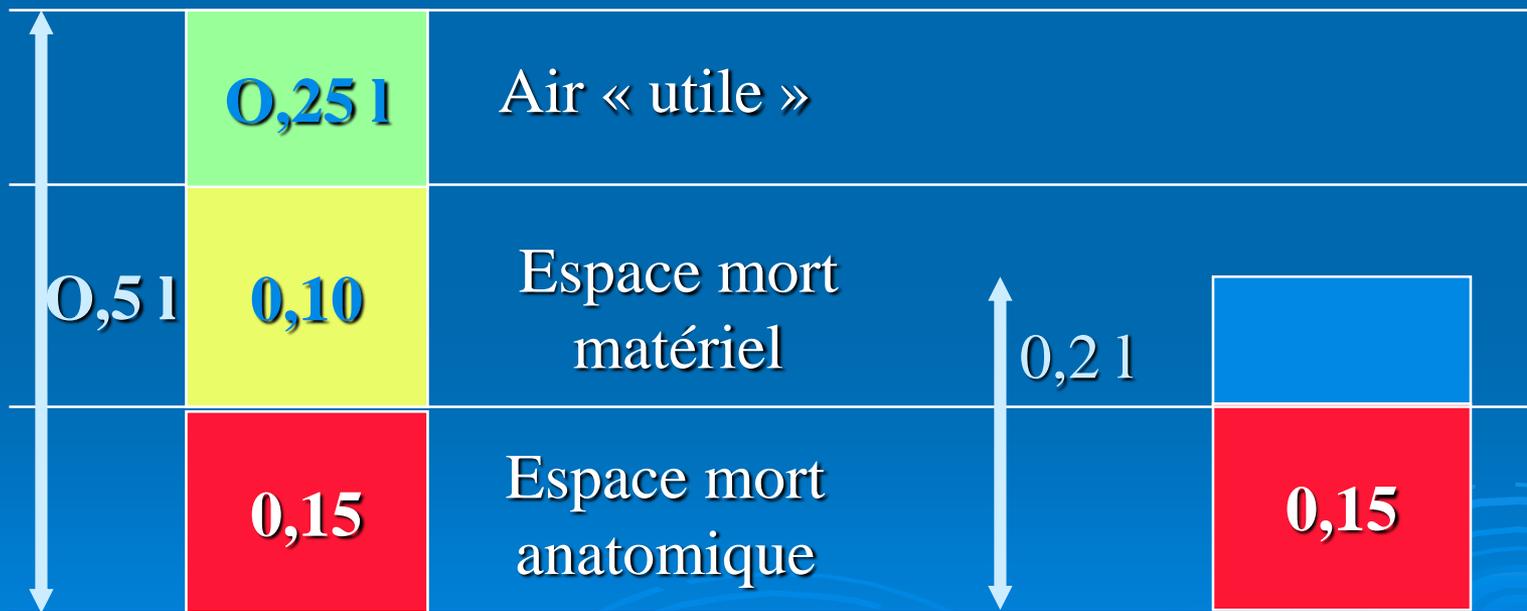


Surface

Essoufflement,
Sensation d'asphyxie

Plongée non
maîtrisée

Ventilation inefficace



Conséquences

Essoufflement

Panique

Hypoxie
Hypercapnie

Hypoventilation
alvéolaire

Absence
d'expiration

Inhalation
d'eau

Narcole

Echanges gazeux
perturbés

Surpression
pulmonaire

Noyade

Accident de
décompression



Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

Conduite à tenir

Remonter la victime le plus efficacement possible

- en la calmant
- en lui évitant tout effort.
- En se protégeant soi même (intervention de côté ou de dos)

Prévention

- Limiter les efforts
- Avoir du bon matériel
- Savoir s'équilibrer
- Apprendre à maîtriser sa ventilation
- Entraînement en endurance
- Lutte contre le froid
- Comportement du GP

Limiter les efforts

- Préparation calme
- Trajet limité en surface
- Descente calme et lente
- Déplacement économe au fond (technique)
- Ne jamais lutter contre le courant
 - Au besoin se servir de ses mains (inciter à vider son stab)
 - Main courante a poste avant la mise à l'eau

Matériel et stabilisation

- Détendeur de bonne qualité avec effort inspiratoire limité, pas d'obstacle à l'expiration
 - Régulièrement révisé et entretenu
- Lestage adapté
- Stabilisation maîtrisée
- S'aider du gilet lors des déplacements verticaux

Apprendre à maîtriser sa ventilation

- L'inspiration doit être plus profonde et plus

lente
Amplitude
augmentée

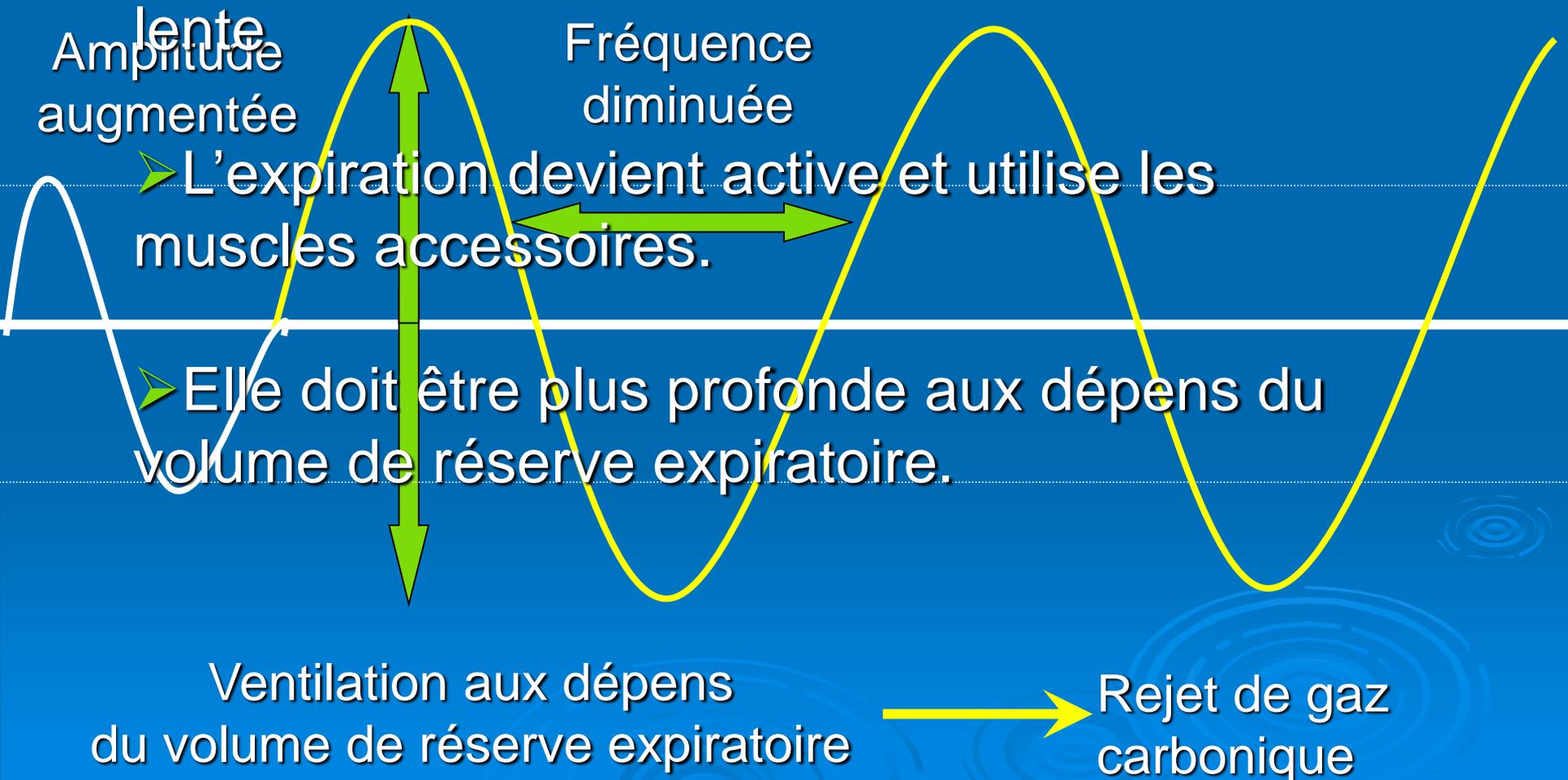
Fréquence
diminuée

- L'expiration devient active et utilise les muscles accessoires.

- Elle doit être plus profonde aux dépens du volume de réserve expiratoire.

Ventilation aux dépens
du volume de réserve expiratoire

Rejet de gaz
carbonique

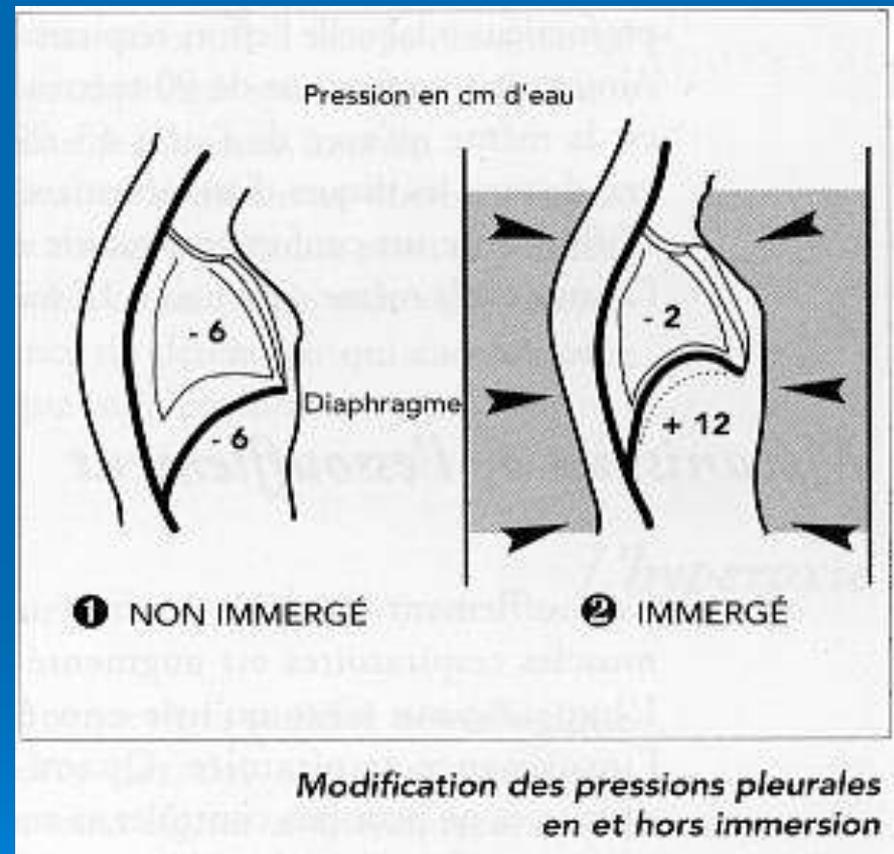


L'entraînement en endurance

- Par une pratique régulière
 - De toutes les activités physiques
 - De la ventilation contre résistance
 - plongée
 - Natation

Contraintes de l'immersion

- Pressions mesurées en fin d'expiration
- Gradient nul dans l'air
- Augmentation des pressions et des résistances à vaincre à l'inspiration



L'entraînement en endurance

- améliore :
 - le contrôle ventilatoire,
 - l'aptitude et la résistance à la fatigue des muscles respiratoires.
 - l'apprentissage.
 - de la perception des sensations liées au travail ventilatoire,
 - du contrôle du rythme ventilatoire.
- fatigue musculaire moindre pour des efforts respiratoires plus grands

Lutte contre le froid

- Combinaison adaptée
- Alimentation adaptée
 - Avant la plongée
 - Après la plongée



Comportement du guide de palanquée.

- Vérifier l'équipement et corriger
- Descente le long du mouillage en tournant le dos au fond
 - photo de la ventilation des plongeurs que l'on accompagne
 - appréhender toute accélération ou modification de celle-ci.
- Diminution des facteurs de stress.
 - Rassurer
 - Être présent et proche dans l'eau
- Donner un rythme adapté
- Palmer doucement
- Savoir s'orienter et éviter les longs trajets

Respecter une progressivité.

- Dans la profondeur
 - Dans les niveaux de stress
 - Dans les types de plongées
 - Dans l'autonomie
- 

Adaptations physiologiques du plongeur entraîné

- Adaptations progressives
 - Meilleure tolérance à l'hypercapnie
 - adaptations modulées des récepteurs et des centres nerveux aux informations reçues
- amélioration des volumes pulmonaires mesurés
- Échanges gazeux mieux adaptés

Plan

- Mécanique ventilatoire et analyse dynamique
- Baisse des débits
 - A l'effort (notion de volume de fermeture)
 - En hyperbarie
- Les volumes pulmonaires
- Contraintes ventilatoires dues au milieu
- Contraintes ventilatoires dues au matériel
 - Effet espace mort
 - ergonomie
- L'essoufflement et ses dangers
- Conduite à Tenir et Prévention
- Particularités chez l'enfant

La croissance chez de l'enfant

- Maturation pulmonaire : progressive tout au long de la croissance
 - Multiplication alvéolaire rapide jusqu'à 4 ans, puis ralentit et s'arrête à 8 ans
- Tissu élastique : peu abondant à la naissance
- Développement complet atteint que vers 18 ans.

Conséquences

- Résistances dynamiques à l'écoulement diminuent avec l'accroissement de la taille
- Résistances périphériques plus élevées → expiration plus longue que inspiration avant 7-8 ans..
- Travail Ventilatoire plus élevé que chez l'adulte pour un même effort.

Hypoxie physiologique du jeune

- Echanges gazeux perturbés, une partie des alvéoles ventilées n'est pas perfusée
- → tachypnée relative
 - respiration plus superficielle à niveau métabolique identique

Volume de fermeture

- Situé dans le volume courant avant 7 ans.
- Augmenté par la mise sous pression
 - Risque non négligeable de
Surpression Pulmonaire

FIN

Je vous remercie de votre attention

The background of the slide is a solid blue color. In the lower half, there are several faint, concentric circular ripples, similar to those created by a stone dropped in water, scattered across the bottom right area.