

PHYSIOLOGIE 2 : VENTILATION

GP N4 SAISON 2023/2024

VALÉRIE HEIDT

V.HEIDT@ORANGE.FR

• Pourquoi ce cours?

La compréhension des mécanismes de la ventilation :
Physiologie & les notions de ventilation
D'échanges gazeux

Appréhender l'adaptation de cette physiologie aux conditions d'hyperbarie suite à l'immersion

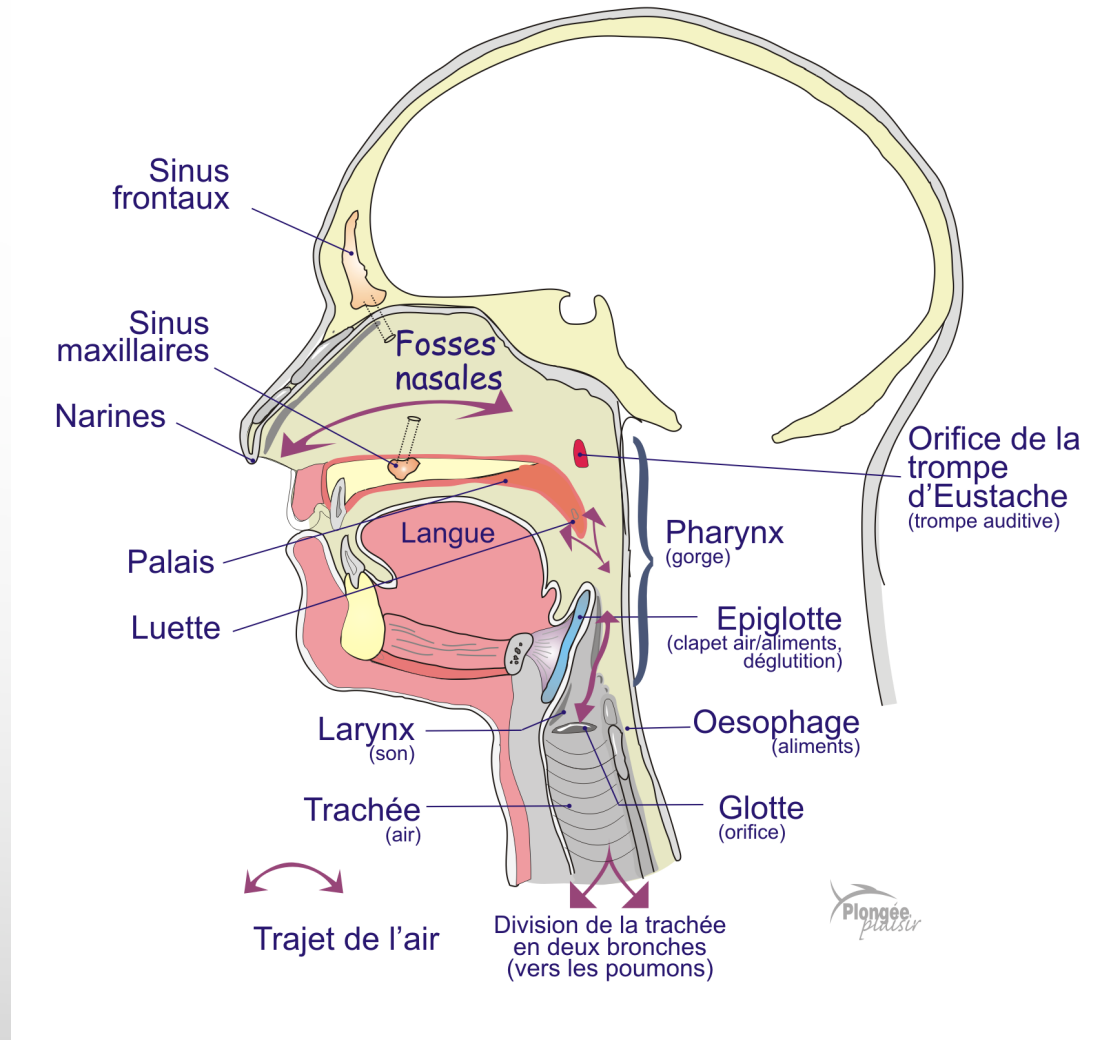
Comprendre, expliquer, prévenir et reconnaître les possibles complications ventilatoires liés à la pratique de la plongée

Adapter nos comportements en tant que plongeurs et **en tant qu'encadrants**

« La sécurité passe par une connaissance des phénomènes pour pouvoir anticiper les conséquences probables »

VOIES AÉRIENNES SUPÉRIEURES

- SONT COMPOSÉES PAR :
 - FOSSES NASALES
 - SINUS MAXILAIRES & FRONTAUX
 - PHARYNX
 - LARYNX
 - TRACHÉE
- L'AIR PÉNÈTRE DANS PAR LES FOSSES NASALES QUI FILTRENT, RÉCHAUFFENT ET HUMIDIFIENT L'AIR INSPIRÉ
- LE PHARYNX ET LE LARYNX CONDUISENT L'AIR À LA TRACHÉE ET À L'ARBRE BRONCHIQUE
 - NE PARTICIPENT PAS AUX ÉCHANGES GAZEUX, SONT UNE DES COMPOSANTES DE L'ESPACE MORT ANATOMIQUE

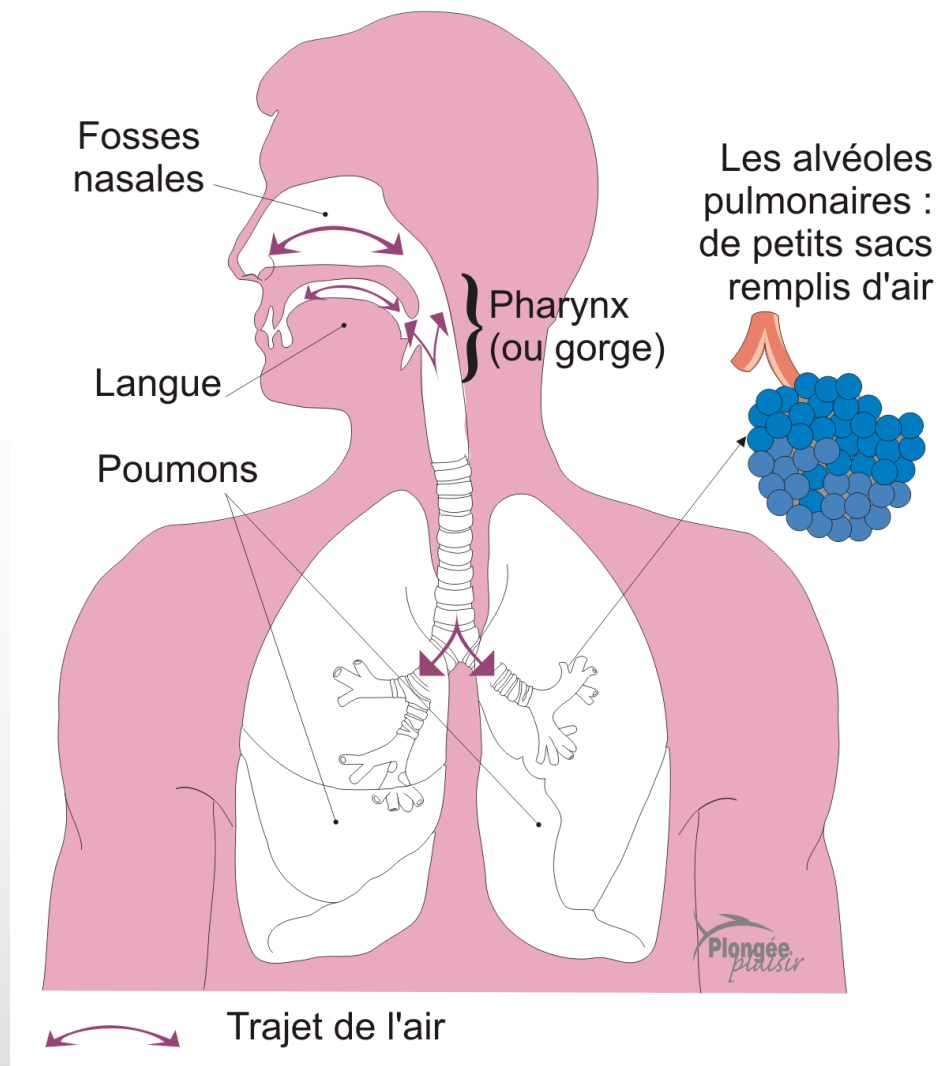


VOIES AÉRIENNES SUPÉRIEURES

- EN PLONGÉE :
 - L'INSPIRATION NE SE FAIT QUE PAR LA BOUCHE
 - L'AIR N'EST NI FILTRÉ NI RÉCHAUFFÉ, NI HUMIDIFIÉ PAR LA MUQUEUSE NASALE.
 - L'AIR DE NOTRE BLOC EST UN AIR FILTRE ET SEC.
 - REFROIDISSEMENT
 - DÉSHYDRATION
 - SENSATION DE BOUCHE SÈCHE

VOIES AÉRIENNES INFÉRIEURES

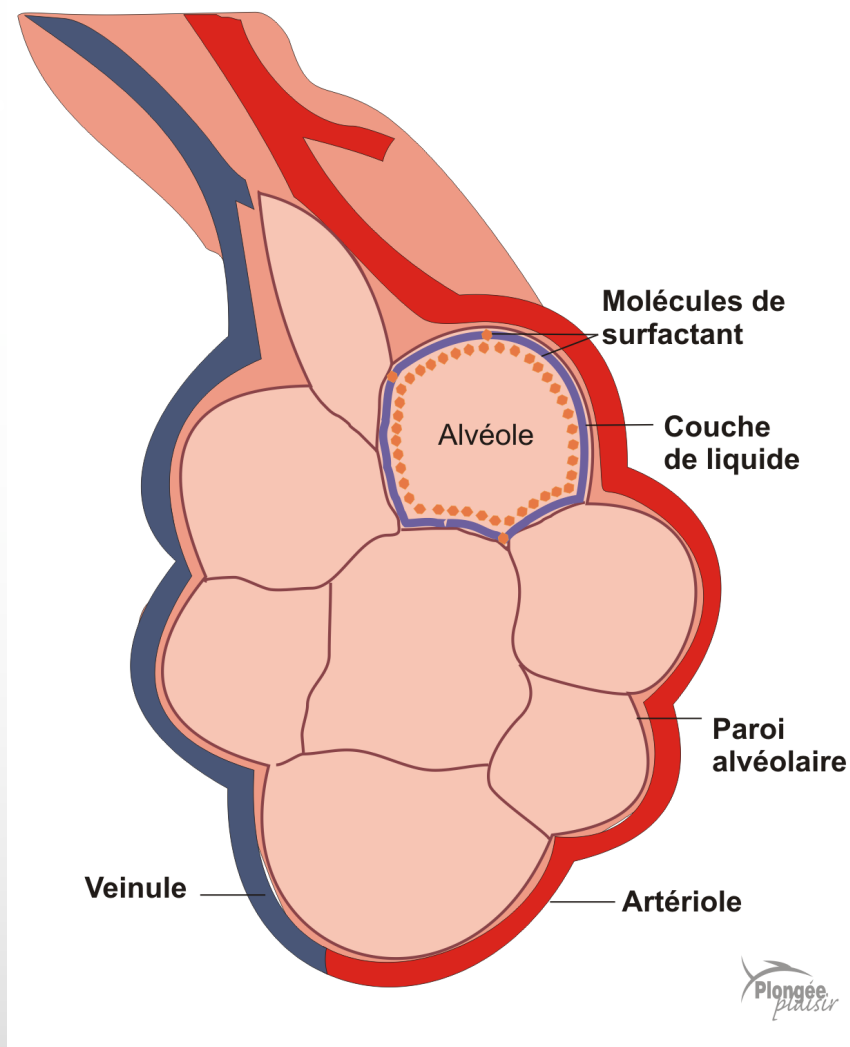
- SONT COMPOSÉES PAR :
 - PARTIE INFÉRIEURE DE LA TRACHÉE
 - BRONCHES SOUCHES 1,2 CM
 - BRONCHES DE PLUS EN PLUS PETITES
 - BRONCHIOLES 0,5 MM
 - ALVÉOLES
- LA TRACHÉE QUI SE DIVISE EN DEUX BRONCHES, DROITE ET GAUCHE, QUI PÉNÈTRENT DANS LES POUMONS PAR LE HILE
- CHAQUE BRANCHE SE DIVISE EN DEUX POUR FORMER DES BRANCHE DE PLUS EN PLUS PETITES JUSQU'AU BRONCHIOLES QUI CONDUISENT AUX ALVÉOLES
- LA TRACHÉE ET LES BRONCHES NE PARTICIPENT PAS AUX ÉCHANGES GAZEUX COMPLÈTENT L'ESPACE MORT ANATOMIQUE



LES ALVÉOLES

L'ARBRE BRONCHIQUE SE TERMINE PAR LES SACS ALVÉOLAIRES QUI SONT CONSTITUÉS PAR UN ENSEMBLE D'ALVÉOLES

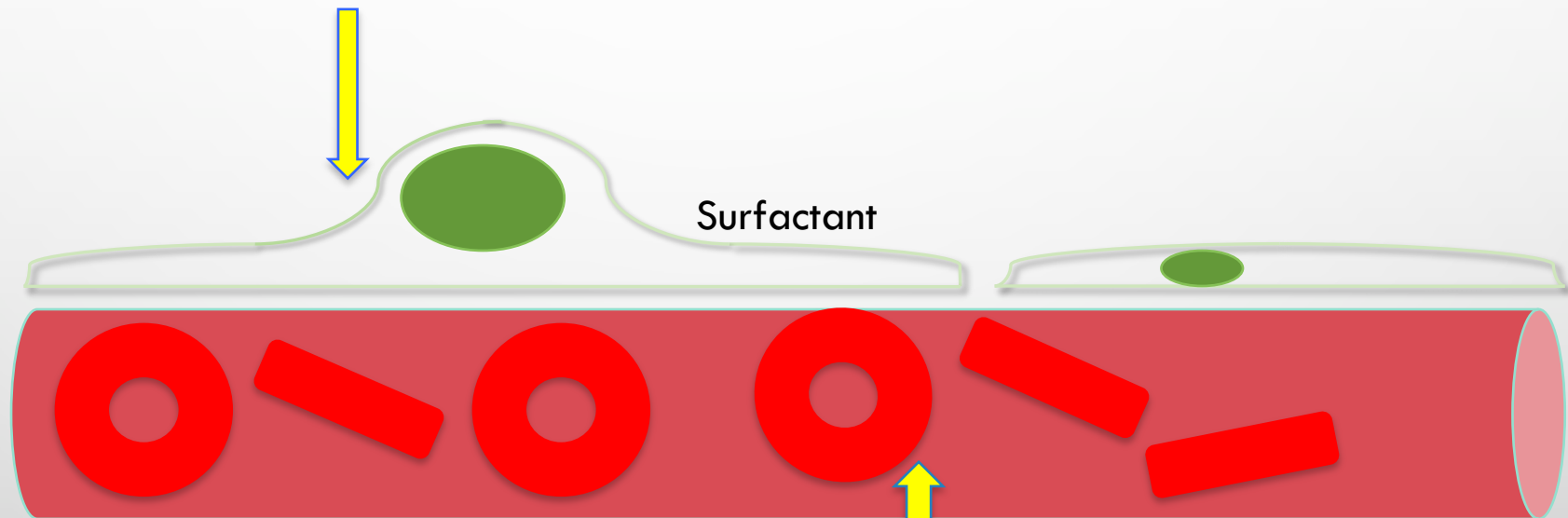
- PETITS SACS D'AIR
- EN CONTACT AVEC LES CAPILLAIRES SANGUINS, C'EST LE SIÈGE DES ÉCHANGES GAZEUX (O₂, CO₂, N₂)
- ET DE SURFACTANT (TENSIO-ACTIF) EMPÊCHANT LEUR AFFAISSEMENT
- RÔLE FONDAMENTAL DE LA MEMBRANE ALVÉOLO-CAPILLAIRE



MEMBRANE ALVÉOLO-CAPILLAIRE

Alvéole

Cellule pulmonaire = Pneumocyte



Capillaire pulmonaire

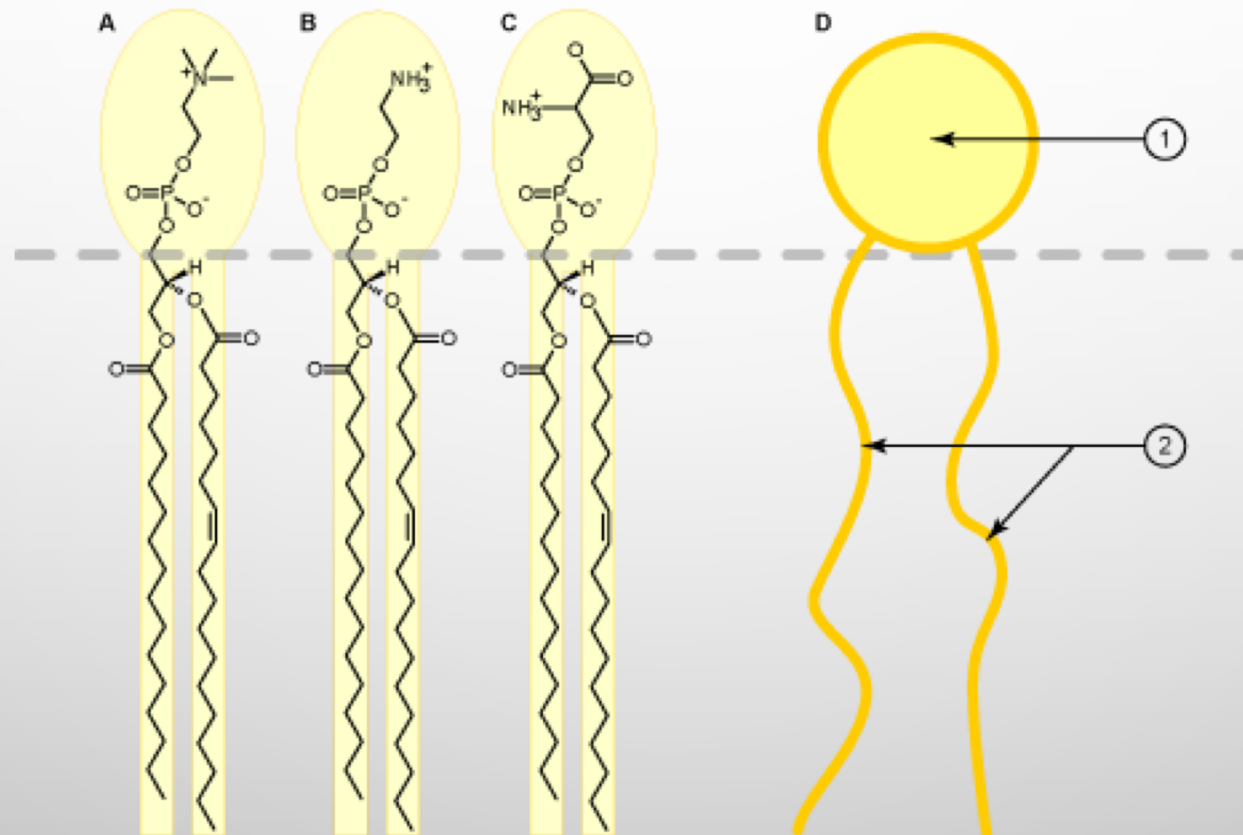
Globules rouges

PNEUMOCYTE

- LA PAROI DE LA CELLULE PULMONAIRE OU PNEUMOCYTE EN CONTACT AVEC L'AIR ALVÉOLAIRE EST RECOUVERTE DE **SURFACTANT**.
- C'EST UN AGENT CHIMIQUE QUI MODIFIE LA SURFACE ET PERMET UNE INTERFACE AIR – LIQUIDE.
- EN DIMINUANT LA TENSION SUPERFICIELLE.
- LE SURFACTANT EST UN AGENT CHIMIQUE TRÈS COMPLEXE SÉCRÉTÉ PAR CERTAINS PNEUMOCYTES.

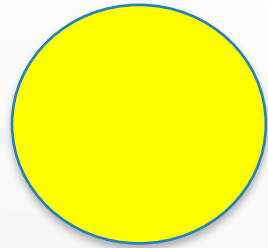
SURFACTANT

- MATÉRIAU COMPLEXE, COMPOSÉ DE PROTÉINES, DE LIPIDES ET DE PHOSPHOLIPIDES



SURFACTANT

- COMPORTE UNE PARTIE QUI AIME LES LIQUIDES



- ET UNE PARTIE QUI AIME L'AIR

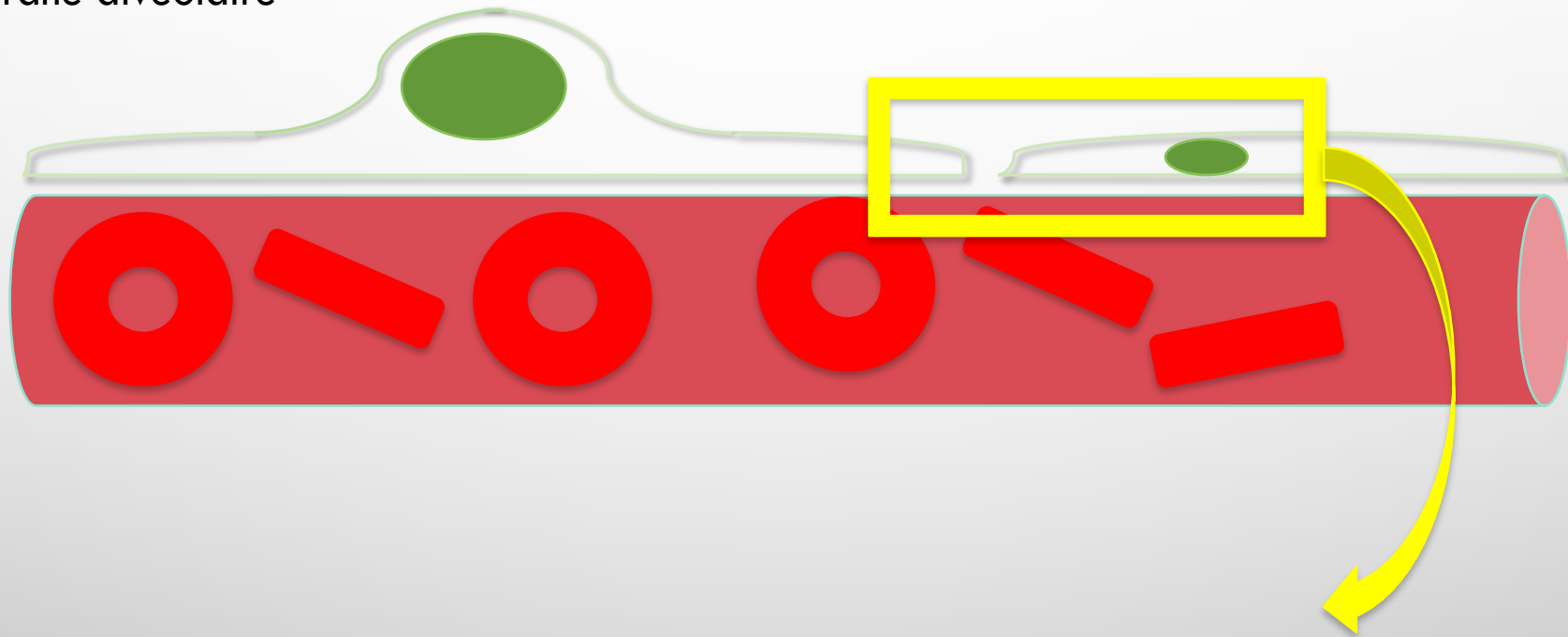


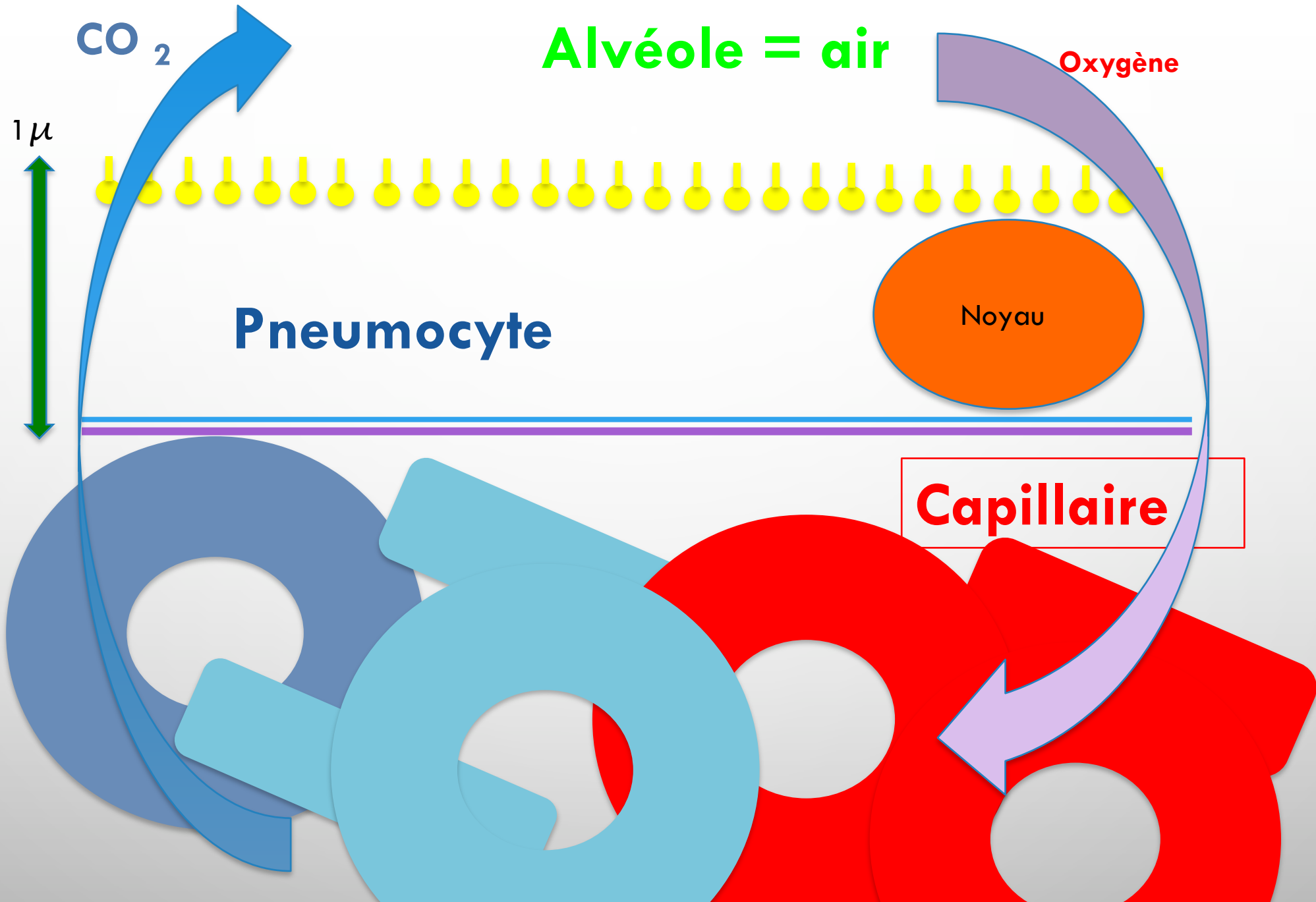
RÔLE DU SURFACTANT

- ABAISSER LA TENSION SUPERFICIELLE AU NIVEAU DU PNEUMOCYTE
- PERMETTRE À L'ALVÉOLE DE SE MAINTENIR OUVERTE (ÉVITER À L'ALVÉOLE DE SE COLLABER)
- RÔLE ANTI-INFECTIEUX

FOCUS SUR LA MEMBRANE ALVEOLO-CAPILAIRE

Membrane alvéolaire

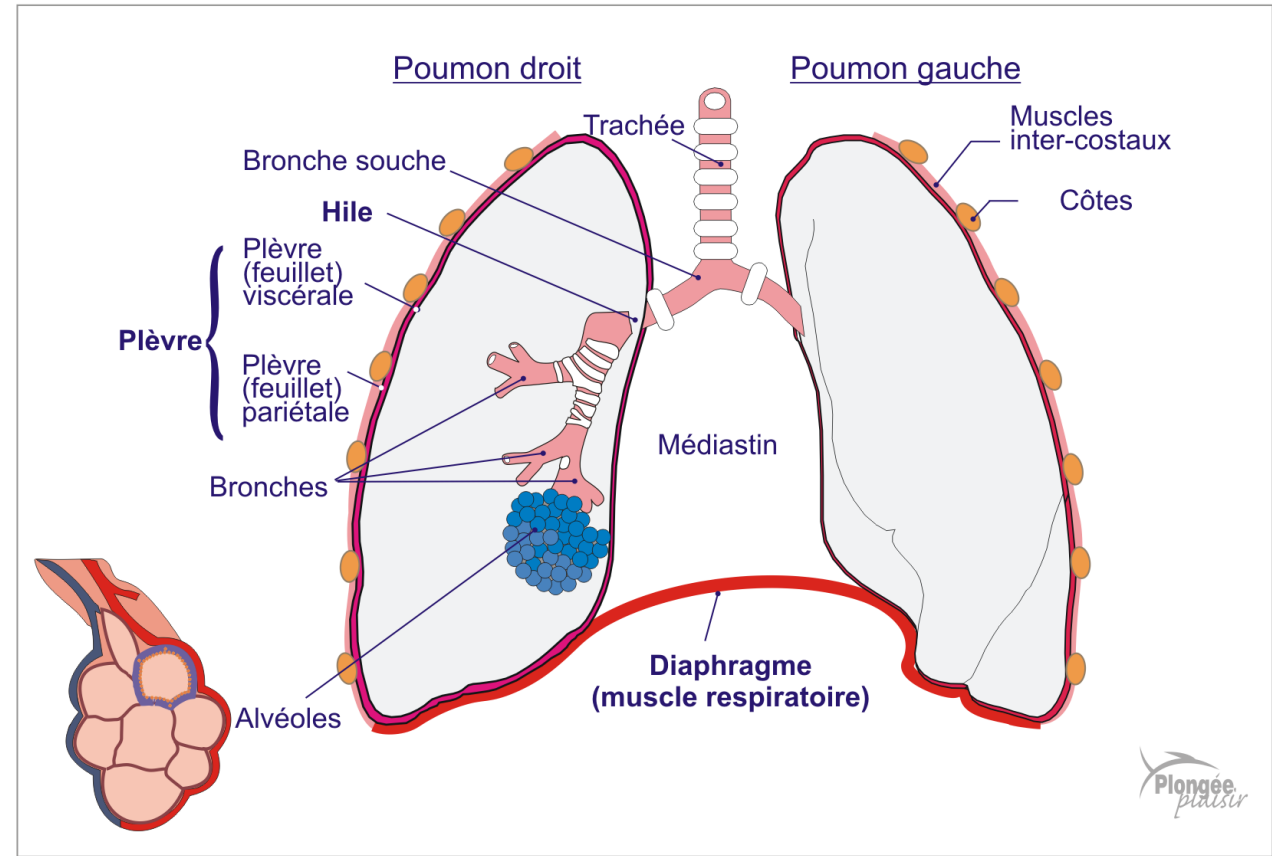




L'APPAREIL RESPIRATOIRE

PROTÉGÉS PAR LES CÔTES, LES POUMONS SONT RECOUVERT PAR LA PLÈVRE

- LA PLÈVRE EST CONSTITUÉE DE 2 FEUILLETS :
- LE FEUILLET INTERNE EST « COLLÉ » AU POUMON
 - FEUILLET VISCÉRAL, COLLÉ AU VISCÈRE, C'EST-À-DIRE AU POUMON
- LE FEUILLET EXTERNE EST « COLLÉ » À LA CAGE THORACIQUE, AU MÉDIASTIN ET AU DIAPHRAGME
 - FEUILLET PARIÉTAL, COLLÉ À LA PAROI



LE « VIDE » PLEURAL ÉLÉMENT MOTEUR DU POUMON

- LA PLÈVRE VISCÉRALE EST COLLÉE AU POUMON
- ET LA PLÈVRE PARIÉTALE À LA PAROI
- ENTRE LES DEUX FEUILLETS DE LA PLÈVRE, IL Y A DU « VIDE »
 - IMAGINEZ UN ALIMENT EMBALLÉ SOUS VIDE
 - LE FILM D'EMBALLAGE EST LITTÉRALEMENT COLLÉ À L'ALIMENT
- SI VOUS TIREZ SUR LE FILM, L'ALIMENT EMBALLÉ SUIV EXACTEMENT LE MOUVEMENT,
- C'EST AINSI QUE LE POUMON SUIV LES MOUVEMENTS DE LA CAGE THORACIQUE !
- UNE TOUTE PETITE QUANTITÉ DE LUBRIFIANT PERMET LE GLISSEMENT DES 2 FEUILLETS LES UNS SUR LES AUTRES

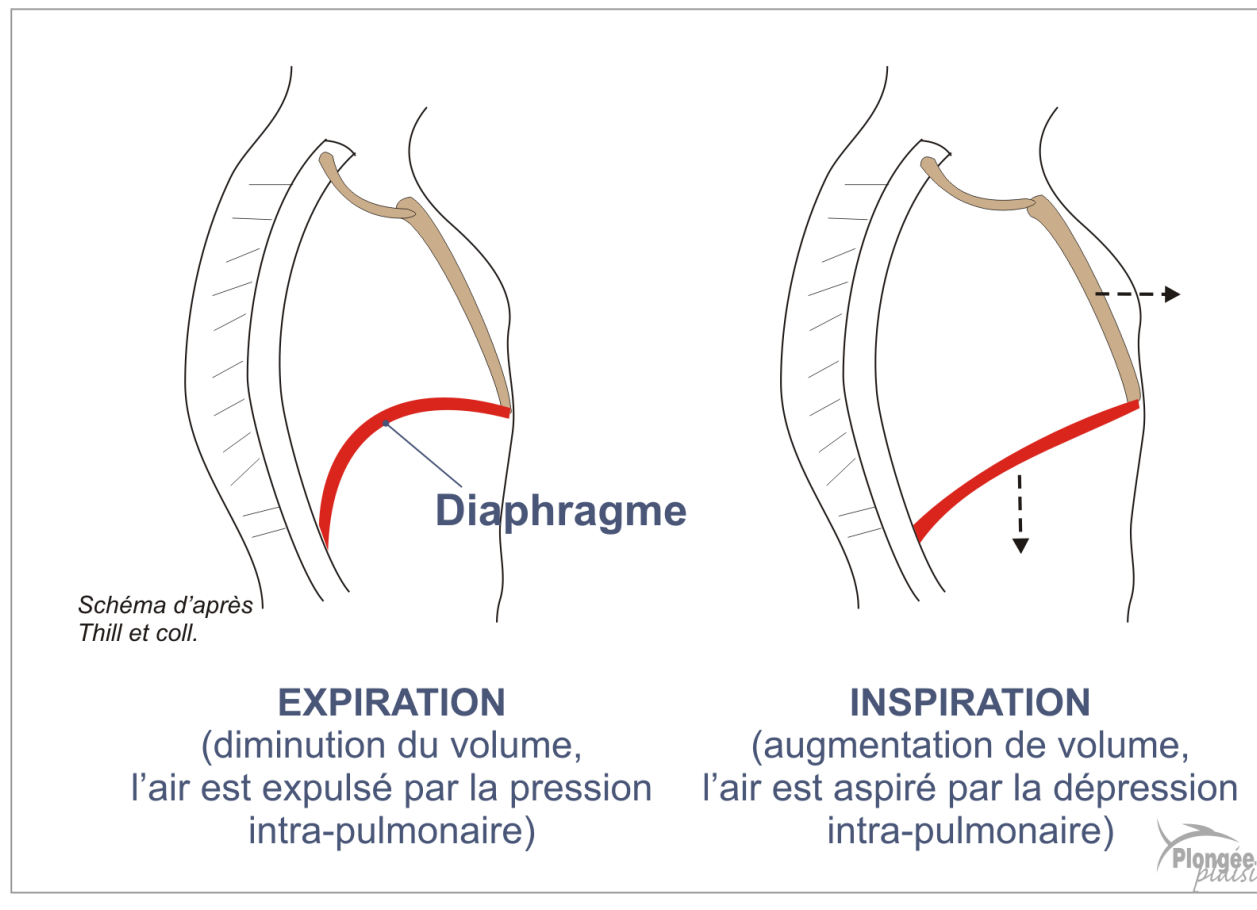
LE « VIDE » PLEURAL ÉLÉMENT MOTEUR DU POUMON

- SI VOUS PERCEZ LE FILM, IL VA SE DÉCOLLER DE L'ALIMENT
- SI LA PLÈVRE EST PERCÉE, DE L'AIR VA SE METTRE ENTRE SES 2 FEUILLETS,
- DANS CE CAS :
 - LES MOUVEMENTS DE LA CAGE THORACIQUE N'ENTRAÎNENT PLUS LE POUMON
 - C'EST UN **PNEUMOTHORAX**
 - QUE NOUS ALLONS VOIR UN PEU PLUS LOIN

LE DIAPHRAGME

PRINCIPAL MUSCLE DE LA VENTILATION

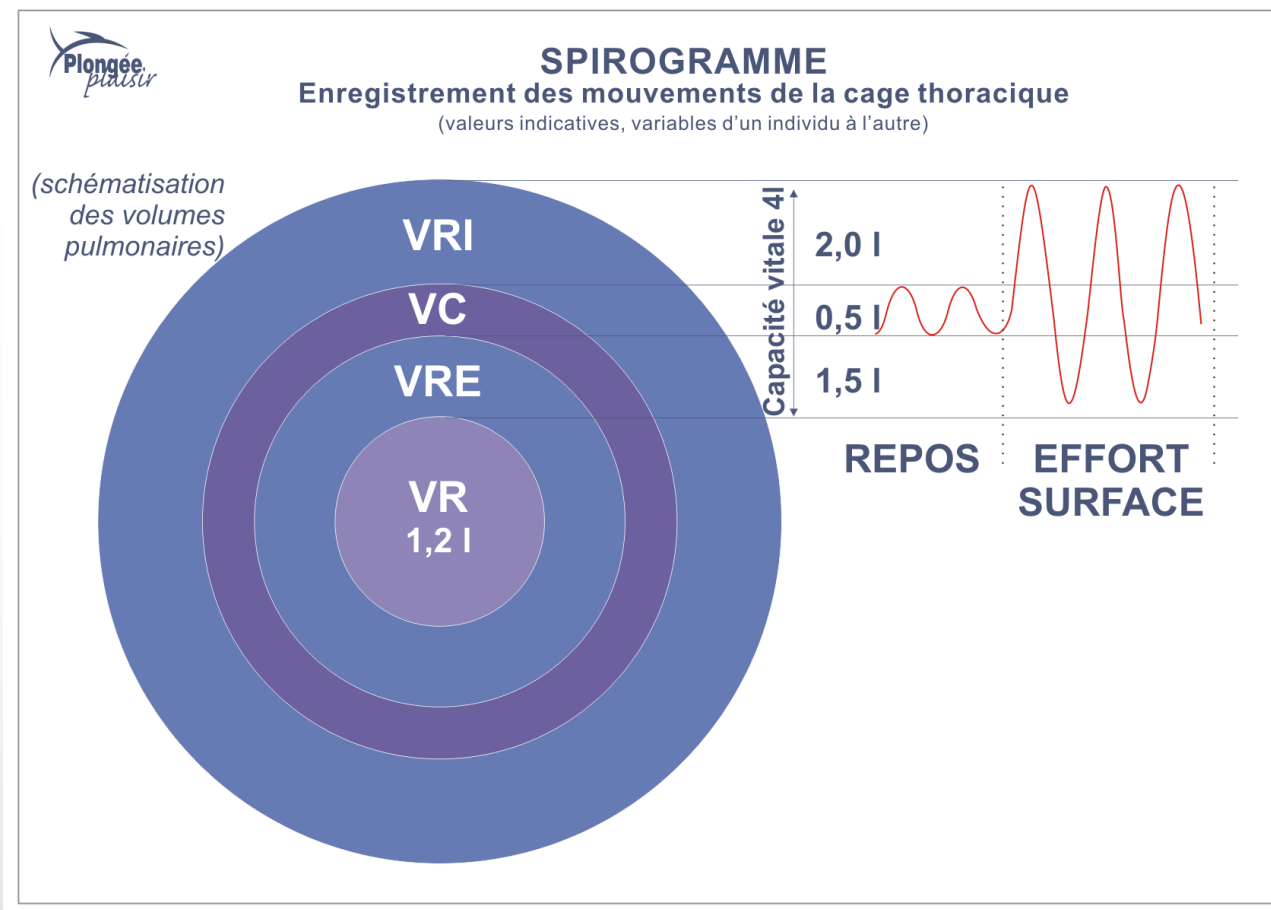
- A L'INSPIRATION: IL S'ABAISSÉ, LES MUSCLES DES CÔTES SE CONTRACTENT, CRÉANT UNE AUGMENTATION DU VOLUME DE LA CAGE THORACIQUE
- LA PRESSION D'AIR DANS LE POUMONS BAISSE CRÉANT UNE DÉPRESSION
- L'AIR S'ENGOUFFRE, C'EST UNE PHASE ACTIVE
- A L'EXPIRATION : LE DIAPHRAGME ET LES MUSCLES DES CÔTES SE RELÂCHENT, LE VOLUME THORACIQUE DIMINUE CE QUI AUGMENT LA PRESSION, EXPULSION L'AIR VERS L'EXTÉRIEUR
- C'EST UNE PHASE PASSIVE
- A L'EFFORT, L'EXPIRATION DEVIENT ACTIVE GRÂCE AUX MUSCLES INTERCOSTAUX



VOLUMES VENTILATOIRES

EN SURFACE UN ADULTE INSPIRE ET EXPIRE 0,5L
D'AIR (VC VOLUME COURANT)

- ESPACE MORT ANATOMIQUE : 0,150 L, SEULS 0,350L PARTICIPENT AUX ÉCHANGES ALVÉOLAIRES
- FRÉQUENCE 15 À 20 MOUVEMENTS/MIN
- DÉBIT: 7,5 À 10L/MIN
- VENTILATION FORCÉE : MOBILISATION DU VOLUME DE RÉSERVE INSPIRATOIRE VRI (2L) + VOLUME DE RÉSERVE EXPIRATOIRE VRE (1,5L)
- CAPACITÉ VITALE : VC+VRI+ VRE DE 3,5 À 4,5L
- CAPACITÉ TOTALE : 5.2L
- VOLUME RÉSIDUEL VR VOLUME NON MOBILISABLE (1,2 L)
- VRI ET VRE TRÈS MOBILISÉS EN PLONGÉE : POUMON-BALLAST



MODIFICATIONS VENTILATOIRES EN PLONGÉE

- ↗ P AMBIANTE
- ↗ MASSE VOLUMIQUE DES GAZ (AIR)
 - À 40 M = $1,29 \times 5 = 6,45$ G/L
- ↗ RÉSISTANCE À L'ÉCOULEMENT DE L'AIR
 - À 30 M, EN CAISSON, RÉSISTANCES X 1,7 !
- **RÉSISTANCES EXPIRATOIRES > RÉSISTANCES INSPIRATOIRES**
- VEMS ↘ 50% À 52 MÈTRES
 - SOIT LE STATUT D'INSUFFISANT RESPIRATOIRE SÉVÈRE
 - EN ALD !
 - CECI FAVORISE ÉVIDEMMENT L'ESSOUFFLEMENT ! IL SERA VU APRÈS

DIFFICULTÉS SURTOUT EXPIRATOIRES

- LES RÉSISTANCES EXPIRATOIRES AVEC LA PROFONDEUR ↗ PLUS QUE LES RÉSISTANCES INSPIRATOIRES
- VENTILATION POUMON GONFLÉ
 - ↗ EFFORT
 - MUSCLES MOINS PUISSANTS
 - MUSCLES PLUS FATIGABLES

TRAVAIL RESPIRATOIRE

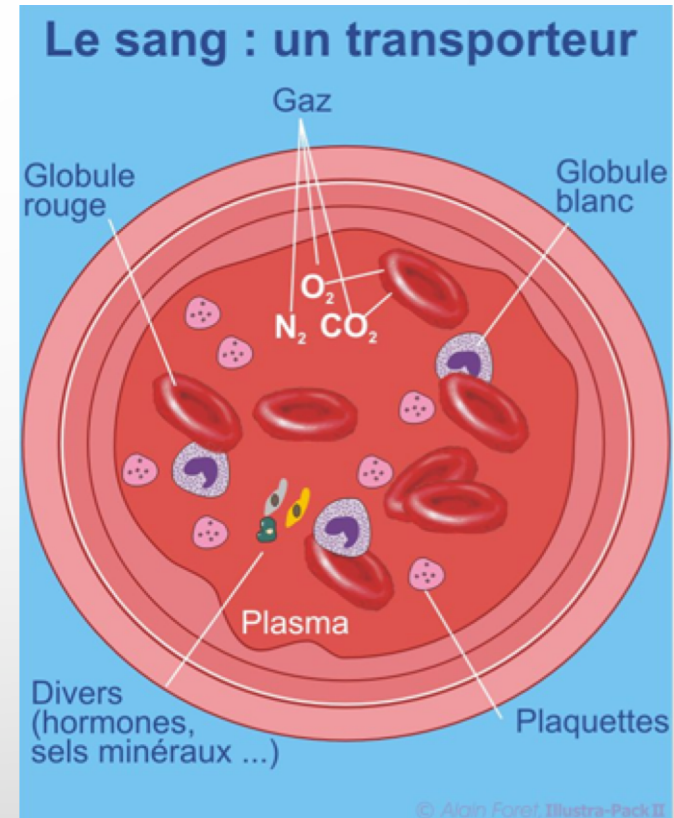
- ↗ AVEC LA PROFONDEUR
- L'ÉNERGIE DÉPENSÉE ↗↗
- ↗ DE LA PRODUCTION DE CO₂
- ↗ DU RISQUE D'ESSOUFFLEMENT

AUTRES ASPECTS

- INFLUENCE DU MATÉRIEL
 - DÉTENDEUR PLUS DUR
 - RECYCLEUR IDEM
- GÊNE INDUITE PAR LA COMBINAISON
- DENSITÉ DE L'EAU ET PRESSION EXERCÉE SUR LA CAGE THORACIQUE

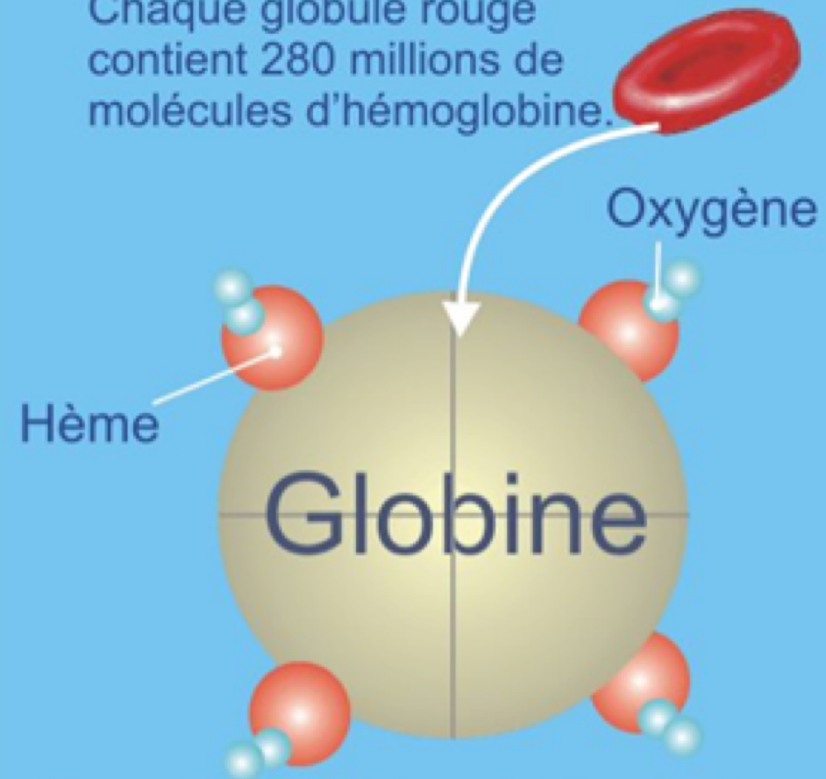
TRANSPORT DES GAZ : LE SANG = TRANSPORTEUR

- LES GLOBULES ROUGES
 - TRANSPORT DE L' OXYGÈNE
 - FIXÉ SUR L' HÉMOGLOBINE
- LES PLAQUETTES
 - RÔLE DANS LA COAGULATION
- LES GLOBULES BLANCS
 - RÔLE DANS LA DÉFENSE DE L' ORGANISME CONTRE LES INFECTIONS.
- LE PLASMA
 - RÔLE DANS LE TRANSPORT DES NUTRIMENTS, VITAMINES, SUCRE,



Molécule d'hémoglobine

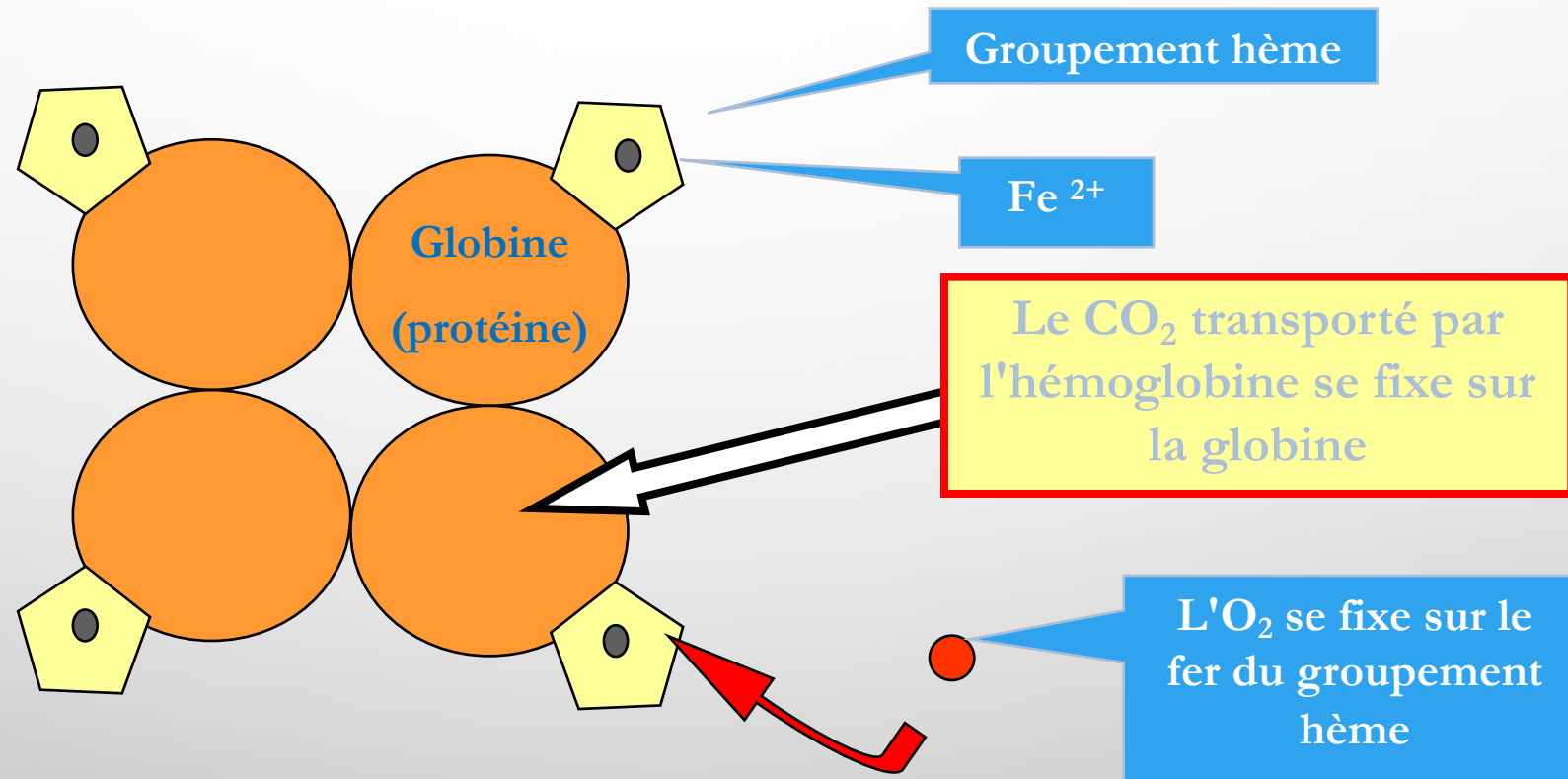
Chaque globule rouge contient 280 millions de molécules d'hémoglobine.



Une molécule d'hémoglobine : 4 hèmes (fer) fixent l'oxygène.

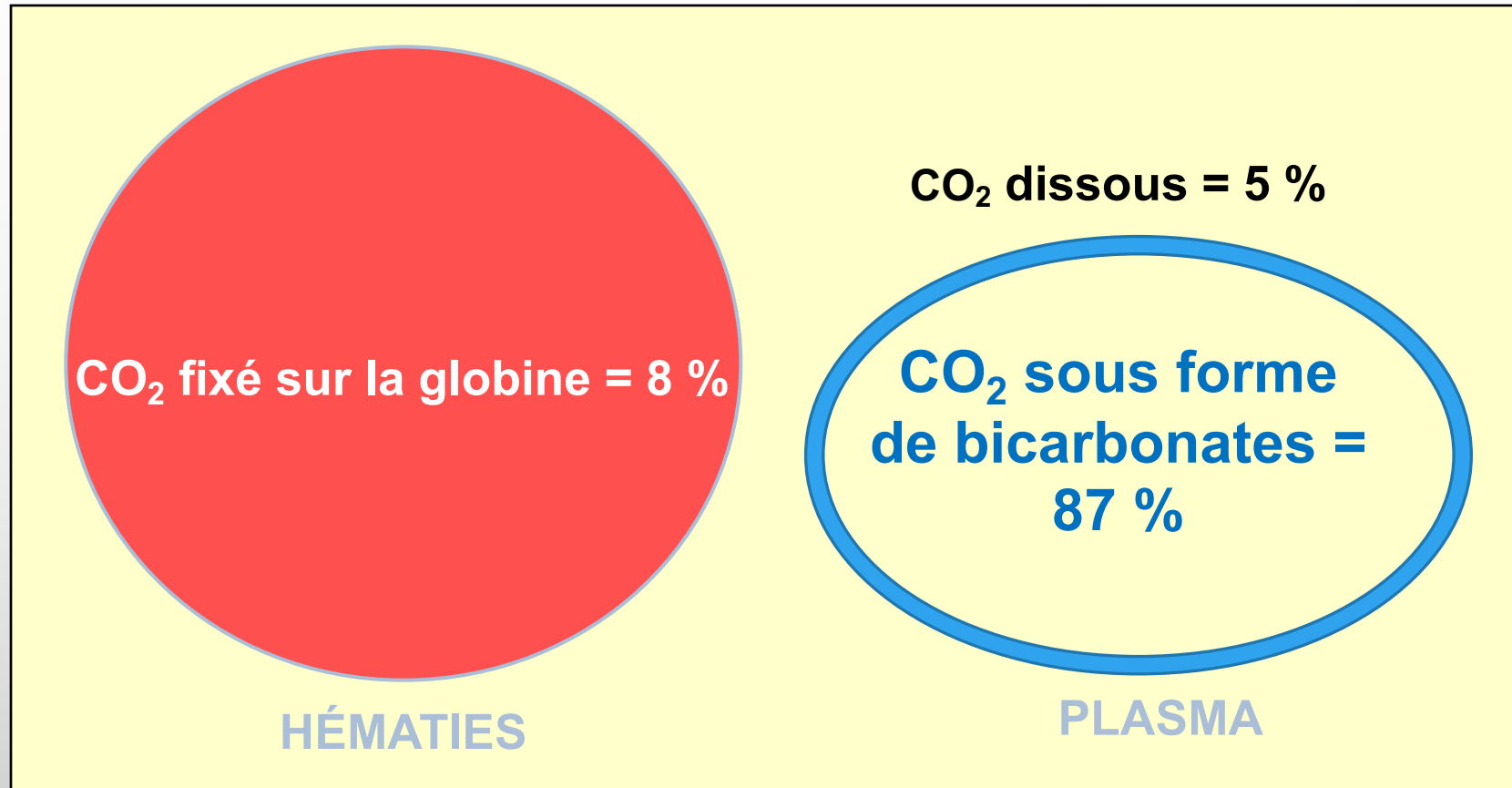
TRANSPORT DE L' OXYGÈNE

- 98 % est transporté par les molécules d'hémoglobine contenues dans les globules rouges
- 2% est transporté sous forme dissoute dans le plasma : cette fraction augmente en immersion



(d'après Claude Duboc IN)

Transport du CO₂



(d'après Claude Duboc IN)

ET L' AZOTE ?

- A PRESSION CONSTANTE :
 - PRESSION PARTIELLE (ALVÉOLE)
 - TENSION D' AZOTE (SANG ET TISSUS)



ÉQUIVALENTES

- DONC PAS DE GRADIENT → PEU D' ÉCHANGES
 - (CE QUI RENTRE EST ÉGAL À CE QUI SORT)

- LORSQUE LA PRESSION VARIE :
 - DESCENTE : $PPN_2 > TN_2$
 - → LES TISSUS SE CHARGENT EN AZOTE = SOUS-SATURATION
 - AU FOND (APRÈS UN CERTAIN TEMPS) : $PPN_2 = TN_2$
 - → ÉQUILIBRE = SATURATION
 - REMONTÉE : $TN_2 < PPN_2$
 - → LES TISSUS RELÂCHENT L' AZOTE = SUR-SATURATION

EN RÉSUMÉ : COMMENT SONT TRANSPORTÉS LES GAZ ?

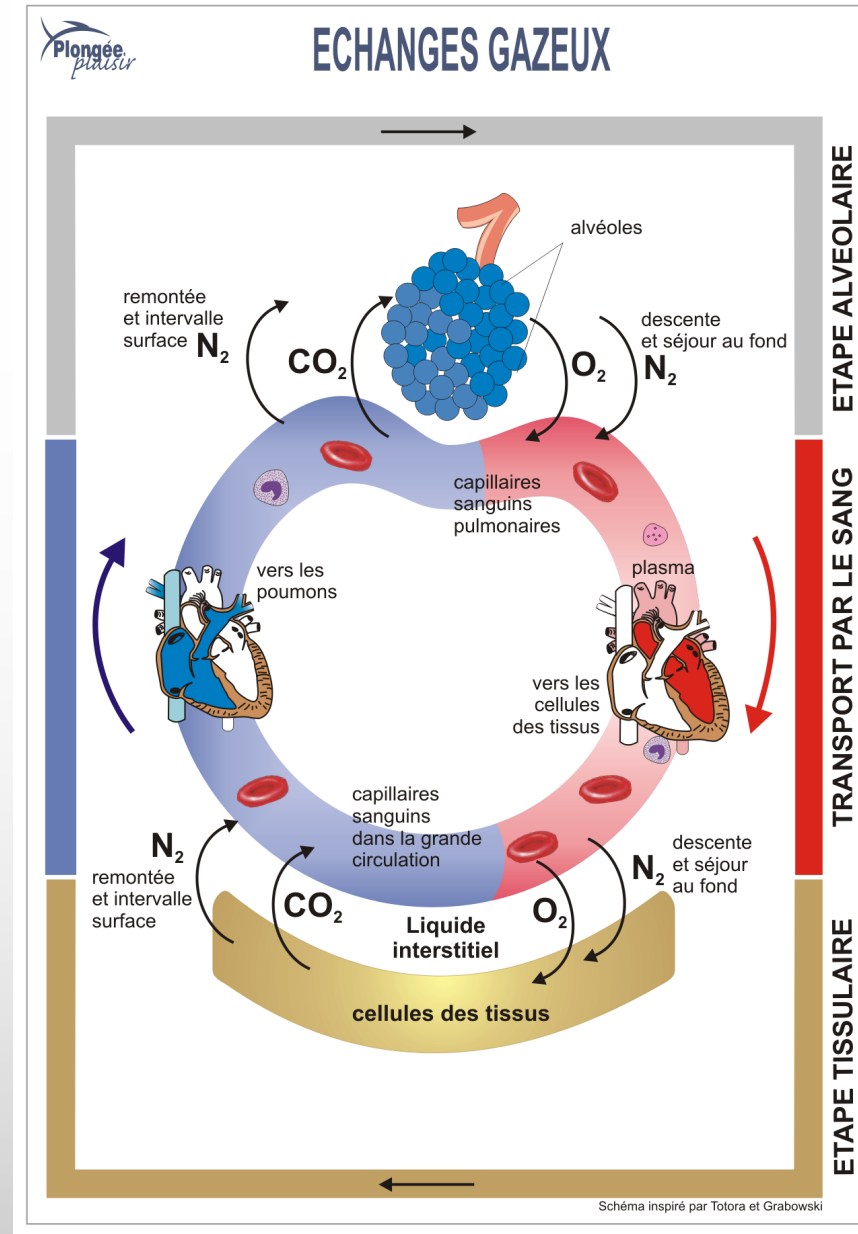
- L' OXYGÈNE :
- PAR L' HÉMOGLOBINE, CONTENUS DANS LES GLOBULES ROUGES.
 - PEU DIFFUSIBLE
 - PEU SOLUBLE
 - UNIQUEMENT SUR L' HG
- L' AZOTE :
- SOUS FORME DISSOUTE
 - SOLUBILITÉ VARIABLE SELON LES TISSUS.
- LE GAZ CARBONIQUE : CO₂
 - TRÈS SOLUBLE ET TRÈS DIFFUSIBLE
 - SOUS FORME COMBINÉE SURTOUT
 - UN PEU SUR L' HG
- LE MONOXYDE DE CARBONE : CO
 - FIXÉ DE FAÇON IRRÉVERSIBLE SUR L' HG
 - EN CONCURRENCE AVEC L' O₂

LES ÉCHANGES GAZEUX

LES ÉCHANGES GAZEUX SE FONT EN 2 PHASES

- **PHASE ALVÉOLAIRE** : ÉCHANGE PAR **DIFFUSION** DES P° PARTIELLES PLUS FORTES AU PLUS FAIBLES.
- O₂ (PP ALVÉOLAIRE FORTE) PASSE DANS LES CAPILLAIRES POUR OXYGÉNER LE SANG.
- IL SE DISSOUT DANS LE LIQUIDE INTERSTITIEL PUIS LE PLASMA AVANT D'ALLER SE FIXER SUR L'HÉMOGLOBINE CONTENUE DANS LES GLOBULES ROUGES.
- CO₂ PASSE DU SANG AU NIVEAU DU CAPILLAIRE PULMONAIRE DANS L'ALVÉOLE POUR ÊTRE ÉVACUÉ PAR L'EXPIRATION
- **PHASE CELLULAIRE**: TRANSPORTÉS PAR LE FLUX SANGUIN JUSQU' AUX TISSUS, L'O₂ PASSE DANS LE LIQUIDE INTERSTITIEL SOUS FORME DISSOUE PUIS DANS LES CELLULES OÙ IL EST CONSOMMÉ ET EST PRODUIT LE CO₂
- CO₂ EST ÉLIMINÉ DE LA CELLULE SOUS FORME DE BICARBONATES ESSENTIELLEMENT ET SOUS FORME DISSOUE DONT UNE FAIBLE PARTIE VA SE FIXER SUR LES GR.

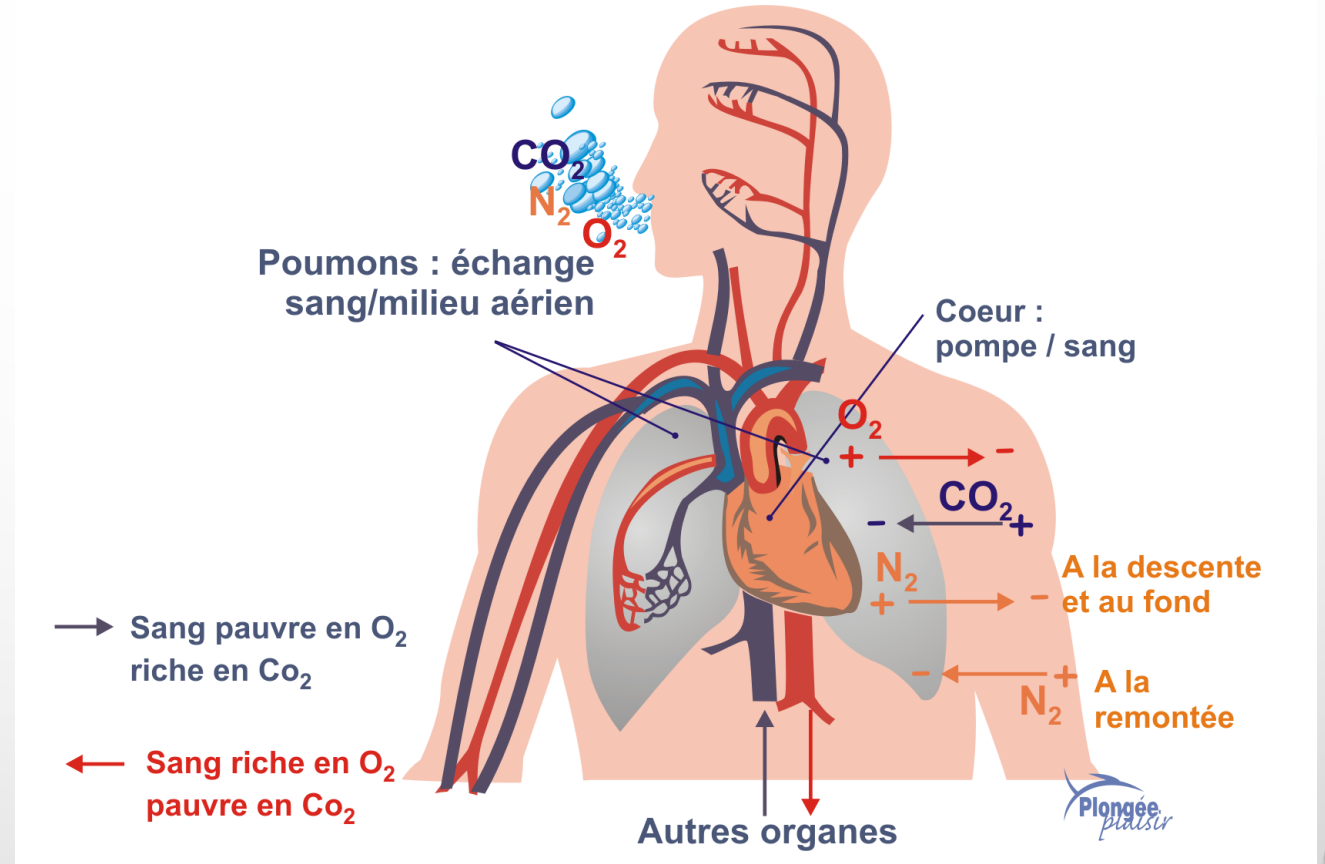
EN SURFACE LE N₂ EST À L'ÉQUILIBRE PUISQUE NOTRE ORGANISME EST EN ÉTAT DE SATURATION



LES ÉCHANGES GAZEUX

EN IMMERSION, GRÂCE AU DÉTENDEURS NOUS VENTILONS À LA PRESSION AMBIANTE

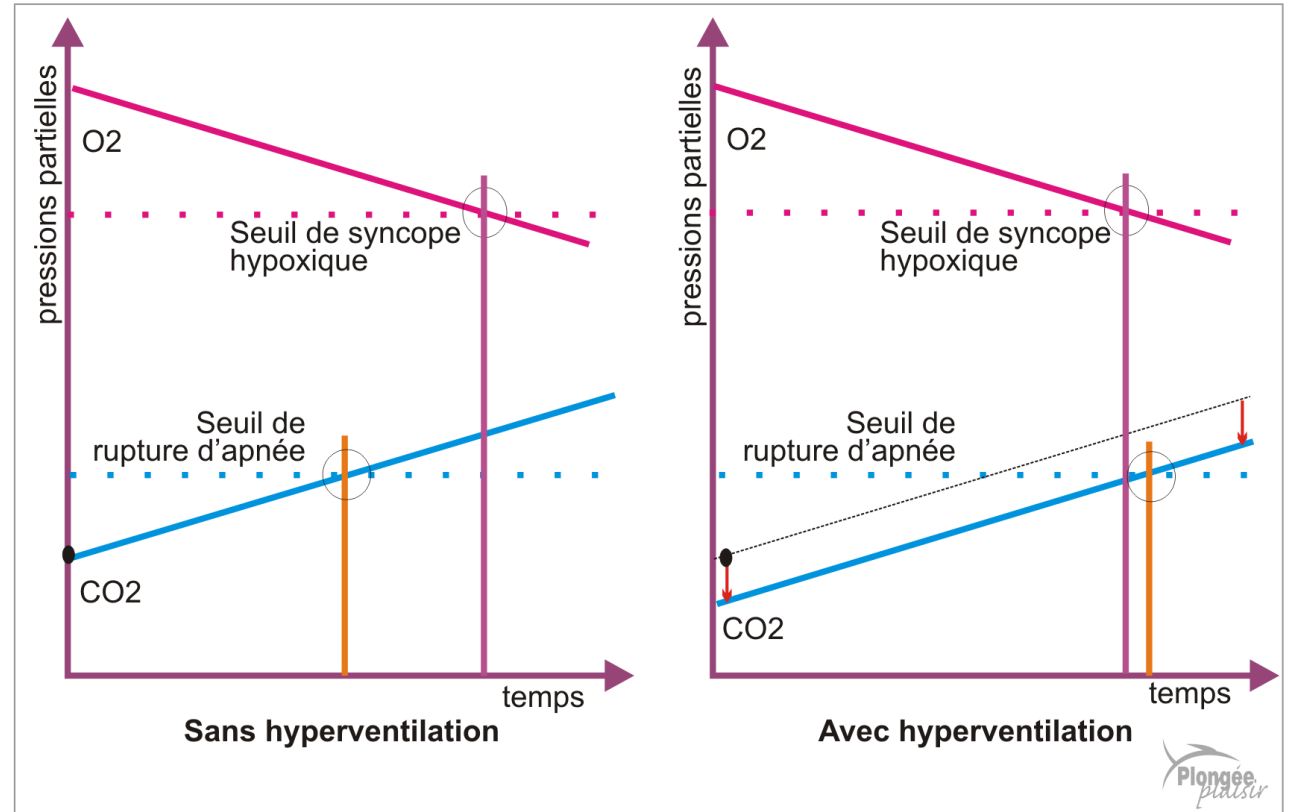
- LES PP DES GAZ INHALÉS AUGMENTENT, L'O₂ EST CONSOMMÉ PAR L'ORGANISME, POUR LE N₂ IL EN VA AUTREMENT.
- **A LA DESCENTE**, LA PPN₂ AUGMENTANT DANS L'AIR INHALÉ, NOTRE ORGANISME SE RETROUVE EN ÉTAT DE SOUS SATURATION ET VA SE CHARGER EN N₂ DISSOUS.
- **A LA REMONTÉE**, EN FONCTION DE LA PROFONDEUR ATTEINTE ET DU TEMPS DE PLONGÉE, L'ORGANISME EST DANS UN ÉTAT DE SURSATURATION.
- IL VA FALLOIR LAISSER DU TEMPS À CET N₂ POUR S'ÉLIMINER, EN RESPECTANT **LES VITESSES DE REMONTÉE** ET, AU BESOIN **RÉALISER DES PALIERS** AFIN D'ÉVITER UN ACCIDENT DE DÉSATURATION AVEC FORMATION DE BULLES EN INTRAVASCULAIRE ET DANS LES TISSUS
- CONCERNANT LE CO₂, IL N'Y A PAS DE DIFFÉRENCE PAR RAPPORT À LA SURFACE
- L'AIR INSPIRÉ A UNE PPCO₂ EST TRÈS FAIBLE, LE CO₂ EST PRODUIT PAR LES CELLULES NI PLUS NI MOINS QU'EN SURFACE À EFFORT IDENTIQUE.



REFLEXE INSPIRATION

RÔLE PP CO2

- LORS D'UNE APNÉE **SANS HYPERVENTILATION** PRÉALABLE, LA PPO2 DIMINUE ET LA PPCO2 AUGMENTE.
- LE SEUIL DE DÉCLENCHEMENT INSPIRATOIRE (PPCO2 SEUIL RUPTURE D'APNÉE) SURVIENT AVANT QUE LA PPO2 NE SOIT TROP BASSE (PPO2 SEUIL DE SYNCOPE HYPOXIQUE) CONDUISANT À UNE PERTE DE CONSCIENCE
- **HYPERVENTILATION RÉALISÉE AVANT L'APNÉE**, FAIT BAISSER LA PPCO2 DE DÉBUT D'APNÉE ET LA PPCO2 AUGMENTANT SELON LA MÊME PENTE. LA PPO2 INITIALE N'EST QUE TRÈS MODÉRÉMENT AUGMENTÉE PAR L'HYPERVENTILATION.
- LE SEUIL DE SYNCOPE LIÉ À UNE PPO2 TROP BASSE EST ATTEINT AVANT QUE LE NIVEAU DE PPCO2 N'ATTEIGNE LE SEUIL DE DÉCLENCHEMENT INSPIRATOIRE.
- ON PERD CONSCIENCE AVANT D'ATTEINDRE LA PP CO2 SEUIL MAIS LE MÉTABOLISME CONTINUANT, LA PPCO2 CONTINUE D'AUGMENTER.
- QUAND LA VALEUR SEUIL EST ATTEINTE, L'INSPIRATION RÉFLEXE SURVIENT ALORS QUE L'APNÉISTE EST INCONSCIENT, VA INHALER DE L'EAU ET SE NOYER

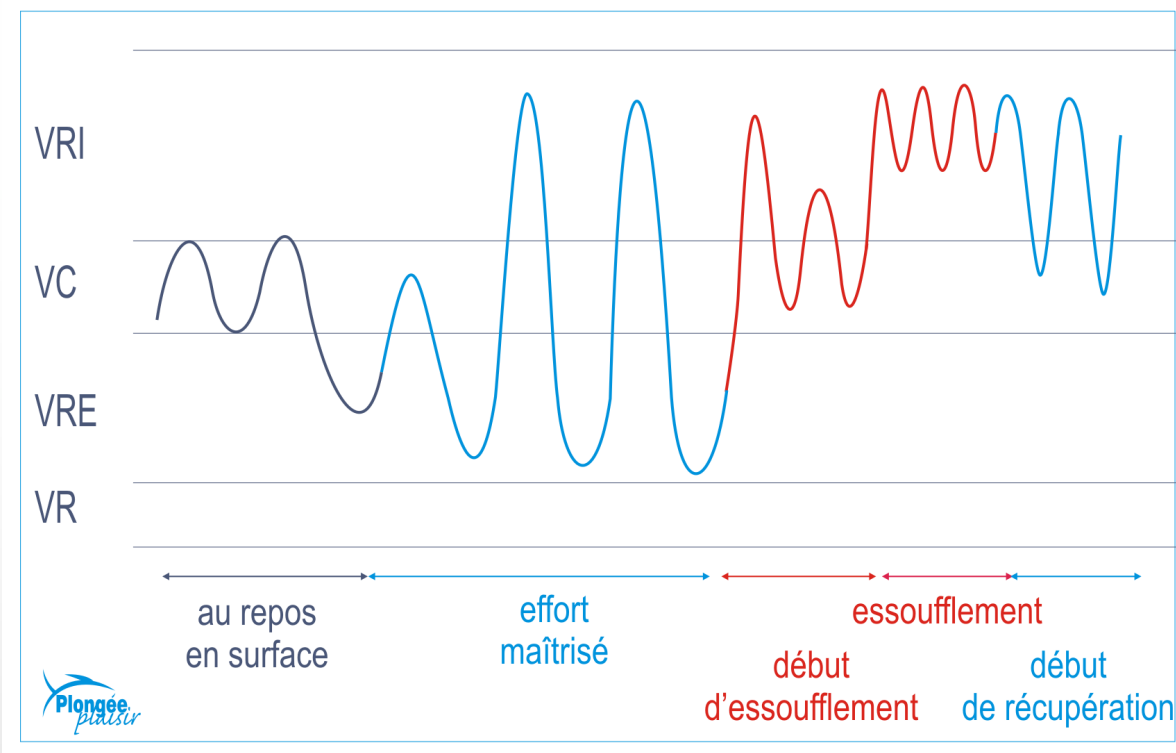


L'ESSOUFFLEMENT

EST UNE MANIFESTATION VENTILATOIRE D'UNE INTOXICATION PAR LE CO₂, CAUSÉE PAR UNE ÉLIMINATION INSUFFISANTE DE CELUI-CI PAR LA VENTILATION.

CE RISQUE CONCERNANT TOUS LES PLONGEURS

- **MÉCANISME :**
- PENDANT UN EFFORT, L'ORGANISME A UN BESOIN PLUS IMPORTANT O₂
- LA VENTILATION DEVIENT PLUS AMPLE ET PLUS RAPIDE
- L'ESSOUFFLEMENT ARRIVE QUAND LA VENTILATION A ATTEINT CES LIMITES.
- L'AMPLITUDE EST RÉDUITE, LA RESPIRATION DEVIENT « HAUTE » (VOLUME INSPIRATOIRE DE RÉSERVE), L'EXPIRATION EST PLUS COURTE. LA VENTILATION DEVIENT SUPERFICIELLE
- RENOUVELLEMENT DE L'AIR ALVÉOLAIRE EST PLUS FAIBLE
- CONCENTRATION SANGUINE DU CO₂ AUGMENTE ET STIMULE LES CHÉMORÉCEPTEURS CENTRAUX
- AUGMENTATION DU BESOIN D'INSPIRER ALORS QUE C'EST L'EXPIRATION QUI PERMET D'ÉVACUER LE CO₂
- LE PLONGEUR A L'IMPRESSION D'ÉTOUFFER
- **« LE CO₂ EST L'ENNEMI DU PLONGEUR!!! »**



L'ESSOUFFLEMENT

• CAUSES

- AUGMENTATION DE MASSE VOLUMIQUE DE L'AIR (VISCOSITÉ)
- L'AUGMENTATION DE L'ESPACE MORT DES VOIES AÉRIENNES & DES RÉSISTANCES DU DÉTENDEUR À L'INSPIRATION & EXPIRATION CE QUI A POUR EFFET DE FAVORISER L'ACCUMULATION DU CO₂.
 - DÉTENDEUR MAL RÉGLÉ, COMBINAISON OU GILET TROP SERRÉS.

• FACTEURS FAVORISANTS

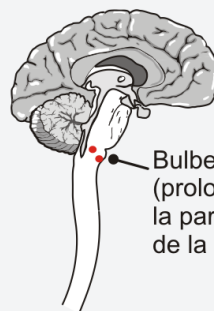
- UN EFFORT INADAPTÉ (MAUVAISE CONDITION PHYSIQUE OU EFFORT TROP IMPORTANT) MANQUE DE MAITRISE TECHNIQUE
- FROID FAVORISANT UNE VENTILATION SUPERFICIELLE
- LE STRESS



CHEMORECEPTEURS

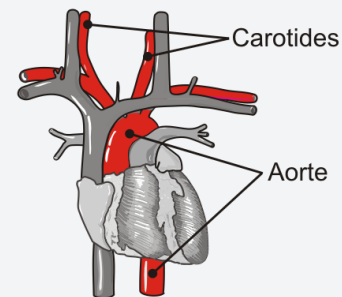
Lorsqu'il y a une augmentation du taux de CO₂ dans le sang artériel, cela stimule des récepteurs sensibles aux substances chimiques : les chémorécepteurs du bulbe rachidien (**chémorécepteurs** centraux) et ceux de l'aorte et des carotides (**chémorécepteurs** périphériques). Cela entraîne un mécanisme de régulation : augmentation de la fréquence et de l'amplitude ventilatoire, jusqu'à ce que le taux de CO₂ revienne à la normale.

TRONC CÉREBRAL

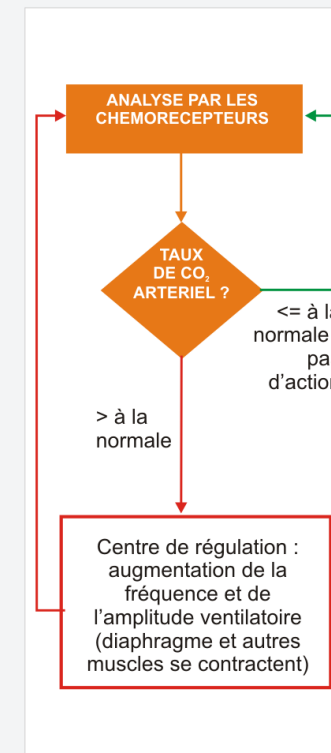


Bulbe rachidien (prolongement de la partie supérieure de la moelle épinière).
Centres inspiratoire et expiratoire. Localisation des chémorécepteurs centraux.

COEUR



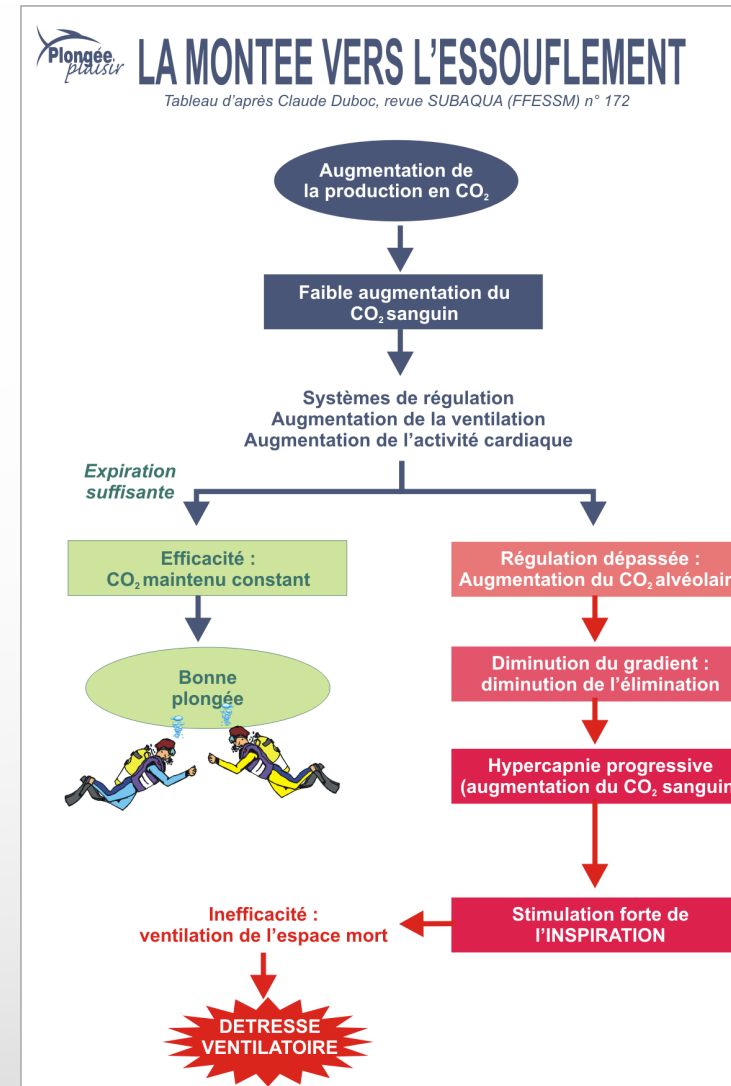
Carotides
Aorte
Localisation des chémorécepteurs périphériques.



L'ESOUFFLEMENT

LA PREVENTION POUR VOUS MÊME

- CONNAITRE LES FACTEURS FAVORISANTS
- VÉRIFIER RÉGULIÈREMENT APRÈS UNE EXPIRATION QUE L'ON EST CAPABLE TENIR UNE PETITE APNÉE DE 3 SECONDES
 - JAMAIS LORS D'UNE REMONTÉE !
- SURVEILLER LA CONSOMMATION D'AIR



CONSÉQUENCES DE L'ESSOUFFLEMENT

- ↗ DU RISQUE DE PANIQUE AVEC REMONTÉE RAPIDE
 - ↗ DU RISQUE DE SURPRESSION PULMONAIRE
- ↗ DU RISQUE DE PANIQUE AVEC RETRAIT DU DÉTENDEUR
 - ↗ DU RISQUE DE NOYADE
- ↗ DU RISQUE D'ADD
 - CAR ↗ DES NOYAUX DE CO₂
- ↗ DU RISQUE DE PANNE D'AIR
 - CAR ↗ DE LA CONSOMMATION TRÈS IMPORTANTE

CONSÉQUENCES DE L'ESSOUFFLEMENT

- ↗ NARCOSE
 - LE CO₂ EST VASODILATATEUR
 - LES VAISSEaux CÉRÉBRAUX SONT DILATÉS ET NE PROTÈGENT PLUS LE CERVEAU
- ↗ TOXICITÉ DE L'O₂
 - LE CO₂ EST VASODILATATEUR
 - LES VAISSEaux CÉRÉBRAUX SONT DILATÉS ET NE PROTÈGENT PLUS LE CERVEAU

L'ESSOUFFLEMENT

LA PREVENTION POUR VOTRE PALANQUÉE

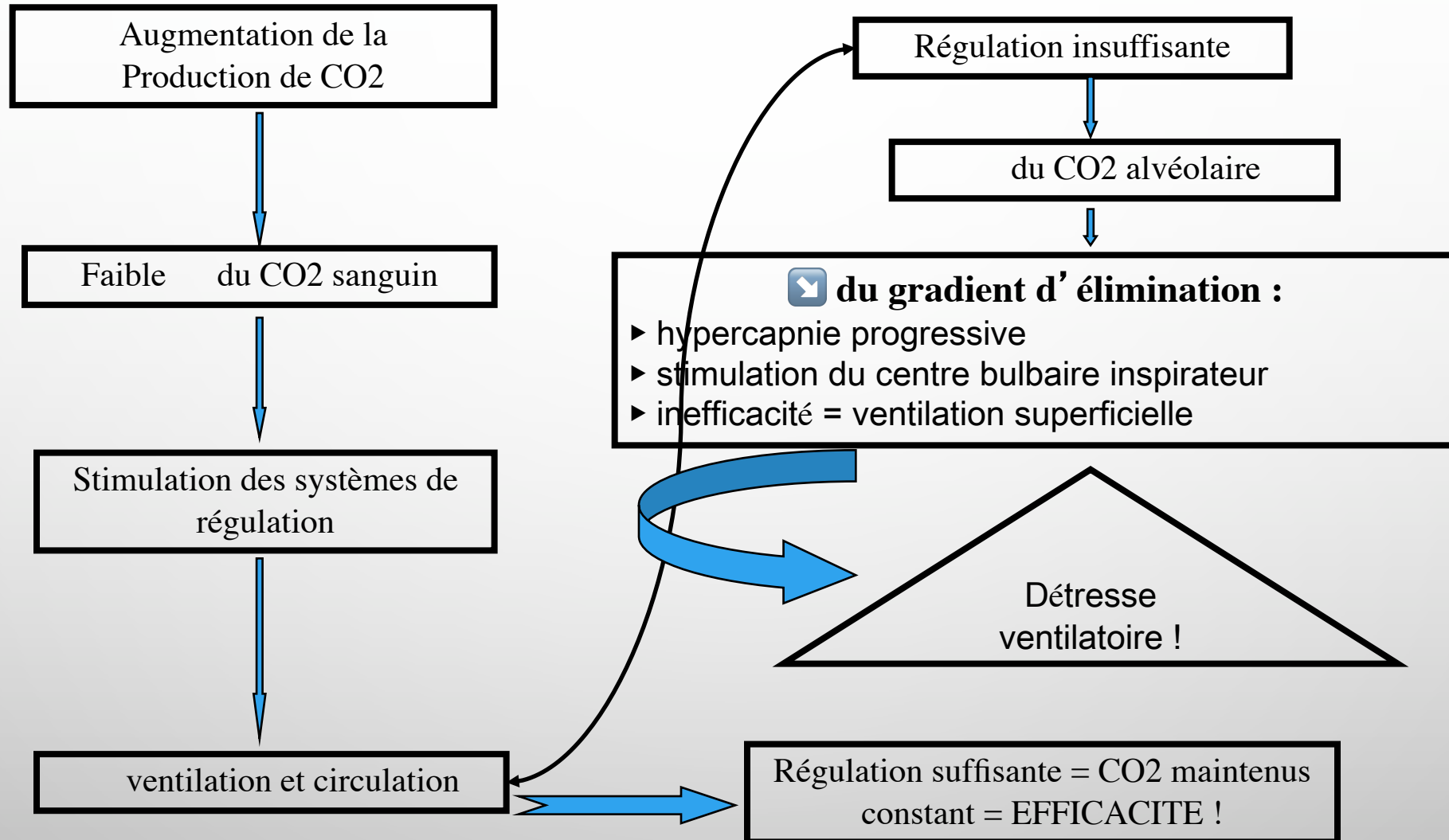
- ETRE ATTENTIF AUX BULLES D'AIR EXPIRÉES, SI LE RYTHME EST ÉLEVÉ, IL FAUT TOUT DE SUITE INTERVENIR
- ADAPTER VOTRE PALMAGE AU NIVEAU DES PLONGEURS QUE VOUS GUIDEZ
- BIEN SURVEILLER VOS PLONGEURS :
 - **S'ILS SONT LOIN DERRIÈRE VOUS C'EST QUE VOUS ALLEZ TROP VITE**
 - OU QUE VOUS AVEZ RATÉ UN TRUC GÉNIAL À VOIR !
- EVITER LES SITUATIONS STRESSANTES , PRENDRE LE TEMPS POUR LA MISE A L'EAU (REPRISE D'UNE VENTILATION CALME)
- LIGNE DE VIE EN CAS DE COURANT ET ADAPTER LES PARAMETRES DE LA PLONGÉE (CONDITIONS MÉTÉO, PROFILS DES PLONGEURS)

L'ESSOUFFLEMENT

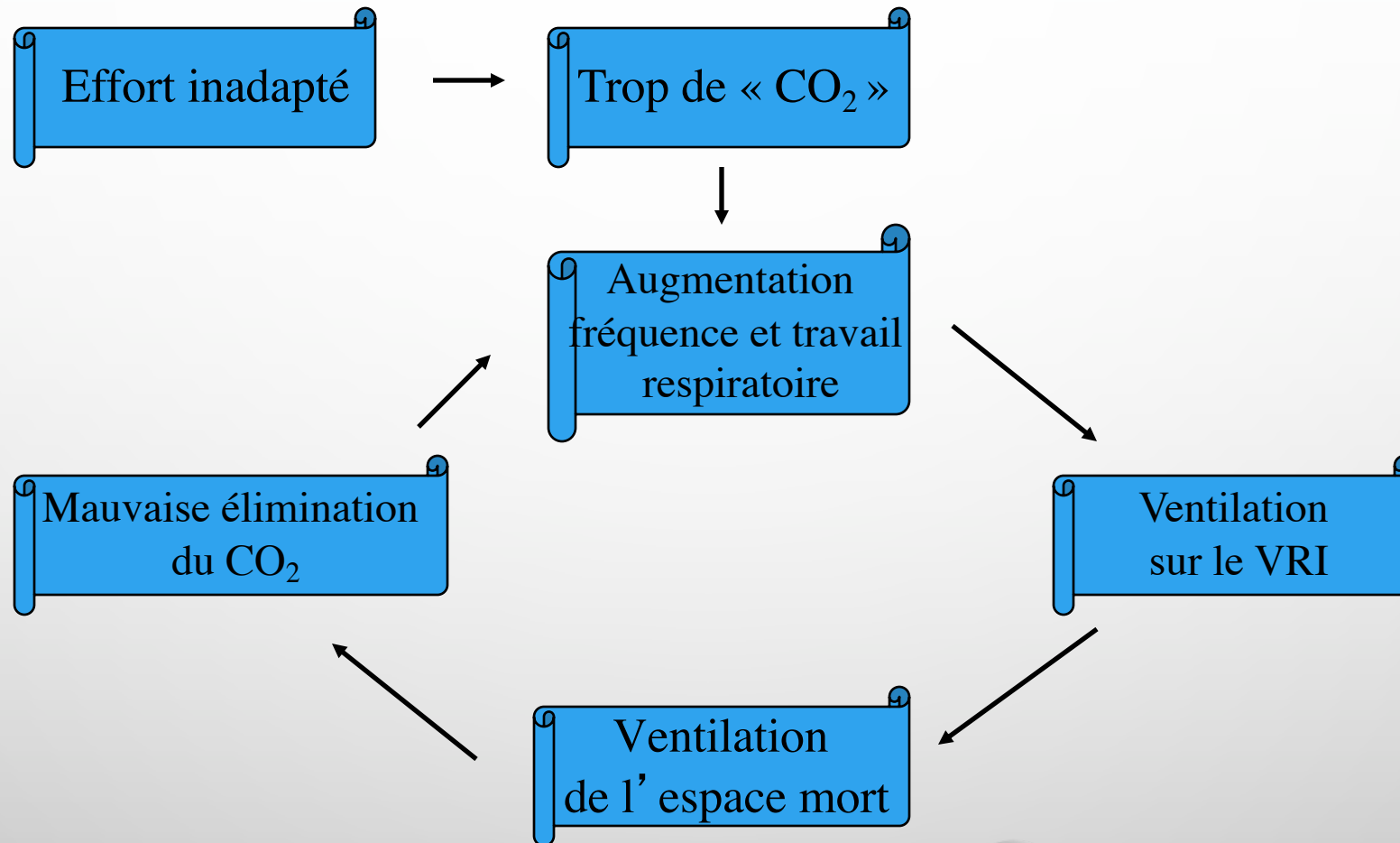
SI VOUS ÊTES CONFRONTÉS À UN ESSOUFFLEMENT

- **CONDUITE À TENIR :**
 - CESSER TOUT EFFORT
 - CHERCHER UN POINT D'APPUI
 - PRIORITÉ À LA REMONTÉE SUR GILET
 - ESSAYER DE CALMER LE PLONGEUR ET LIMITER LA VITESSE DE REMONTÉE
 - RISQUE DE SURPRESSION PULMONAIRE
 - METTRE FIN À LA PLONGÉE
 - VIGILANCE À LA CONSOMMATION D'AIR
 - AUGMENTER LE TEMPS DE PALIER
 - L'ESSOUFFLEMENT EST UN FACTEUR FAVORISANT L'APPARITION D'UN ACCIDENT DE DÉSATURATION
 - SI L'ESSOUFFLEMENT A ÉTÉ SÉVÈRE, MISE SOUS OXYGÈNE ET SURVEILLANCE, APPEL DES SECOURS SI BESOIN

MÉCANISME DE L' ESSOUFFLEMENT



CERCLE VICIEUX DE L' ESSOUFFLEMENT



LA SURPRESSION PULMONAIRE

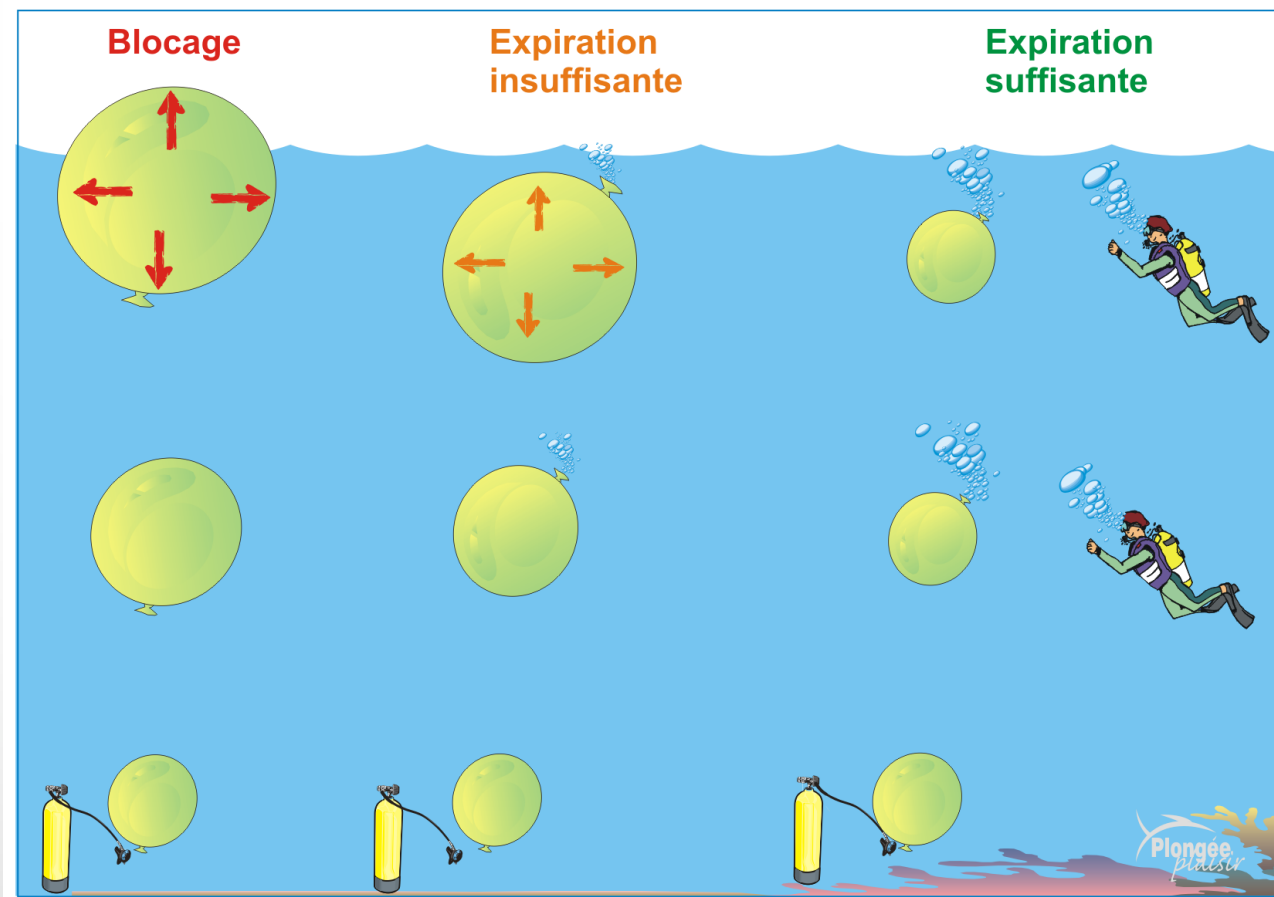
EST UN BAROTRAUMATISME , LE PLUS GRAVE, PEUT ÊTRE MORTEL MAIS PEU FRÉQUENT

HISTORIQUEMENT, IL ÉTAIT PROBABLEMENT CONFONDU AVEC L'OPI

- **SA PRÉVENTION EST ESSENTIELLE**

- **MÉCANISME :**

- DÉCOULE DE LA LOI DE MARIOTTE
- SURVIENT PLUTÔT PRÈS DE LA SURFACE OÙ LES VARIATIONS DE VOLUME SONT LES PLUS IMPORTANTES
- A LA REMONTÉE, L'AIR DANS LES POUMONS SE DILATE.
- EN CAS DE BLOCAGE OU D'EXPIRATION INSUFFISANTE,
- LA PRESSIION AUGMENTE À L'INTÉRIEURE DES ALVÉOLES,
- DISTENSION ET RUPTURE DE QUELQUES ALVÉOLES
- AVEC L'AIR QUI SORT DE L'ALVÉOLE
- LE SEUIL DE RUPTURE D'UNE ALVÉOLE EST DE 0,3 BARS

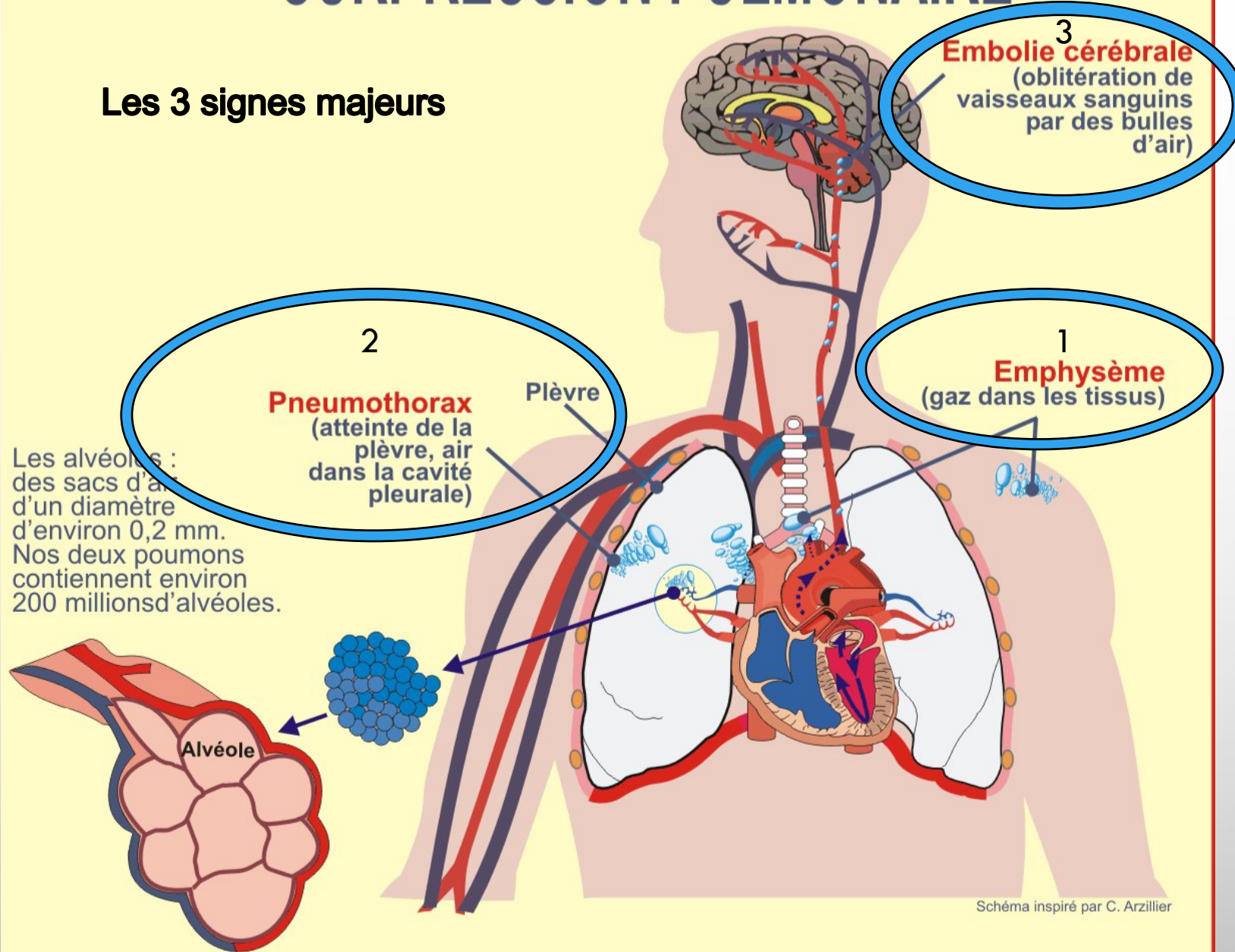


LA SURPRESSION PULMONAIRE

- SURPRESSION PULMONAIRE.
- ACCIDENT GRAVE.
- SIGNES :
- TOUX, GÊNE RESPIRATOIRE, CRACHATS ROSÉS, ESSOUFFLEMENT EN SURFACE, DÉTRESSE RESPIRATOIRE, DOULEURS, COMA, ET PIRE ...
- IL Y A 3 COMPLICATIONS GRAVES :
- 1° EMPHYSÈME SOUS CUTANÉ
 - AIR AU NIVEAU DU MÉDIASTIN, SOUS LA PEAU DU COU ET DES CREUX SUS-CLAVICULAIRES,
- 2° PNEUMOTHORAX
- 3° ADD

SURPRESSION PULMONAIRE

Les 3 signes majeurs

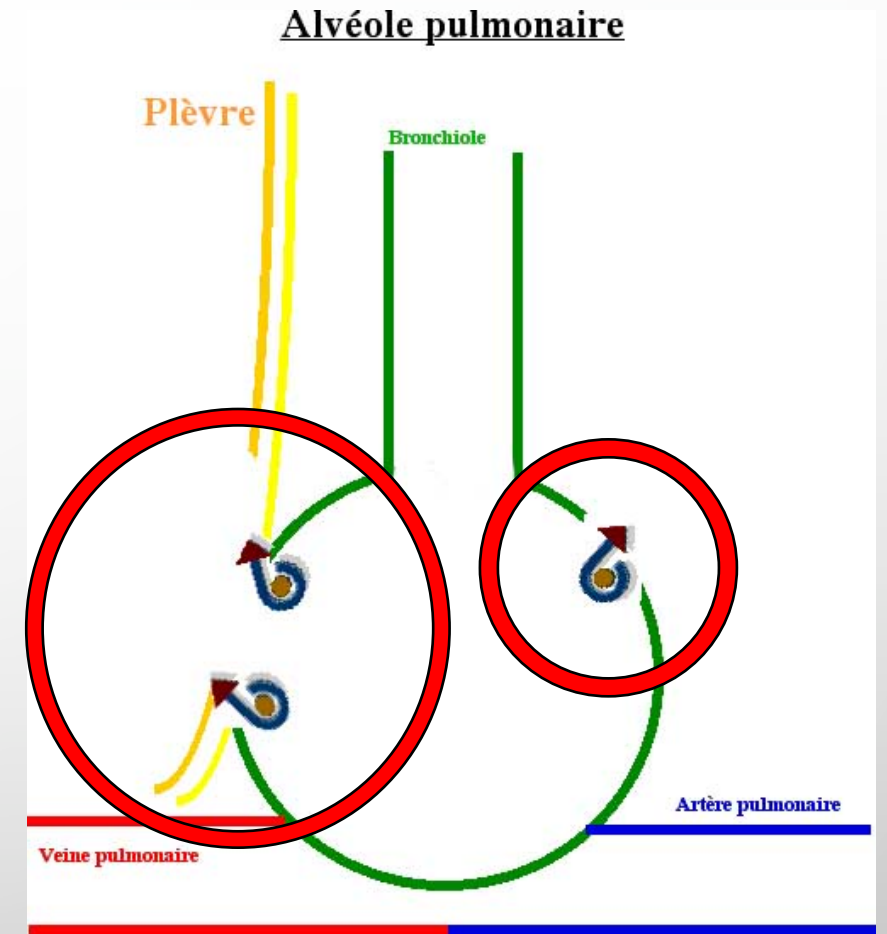


POURQUOI L' EMPHYSÈME SOUS-CUTANÉ ?

- L'ALVÉOLE SE ROMPT. OU BIEN LES DEUX FEUILLETS DE LA PLÈVRE SE ROMPENT
- L' AIR PASSE ENTRE LES ALVÉOLES
- PUIS SE GLISSE HORS DU POUMON EN SUIVANT LE TRAJET DES GROSSES BRONCHES (HILE)
- ET SE RETROUVE SOUS LA PEAU
- SURTOUT AU NIVEAU DU COU.

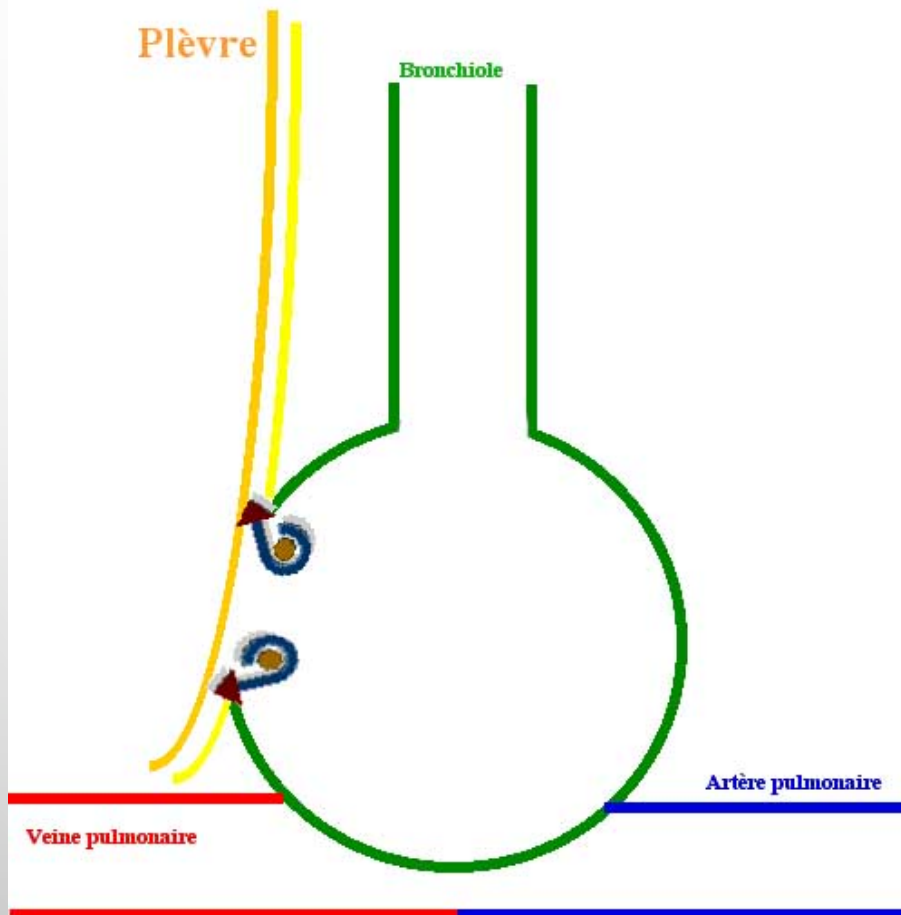
EST-CE GRAVE ?

- OUI, CAR L'AIR DU POUMON N'EST PAS STÉRILE
- RISQUE D'INFECTION DU MÉDIASTIN

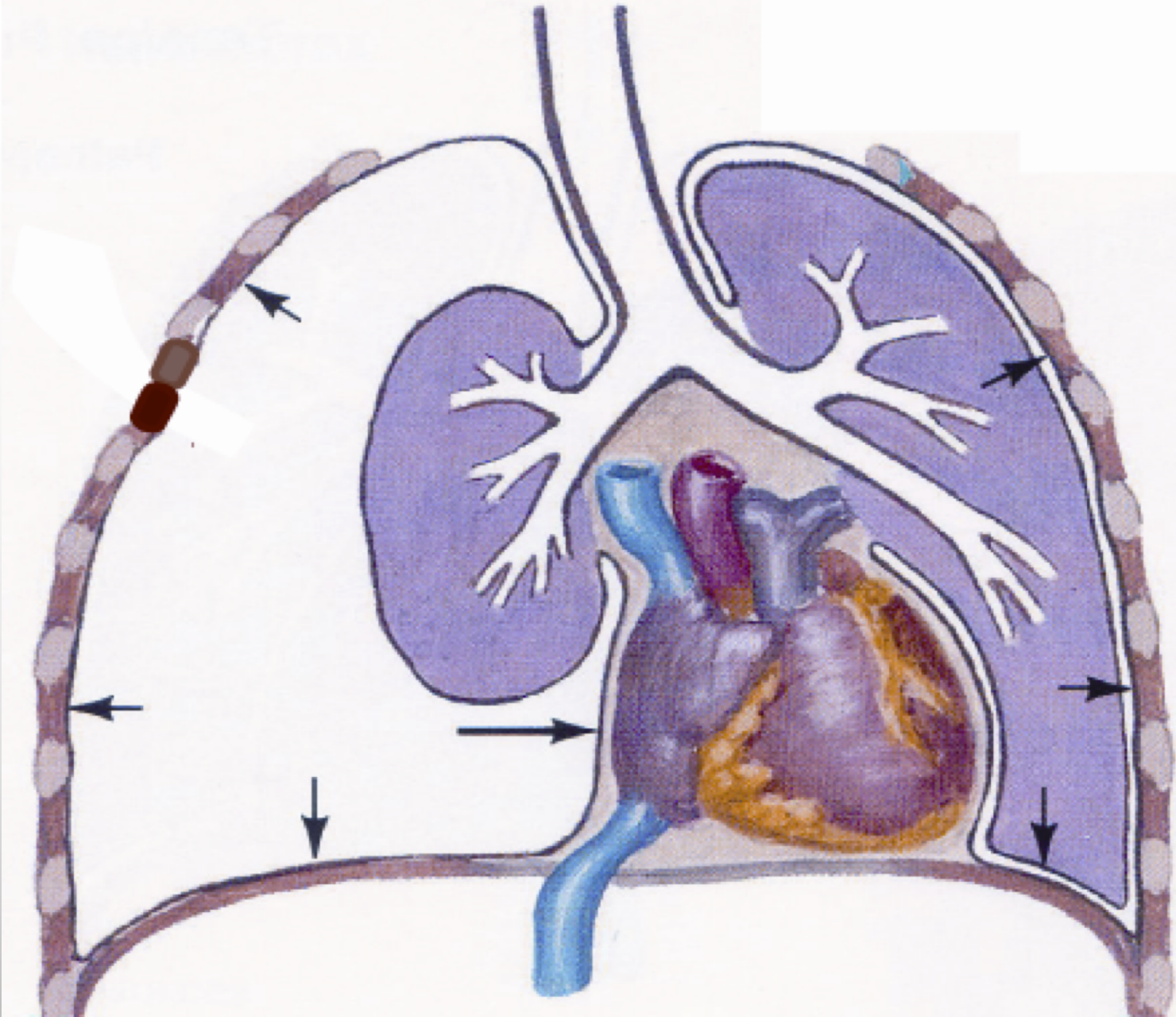


POURQUOI LE PNEUMOTHORAX

Alvéole pulmonaire



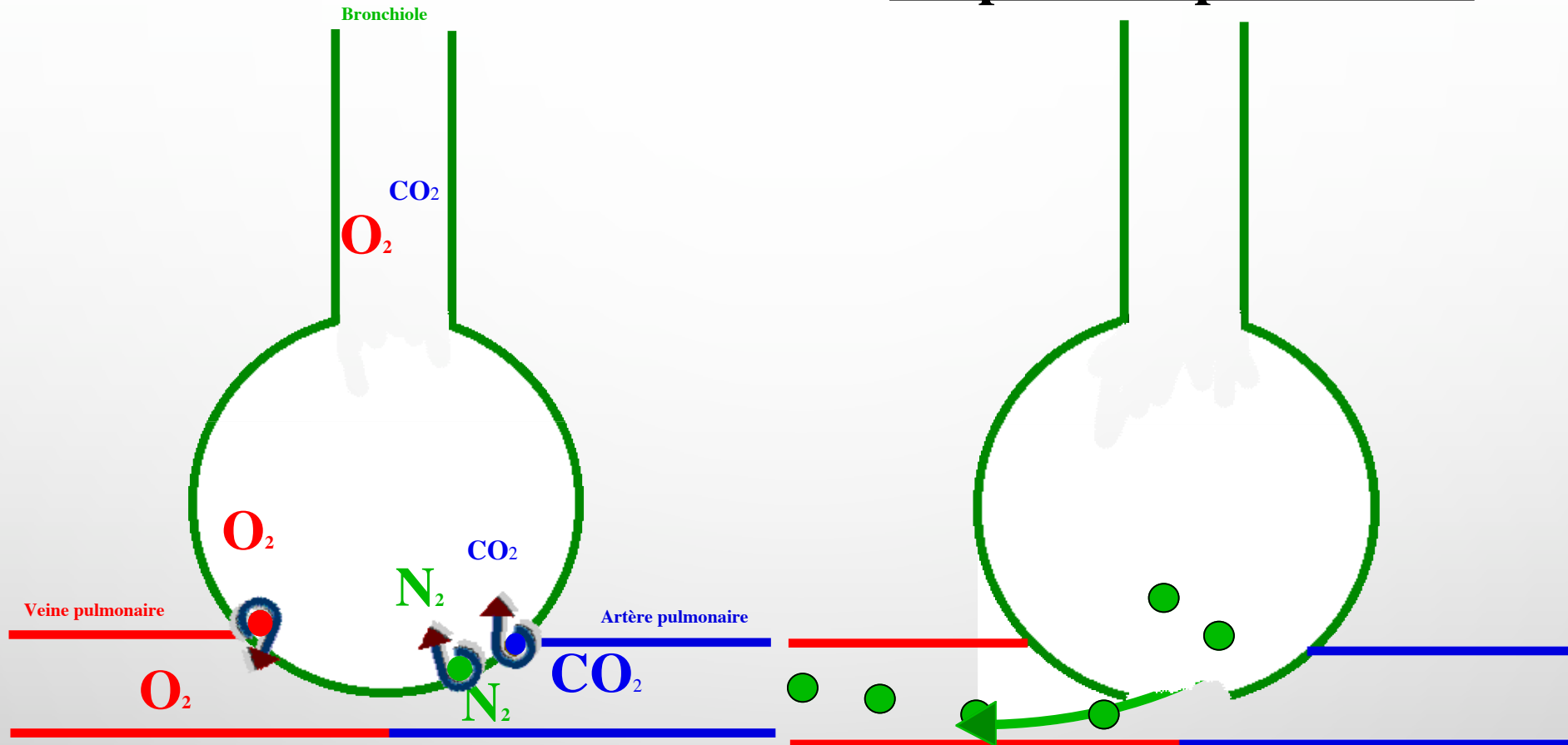
- L'ALVÉOLE SE ROMPT AU CONTACT DE LA PLÈVRE.
- IRRUPTION D'AIR ENTRE LES DEUX FEUILLETS DE LA PLÈVRE
- MAUVAIS FONCTIONNEMENT DE LA MÉCANIQUE PULMONAIRE
- RISQUE D'ÉTOUFFEMENT.



POURQUOI DES SIGNES D'ADD ?

Alvéole pulmonaire

Surpression pulmonaire



Passage direct d'air dans les veines pulmonaires, en provenance du poumon = embolie gazeuse.

LA SURPRESSION PULMONAIRE

• PRÉVENTION

- APPRENTISSAGE DE L'EXPIRATION À LA REMONTÉE
- APPRENTISSAGE DE LA GESTION DU STRESS
- NE PAS BLOQUER SA RESPIRATION À LA REMONTÉE
- INSISTER SUR L'EXPIRATION
- VITESSE DE REMONTÉE LENTE, SURTOUT PROCHE SURFACE
- VENTILATION RÉGULIÈRE (ÉVITER ESSOUFLEMENT)
- ÉVITER LA REMONTÉE PANIQUE
- PAS DE VASALVA À LA REMONTÉE

• CONDUITE À TENIR

- RIFAP

Plongées plaisir

SURPRESSION PULMONAIRE

Schéma inspiré par C. Arzillier

CAUSES	
	Blocage expiration
	Expiration insuffisante

PRÉVENTION	
Pour soi :	<ul style="list-style-type: none"> • Ne jamais bloquer l'expiration • Insister sur l'expiration si remontée rapide • Développer de bons automatismes
Guide :	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse de remontée (9 à 12 m/min) • Vigilance accrue dans les 10 derniers mètres • Jamais plus vite que le guide • Empêcher remontée panique • Si eau trouble, limiter le nombre de plongeurs

ALERTER
 En mer : VHF-16 ou ASN-70 (CROSS)*
 A terre : Téléphone 15 (SAMU)
* Conformément au décret 88-531 du 2 mai 1988

SECURIR
 OXYGÈNE 100%
 REHYDRATER (eau, jus de fruit : 1 litre)
 ASPIRINE* (proposer : 500 mg maximum pour un adulte)
 ALLONGER ET RECHAUFFER

* Conformément aux dispositions du code du Sport. Sujets conscients ni allergiques ni intolérants. L'aspirine est un médicament, il doit donc être prescrit par un médecin ou donné à la demande expresse de la victime.

L'ŒDÈME PULMONAIRE D'IMMERSION

- EST UNE ACCUMULATION DE LIQUIDE DANS LES ALVÉOLES PULMONAIRES
- LORS DE LA PLONGÉE LA PRESSION HYDROSTATIQUE S'EXERCE SUR TOUT LE CORPS.
- CETTE COMPRESSION CRÉE UN REFLUX DU SANG (1,5L DE SANG) VERS LE NOYAU CENTRAL (CŒUR, POUMONS , VISCÈRES)
 - C'EST CE QUE NOUS APPELONS LE BLOOD SHIFT.
- LE CORPS RÉAGIT À CETTE AUGMENTATION DE PRESSION, HYPERVOLUMIE (ENVIRON 10 À 20% DE LA MASSE SANGUINE, SOIT 0,5 À 1 LITRE) EN ÉLIMINANT DU « LIQUIDE »
 - LA DIURÈSE D'IMMERSION
- CELA CRÉE UNE SURCHARGE DE TRAVAIL POUR LE CŒUR
- PATHOLOGIE QUI SURVIENT QUAND IL EXISTE UNE FAIBLESSE CARDIAQUE

L'ŒDÈME PULMONAIRE D'IMMERSION

- LORS DU BLOOD SHIFT , IL Y A UNE AUGMENTATION DE PRESSION DANS LE CAPILLAIRE PULMONAIRE
 - LA PRESSION DANS L'ALVÉOLE EST PLUS FAIBLE QUE CELLE DANS LE CAPILLAIRE
 - D'OÙ LE PASSAGE DE SANG DANS LES ALVÉOLES SI LA POMPE CARDIAQUE NE SUIV PLUS

L'ŒDÈME PULMONAIRE D'IMMERSION

- APPARITION D'UNE GÊNE VENTILATOIRE (DYSPNÉE) EN COURS DE PLONGÉE
- S'AGGRAVE À LA REMONTÉE (POUR OPI) CONTRAIREMENT À LA SURPRESSION PULMONAIRE DONT LES SIGNES SURVIENNENT À L'ÉMERSION. SIGNES CLINIQUES TRÈS SIMILAIRES MAIS SANS ATTEINTE NEUROLOGIQUE
 - APPARITION DE TOUX AVEC CRACHATS MOUSSEUX PLUS OU MOINS ROSÉS
- PEUT SURVENIR EN SURFACE, NOTAMMENT EN CAS D'EFFORT INTENSE (ÉPREUVE DU 800 M, DU CAPELÉ OU DU MANNEQUIN)
- LE FROID, LE STRESS, UNE SATURATION IMPORTANTE, L'ÂGE SONT DES FACTEURS FAVORISANTS

L'ŒDÈME PULMONAIRE D'IMMERSION

- **PRÉVENTION**

- **AVANT TOUT, LE CACI**

- MAIS MALGRÉ UN BON EXAMEN MÉDICAL, IL PEUT SURVENIR UN OPI

- UNE BONNE CONDITION PHYSIQUE

- UN SUIVI CARDIOLOGIQUE AU DELÀ DE 60 ANS EN L'ABSENCE DE FACTEURS DE RISQUE,

- UN SUIVI CARDIOLOGIQUE RÉGULIER PAR LE MÉDECIN DÉLIVRANT LE CACI

- ET SURTOUT EN CAS DE PATHOLOGIE CARDIO-CIRCULATOIRE PRÉEXISTANTE

- HTA, PROBLÈME VALVULAIRE, PROBLÈME DE THYROÏDE ...

- UN ENTRETIEN RÉGULIER DU MATÉRIEL

- UN CERTAIN NOMBRE D'OPI RESTENT À L'HEURE ACTUELLE MAL EXPLIQUÉS

