

Barotraumatismes & Accidents de décompression



Laurent POURTEAU
E3 n°24842



Pourquoi ce cours?

En tant que futur plongeur autonome (N2 / N3), vous devez connaître et comprendre les mécanismes de barotraumatismes et des accidents de décompression afin:

- Savoir les reconnaître
- Savoir les prévenir
- Savoir comment réagir

Barotraumatismes

1. Rappels physiques
2. Définition
3. Types de barotraumatismes
 - Description
 - Conduite à tenir
 - prévention

Barotraumatismes

1. Rappels physiques

2. Définition

3. Types de barotraumatismes

- Description
- Conduite à tenir
- prévention

Principe de compressibilité des gaz (basé sur la loi de MARIOTTE)

À température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression qu'il subit.



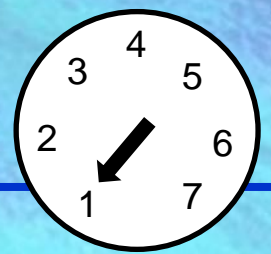
plus la pression augmente, plus le volume diminue
plus la pression diminue, plus le volume augmente

Pour un même volume de gaz, le rapport entre ce volume et la pression reste constant:

$$P_{\text{initiale}} \times V_{\text{initial}} = P_{\text{actuelle}} \times V_{\text{actuel}} = \text{CONSTANTE}$$

Pour mémoire

Surface



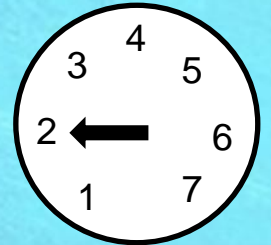
6L

Pression 1bar

Volume 6L

$$P_{\text{surf}} \times V_{\text{surf}} = 1 \times 6 = 6$$

10m



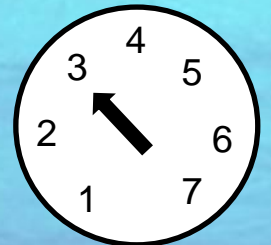
3L

Pression 2bar

Volume 3L

$$P_{\text{surf}} \times V_{\text{surf}} = 2 \times 3 = 6$$

20m



2L

Pression 3bar

Volume 2L

$$P_{\text{surf}} \times V_{\text{surf}} = 3 \times 2 = 6$$

Barotraumatismes

1. Rappels physiques

2. Définition

3. Types de barotraumatismes

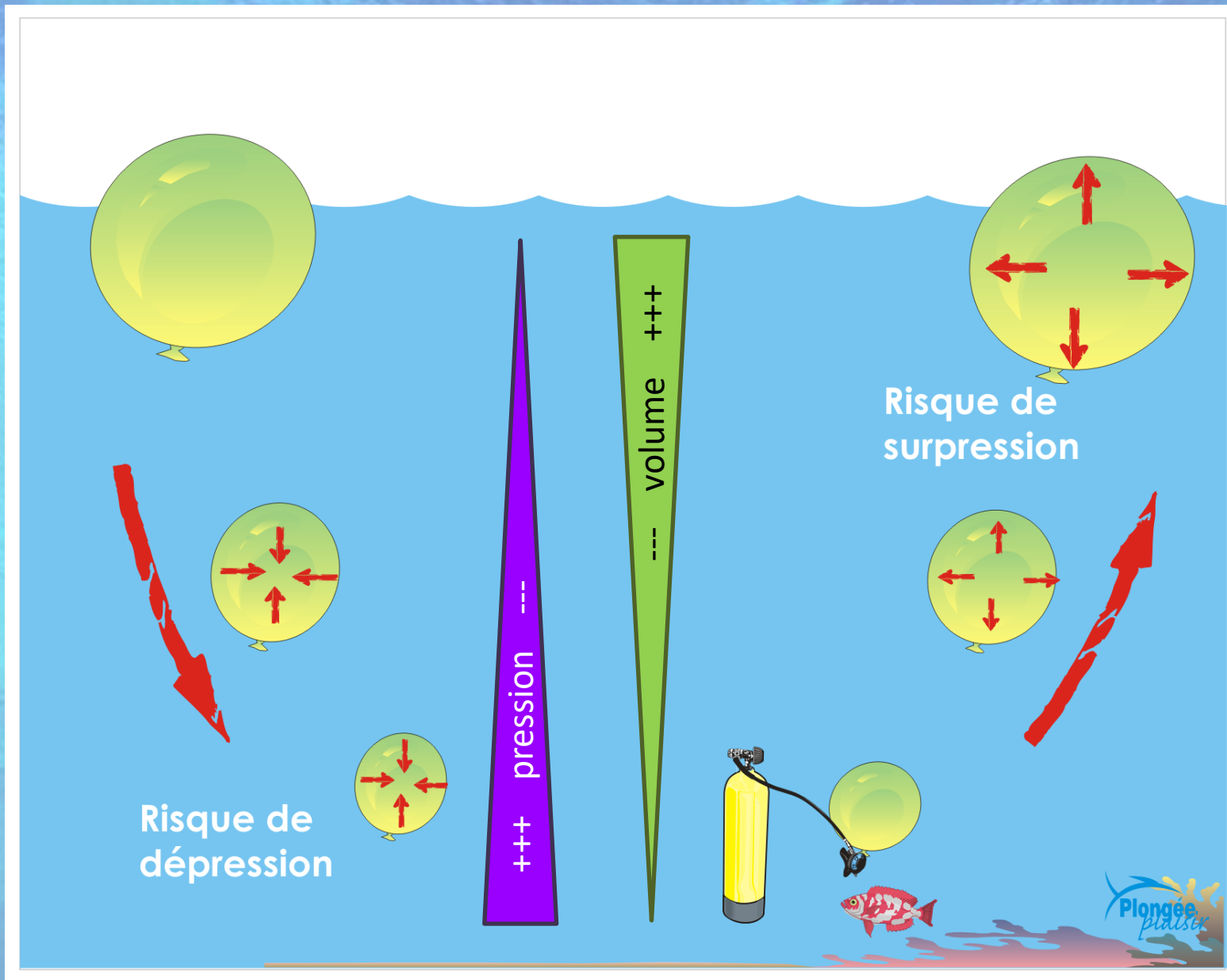
- Description
- Conduite à tenir
- prévention

Définition:

Un barotraumatisme est une atteinte corporelle (traumatisme) lié à une variation de la pression (baro).

C'est donc un mécanisme biophysique: effet biologique lié à un effet physique.

Dans le cadre de la plongée, la variation de pression est liée à l'augmentation ou la diminution de la profondeur.



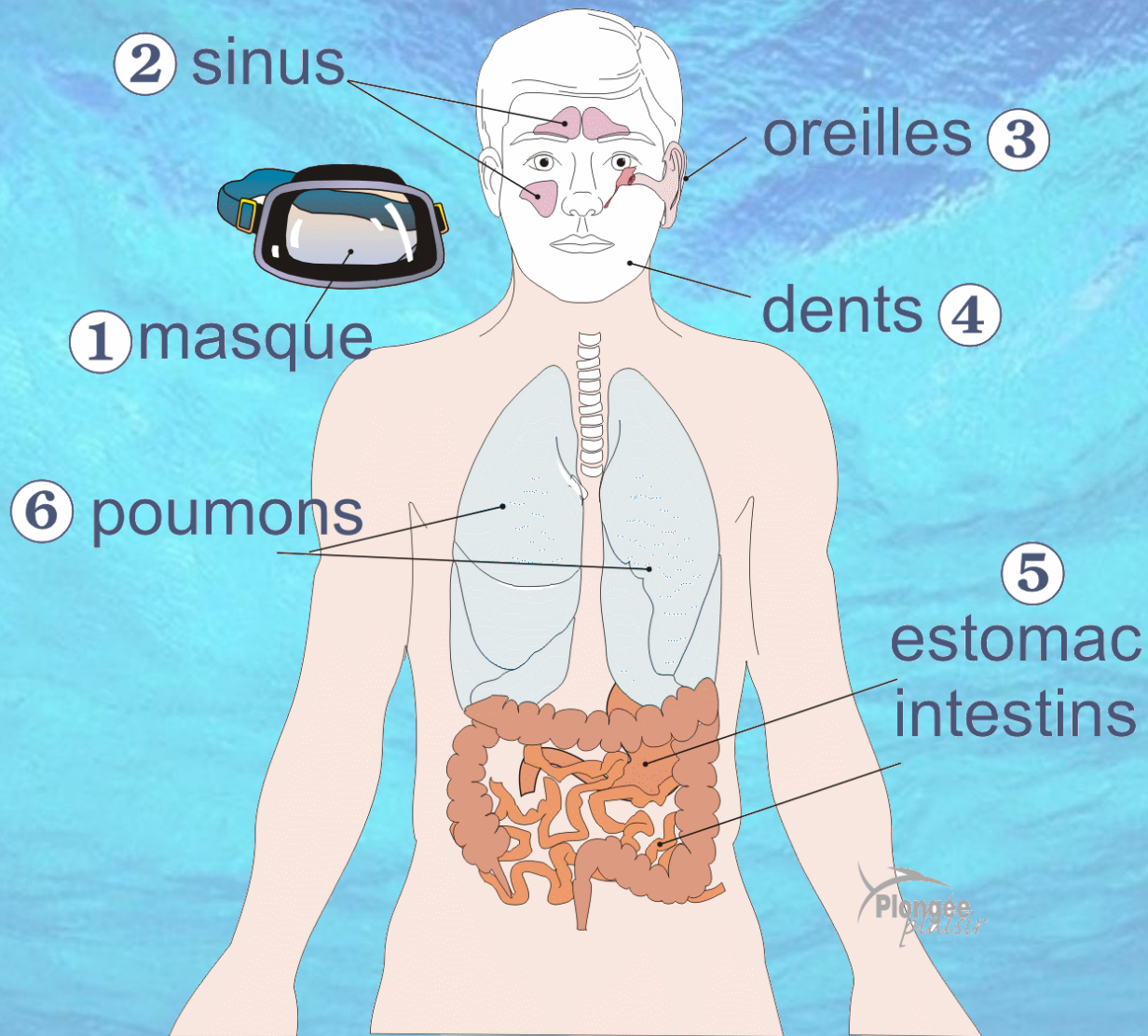
Barotraumatismes

1. Rappels physiques

2. Définition

3. Types de barotraumatismes

- Description
- Conduite à tenir
- prévention



1 – Placage du masque

La pression ambiante appuie sur la vitre du masque, exerçant une pression sur les vaisseaux sanguins des globes oculaires et autour des yeux.

Ce barotraumatisme se produit à la descente, lorsque la pression augmente.

Symptômes:

À la descente

- Effet ventouse
- Troubles de la vue
- Douleurs oculaires
- Saignements

Après la plongée

- Œil au beurre noir
- Eclatement des vaisseaux oculaires
- Douleurs oculaires
- Saignements de nez



Conduite à tenir

- Prévenir le directeur de plongée
- Se rendre chez un ORL en cas de saignement de nez
- Se rendre chez un ophtalmologiste

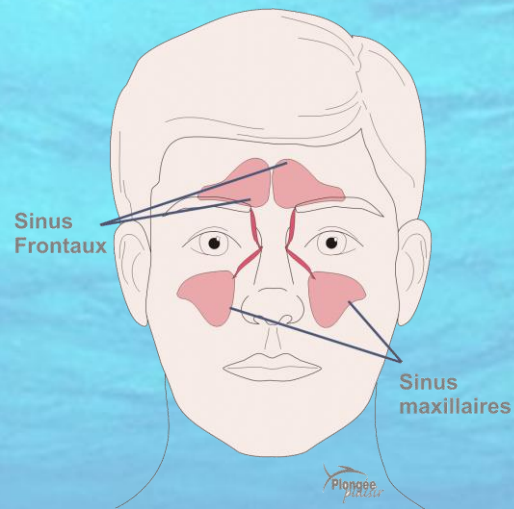
Prévention

- Descendre doucement
- Souffler dans le masque à la descente
- Masque adapté à sa morphologie
- Ne pas trop serrer le masque

2 – Sinus

Les sinus sont des cavités situées dans le crâne et le maxillaire supérieur.

Ces cavités sont tapissées de muqueuses, ayant pour rôle de réchauffer et humidifier l'air inspiré.



L'équilibrage de la pression entre les sinus et les fosses nasales se fait naturellement, via de petits canaux très fins.

Nous n'avons aucune action directe sur cet équilibrage

Lorsque ces muqueuses sont inflammées (rhume, rhinite, sinusite...), le canal reliant le sinus aux fosses nasales se bouche, emprisonnant l'air dans le sinus.

- À la descente: dépression dans le sinus.
- À la remontée: surpression dans le sinus

Symptômes:

À la descente ou à la remontée

- Violente douleur au niveau du front ou de la mâchoire

Conduite à tenir

- Prévenir la palanquée ou le guide de palanquée
- Interrompre la plongée
- À la remontée, redescendre de quelques mètres, puis reprendre la remontée très lentement

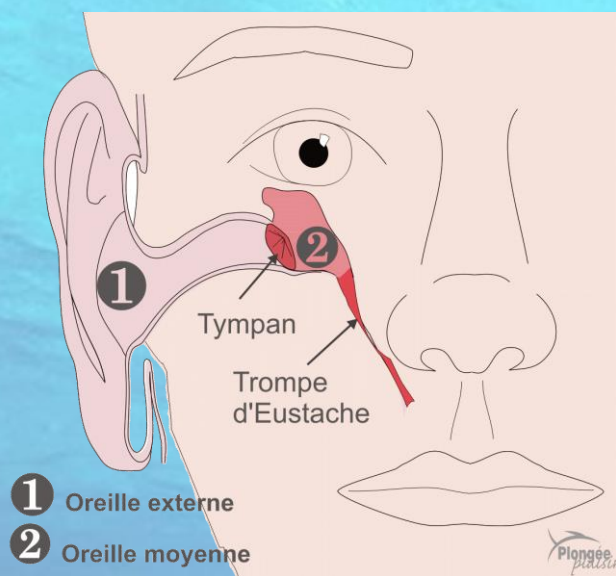
Prévention

- Pas de plongée enrhumé ou avec sinusite ou rhinite
- Ne pas utiliser de vaso-dilatateur ou de produit nasal

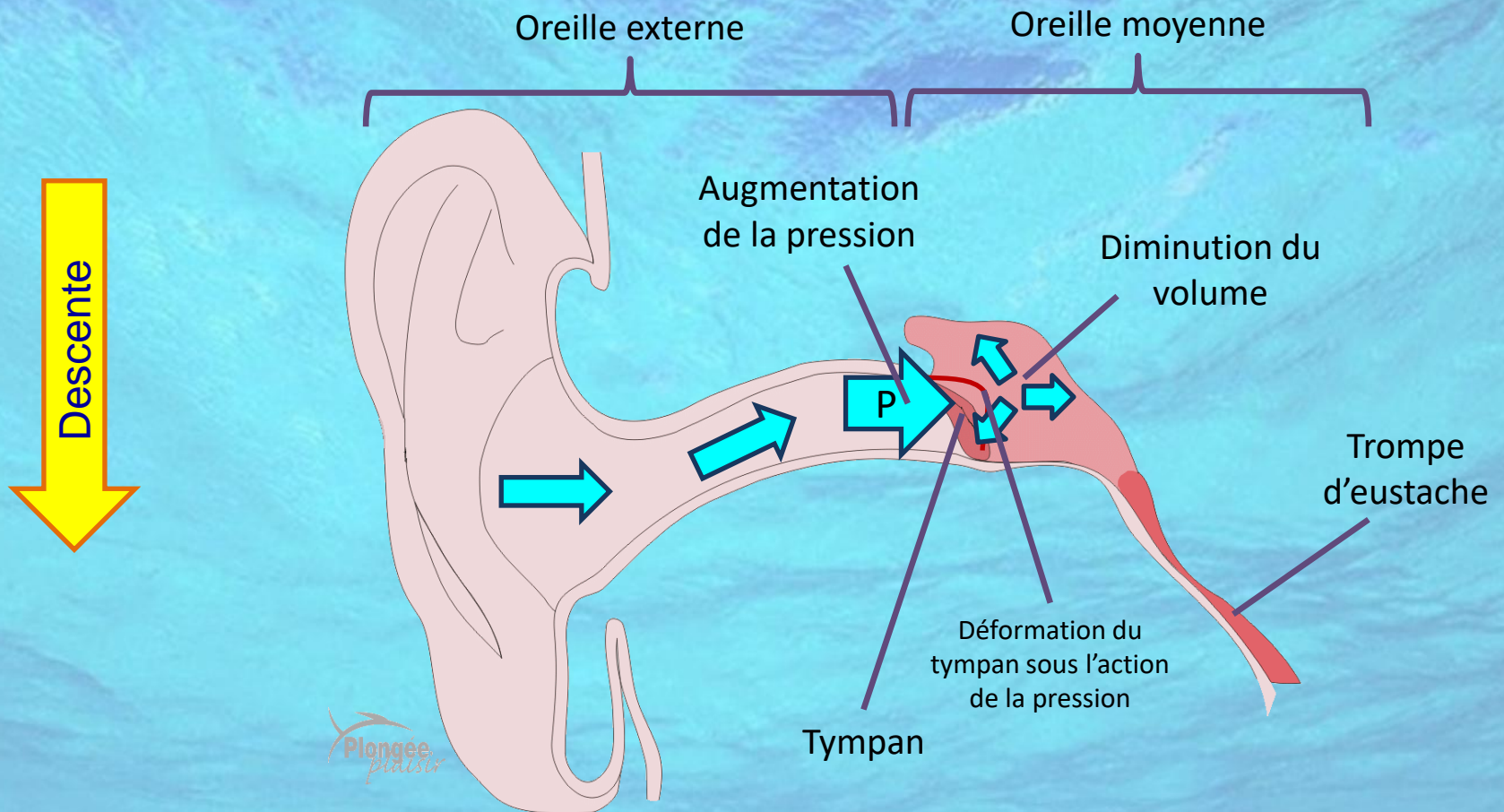
3 – Oreille

L'oreille est composée en 3 parties:

- Oreille externe (en contact avec le milieu)
- Oreille moyenne (en relation avec la gorge)
- Oreille interne (isolée du milieu)



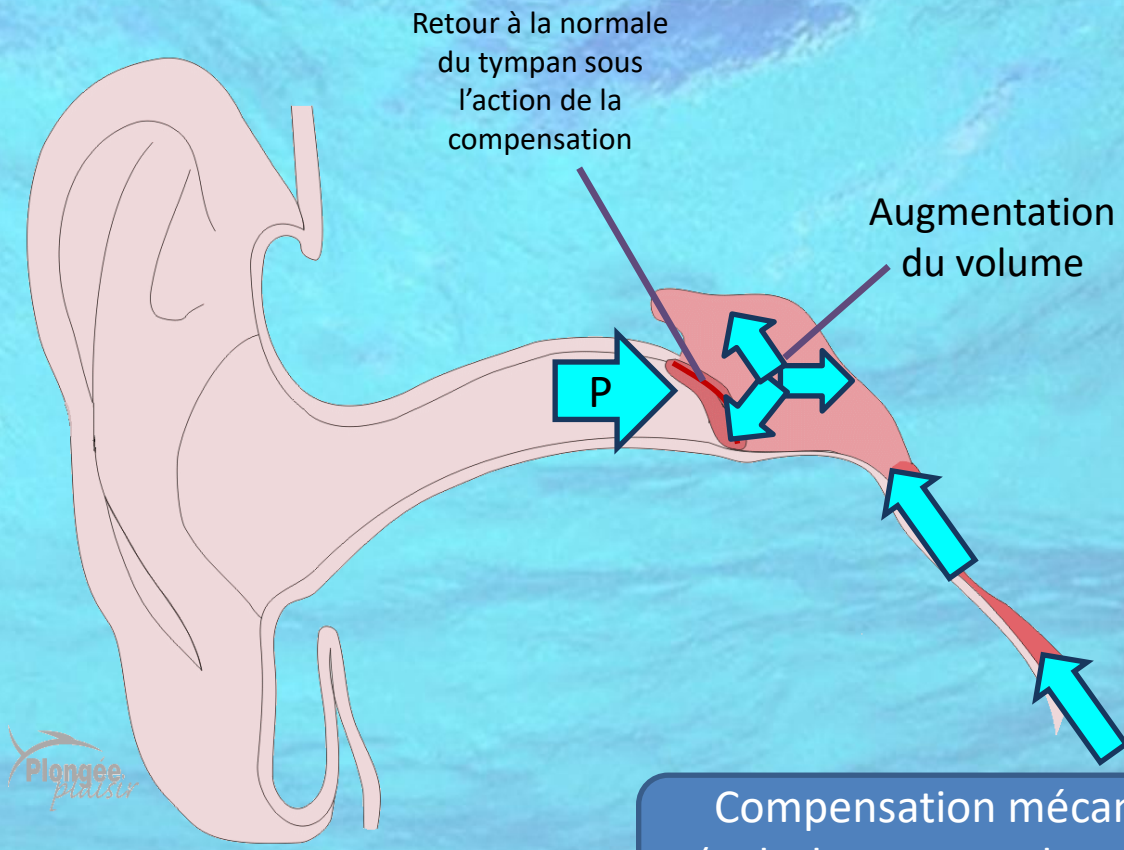
- L'oreille interne est séparée de l'oreille moyenne par le tympan.
- L'oreille moyenne est en relation avec la gorge via les trompes d'Eustache, qui sont de petits canaux.



Risques:

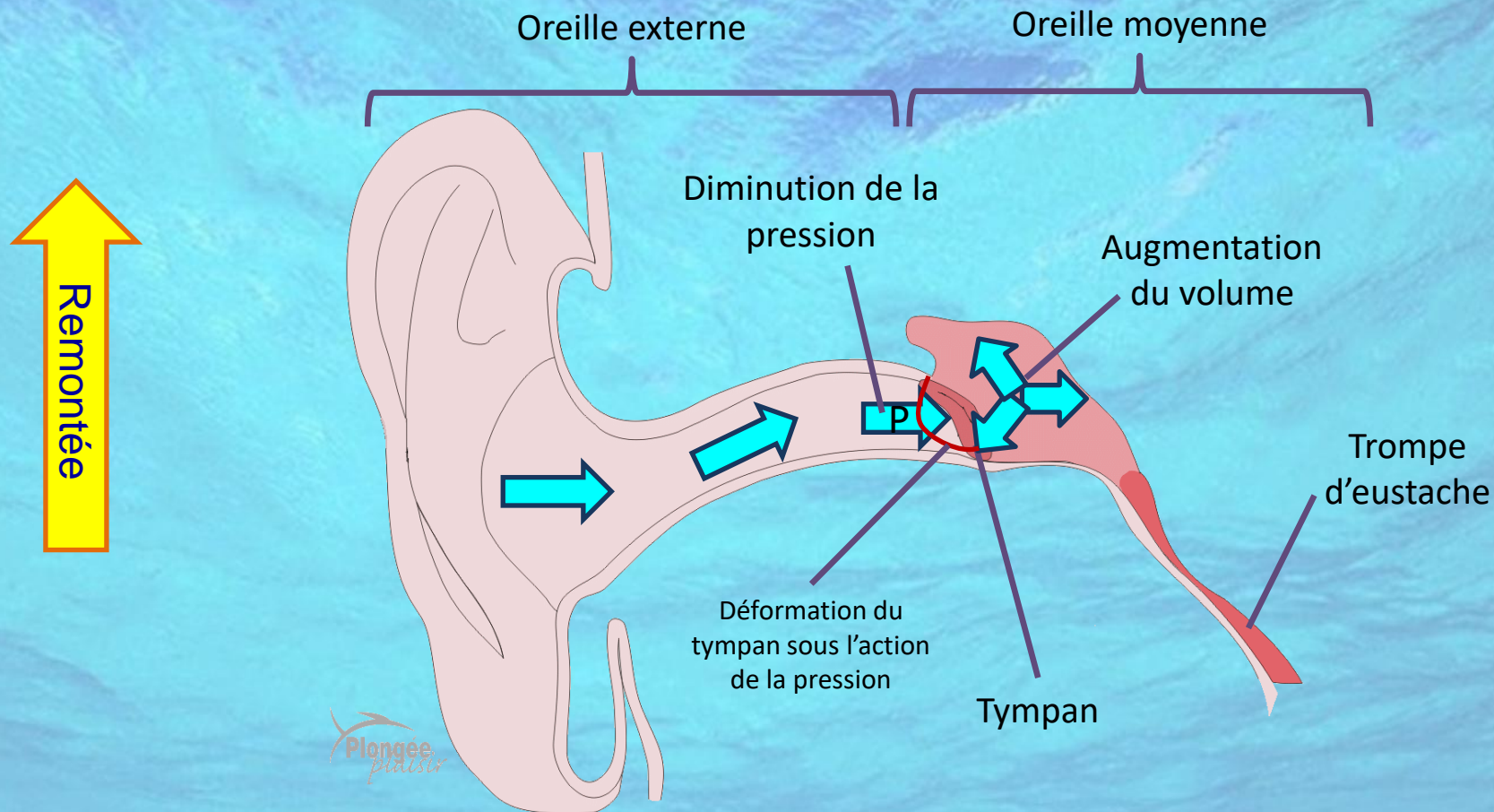
distension du tympan, lésion du tympan, irruption d'eau dans l'oreille moyenne, perte auditive importante, infection...

Descente



Plongée plaisir

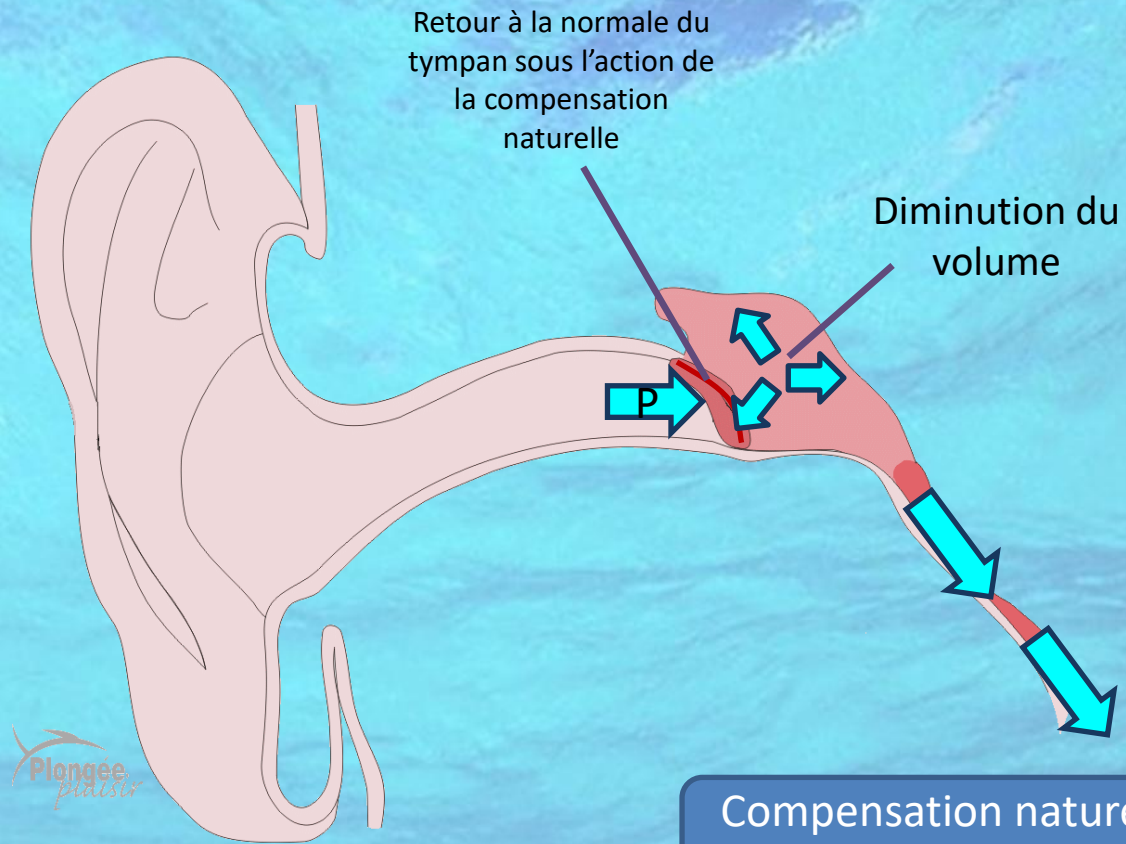
Compensation mécanique
(Valsalva – Frenzel – Béance
Tubulaire Naturelle / BTN)



Risques:

distension du tympan, lésion du tympan, irruption d'eau dans l'oreille moyenne, perte auditive importante, infection...

Remontée



Plongée plaisir

Symptômes:

À la descente ou à la remontée

- Douleur
- Sensation d'enfoncement du tympan
- Vertige
- Nausée
- Perte de connaissance
- Saignement

Conduite à tenir

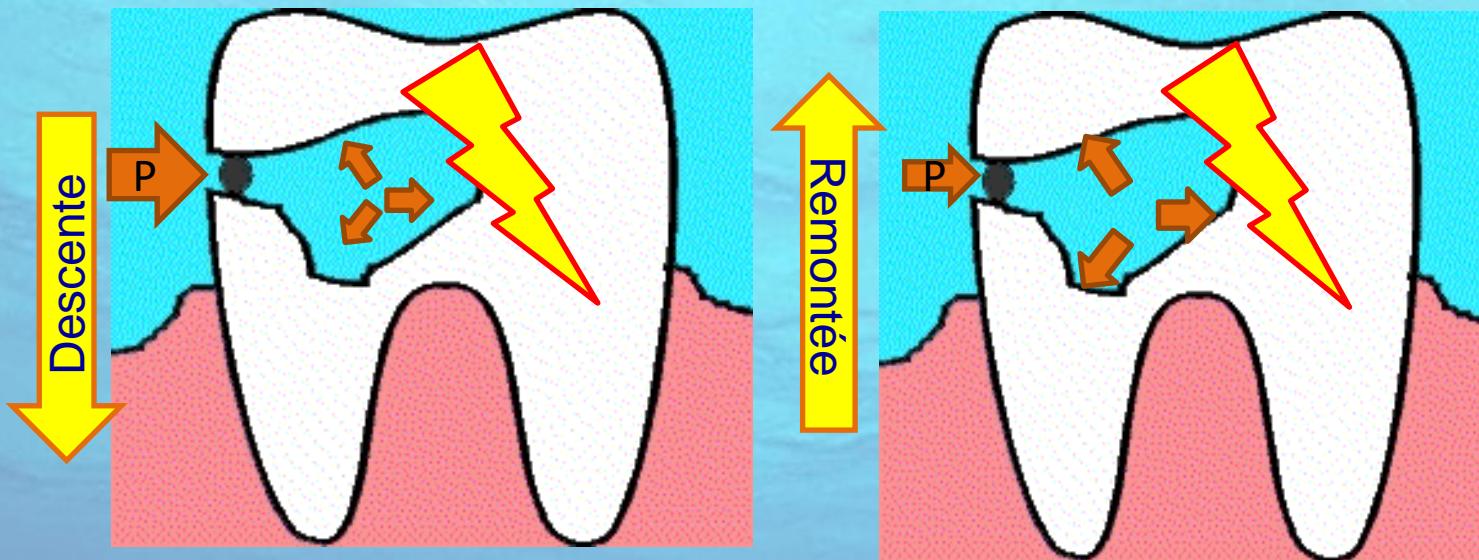
- Prévenir la palanquée ou le guide de palanquée
- Interrompre la plongée
- À la descente, essayer de passer doucement les oreilles et de descendre doucement
- À la remontée, tenter la BTV
- Consultation auprès d'un ORL

Prévention

- Pas de plongée enrhumé
- Ne pas forcer, tant à la descente qu'à la remontée
- Équilibrer régulièrement les oreilles
- Descendre et remonter lentement
- **PAS DE VALSALVA A LA REMONTEE**

4 – Dents

En cas de carie, de mauvais état d'un plombage ou d'une couronne, ou de gencives abîmées, une dépression peut se créer dans la dent à la descente ou une surpression à la remontée.



Risques:
Endommagement
du plombage ou
de la couronne,
endommagement
de la dent,
éclatement de la
dent, infection

Symptômes:

À la descente ou à la remontée

- Violente douleur

Conduite à tenir

- Prévenir la palanquée ou le guide de palanquée
- Interrompre la plongée
- Consulter un dentiste

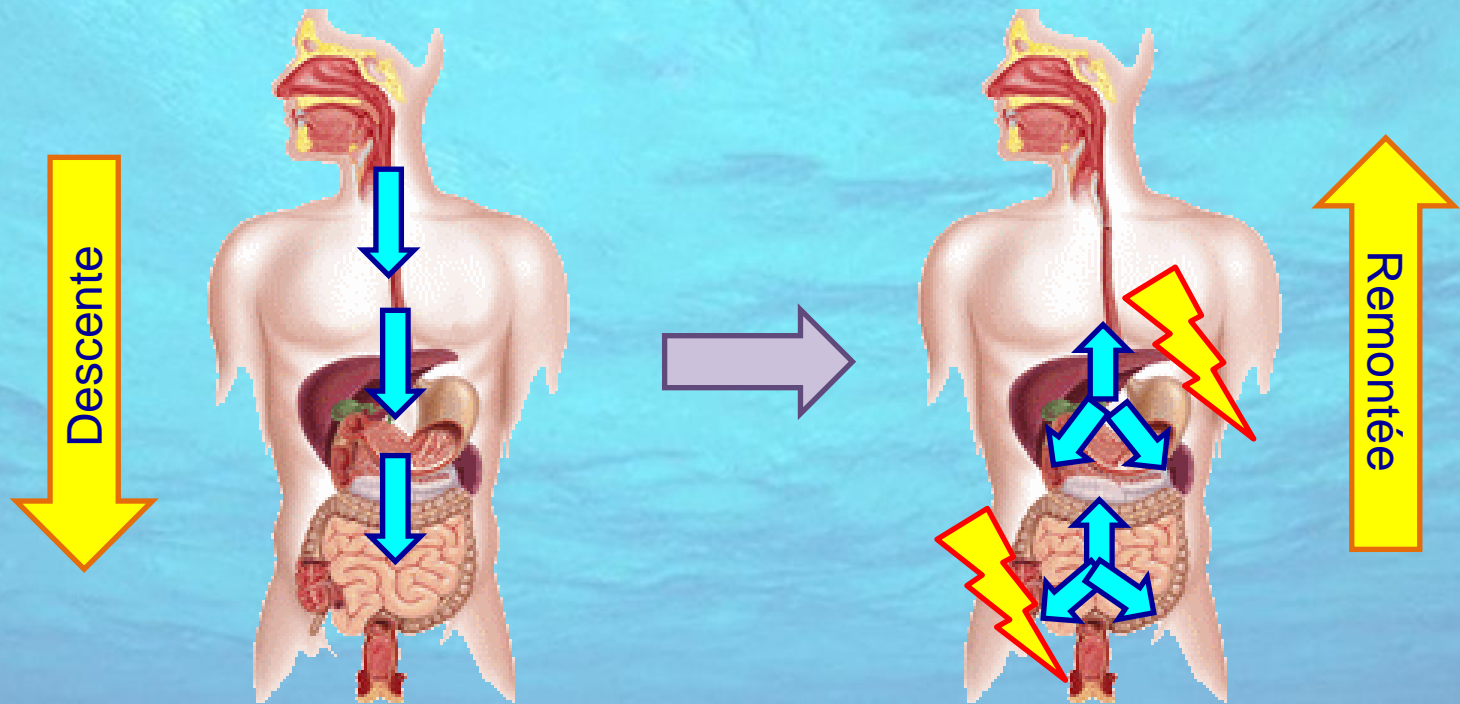
Prévention

- Bonne hygiène dentaire
- Consultation chez un dentiste avant de plonger

4 – Système digestif

Lors de la plongée, de l'air est avalé lors de la ventilation, et le système digestif continue à produire des gaz de digestion.

À la remontée, ces gaz ou l'air vont reprendre leur volume initial.



Symptômes:

À la remontée

- Violente douleur
- Distension abdominale

Conduite à tenir

- Prévenir la palanquée ou le guide de palanquée
- Interrompre la plongée
- Évacuer les gaz par voie naturelle
- Consulter un médecin

Prévention

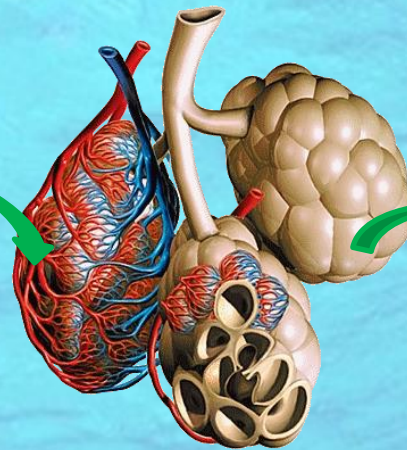
- Éviter boissons gazeuses, féculents et alimentation à fermentation
- Faire attention à sa ventilation

4 – Poumons **Surpression pulmonaire**

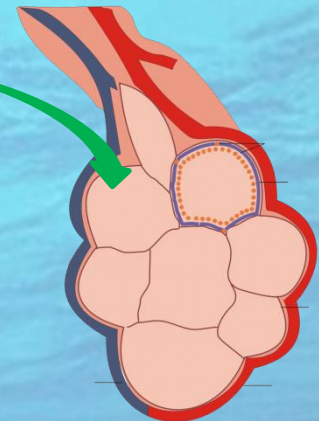
Il s'agit du barotraumatisme le plus grave, pouvant entraîner des complications graves, ***voire la mort.***



Poumons



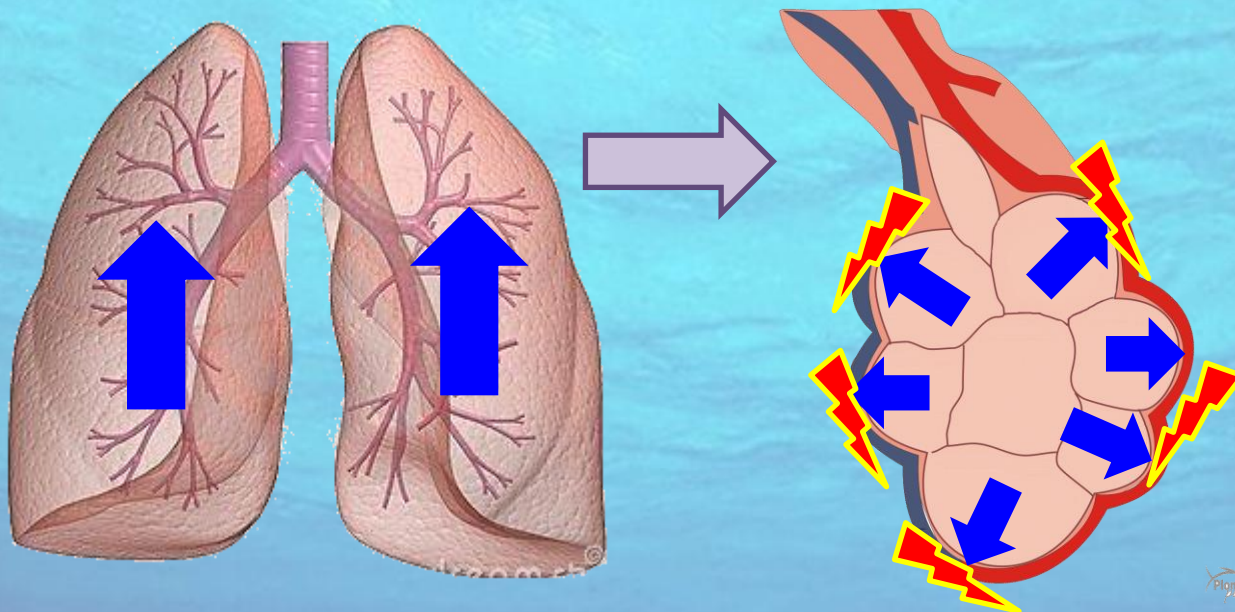
Sacs alvéolaires



Alvéoles

Mécanisme

- Dilatation de l'air à la remontée
- Donc augmentation du volume d'air dans les poumons
- En cas de blocage partiel ou total des voies aériennes, l'air contenu dans les alvéoles écrase et lèse la barrière alvéo-capillaire, jusqu'à la limite d'élasticité, pouvant entraîner la déchirure de l'alvéole et des vaisseaux la tapissant



La limite d'élasticité des alvéoles correspond à une remontée sans expiration de 2/3m de profondeur jusqu'à la surface.

Attention: risque de surpression pulmonaire en piscine!

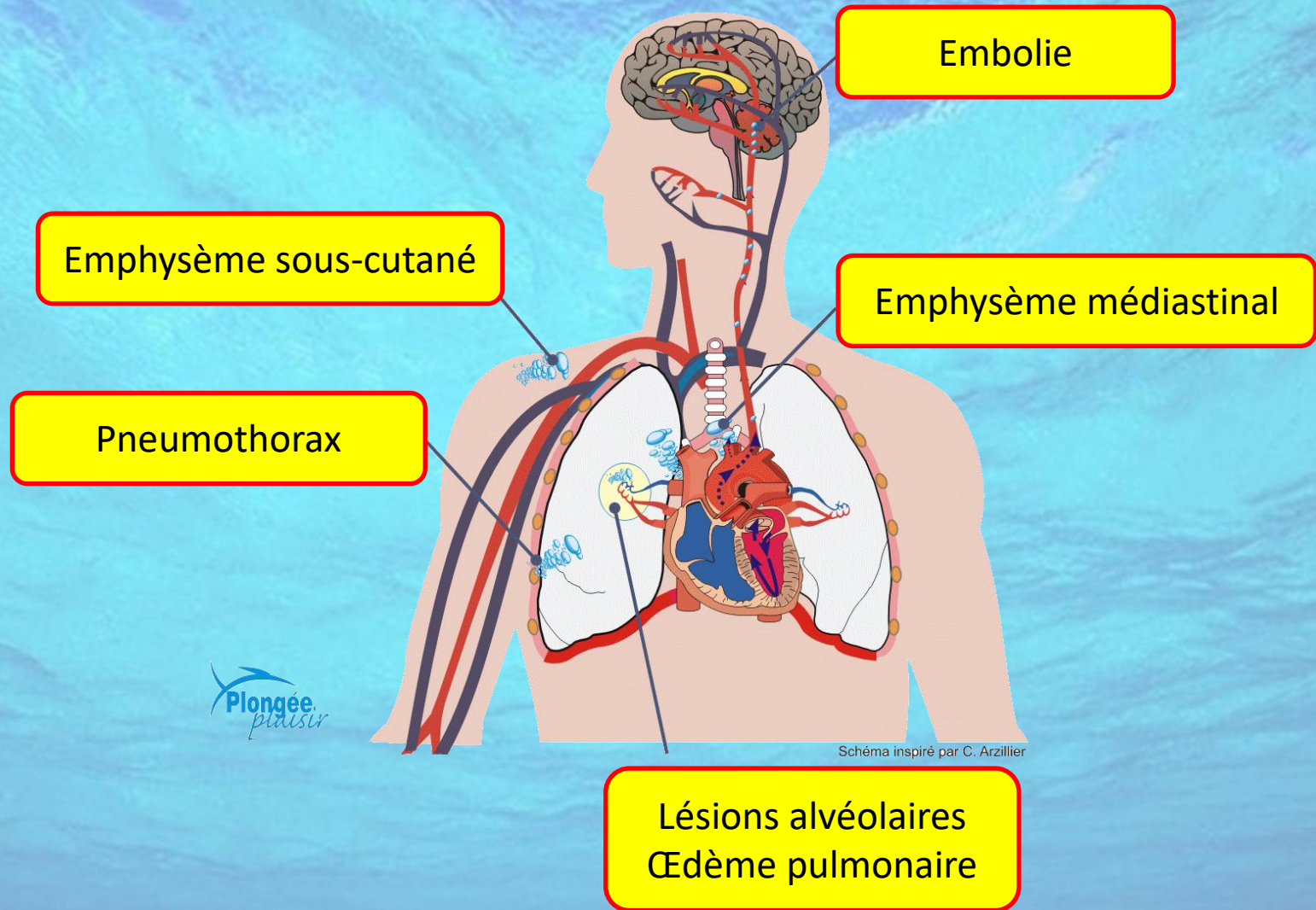


Schéma inspiré par C. Arzillier

Symptômes:

- **Gêne ventilatoire / sensation d'oppression**
- **Toux, crachats sanglants (spume rosâtre)**
- **Douleurs thoraciques**
- **Nausée / vomissements**
- **Pâleur / bleuissement du visage / refroidissement des extrémités**
- **Pouls rapide**
- Troubles de la parole, de la vision, de l'audition, du toucher
- Paralyse (hémiplégie, tétraplégie)
- Troubles de la conscience
- Convulsion / coma
- Asphyxie
- Voix rauque
- Troubles cardiaques
- ...

Conduite à tenir

- Victime déséquipée, mise à l'écart, protégée du froid ou de la chaleur
- Mise sous oxygène (15l/mn)
- Appel aux secours (VHF canal 16, ASN canal 70, 196, 15)
- Hydrater la victime
- Proposer de l'aspirine (maximum 500mg) (**FACULTATIF** – prise par l'accidenté)
- Surveiller
- Réchauffer
- Prise en compte des membres de la palanquée

Prévention

- Pas de blocage de la ventilation à la remontée
- Forcer sur l'expiration
- Pas de Valsalva à la remontée
- Respect des contre-indications médicales

Localisation	Descente	Remontée	Prévention
Masque	Oui	-	Souffler dans le masque Ne pas trop serrer la sangle
Sinus	Oui	Oui	Ne pas plonger enrhumé
Oreilles	Oui	Oui	Equilibrer Ne pas plonger enrhumé Descendre doucement
Dents	Oui	Oui	Bonne hygiène dentaire Contrôle régulier par un dentiste
Système digestif	-	Oui	Pas de boissons gazeuses Pas de féculents ou aliments à fermentation
Poumons	-	Oui	Pas de blocage de la ventilation Forcer sur l'expiration Pas de valsalva à la remontée

PREVENTION!!!!

Accidents de décompression

1. Rappels physiques
2. Dissolution des gaz
3. Facteurs favorisants
4. FOP
5. Les accidents de décompression
6. Conduite à tenir
7. Prévention

Accidents de décompression

- 1. Rappels physiques**
2. Dissolution des gaz
3. Facteurs favorisants
4. FOP
5. Les accidents de décompression
6. Conduite à tenir
7. Prévention

Le corps humain est composé à 65% d'eau.

L'air que nous respirons est composé à 78% d'azote (N₂), à 20% d'oxygène (O₂), à 0,03% de gaz carbonique (CO₂), et pour le reste de gaz rares en quantités négligeables.

Ces gaz, mis en contact avec le sang et les fluides corporels par le jeu de la respiration, s'y accumulent et diffusent dans toutes les parties du corps.

Le CO₂, en quantité très faible, ne participe que très peu à ces échanges.

Le O₂, consommé par les cellules, n'intervient pas dans les accidents biophysiques.

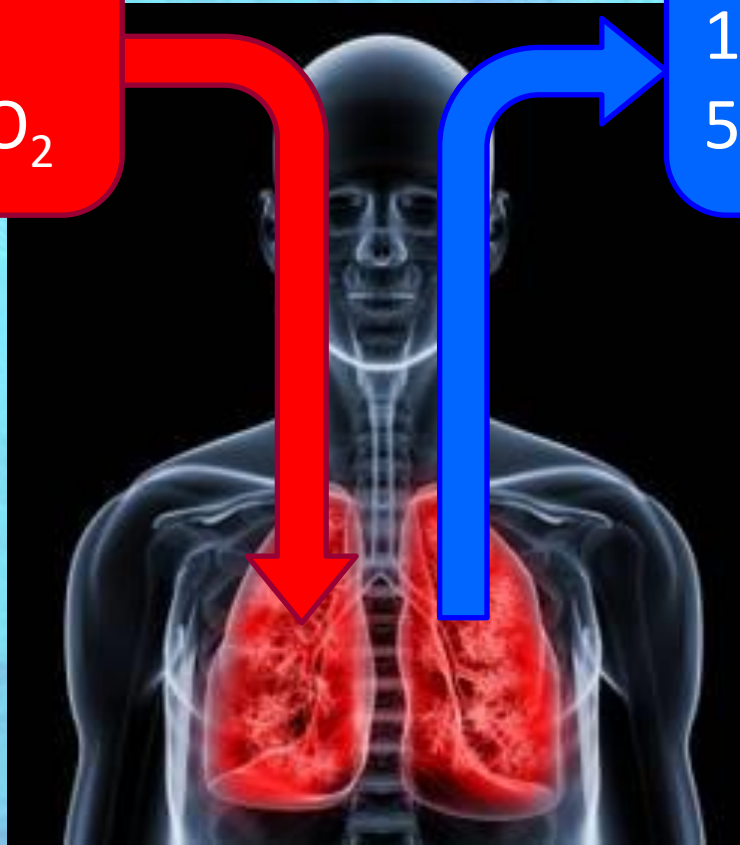
Seul le N₂, servant de diluant de l'air, est concerné par les accidents biophysiques.

Accidents de décompression

1. **Rappels physiques**
2. **Dissolution des gaz**
3. Facteurs favorisants
4. FOP
5. Les accidents de décompression
6. Conduite à tenir
7. Prévention

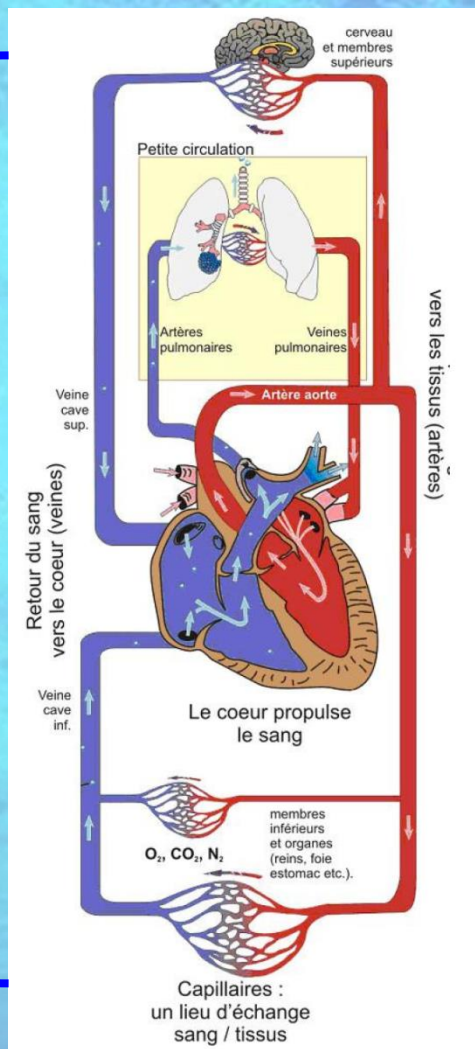
78% de N₂
21% de O₂
0,03% de CO₂

78% de N₂
16% de O₂
5% de CO₂



Sang carbonaté

Sang pauvre en O_2
et enrichi en CO_2



Sang hématosé

Sang riche en O_2 et
pauvre en CO_2

En surface

L'O₂ est consommé partiellement par les tissus du corps, engendrant la production de CO₂.

Ces 2 gaz sont rejetés lors de l'expiration.

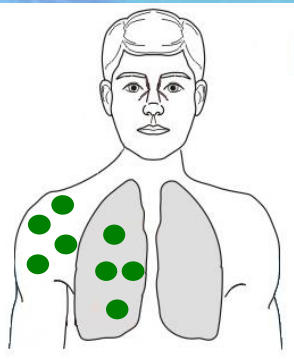
Le N₂ est rejeté en totalité.

En immersion

L'O₂ est consommé partiellement par les tissus du corps, engendrant la production de CO₂.

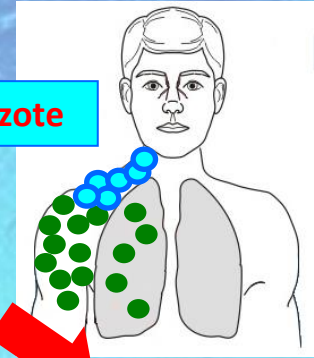
Ces 2 gaz sont rejetés lors de l'expiration.

Une partie du N₂ est se dissout partiellement dans les tissus, y restant stocké. Le reliquat est rejeté lors de l'expiration.



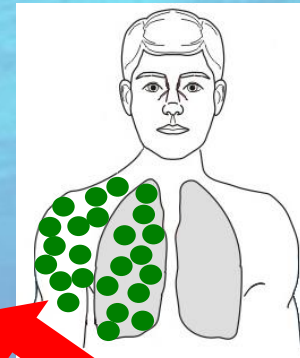
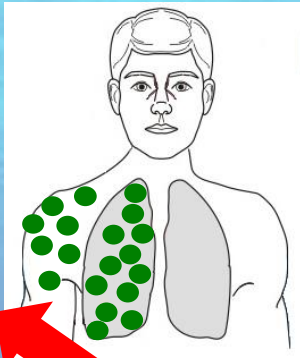
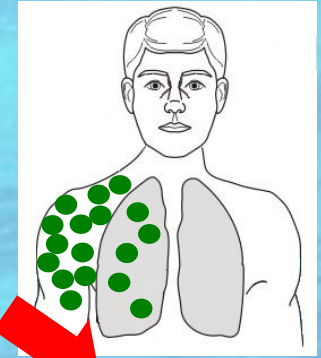
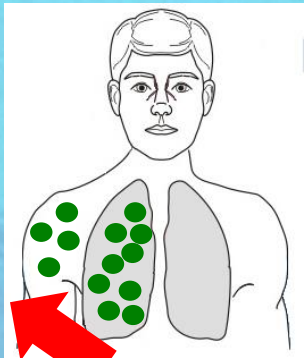
Surface

Formation de bulles d'azote



Surface

Remontée trop rapide



Barotraumatismes / Accidents de décompression

Accidents de décompression

1. Rappels physiques
2. Dissolution des gaz
3. **Facteurs favorisants**
4. FOP
5. Les accidents de décompression
6. Conduite à tenir
7. Prévention

Facteurs favorisant statistiquement les plus importants

Avant la plongée

- Déshydratation (sang moins fluide, élimination ralentie du N₂)
- Fatigue, traitement médical, mauvaise condition physique ou psychique
- Tabac, alcool, psychotropes
- Adiposité prononcée (affinité du N₂ pour les tissus gras)
- Conditions climatiques
- Conditions de mer

Pendant la plongée

- Non respect des procédures de désaturation (vitesse de remontée, paliers)
- Effort physique important
- Plongée « yo-yo » et plongées rapprochées
- Efforts ventilatoires à la remontée
- Plongée profonde
- Temps de plongée important

Après la plongée

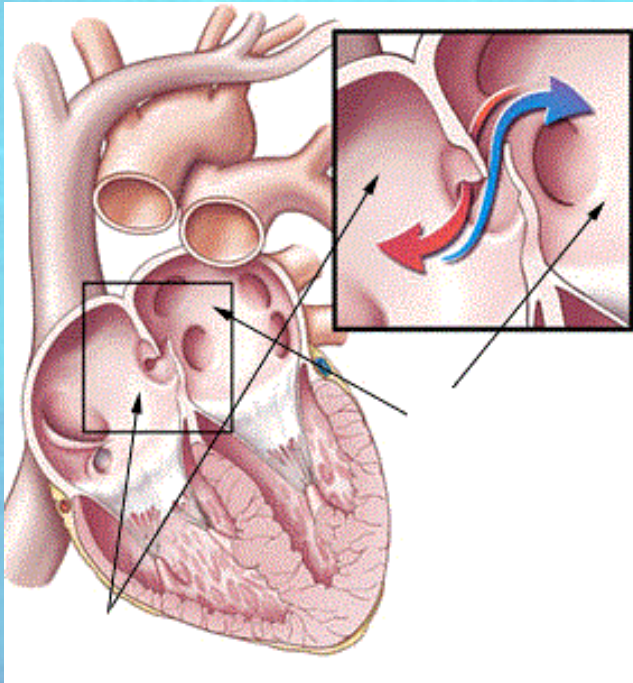
- Effort physique
- Apnée
- Altitude / avion
- déshydratation

Accidents de décompression

1. Rappels physiques
2. Dissolution des gaz
3. Facteurs favorisants
4. **FOP**
5. Les accidents de décompression
6. Conduite à tenir
7. Prévention

Foramen ovale perméable

Il s'agit d'un facteur aggravant d'ADD.



Le foramen ovale est un clapet entre les oreillettes droite et gauche.

- Ouvert chez le fœtus
- Soudé chez l'adulte
- Perméable chez 30% des adultes

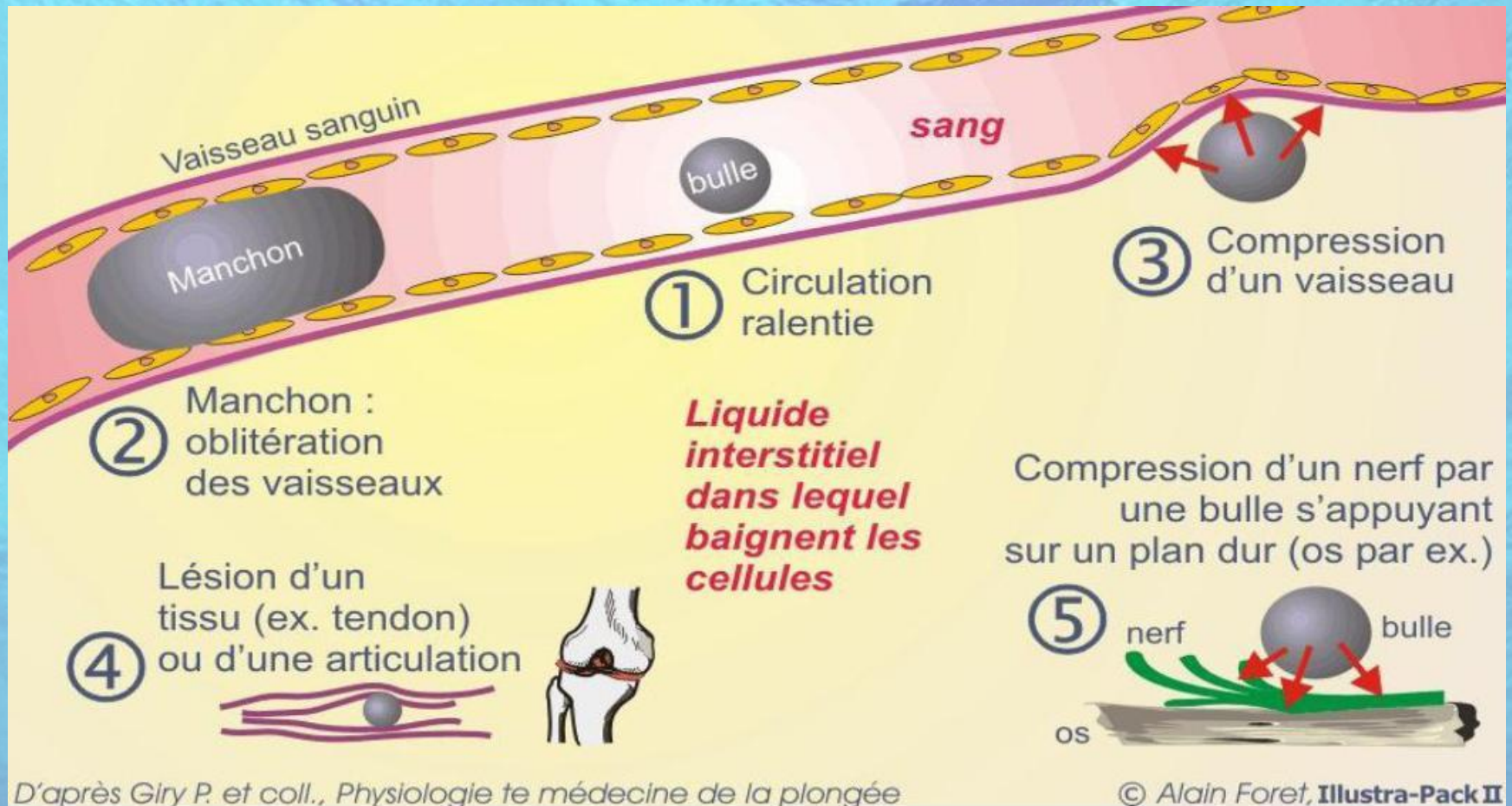
Le FOP « permet » une circulation sanguine entre les oreillettes.

La surpression peut être causée par un Valsalva, une apnée, un effort, une toux, le gonflage buccal du gilet...

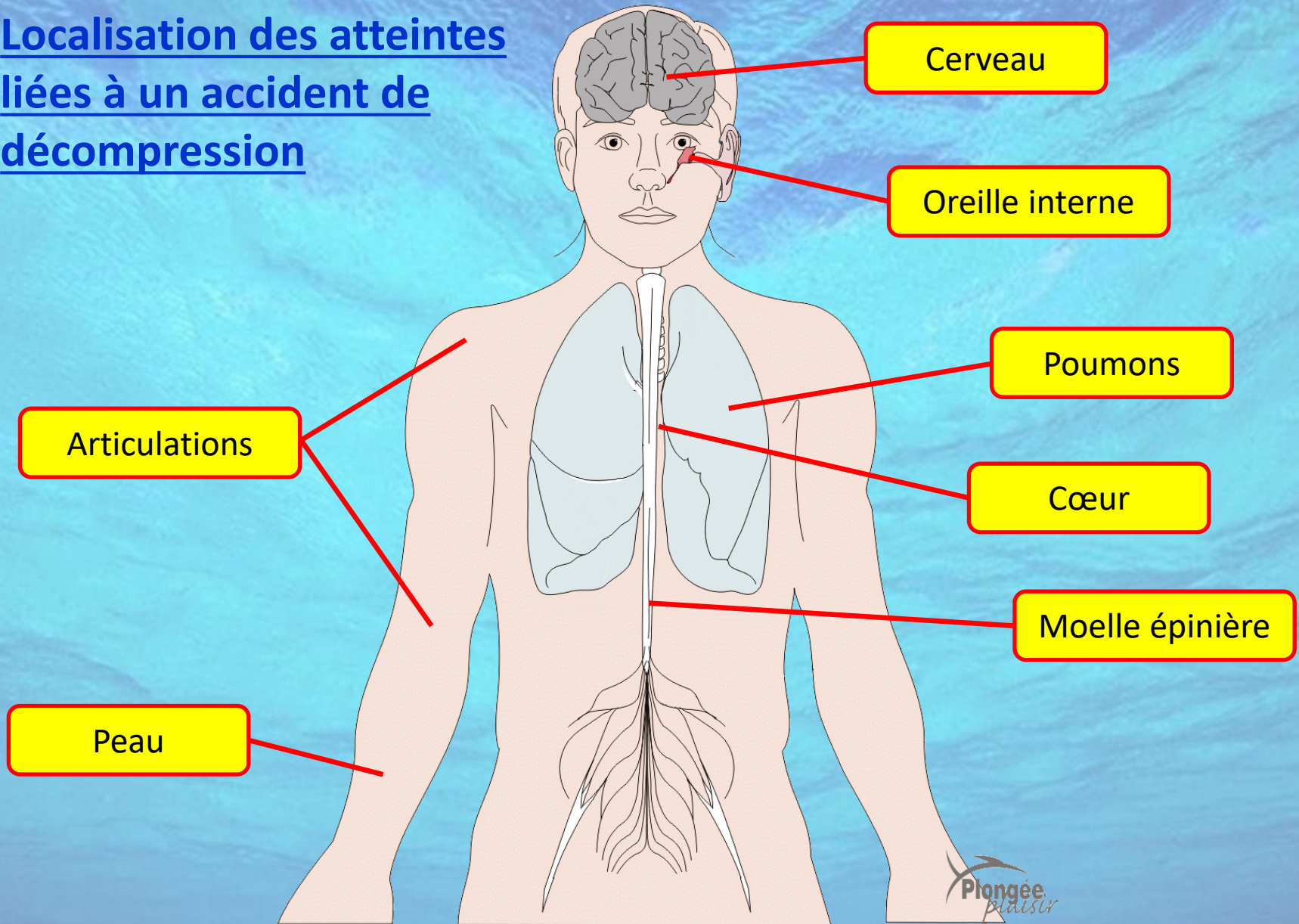
Accidents de décompression

1. Rappels physiques
2. Dissolution des gaz
3. Facteurs favorisants
4. FOP
- 5. Les accidents de décompression**
6. Conduite à tenir
7. Prévention

Localisation des bulles



Localisation des atteintes liées à un accident de décompression



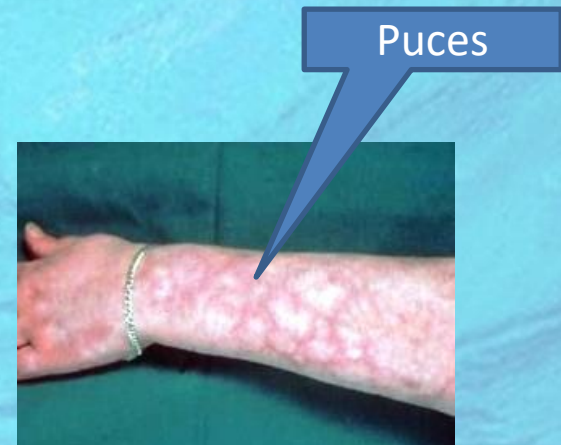
- Les symptômes se déclarent en fin de plongée à la remontée et jusqu'à 12h après la plongée.
- Les symptômes sont évolutifs.
- Les types d'accidents peuvent s'associer.
- Plus la plongée est profonde, plus les lésions seront importantes.
- Plus les signes sont précoces, plus les séquelles seront importantes.
- Plus le traitement est tardif, plus les séquelles seront importantes.

Symptômes généraux

- Malaise général
- Replis sur soi, prostration
- Nausée
- Fatigue intense, angoisse, frissons

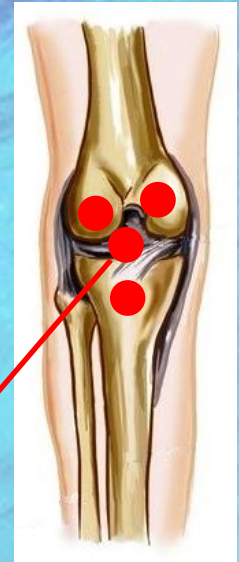
Accident cutané

- Sensation de piqûres localisées
- Démangeaisons localisées
- Fourmillements localisés
- Aspect de petites brûlures
- Aspects de piqûres
- Boursoufflures (moutons)



Accidents articulaires

- De la simple gêne à la douleur intense
- Pas d'amélioration même en cas de prise d'antalgique



Localisation des bulles

Accident pulmonaire

- Détresse ventilatoire
- Sensation d'oppression
- Cyanose progressive
- Toux



Similitude de certains
symptômes avec la
surpression pulmonaire
barotraumatique

Accident cardiaque

- Vive douleur rétro-sternale
- Sensation d'oppression
- Difficulté à ventiler



Peut entraîner un infarctus du myocarde

Accident de l'oreille interne

- Troubles de l'équilibre (vertiges, nausées, vomissements)
- Troubles auditifs



Similitude de certains symptômes avec le barotraumatisme de l'oreille interne

Accident cérébral

- Perte de connaissance
- Confusion, perte de mémoire
- Contractures
- Pertes de sensibilité
- Troubles de certaines fonctions (vue, parole, audition...)
- Déficit moteur (monoplégie, hémip légie, tétrap légie)

Accident médullaire (moelle épinière)

- Douleur vive et soudaine dans le bas du dos ou entre les omoplates, type coup de poignard
- Fourmillements dans les membres, sensation d'engourdissement
- Déficit moteur, impossibilité de se tenir sur les jambes
- Troubles de la sensibilité (toucher, chaleur, douleur...)
- Difficulté ou incapacité à uriner

SYMPTOMES	Type d'ADD
Brûlures, fourmillements, piqûres superficielles	Accident cutané (Puces)
Boursoufflures localisées	Accident cutané (Moutons)
Douleurs articulaires non atténuées par les antalgiques	Accidents ostéo- articulaires
Fatigue, douleur très vive au bas du dos ou entre les omoplates, déficit moteur, difficulté à uriner, paraplégie, quadriplégie	Accident médullaire
Perte de connaissance, troubles de la parole, de l'ouïe, de la vue, perte de sensibilité, déficit moteur, hémiplégié, monoplégie	Accident cérébral
Troubles de l'équilibre, troubles auditifs	Accident vestibulaire
Douleur rétro-sternale, sensation d'oppression, difficulté à ventiler	Accident cardiaque
Détresse ventilatoire, sensation d'oppression, cyanose progressive, toux	Accident pulmonaire

Accidents de décompression

1. Rappels physiques
2. Dissolution des gaz
3. Facteurs favorisants
4. FOP
5. Les accidents de décompression
6. **Conduite à tenir**
7. Prévention

Processus d'intervention:

1) Alerter les secours

- Par VHF (canal 16) ou VHF-ASN (canal 70) dans le cas d'une plongée en mer depuis un bateau
- Par téléphone (15 - SAMU, CROSS - 196)

2) Regrouper la palanquée

3) Veiller au confort de l'accidenté (chaleur, froid, combinaison, chocs...)

4) Administrer de l'O₂ à 15L/mn

5) Réhydrater l'accidenté (eau non gazeuse ou jus de fruit par petites prises à raison de 1L/h)

6) Proposer de l'aspirine à 500mg non effervescente si conscience de l'accidenté et pas d'allergie (**FACULTATIF** – prise par l'accidenté)

7) Récupérer les ordinateurs et relever le profil de plongée, remplir une fiche d'évacuation et indiquer les symptômes

8) Suivre l'évolution de l'accidenté et surveiller les membres de la palanquée

9) **NE JAMAIS INTERROMPRE LE TRAITEMENT MEME EN CAS D'AMELIORATION DE L'ETAT**

Pour info

Traitement de l'ADD par oxygénothérapie hyperbare (OHB)

- Oxygène pur
- Profondeur de re-compression variable (15 à 30m)
- Durée variable (60 à 300mn)
- 2 séances par jour pendant 7 à 10 jours
- Puis 1 séance par jour associées à de la rééducation
- Si nécessaire, rééducation neurologique spécifique
(limitation des séquelles et recouvrement d'une autonomie fonctionnelle)

Source: Dr QUERUEL & Dr BERGMANN – Hôpital de Hyères

Pour info

Statistiquement, les accidents se manifestent dans:

- 50% des cas dans les 30mn après l'émergence
- 35% des cas entre 30mn et 1h après l'émergence
- 10% des cas entre 1h et 3h après l'émergence
- 4% des cas entre 3h et 6h après l'émergence
- 1% des cas entre 6h et 12h après l'émergence

Ils est à noter que l'ADD est d'autant plus grave que le délai d'apparition est court.

Pour info

Fréquence des ADD:

- 37% d'accidents neurologiques médullaires
- 22% d'accidents neurologiques cérébraux
- 17% d'accidents vestibulaires
- 8% d'accidents ostéo-articulaires
- 8% d'accidents cutanés
- 8% d'autres accidents

Conséquences des ADD:

- 75% des accidents ne présentent pas de séquelles
- 19% des accidents présentent des séquelles non invalidantes
- 6% des accidents présentent des séquelles invalidantes

Accidents de décompression

1. Rappels physiques
2. Dissolution des gaz
3. Facteurs favorisants
4. FOP
5. Les accidents de décompression
6. Conduite à tenir
7. Prévention

Avant la plongée

Bonne condition physique & psychique

Hydratation

Matériel en bon état, adapté, connu de l'utilisateur

Pas plus de 2 plongées par jour, la plus profonde en 1^{er}

Pas d'alcool, de drogue, ou autres psychotrope

Éviter certains médicaments (se référer à son médecin)

Prévoir le nécessaire de secours (O2, eau potable, aspirine, ...) **(N3)**

Moyen d'appel aux secours et numéros / canaux associés **(N3)**

Adresse et numéro du caisson hyperbare le plus proche **(N3)**

Étudier la possibilité de plonger au NITROX

Se protéger du froid

Pendant la plongée

Accès progressif à la profondeur (plongée de réadaptation)

Contrôle régulier de la profondeur

Pas d'effort important

Pas de profil inversé, pas de yo-yo

Ventilation lente et ample, surtout à la remontée et pendant les paliers

Respect **SCRUPULEUX** des vitesses de remontée

Respect **SCRUPULEUX** des durées de palier

Respect **SCRUPULEUX** des procédures

Pas de Valsalva à la remontée

Privilégier les plongées dans la courbe de sécurité

Éviter les immersions profondes et prolongées

Après la plongée

Pas d'effort

Pas d'apnée

Pas d'altitude (avion, montagne...)

Réhydratation

Ménager des périodes de repos

Surveiller les membres de la palanquée