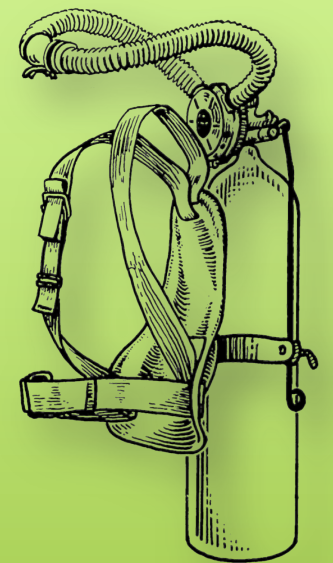


# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4

Codep 92



# Objectif de ce cours

- Les **barotraumatismes** sont bien connus des plongeurs N3 expérimentés qui savent les prévenir pour eux-mêmes
- Ils doivent être plus finement connus pour l'épreuve théorique de l'**examen GP-N4**
- Ce cours représente le **socle de connaissances** requises pour le MF1 afin de dispenser l'enseignement aux plongeurs en apprentissage

## — ÉPREUVES THÉORIQUES

### 11 | ANATOMIE, PHYSIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE DU PLONGEUR : Coefficient 4 (Suite)

• C'est une épreuve écrite destinée à vérifier les connaissances du candidat sur la physiologie spécifique au plongeur, sur les accidents autres que les ADD, la gestion de l'effort et les bases théoriques de l'entraînement physique.

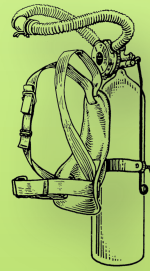
1 — Connaissances	2 — Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Accidents <b>barotraumatiques</b> des poumons, de l'oreille, des sinus, des dents, et le placage du masque. Symptômes, mécanisme, conduite à tenir et prévention.</li><li>• <b>Narcose</b> : symptômes, facteurs favorisants et prévention en tant que guide de palanquée. Le mécanisme n'est pas demandé. Rôle facilitateur du CO<sub>2</sub>.</li></ul>

# Les barotraumatismes et le GP

- Les barotraumatismes surviennent principalement dans la **zone proche de la surface** et surtout sur des plongeurs débutants... *qui sont ceux que vous allez majoritairement encadrer !*
- Il vous faut donc les connaître précisément afin de les **prévenir** et d'être en mesure de **réagir** s'ils se présentent

*Le **guide de palanquée** doit comprendre les mécanismes d'apparition des barotraumatismes afin d'adapter son briefing et son comportement lorsqu'il encadre des plongeurs*

# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

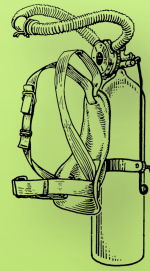
- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents
- Le placage de masque
- Le système digestif
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4

# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents
- Le placage de masque
- Le système digestif
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4



# Notion de pression

- La pression est le rapport d'une force appliquée sur une surface

$$P = F / S$$

P : pression en Pascal (Pa)

F : force en Newton (N)

S : surface en m<sup>2</sup>

- En plongée on utilise principalement le bar (bar), parfois l'atmosphère (atm)

1 bar  $\approx$  1 atm  $\approx$  10 N/cm<sup>2</sup>



# La pression en plongée

- Pression **atmosphérique**

C'est le poids de l'atmosphère au niveau de la mer (0 m)

$$P_{\text{atm}} = 1 \text{ bar} \approx 1013 \text{ mbar} \approx 1 \text{ atm}$$

- Pression **relative** (ou hydrostatique)

Poids de l'eau au-dessus du plongeur ; 1 bar tous les 10 m

$$P_{\text{rel}} = \text{profondeur}/10$$

- Pression **absolue**  $P_{\text{abs}}$

Somme des pressions atmosphérique et relative

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{rel}}$$

# Les variations de pression en plongée

*Lorsqu'on s'immerge, on gagne 1 bar tous les 10 m...*

Profondeur (m)	Pression relative (bar)	Pression absolue (bar)	$\Delta$ (10 m)
0	0	1	-
10	1	2	X 2
20	2	3	X 1,5
30	3	4	X 1,33
40	4	5	X 1,25
50	5	6	X 1,2
60	6	7	X 1,17



**Les variations de pression les plus importantes sont près de la surface**  
*...zone d'évolution des plongeurs débutants...*



# Pression et volume

- Les liquides et les solides sont incompressibles
- Pour les gaz, et il existe une relation entre la pression et le volume qu'ils occupent

*À température constante, le volume occupé par un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit :  $V=C^{te}/P$*

$$PV = \text{constante}$$

**P** : pression absolue en bars (bar)  
**V** : volume en litres (l)

Ce qui équivaut à  $P_1V_1 = P_2V_2$

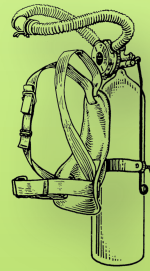
# Variation des volumes et pression des gaz en plongée

Durant la plongée, à la descente comme à la remontée, les **variations de pression** ont des conséquences...

- **sur l'organisme** : poumons, dents, oreilles, système digestif...
- **sur le matériel** : masque, combinaison, gilet
- **sur la plongée** : consommation d'air et saturation/désaturation en azote



# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

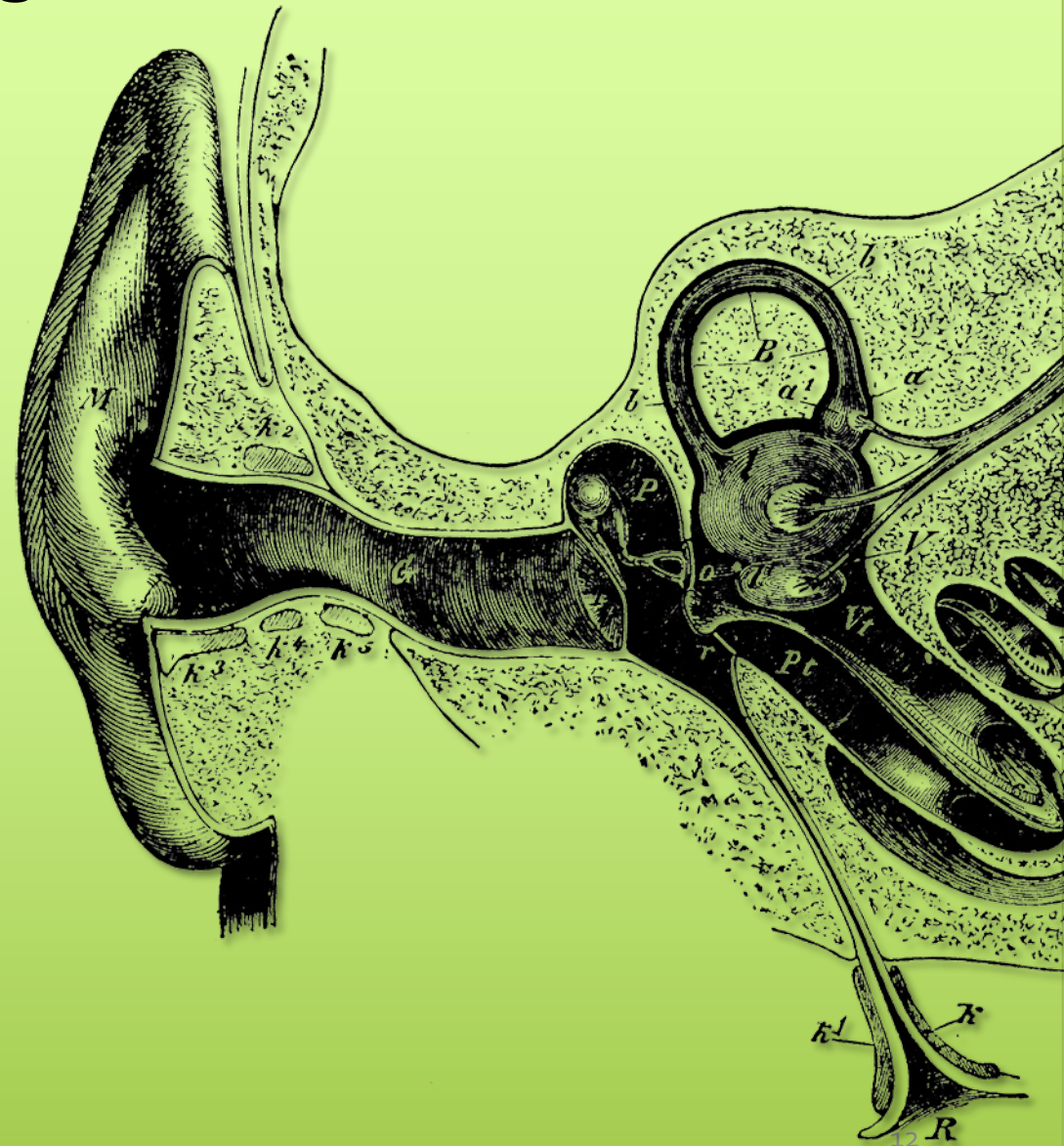
## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents
- Le placage de masque
- Le système digestif
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4

# Les oreilles

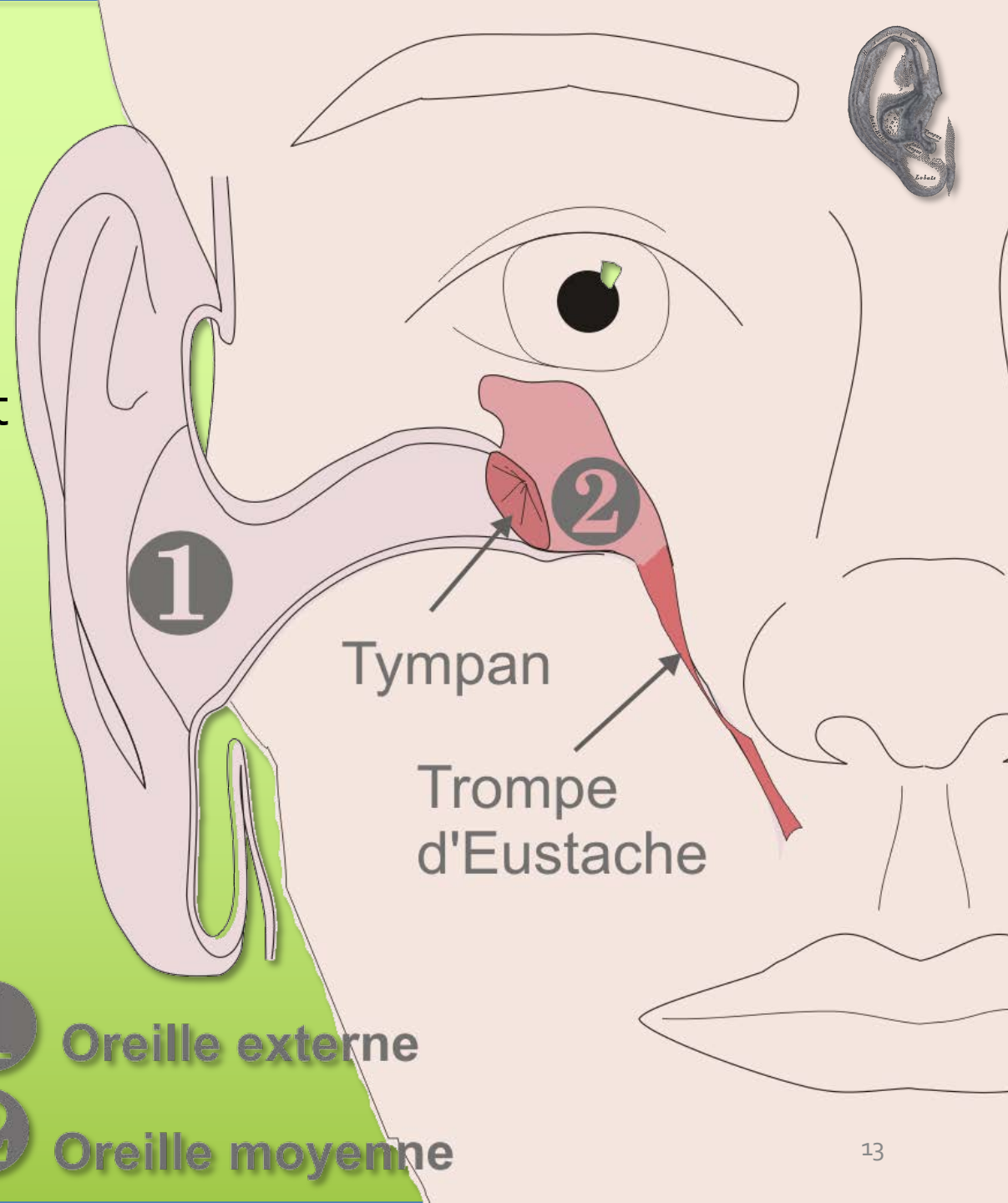
- Le barotraumatisme de l'oreille est l'incident le plus courant en plongée
- Il peut gêner une plongeur voire entraîner des séquelles à plus ou moins long terme
- Il peut survenir aussi bien à la **descente** qu'à la **remontée**
- L'apparition des symptômes est généralement progressive, et il ne faut pas attendre pour mettre en place une **remédiation** ; la meilleure étant la **prévention** !



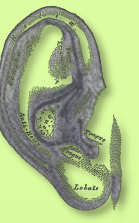
# L'équilibrage des oreilles

- L'oreille externe est au contact de l'**eau**
- L'oreille moyenne contient de l'**air** provenant de l'arrière-gorge
- En plongée, un **déséquilibre** de pression se crée entre les deux milieux, à la **descente** comme à la **remontée**
- Le **tympan**, membrane souple, interface entre ces milieux, se déforme, potentiellement jusqu'à la rupture

➤ On va donc chercher à maintenir ces deux milieux en **équipression**

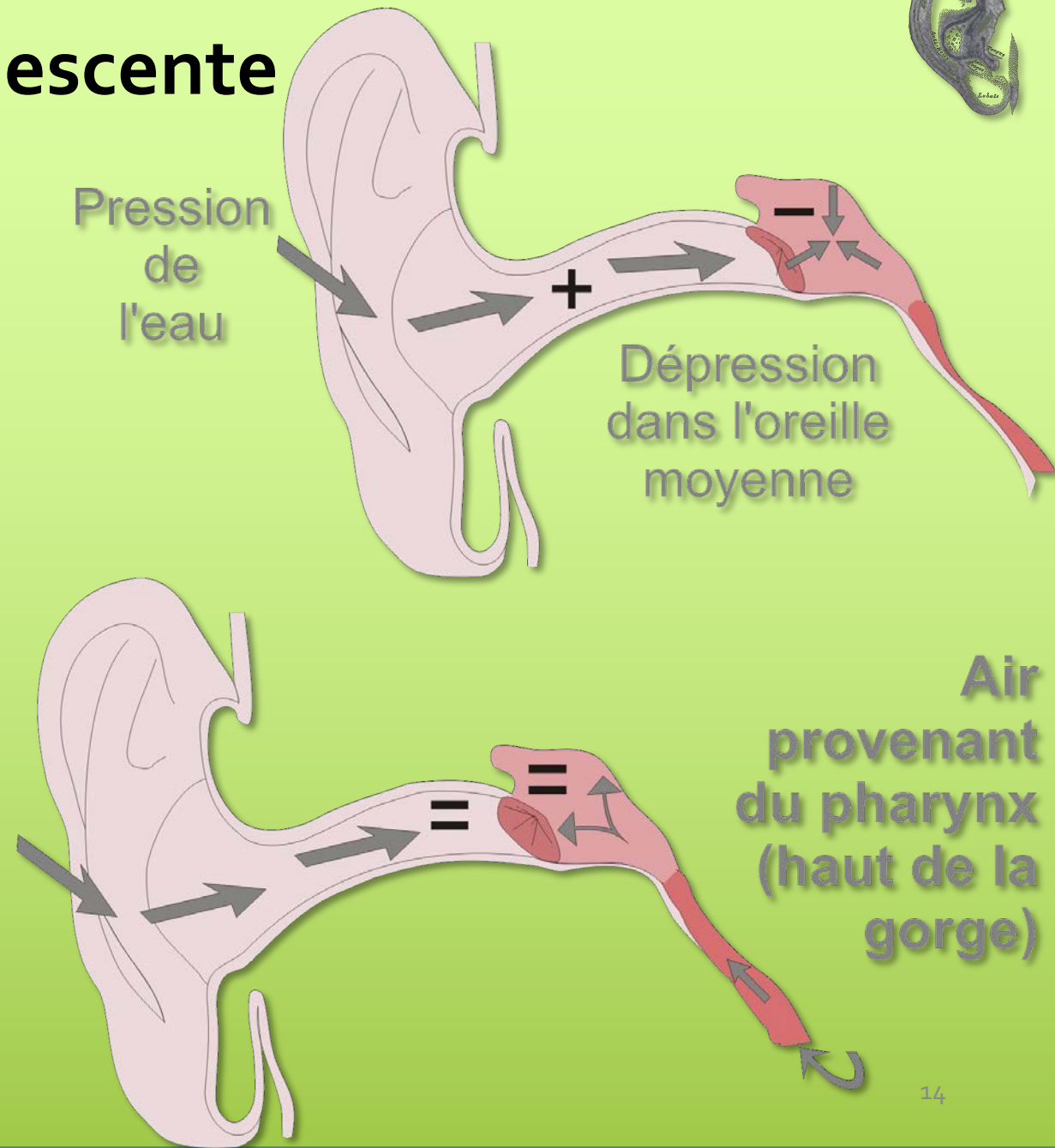


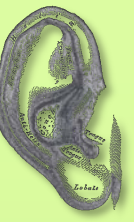
- 1 Oreille externe
- 2 Oreille moyenne



# L'équilibrage des oreilles : à la descente

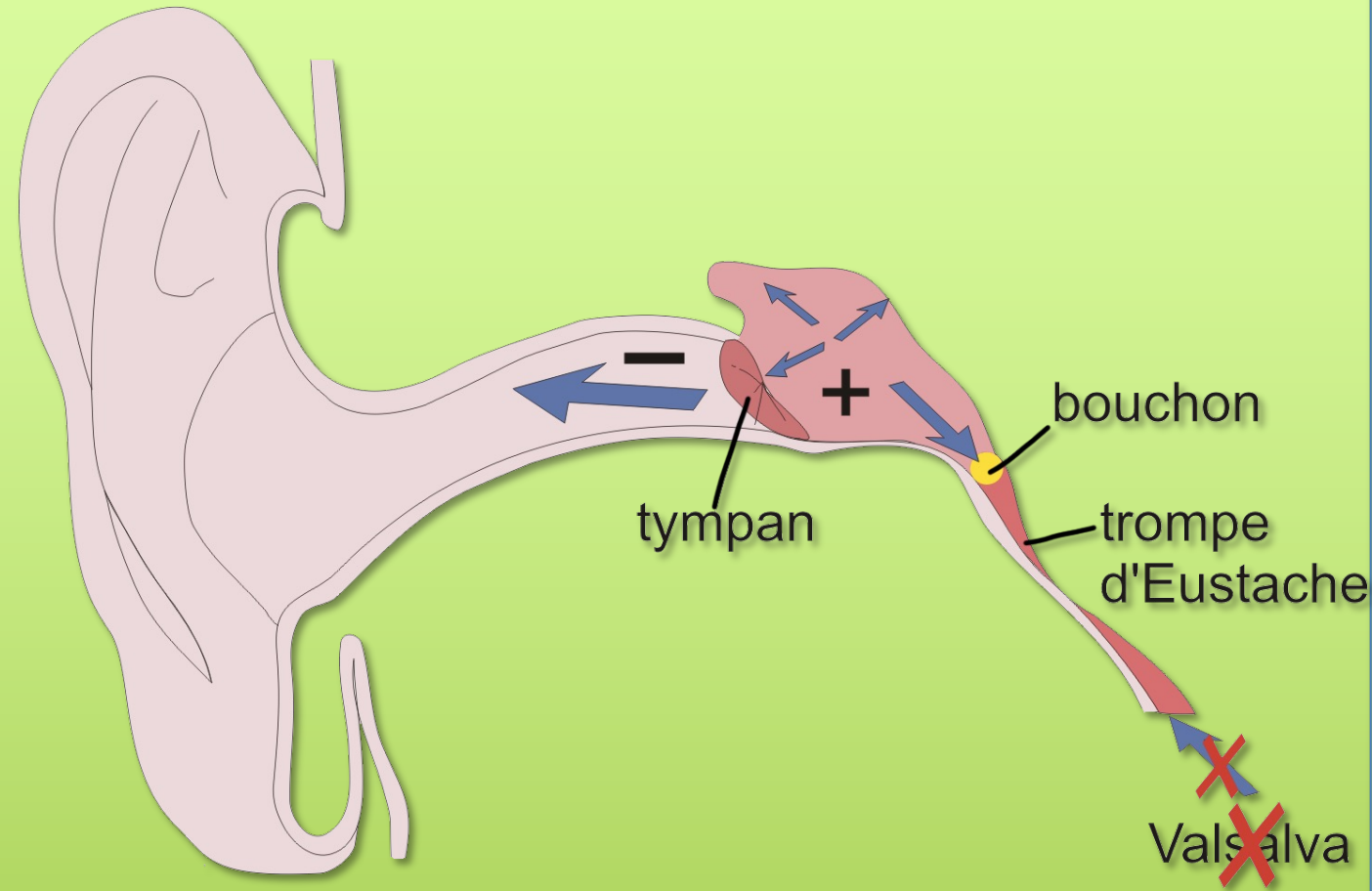
- À la descente, une dépression se crée dans l'oreille moyenne
- L'équilibrage se réalise en facilitant ou forçant le passage d'air dans l'oreille moyenne
- L'ouverture de la trompe d'Eustache peut se faire de manière spontanée ou au moyen de **techniques d'équilibrage** : Valsalva, Frenzel, BTV



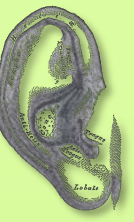


# L'équilibrage des oreilles : à la remontée

- **À la remontée**, l'excédent d'air présent dans l'oreille moyenne s'échappe naturellement par la trompe d'Eustache
- Une manœuvre de **Valsalva** augmenterait la pression dans l'oreille moyenne avec un risque de **barotraumatisme** du tympan ou des fenêtres vestibulaires\*

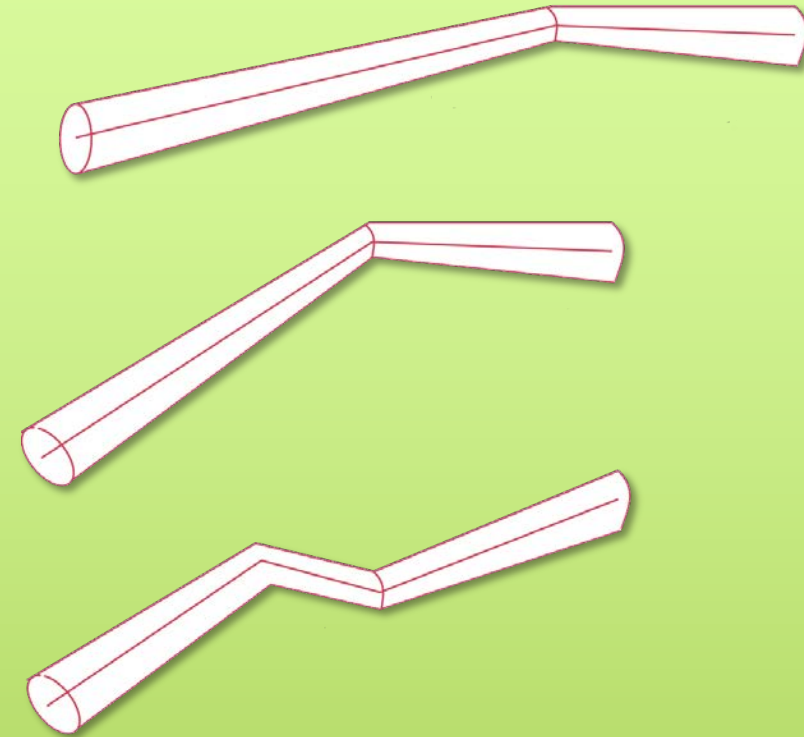


\* Sans mentionner les effets sur le système cardio-ventilatoire

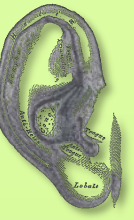


# Les difficultés d'équilibrage des oreilles

- Elles peuvent provenir de la **forme de la trompe d'Eustache** qui peut aller de perméable (aucun équilibrage nécessaire) à presque imperméable (plongée impossible)
- Elle dépendent aussi de l'état des **muqueuses** (rhume, irritations...)







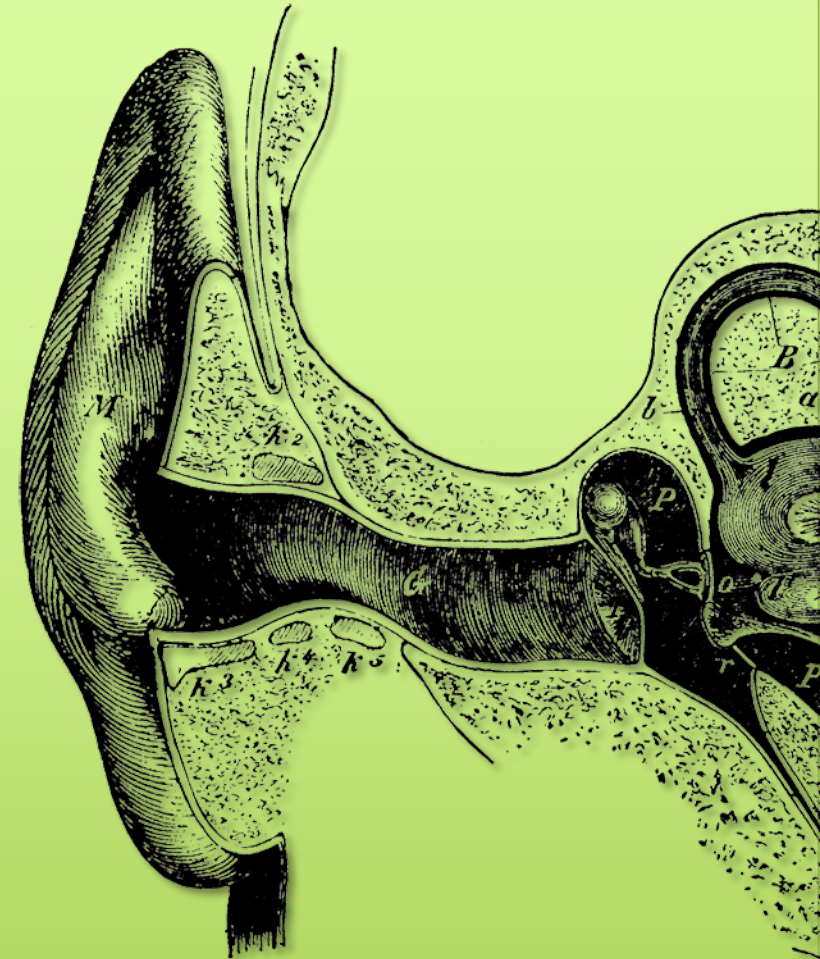
# L'équilibrage des oreilles : les techniques

Méthodes	Présentation	Avantages	Inconvénients	Facilité
<b>Déglutition</b>	Provoque souvent une ouverture des trompes d'Eustache	Méthode simple	Ingestion d'air durant la plongée	Facile
<b>Valsalva</b> <i>à la descente uniquement !</i>	Nez pincé et bouche fermée, souffler dans le nez	Facile à expliquer et à rappeler dans l'eau	<b>Dosage difficile ; peut abimer le tympan sur le long terme</b>	Très facile
<b>Frenzel</b>	Nez pincé, glotte fermée par contraction des muscles du cou Plaquer la langue sur le voile du palais en émettant le son « ké »	Plus doux que Valsalva	Difficultés d'explication et d'exécution	Assez difficile
<b>Béance Tubaire Volontaire (BTV*)</b>	Contrôle des muscles péri-staphylins	<b>Très sûre</b>	<b>Difficultés d'explication et d'exécution</b>	Difficile
<b>Toynbee</b> <i>à la remontée</i>	<i>Nez pincé, bouche fermée, déglutir et aspirer par le nez (inverse Valsalva)</i>	<i>Méthode assez sûre</i>	<i>Difficultés d'explication et d'exécution // stress du moniteur qui observe</i>	<i>Très facile et sûre</i>

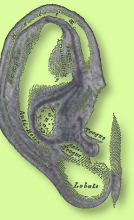
# Les otites barotraumatiques

- Elles sont dues à
  - une **descente trop rapide** (apnéiste, moniteur)
  - un **équilibre trop tardif**
  - une **manœuvre d'équilibre trop forte ou répétée** (notamment Valsalva)
- Leur survenue est favorisée par des descentes répétées (**yoyos**)

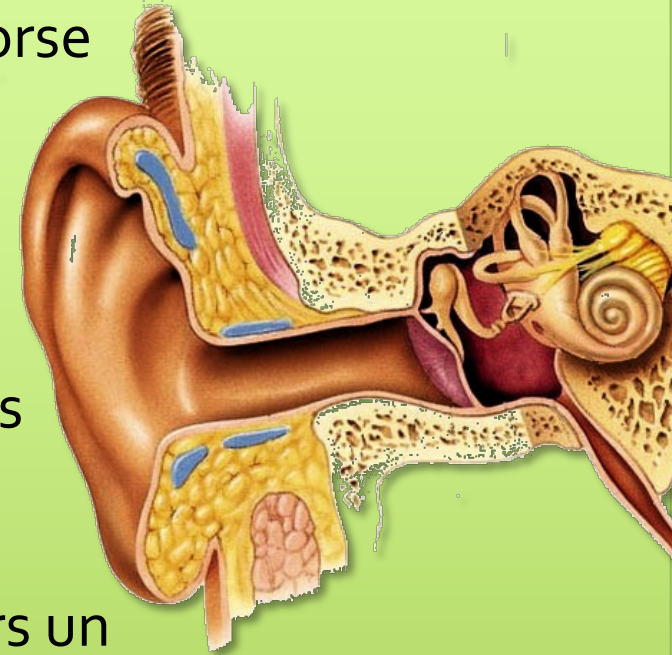
NB : elles peuvent aussi apparaître chez des plongeurs portant une cagoule trop ajustée (effet ventouse)



# Les otites barotraumatiques



- Elles peuvent concerner l'**oreille moyenne** et/ou l'**oreille interne** : atteinte du **tympan**, de la **fenêtre ovale** et/ou de la **fenêtre ronde** (entorse stapédo-vestibulaire ou « coup de piston »)
- Cela se manifeste par une **vive douleur**
- Pour des atteintes plus grave, avec effraction d'eau, il peut y avoir des **vertiges** et vomissements ainsi que des **pertes d'audition**
- Ce cas représente une urgence médicale nécessitant l'orientation vers un médecin afin d'éviter toute aggravation et d'éventuelles séquelles



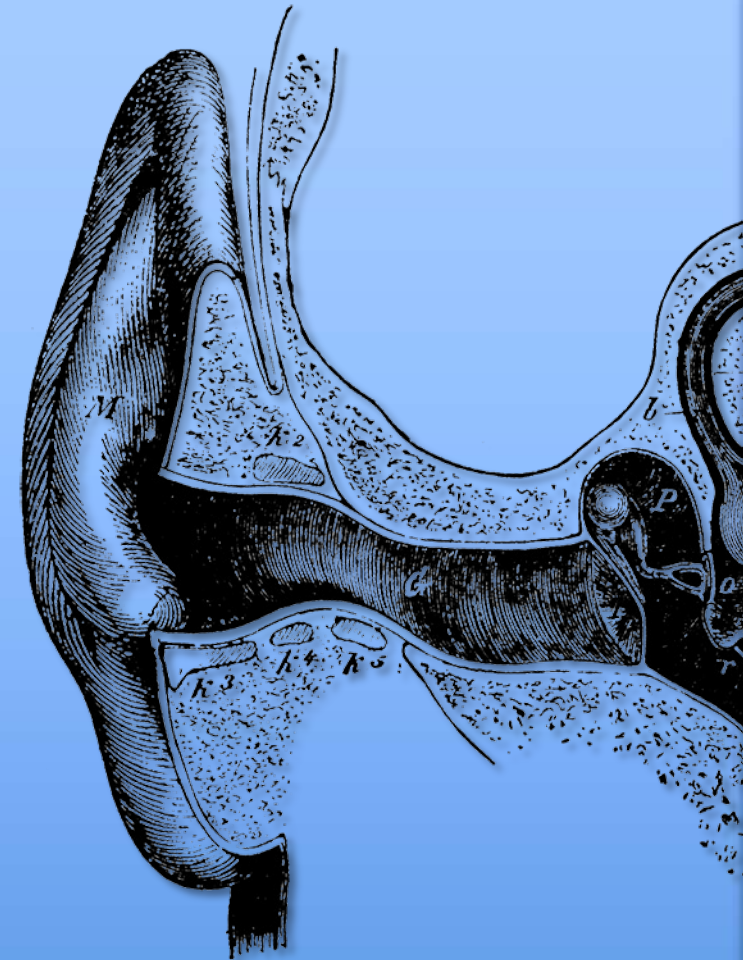
# Le vertige alerno-barique



- Il se produit le plus souvent à la **remontée** et à l'approche de la surface
- Il est dû à un déséquilibre de pressions entre les deux caisses tympaniques (trompe d'Eustache bouchée d'un côté, bouchon de cérumen, irruption d'eau dans la caisse du tympan par perforation)
- Il se manifeste par des **vertiges** et une désorientation pouvant aboutir à une panique ou à une absence totale de réaction
- Il faut donc **assister** le plongeur pour éviter qu'il ne panique et/ou remonter lentement
- L'effet est généralement **transitoire**, mais peut parfois se prolonger jusqu'après la plongée
- Ce vertige bénin est sans conséquence
- Il est parfois dû à une sensibilité personnelle et donc potentiellement récidivant

# Les oreilles et le GP

- ✓ Le **GP** doit repérer les plongeurs enrhumés qui ne l'auraient pas prévenu, ainsi que la nécessité de ne pas utiliser de sprays vasoconstricteurs avant une plongée
- ✓ Il doit systématiquement **rappeler** à ses plongeurs l'importance d'**équilibrer tôt et délicatement ses oreilles**
- ✓ Il peut les informer sur les différentes méthodes existantes ; particulièrement les plus **douces**
- ✓ Lorsque ses plongeurs portent une **cagoule**, leur rappeler d'y introduire de l'eau à la descente
- ✓ En plongée, durant la descente et même s'il n'en a pas besoin, le fait de **mimer l'équilibrage** incite ses plongeurs à le faire eux-mêmes
- ✓ À la remontée, il doit impérativement empêcher ses plongeurs de pratiquer la manœuvre de Valsalva



# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

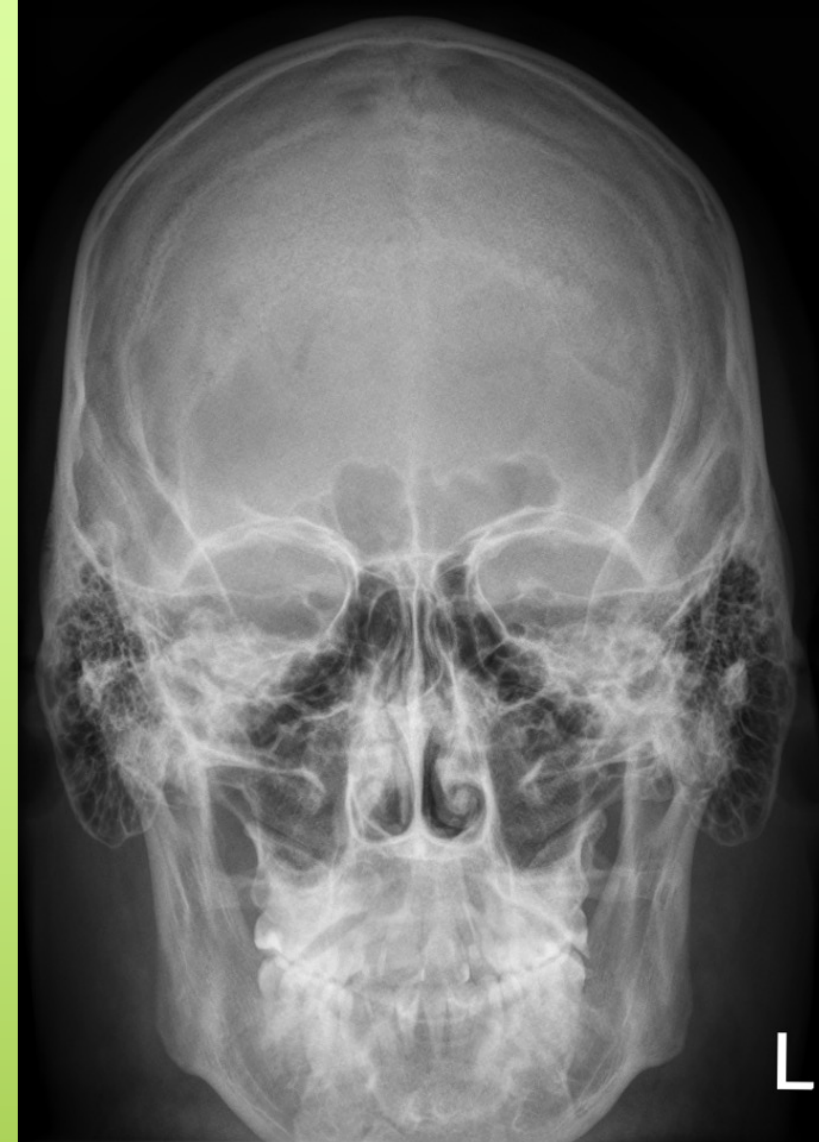
## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- **Les sinus**
- Les dents
- Le placage de masque
- Le système digestif
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4

# Les sinus

- Ce sont des cavités aériennes du crâne
- Elles servent notamment à alléger le poids du crâne et à augmenter la résonance de la voix
- Elles sont reliées aux fosses nasales par de fins canaux
- Elles sont remplies d'air et **tapissées de muqueuses** (tissus mous fortement vascularisés)
- Ces muqueuses peuvent être inflammées (sinusite) et ainsi perturber le passage de l'air

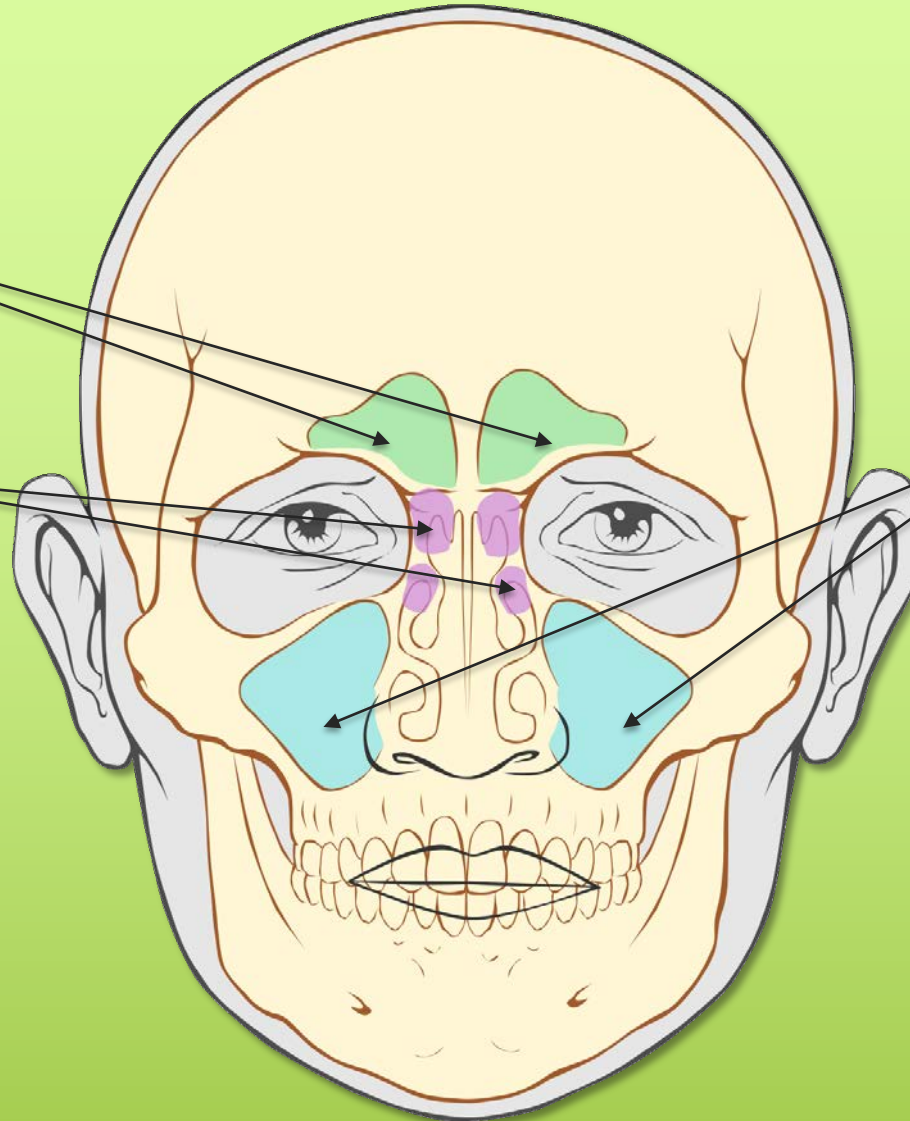


# Les sinus

Sinus frontaux

Sinus ethmoïdaux

Sinus maxillaires





# Les sinus

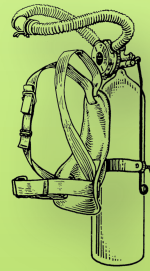
- En plongée, les variations de la pression ambiante créent un déséquilibre relatif de la pression intra-sinusale à la **descente** (dépression) comme à la **remontée** (surpression)
- Si le passage d'air est empêché (sinusite, allergie, polypes), les muqueuses sont dilatées ou comprimées et la douleur apparaît
- Un saignement de nez peut aussi se produire
- Une vive douleur peut être invalidante et nécessiter une **intervention** du GP

# Les sinus et le GP

Pour le GP, la prévention passe par le **discours** avant la plongée (plongeur enrhumé ?), l'**observation** durant la plongée et l'**assistance** en cas de besoin

- ✓ Si une douleur apparaît à la descente, trouver un point d'appui (ou servir de point d'appui), remonter légèrement et tenter de redescendre plus lentement
- ✓ Si la douleur persiste, remonter le plongeur
- ✓ Si la douleur survient à la remontée, assister le plongeur pour faire une ascension très lente ...*mais il va bien falloir remonter...*
- ✓ En cas de saignement de nez, pencher la tête en avant en bouchant la narine qui saigne
- ✓ S'il persiste, consulter un médecin

# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- **Les dents**
- Le placage de masque
- Le système digestif
- Les poumons

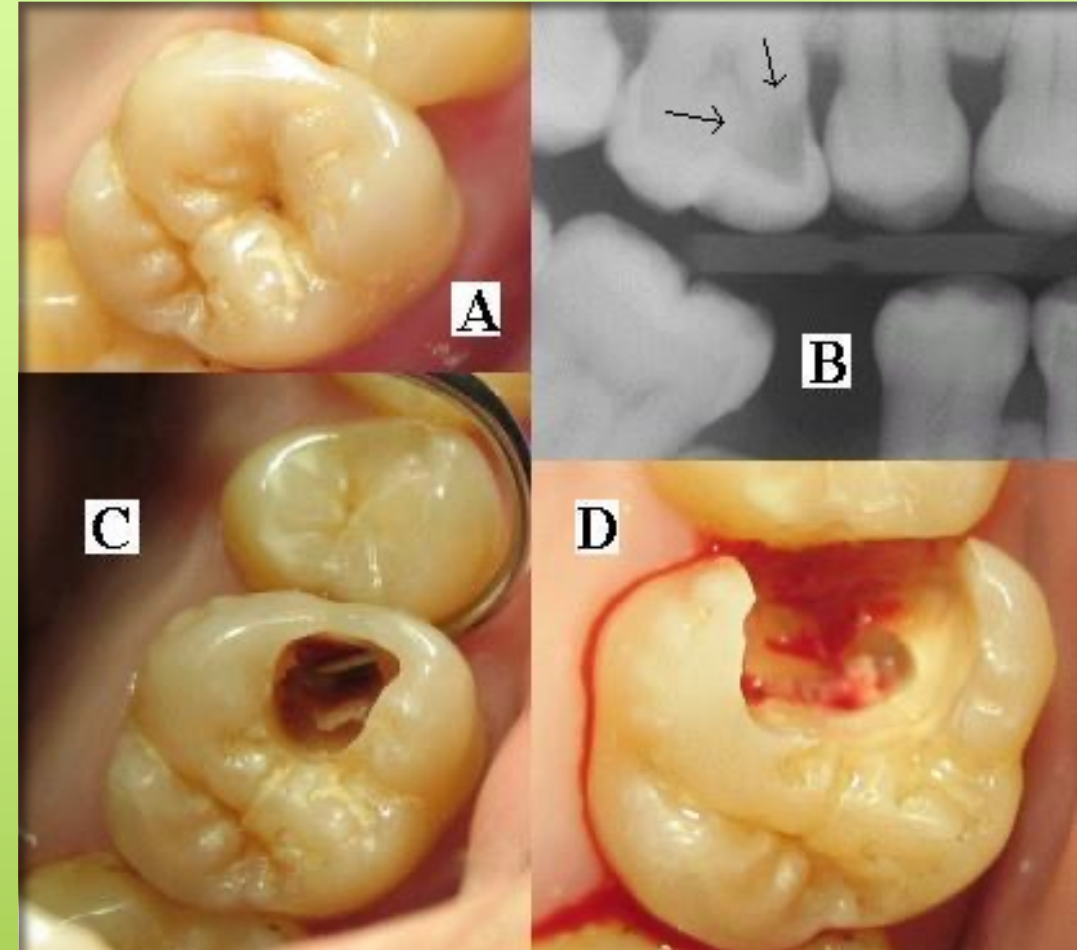
Exemples d'annales d'examen niveau 4



# Les dents

De l'air peut être présent dans une dent cariée ou sous une couronne mal fixée

- ✓ À la descente, une dépression peut créer une forte douleur ; si cela survient, **interrompre la plongée**
- ✓ À la remontée, la surpression peut entraîner un éclatement de la dent ; il faut alors assister le plongeur et le **remonter très lentement**



# Les dents et le GP

- Les barotraumatismes des dents sont assez peu courants mais peuvent être **extrêmement douloureux** et aller jusqu'à provoquer une syncope nécessitant une **intervention** du GP
- La **prévention** passe par un examen dentaire (au moins) annuel en indiquant au dentiste que l'on est plongeur
- Le GP doit le **rappeler** à ses plongeurs si des problèmes surviennent durant une plongée

# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

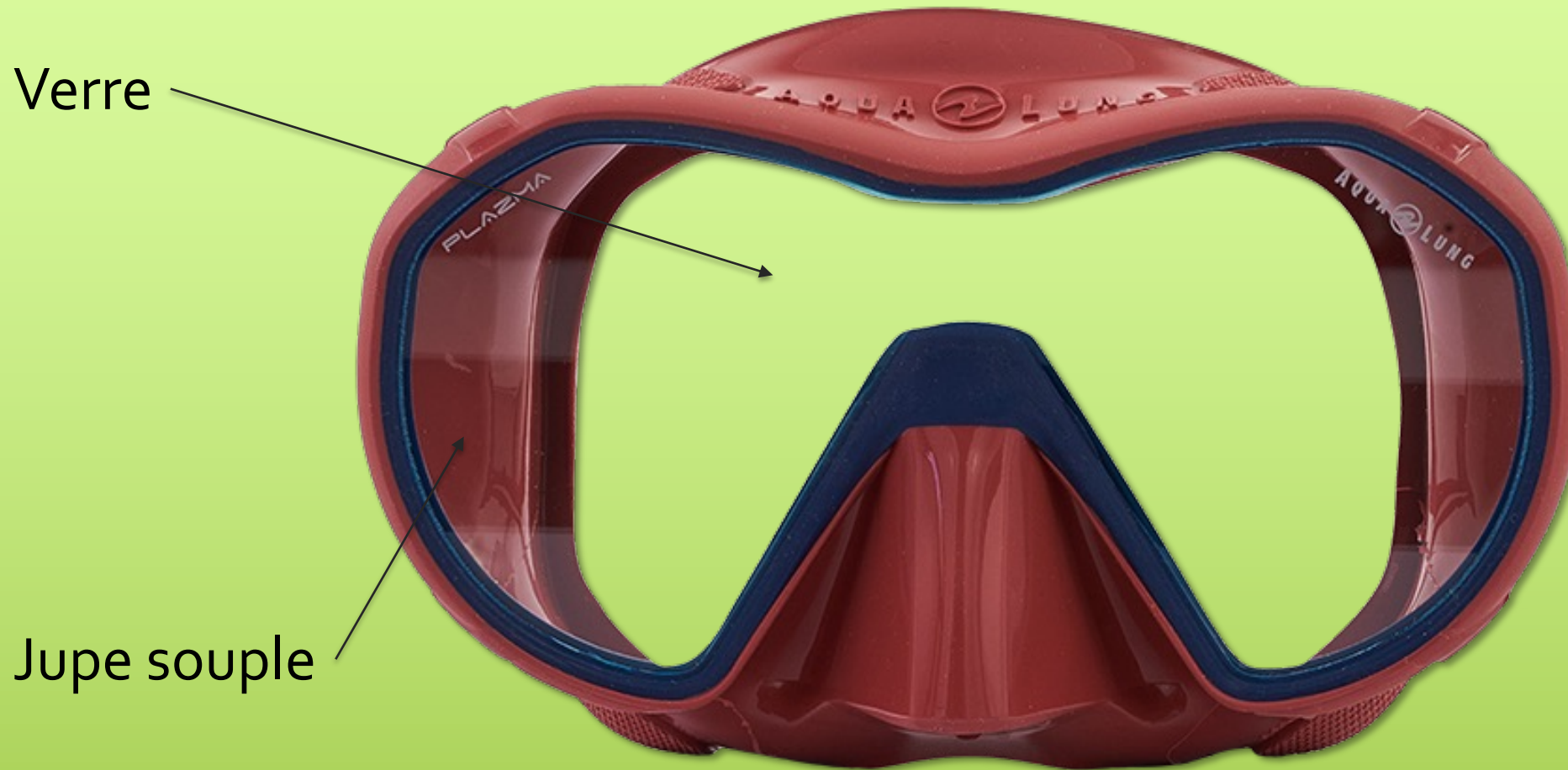
- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents
- **Le placage de masque**
- Le système digestif
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4

# Le placage de masque



# Le placage de masque

- L'air contenu dans le masque se comprime à la **descente**
- Si la limite d'élasticité de la jupe est atteinte, ce sont les tissus du visage qui absorbent cette dépression (principalement les paupières et le globe oculaire)
- Des traces rouges, des hématomes apparaissent sur le visage ; un saignement de nez peut aussi se produire
- Ce barotraumatisme est bénin et peu douloureux, mais peut parfois être impressionnant





# Le placage de masque et le GP

- ✓ Si des saignements importants ou invalidants persistent, diriger le plongeur vers un médecin
- ✓ La **prévention** passe par le rappel, au briefing, de la nécessité d'expirer par le nez à la descente\*

\* de plus, l'expiration nasale par le plongeur à la descente va faciliter l'équilibrage de ses oreilles ;-)

# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

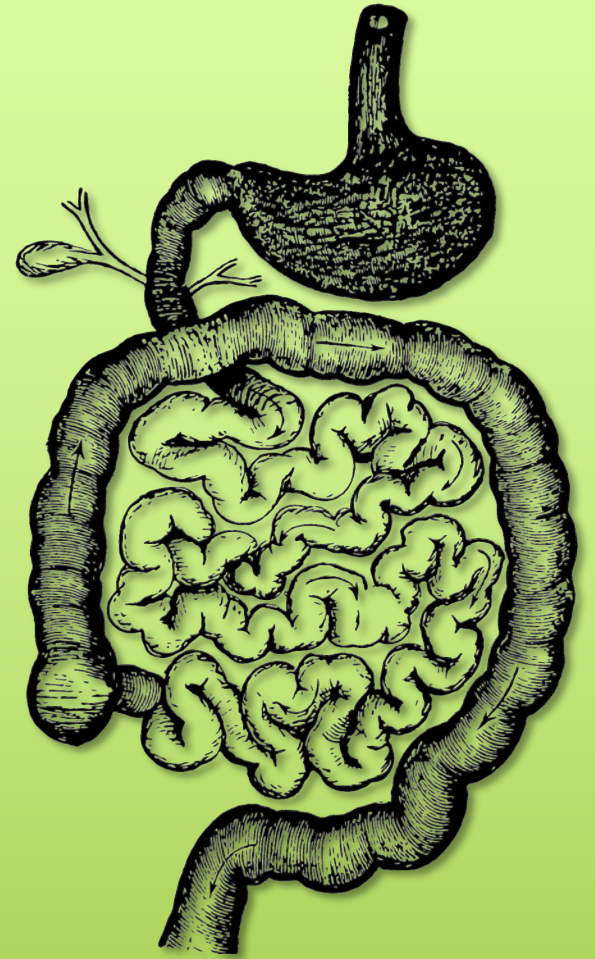
## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents
- Le placage de masque
- **Le système digestif**
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4

# Le système digestif

- Les gaz contenus dans le système digestif et créés durant la plongée, vont se **dilater à la remontée** entraînant une douleur qui peut être insupportable et nécessiter l'intervention du GP
- ✓ La seule solution est d'**évacuer ces gaz** (difficile à communiquer en plongée) et de **remonter très lentement**



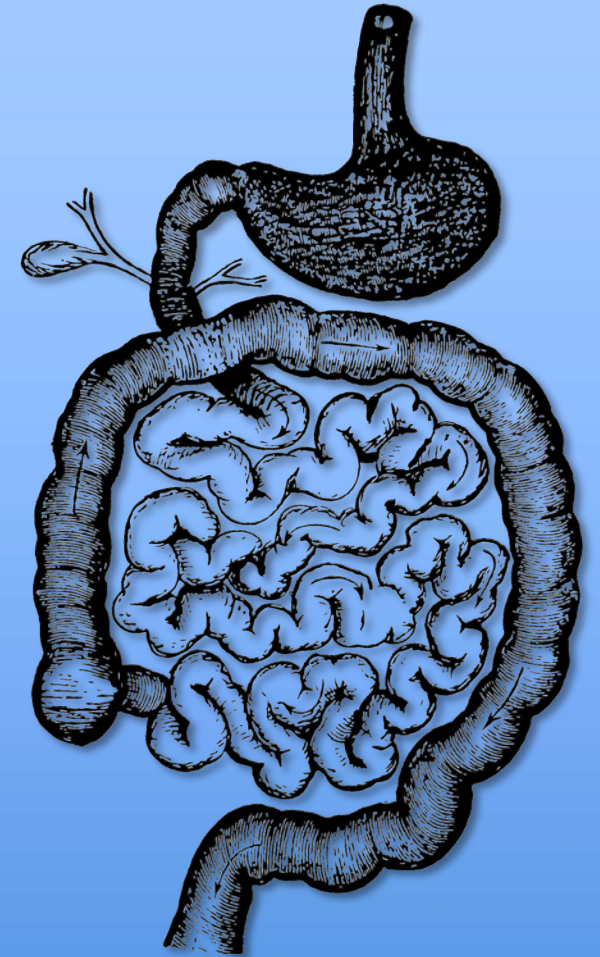
*C'est un incident rare car il suppose un long séjour sous l'eau (recycleur)*

# Le système digestif et le GP

- ✓ La **prévention** passe par la transmission des messages sur le « régime alimentaire du plongeur »
- ✓ Il est essentiel auprès des personnes sujettes régulièrement à ce genre de désagrément

Aliments favorisant la fermentation bactérienne à éviter en plongée :

- les choux
- les légumineuses
- le pain et les céréales
- le lait pour les personnes intolérantes
- les boissons gazeuses et les aliments contenant des édulcorants artificiels



# Les barotraumatismes et leur prévention pour le GP-N4



## Rappels

- Notions de pression
- Pression et volumes
- Variations de pression

## Les accidents barotraumatiques

- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents
- Le placage de masque
- Le système digestif
- Les poumons

Exemples d'annales d'examen niveau 4

# Poumons



- Barotraumatisme le plus **grave** et potentiellement **mortel**
- Il survient **uniquement à la remontée**
- Il est dû à un blocage de l'expiration ou à une **expiration insuffisante**
- Peut être la **conséquence** d'un essoufflement ou d'une panique (inhalation d'eau), d'un Valsalva à la remontée, d'une toux ou d'un éternument ou encore d'un effort lors de la remontée (remontée d'ancre)
- Son apparition peut être favorisée par une sensibilité personnelle : asthme, bronche à clapets, tabac, âge (senior ou jeune)...
- Les conséquences peuvent être évolutives, mais les premiers **symptômes apparaissent immédiatement**
- C'est un facteur favorisant des **ADD**



# La surpression pulmonaire

- L'air contenu dans les alvéoles pulmonaires se dilate à la remontée
- S'il n'est pas suffisamment expiré, cela peut léser les tissus pulmonaires et entraîner une effraction gazeuse
- Les atteintes peuvent être d'ordre différents, mais il s'agit toujours d'une **urgence vitale** nécessitant un traitement médicalisé

→ *RIFA-P* → *évacuation médicale*

Emphysème

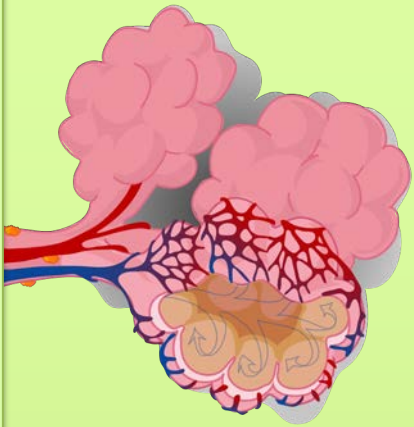
et/ou

Pneumothorax

et/ou

Embolie gazeuse

# Emphysème



Hile du poumon

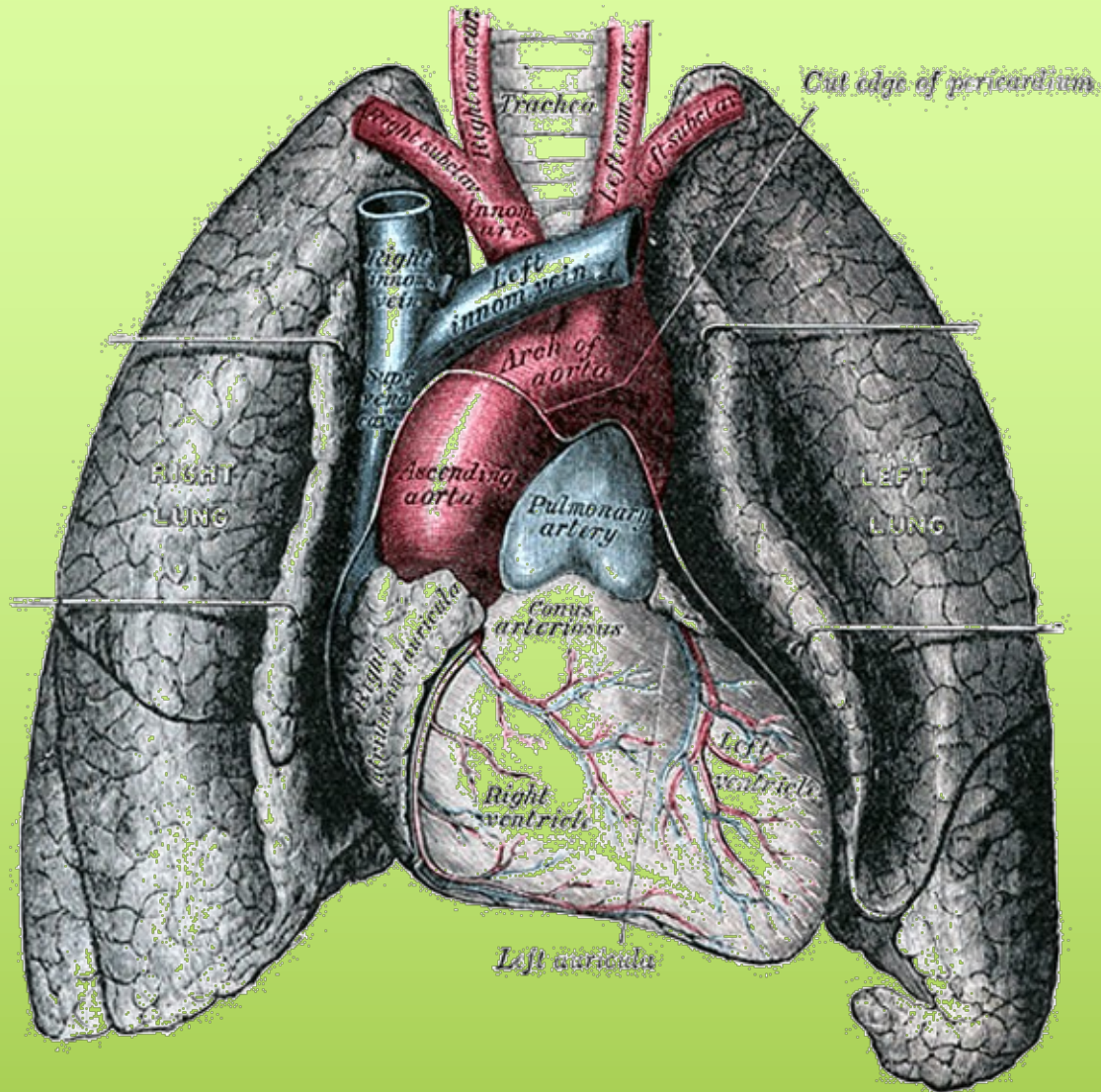
Médiastin



- Le **hile** du poumon regroupe le passage des bronches et des vaisseaux sanguins qui l'alimentent
- L'air provenant d'une effraction gazeuse des alvéoles lésées va préférentiellement être évacué par le hile et provoquer un **emphysème**



# Emphysème



- **Emphysème du médiastin**

De l'air se retrouve autour du cœur, entraînant une compression et une détresse cardiaque

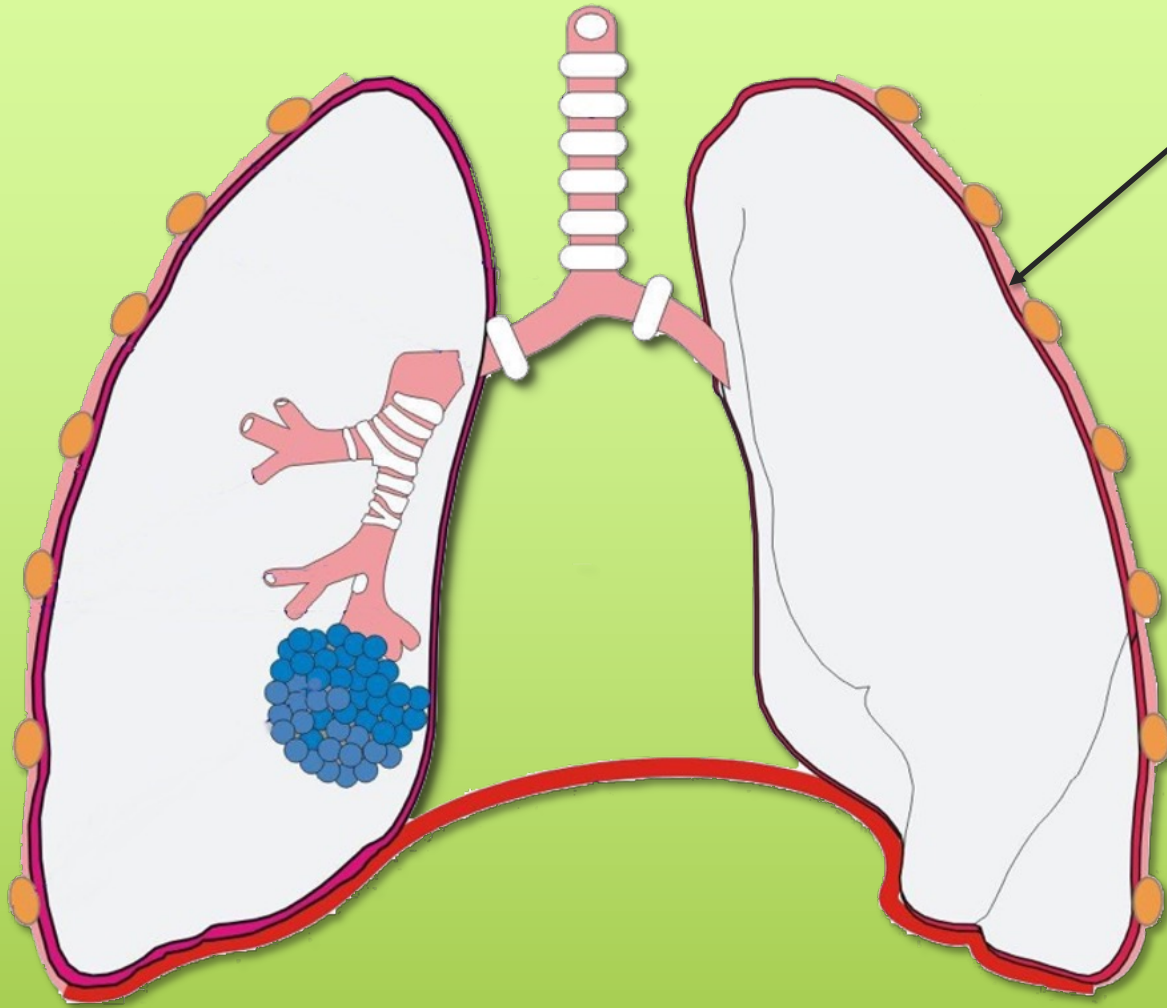
- Provoque une douleur et un oppression thoracique

- **Emphysème sous-cutané**

L'air peut remonter et se retrouver sous la peau, à la base du cou ou au niveau des clavicules

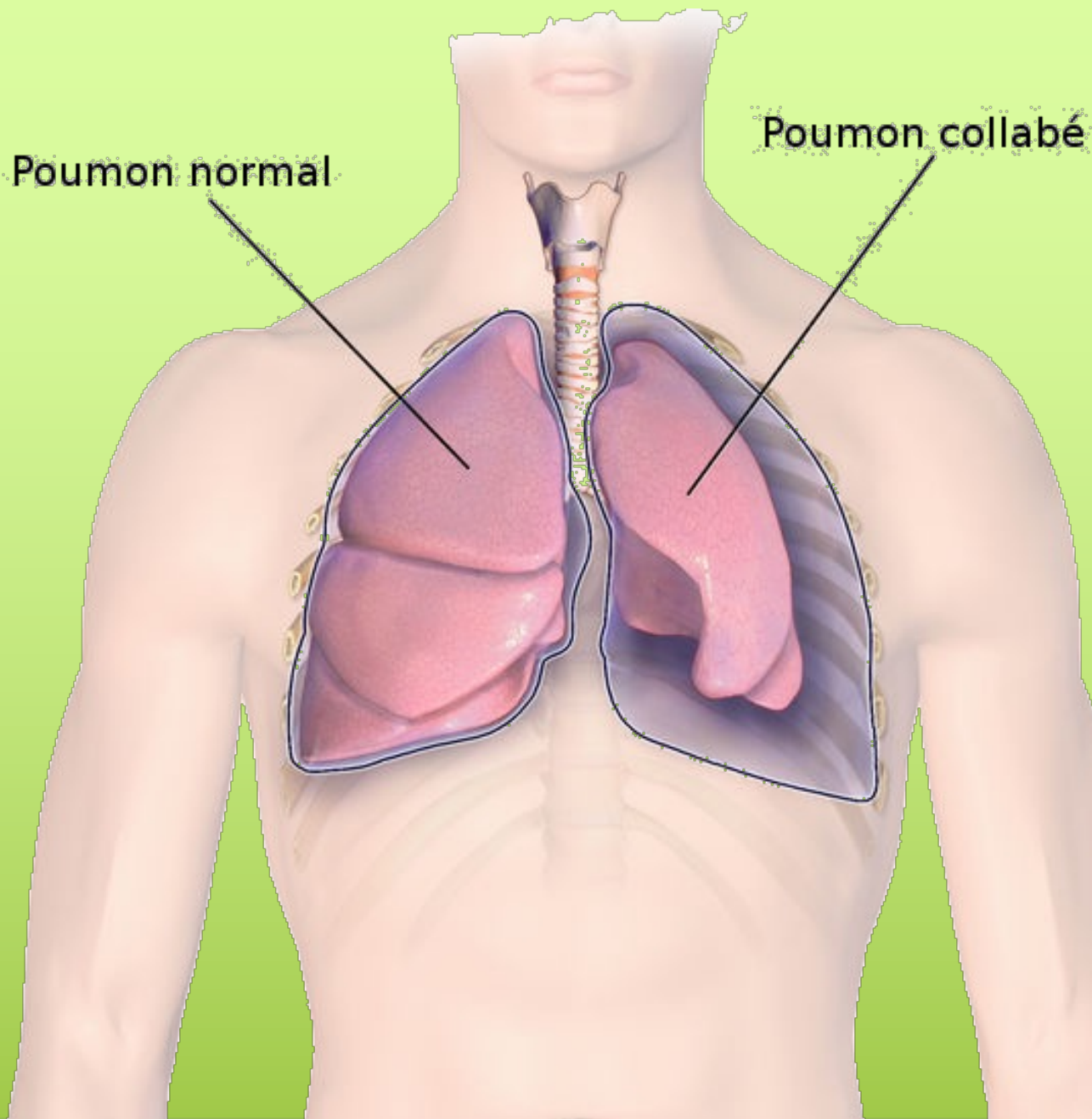
- La voix est modifiée ; on peut voir et sentir de l'air sous la peau

# Pneumothorax



- La **plèvre** permet la mobilité du poumon dans la cage thoracique
- Elle est composée du feuillet viscéral solidaire des tissus pulmonaires et du feuillet pariétal solidaire de la cage thoracique
- Si les tissus pulmonaires sont lésés, il peut y avoir une **effraction gazeuse dans l'espace inter-pleural**

# Pneumothorax



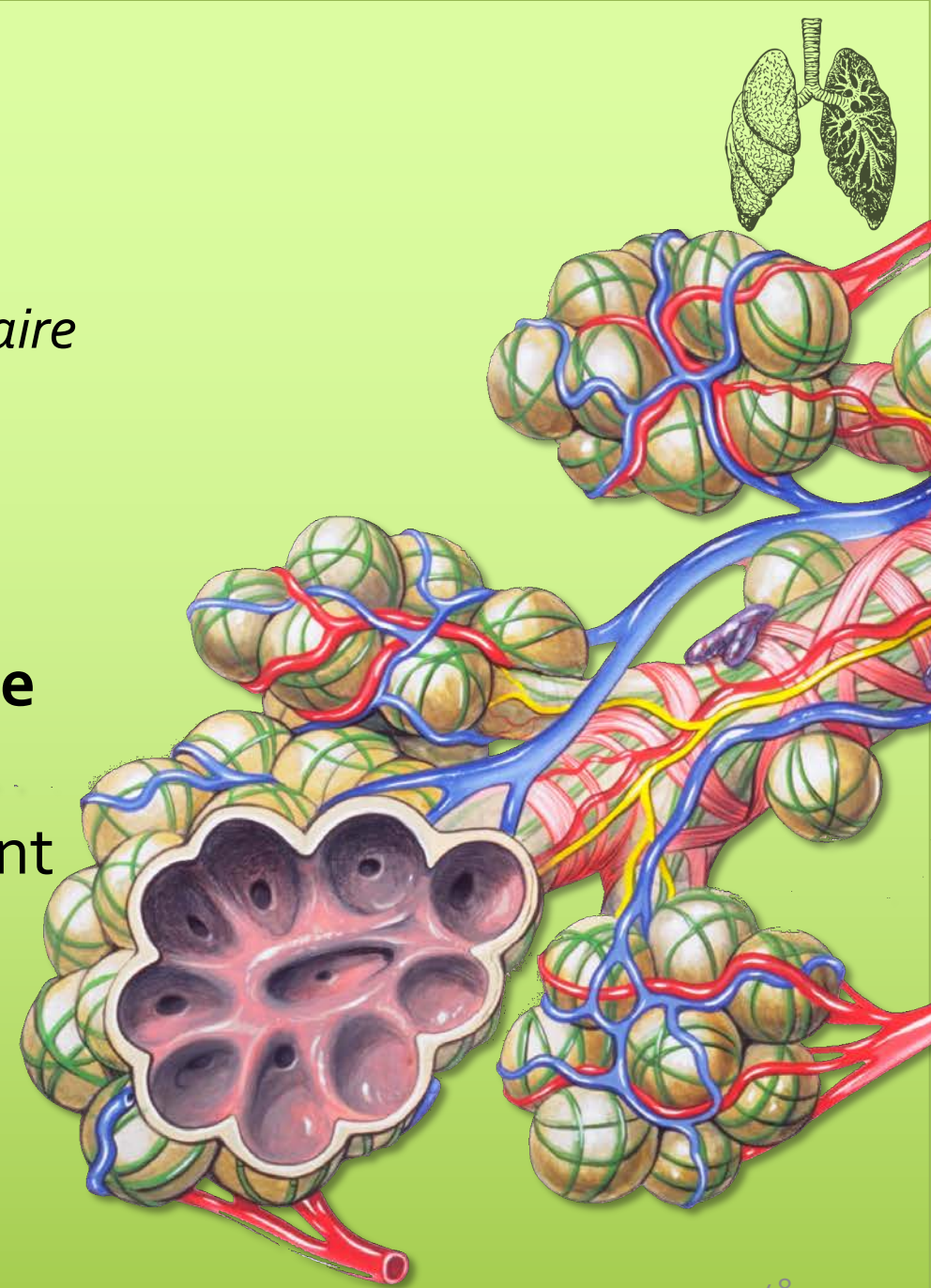
- Le lobe pulmonaire s'affaisse et n'est plus fonctionnel
- Le pneumothorax entraîne une **détresse ventilatoire sévère**
- La victime peut aussi expectorer du spume rosacé

→ *RIFA-P* → *évacuation médicale*

# Embolie gazeuse cérébrale

- *Distension des alvéoles pulmonaires*
- *Perte de la perméabilité alvéolo-capillaire*
- *Passage d'air dans le système veineux pulmonaire*
- *Via le cœur, les bulles repartent dans la grande circulation (OG>VG>carotide)*

Peut entraîner la formation d'une **embolie gazeuse cérébrale** : obstruction des vaisseaux sanguins du cerveau perturbant son fonctionnement

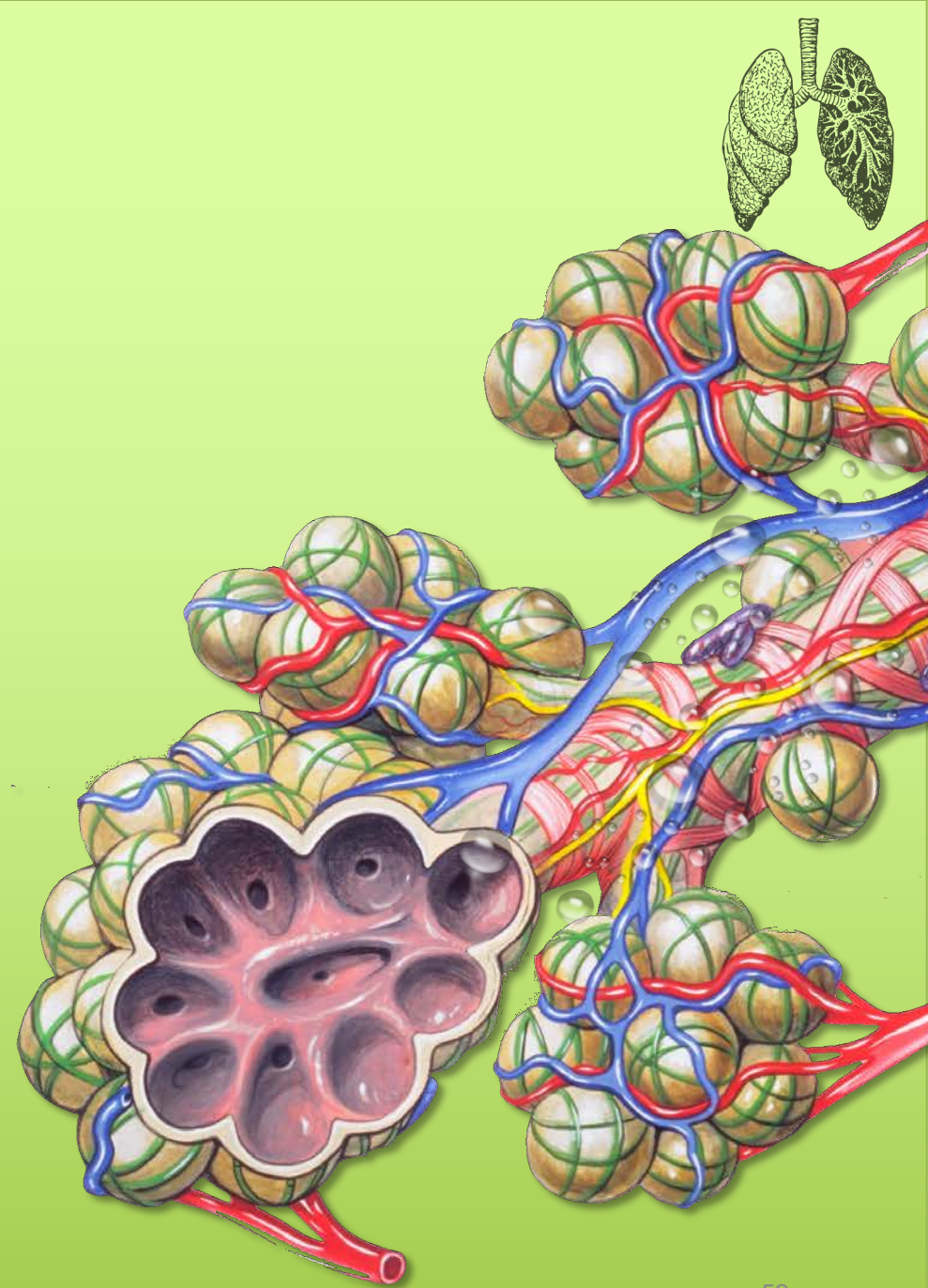


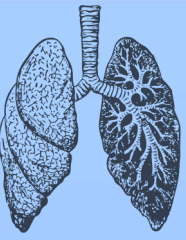
# Embolie gazeuse cérébrale

- Symptômes d'atteinte neurologique :
  - Angoisse, pâleur, état de choc
  - Troubles de la sensibilité, de la parole, de la vision, de l'ouïe
  - Vertiges
  - Troubles moteurs (paralysie)
  - Syncope
  - ACR

...souvent accompagnés de symptômes de détresse ventilatoire (spume rosâtre, dyspnée)

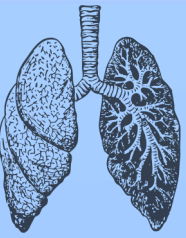
→ RIFA-P → évacuation médicale





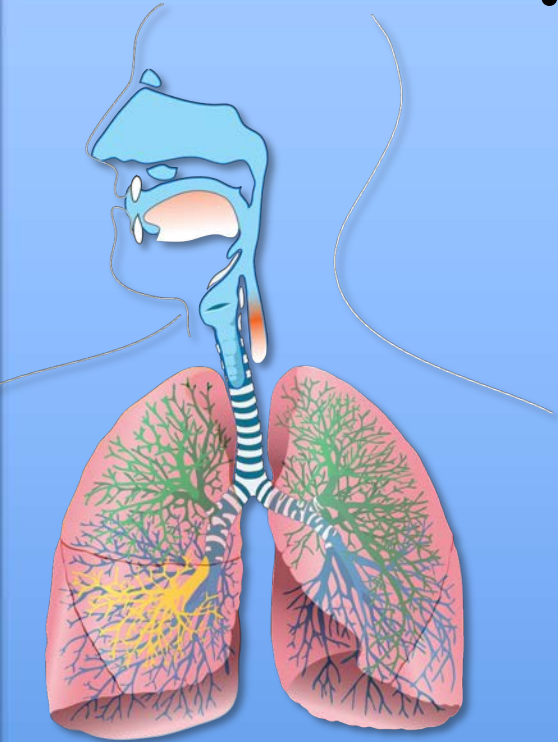
# La surpression pulmonaire et le GP

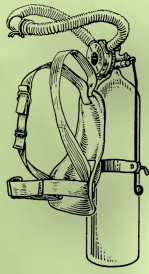
- Le **GP** doit tout mettre en place pour éviter la survenue de cet accident
- **Briefing**
  - ✓ Rappel de la nécessité d'avoir une ventilation lente et d'insister sur l'expiration
  - ✓ Rappel de l'importance de la communication et de la cohésion de la palanquée



# La surpression pulmonaire et le GP

- En plongée
  - ✓ Surveillance constante des plongeurs
  - ✓ Réagir promptement en cas de stress (eau dans le masque, essoufflement...)
  - ✓ S'aider d'un support à la remontée (mouillage, repère visuel)
  - ✓ Ne laisser personne remonter plus vite ou plus haut que soi
  - ✓ Inciter à expirer et à regarder la surface en remontant
  - ✓ Redoubler d'attention dans la zone proche de la surface





# Δ Œdème pulmonaire d'immersion



*Voir le cours sur le système ventilatoire*

Il s'agit aussi d'une détresse ventilatoire, donc les **symptômes** sont similaires : toux, dyspnée, crachats de sang...

À la différence de ce qui survient parfois avec la SP, il n'y a pas de **symptôme neurologique avec l'OPI**

La surpression pulmonaire survient toujours après une remontée – souvent rapide ou mal contrôlée

L'OPI peut survenir à n'importe quel moment de la plongée, même en surface

La **conduite à tenir** est la même : sortie d'eau, prévenir le DP, position semi-assise, mise sous O<sub>2</sub> et appel des secours pour un traitement médicalisé



# Exemples de sujets d'examen



# Exemples de sujets d'examen



**(6 points)**

Vous assurez la sécurité surface de plusieurs palanquées. Après quelques minutes d'immersion, un plongeur surgit et s'agite. Il est rapidement suivi par son binôme qui raconte que son équipier a fait une remontée panique. Vous sortez l'accidenté de l'eau et constatez qu'il tousse en expulsant du sang par la bouche, qu'il a un état de conscience fortement altéré et qu'il semble souffrir de douleurs thoraciques.

1) Que suspectez-vous ?

2) À partir de vos connaissances en physiologie, vous commencerez par expliquer cet accident globalement puis, toujours à partir de vos connaissances physiologiques, vous expliquerez les symptômes décrits ci-dessus.

3) Quel sera votre bilan afin de le transmettre aux secours ? Quels autres signes recherchez-vous ?

4) Comment réagissez-vous ?



# Exemples de sujets d'examen



**(4 points)**

Le barotraumatisme de l'oreille interne peut intervenir chez les plongeurs débutants.

- 1) Décrivez avec des phrases simples, le mécanisme d'apparition de cet accident
- 2) Décrivez ce que le GP doit rappeler et mettre en place pour le prévenir
- 3) Une fois en surface, un plongeur signale au GP, avoir ressenti un vertige alors que la remontée de 20 m s'est effectuée verticalement le long d'un tombant tout en respectant la vitesse préconisée par les ordinateurs. Indiquer l'incident que le GP reconnaît alors
- 4). Décrire en quelques phrases, le mécanisme d'apparition de ce phénomène, que le GP pourra expliquer au plongeur concerné

# Exemples de sujets d'examen



**(2 points)**

Comment faites-vous pour préserver vos oreilles lors d'une immersion avec des plongeurs de niveau 1 ?





C'est fini, merci !