

Stage Initial Initiateur Entraîneur

Compensation

17/01/2026

Yannick Saluden



SI IE - Compensation

1. Anatomie - Voies Aériennes Supérieures
2. Anatomie - Le diaphragme
3. Anatomie – Oreille et sinus
4. Physique – Mécanisme de la compensation
5. Les différentes manœuvres de compensation classique

RAPPEL

RAPPEL

RAPPEL

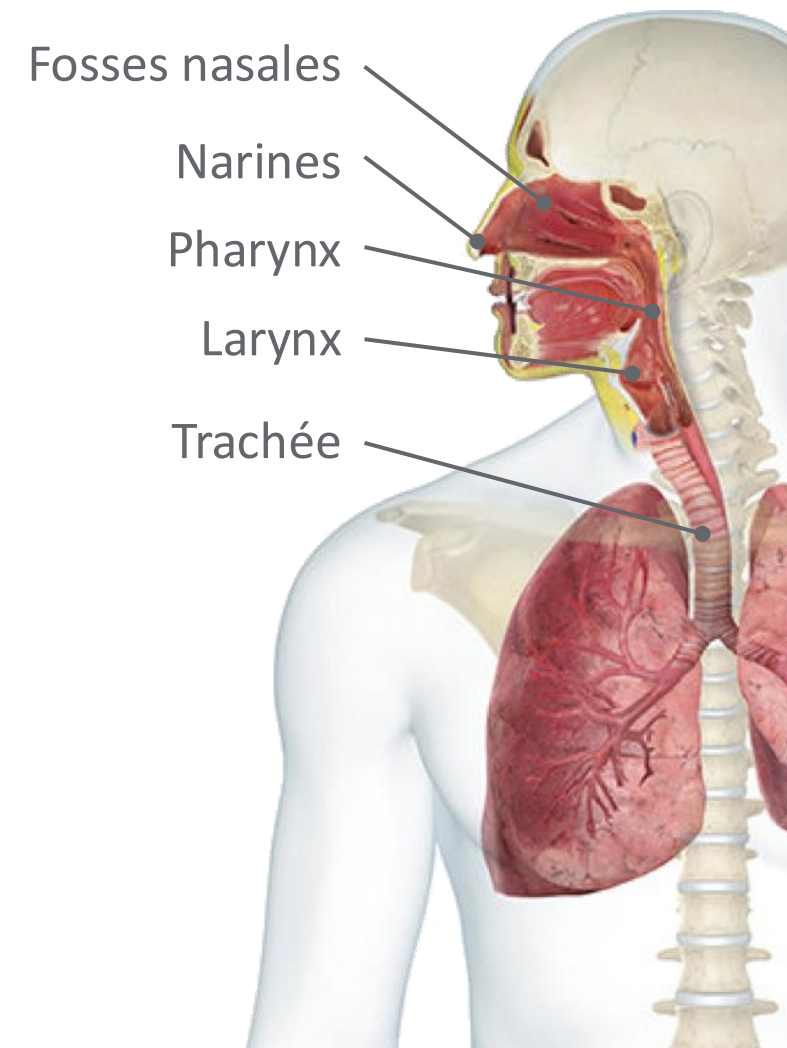
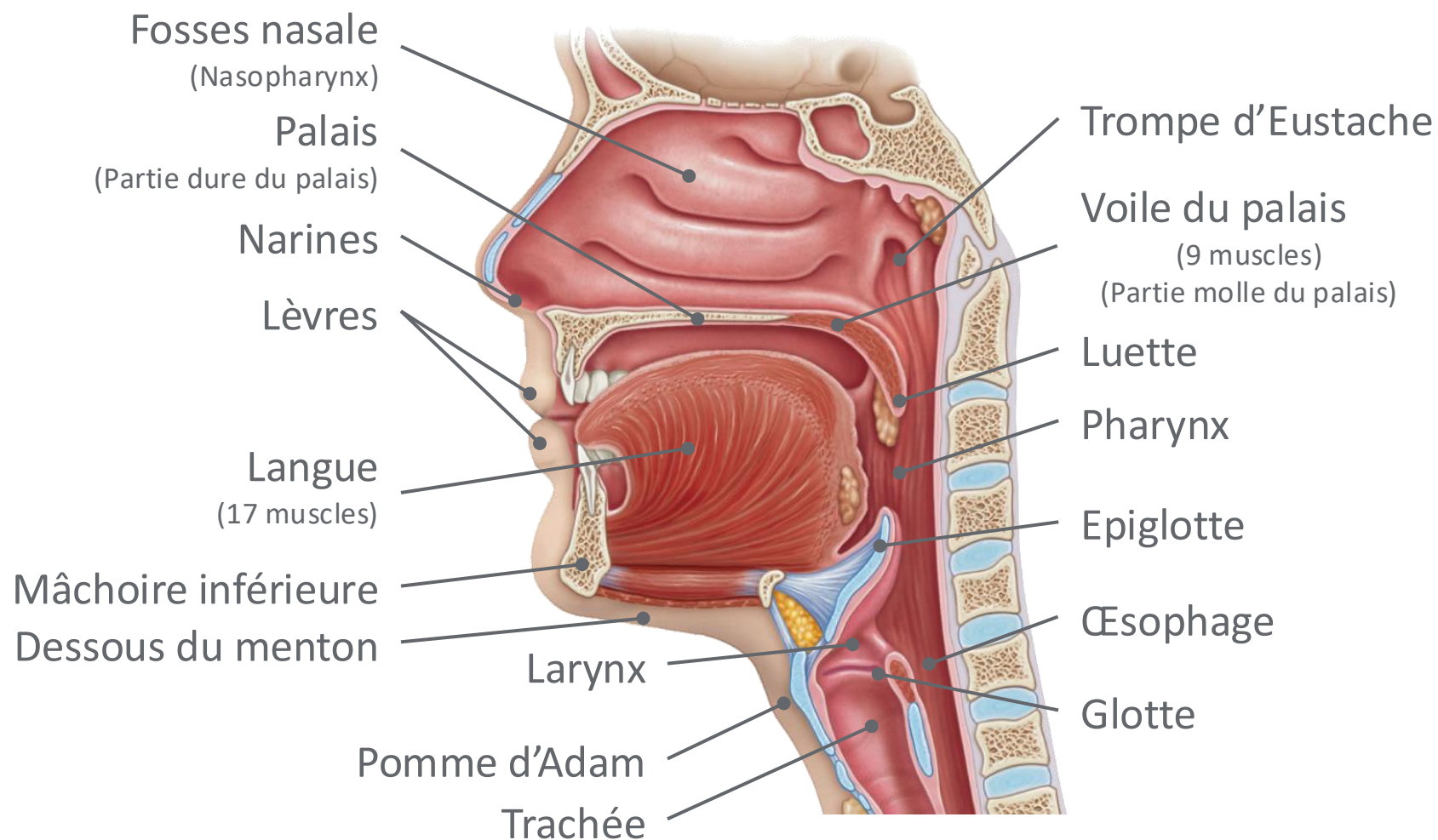
RAPPEL

Voies Aériennes Supérieures

SI IE - Compensation

Voies aériennes supérieures

RAPPEL



SI IE - Compensation

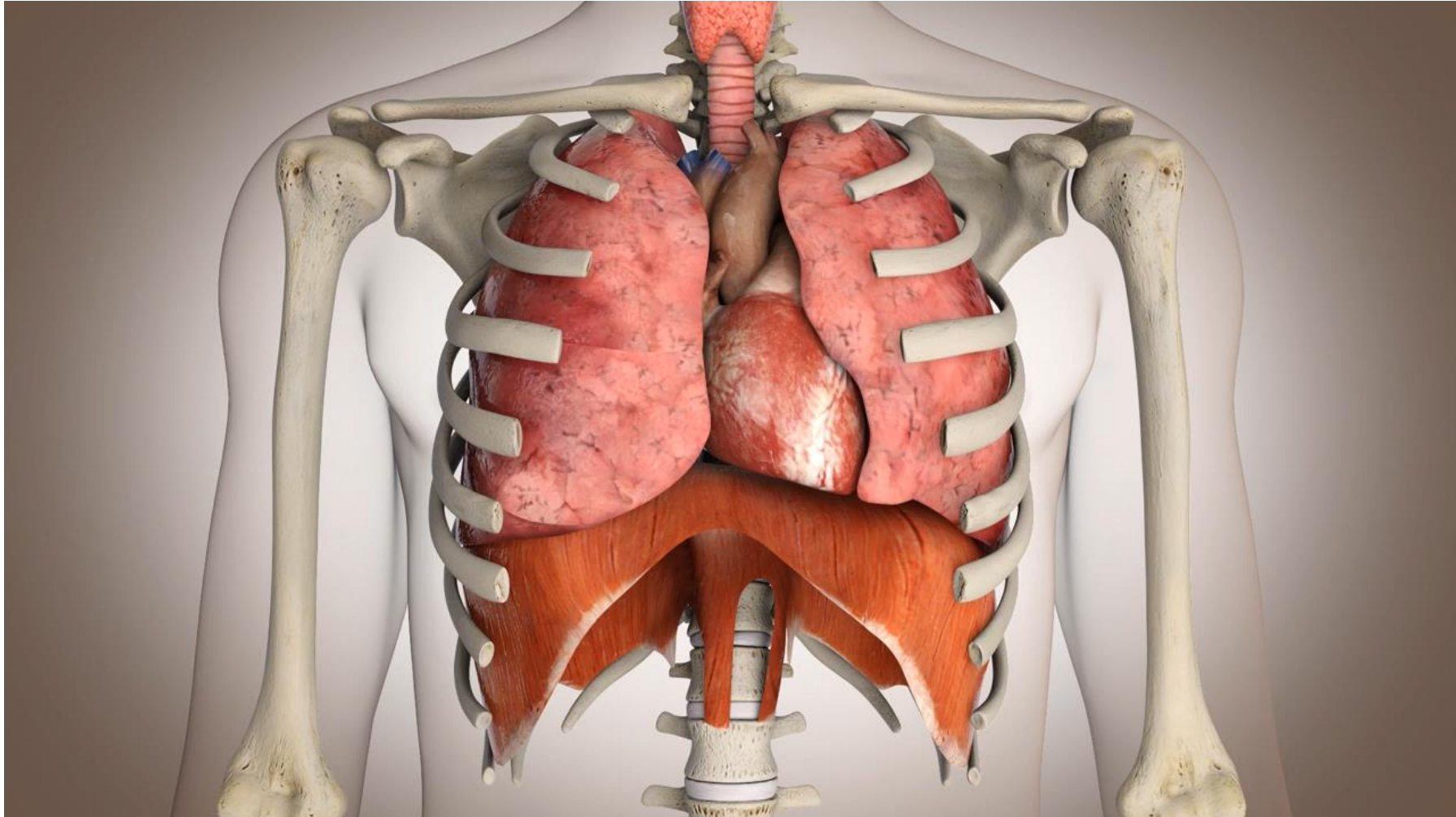
1. Anatomie - Voies Aériennes Supérieures
2. Anatomie - Le diaphragme
3. Anatomie – Oreille et sinus
4. Physique – Mécanisme de la compensation
5. Les différentes manœuvres de compensation classique

Le diaphragme

SI IE - Compensation

Le diaphragme

RAPPEL



SI IE - Compensation

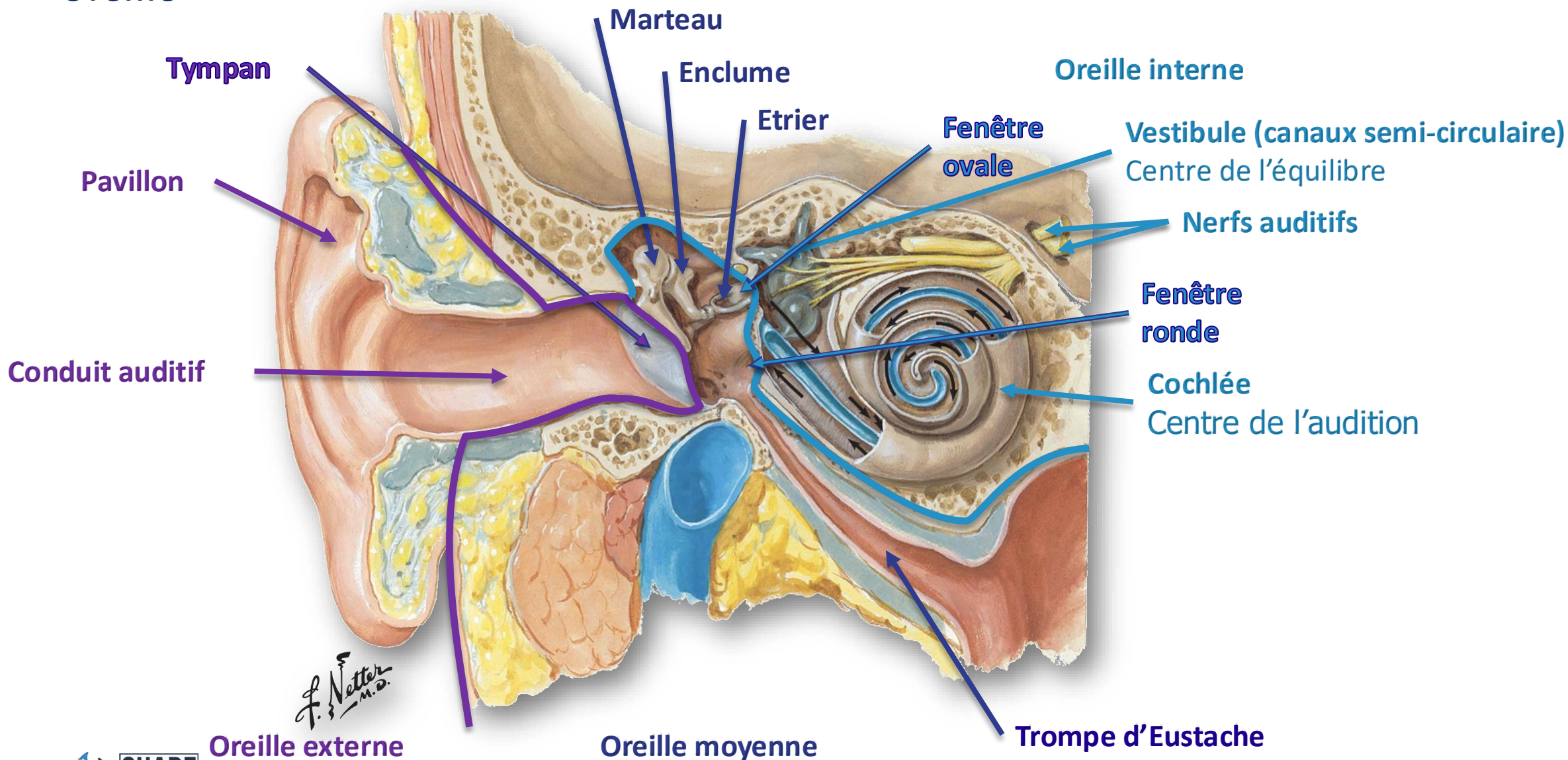
1. Anatomie - Voies Aériennes Supérieures
2. Anatomie - Le diaphragme
3. Anatomie – Oreille et sinus
4. Physique – Mécanisme de la compensation
5. Les différentes manœuvres de compensation classique

Oreille et Sinus

SI IE - Compensation

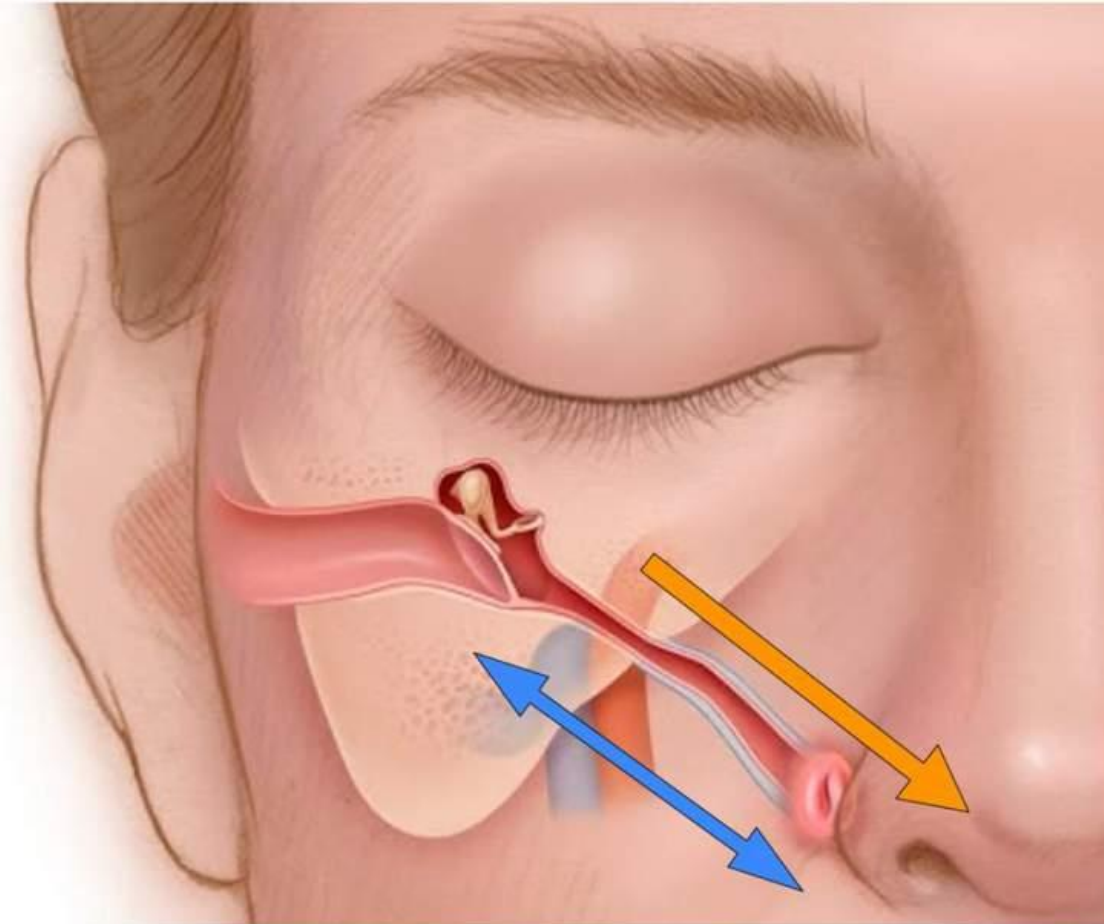
Oreille

RAPPEL



SI IE - Compensation

Trompe d'Eustache



Sortie côté oreille moyenne h:5mm x l:2mm

Section médiane h:2mm x l:1mm

Entrée côté Pharynx h:8mm x l:5mm

Fonction de la Trompe d'Eustache

Élimination ciliaire du mucus

L'élimination du mucus s'effectue dans un seul sens : le mucus est évacué vers le rhinopharynx.

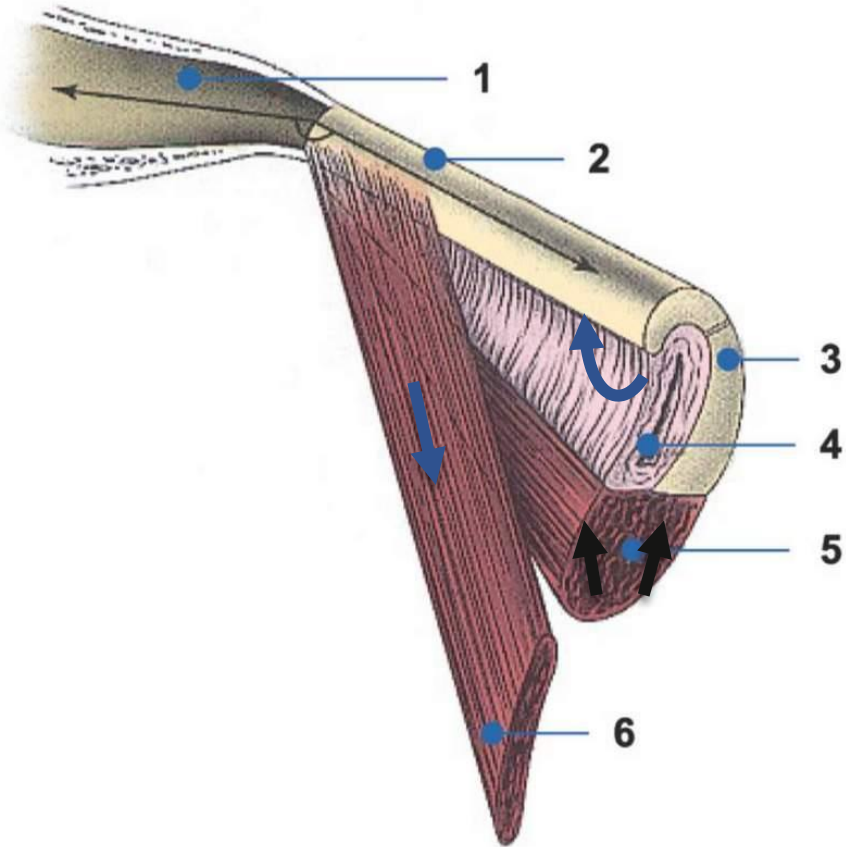
Ventilation

La ventilation tubaire est bidirectionnelle ; une ventilation correcte permet à l'air d'entrer et de sortir des centaines de fois au cours de la journée.

Trompe d'Eustache: 3,7cm

SI IE - Compensation

Trompe d'Eustache

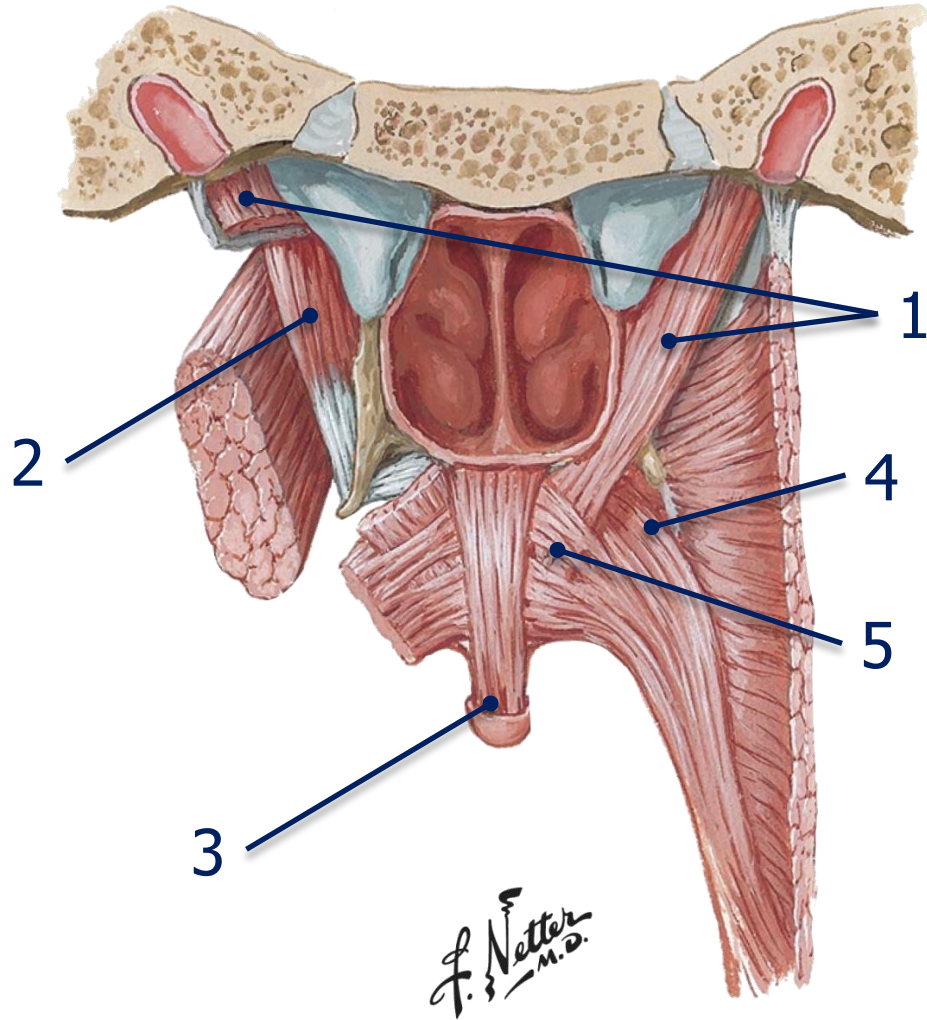


1. Trompe osseuse
2. Partie cartilagineuse de la trompe
3. Cartilage tubaire
4. Ouverture de la trompe d'Eustache
5. Muscle élévateur du voile du palais (péristaphylin interne)
6. Muscle tenseur du voile du palais (péristaphylin externe)

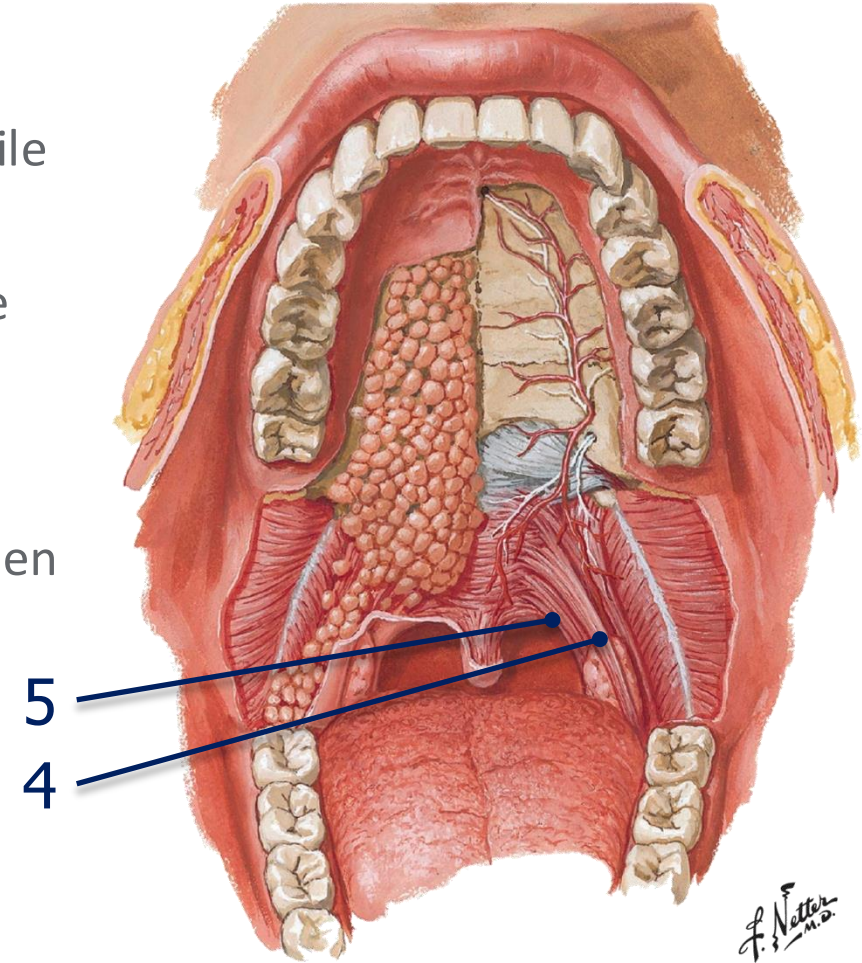
Les trompes d'Eustache s'ouvrent plusieurs centaines de fois par jour sans que l'on s'en rende compte pour renouveler l'air de l'oreille moyenne.

SI IE - Compensation

Voile du palais

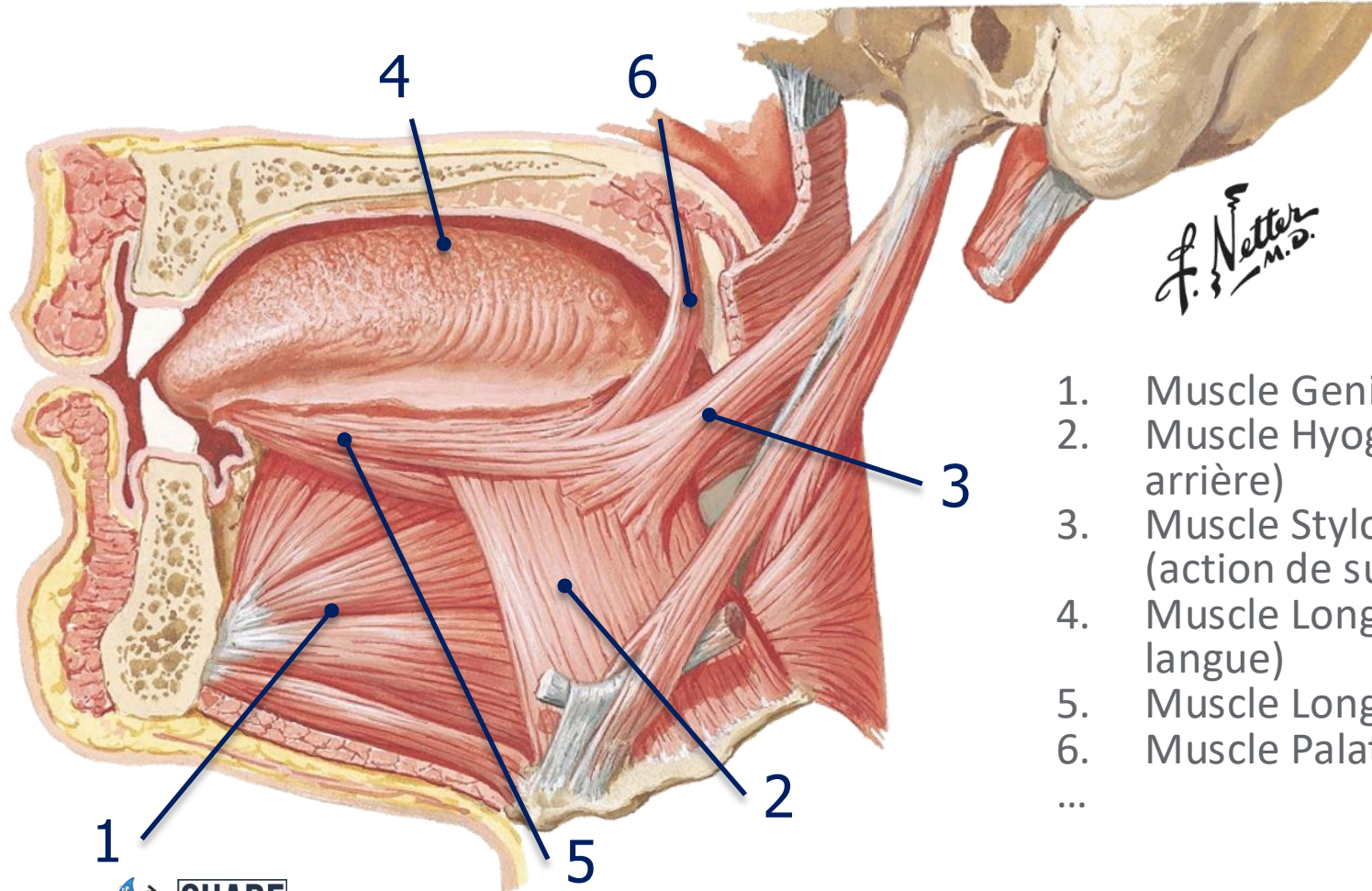


1. Muscle élévateur du voile du palais (péristaphylin interne)
2. Muscle tenseur du voile du palais (péristaphylin externe)
3. Muscle uvulaire
4. Muscle palato-glosse
5. Muscle palato-pharyngien



SI IE - Compensation

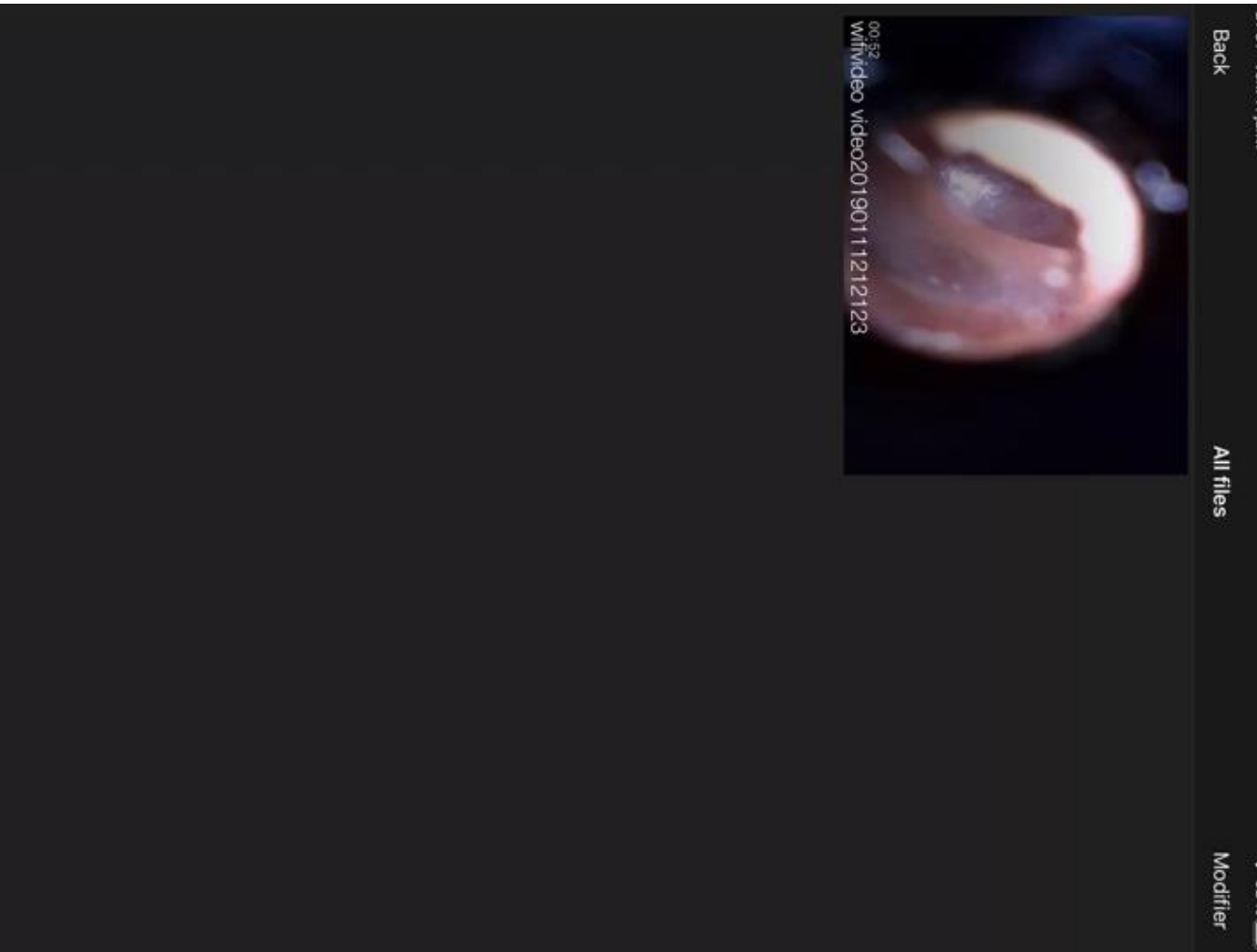
Langue



1. Muscle Genioglosse (tire la langue en avant)
2. Muscle Hyoglosse (tire la base de la langue en bas et en arrière)
3. Muscle Styloglosse (tire la langue en haut et en arrière (action de sucer et d'avaler)
4. Muscle Longitudinal Supérieur (abaisse et raccourci la langue)
5. Muscle Longitudinal inférieure (abaisse et rétracte la langue)
6. Muscle Palatoglosse (tire la langue en arrière)
- ...

SI IE - Compensation

Oreille



Le tympan:

3 zones

1. Paroi externe
2. Partie centrale permet au son de faire entrer en vibration le tympan
3. Paroi interne

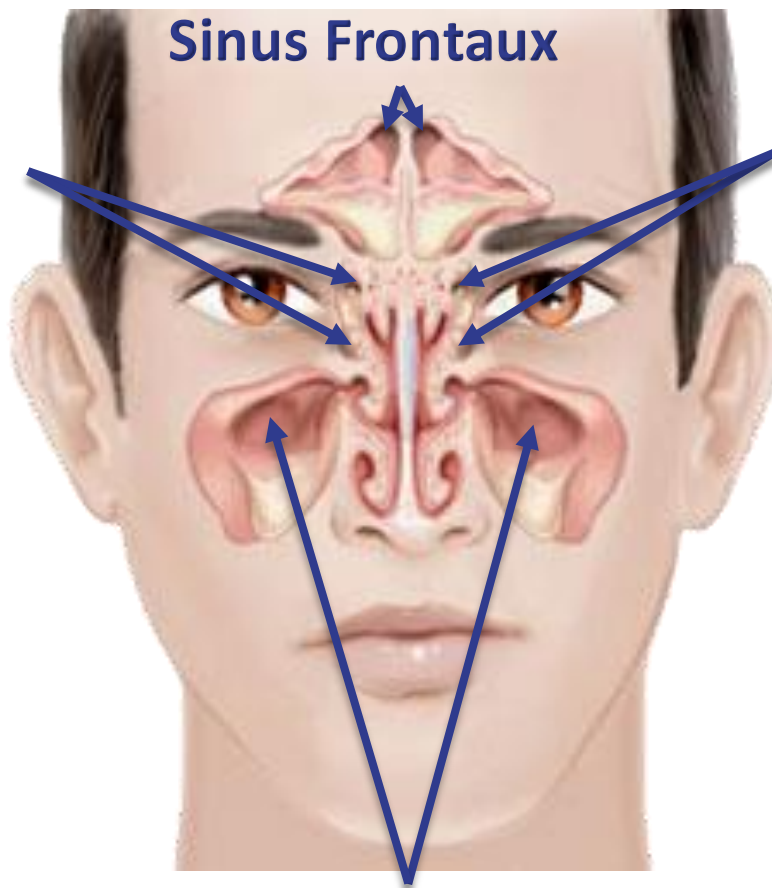
Source: <http://www.swissoxygen.ch/>

SI IE - Compensation

Sinus

RAPPEL

Sinus
Sinus
Ethmoïdal

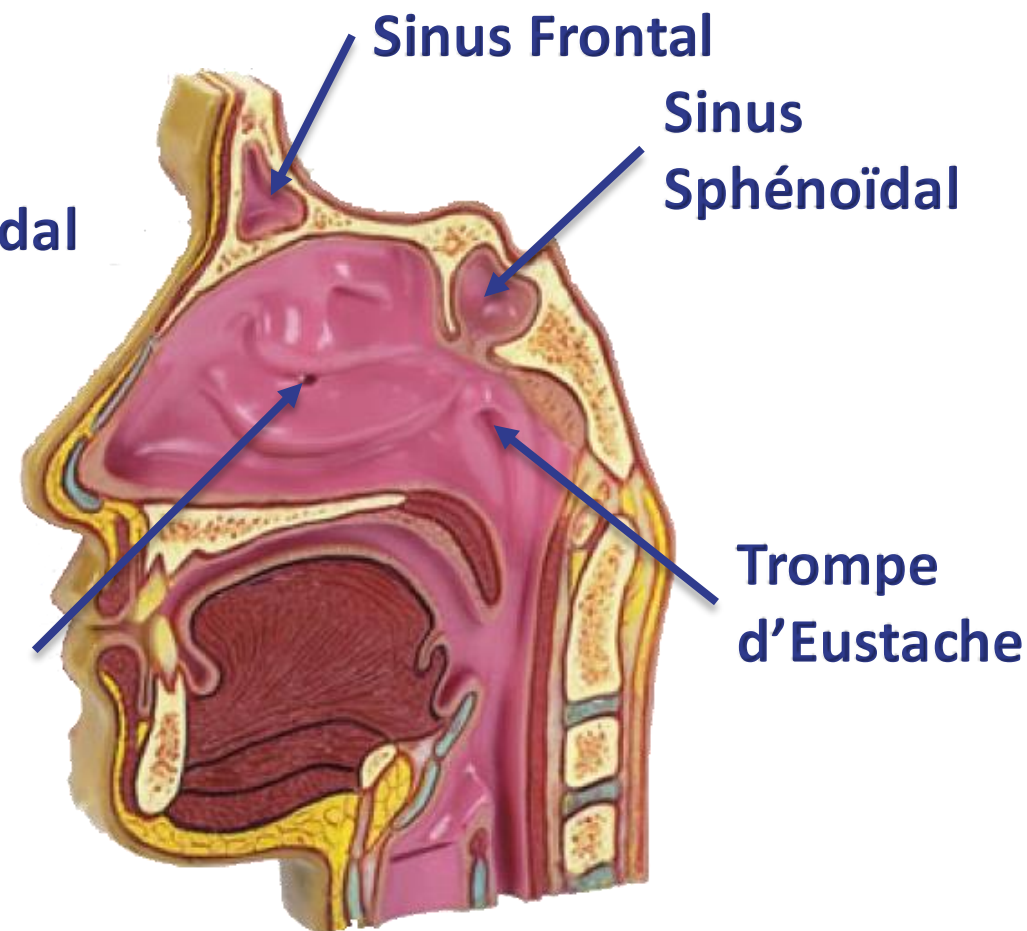


Sinus Frontaux

Sinus
Ethmoïdal

Sinus
Frontal

Sinus Maxillaire



Sinus Frontal

Sinus
Sphénoïdal

Trompe
d'Eustache

SI IE - Compensation

1. Anatomie - Voies Aériennes Supérieures
2. Anatomie - Le diaphragme
3. Anatomie – Oreille et sinus
4. Physique – Mécanisme de la compensation
5. Les différentes manœuvres de compensation classique

Mécanisme de la compensation

SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

15mmHg
=
0,02 bar
=
20cm

SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

La **compensation** est une manière d'égaliser la pression/Volume d'air de **l'oreille moyenne** par rapport à la pression extérieure en faisant entrer un volume d'air dans l'oreille moyenne par les **trompes d'Eustache**.

La compensation se fait en deux étapes :

#1 Amener de l'air localement au niveau de la fosse nasale

#2 Ouvrir les Trompes d'Eustache

SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

#1 Amener de l'air localement au niveau de la fosse nasale

- La contraction abdominale (Effort expiratoire)

Remonter le diaphragme par la contraction de la ceinture abdominale

SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

Principales cavités aériennes?

Cavités aériennes

SI IE - Compensation

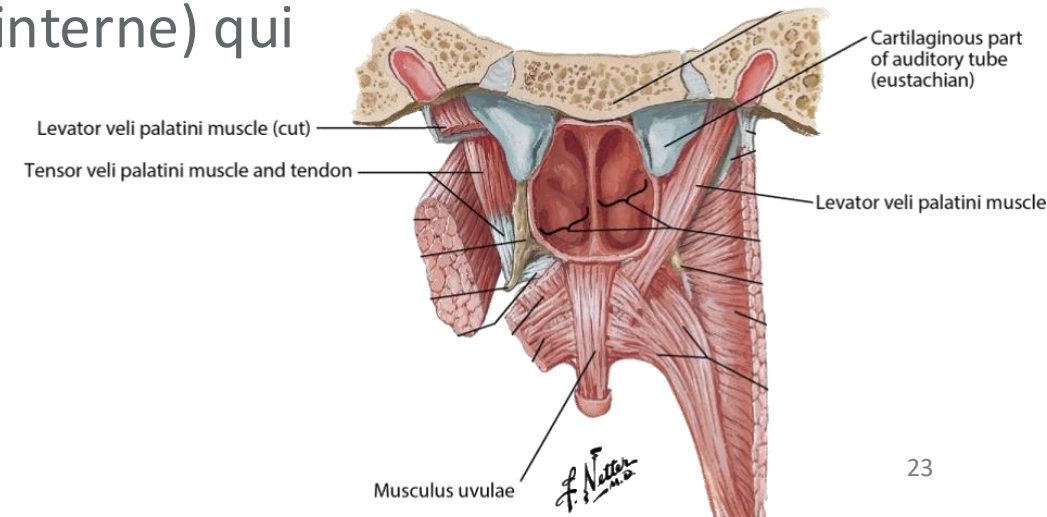
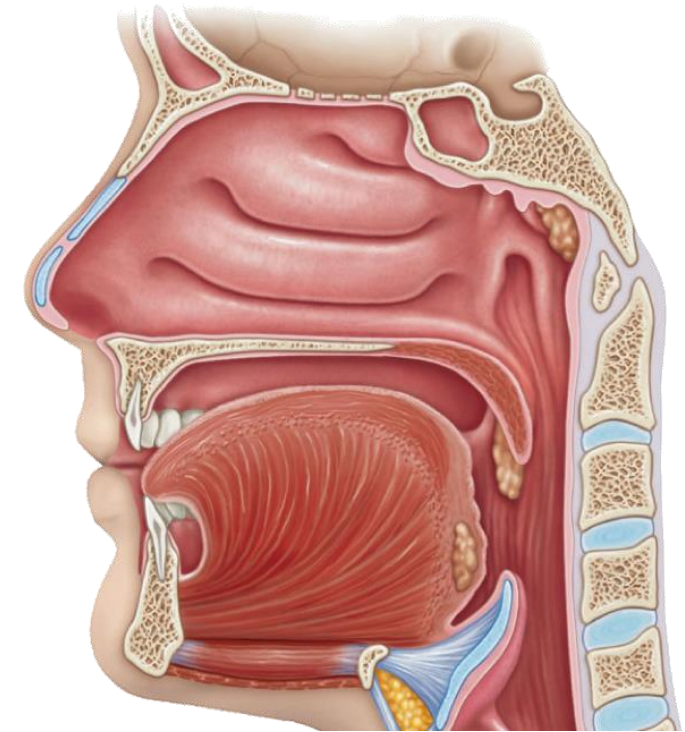
Mécanisme de la compensation

#2 Ouvrir la Trompe d'Eustache

La trompe d'Eustache s'ouvre :

1. Lorsque la **pression augmente** dans la fosse nasale
= Valsalva
2. Par **contraction musculaire** = BTV
 - **Tenseur du voile du palais** (péristaphylin externe) qui ouvre les 2/3 supérieurs de la trompe d'Eustache.
 - **L'élévateur du voile du palais** (péristaphylin interne) qui ouvre le 1/3 inférieur

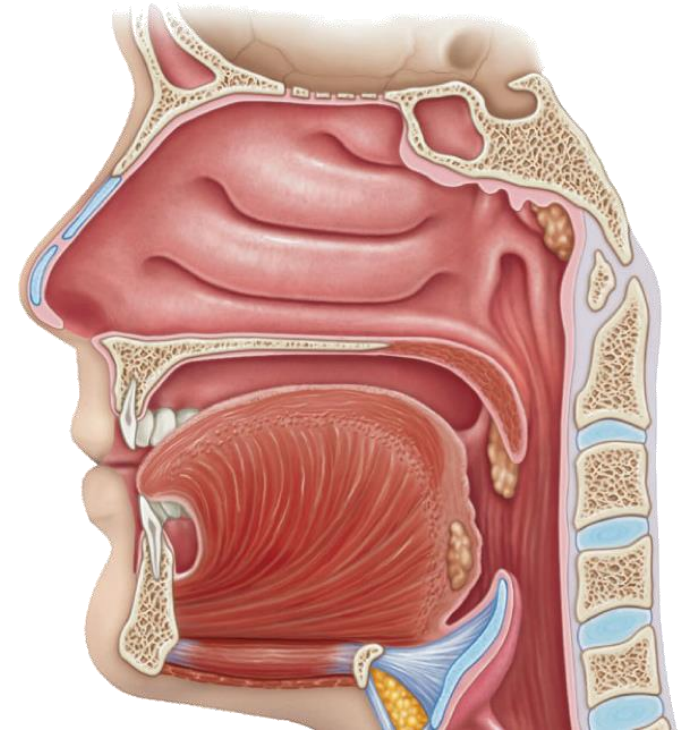
Ces muscles sont présents dans le voile du palais.



SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

Pourquoi dit-on que Frenzel nécessite moins de pression pour compenser?



SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

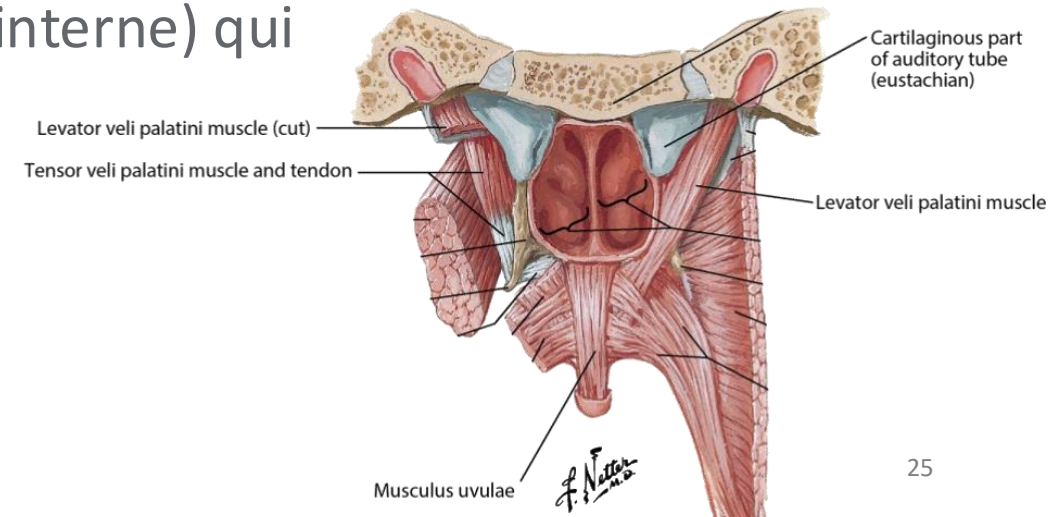
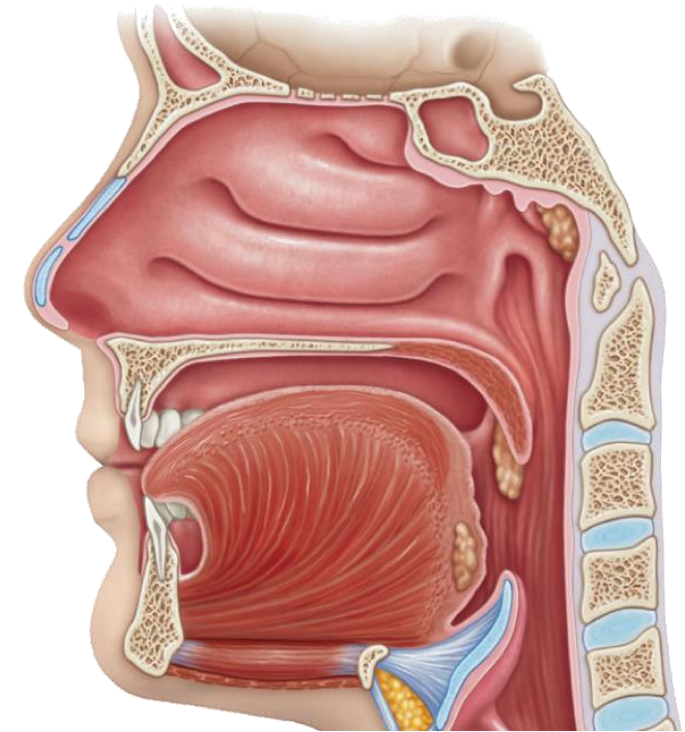
#2 Ouvrir la Trompe d'Eustache

La trompe d'Eustache s'ouvre :

1. Lorsque la **pression augmente** dans la fosse nasale
= Valsalva
2. Par **contraction musculaire** = BTV
 - **Tenseur du voile du palais** (péristaphylin externe) qui ouvre les 2/3 supérieurs de la trompe d'Eustache.
 - **L'élévateur du voile du palais** (péristaphylin interne) qui ouvre le 1/3 inférieur

Ces muscles sont présents dans le voile du palais.

3. **Mixe** des deux
= Frenzel



SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

Quelles sont les cavités aériennes que l'on sait déformer et celles que l'on ne sait pas déformer?

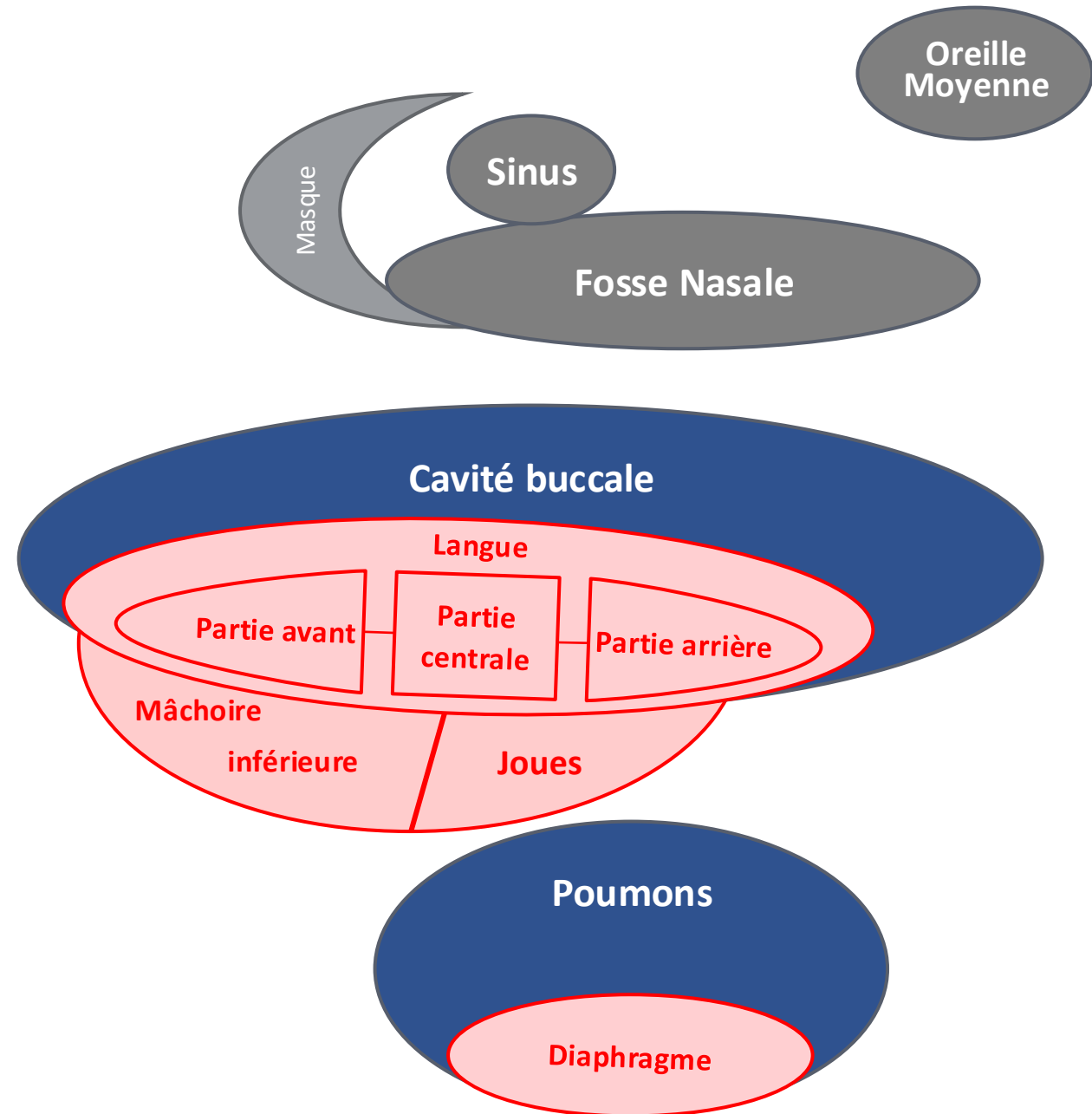
Déformable

Indéformable

SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

Actionneurs:



Quelles sont les portes qui permettent de passer d'une cavité aérienne à une autre?

Portes

SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

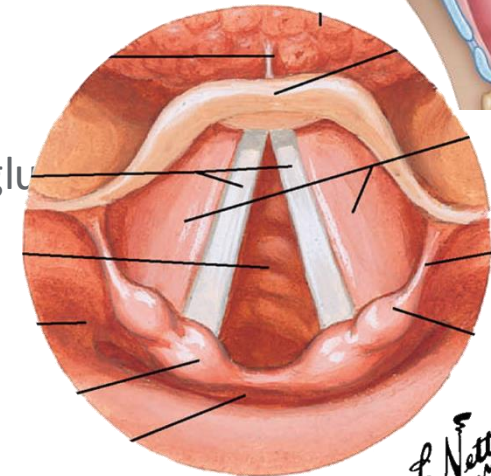
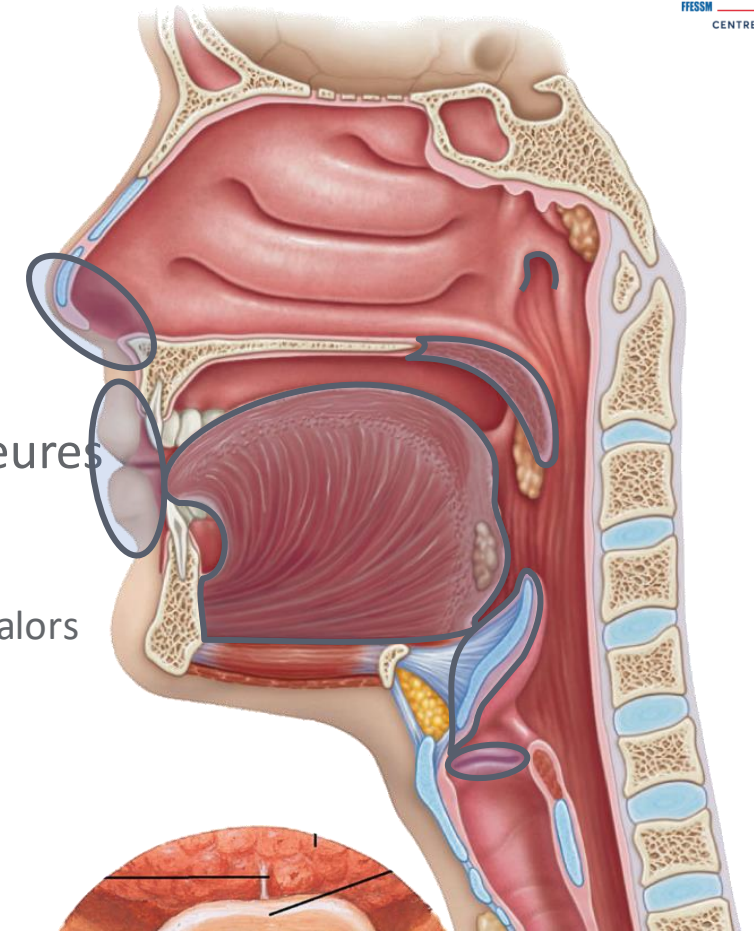
Principales « portes »:

- **Glotte** connecte les poumons à la cavité buccale
- **Lèvres / narines** séparent le milieu extérieur des voies aériennes supérieures
- **Langue** qui sépare la zone avant de la zone arrière de la cavité buccale.

Quand la langue est relâchée, il n'y a qu'une seule cavité. Lorsqu'elle est en contact du palais alors les deux zones sont séparées (Très important d'alterner le relâchement et la contraction de la langue pour renouveler le volume d'air qui sert à compenser)

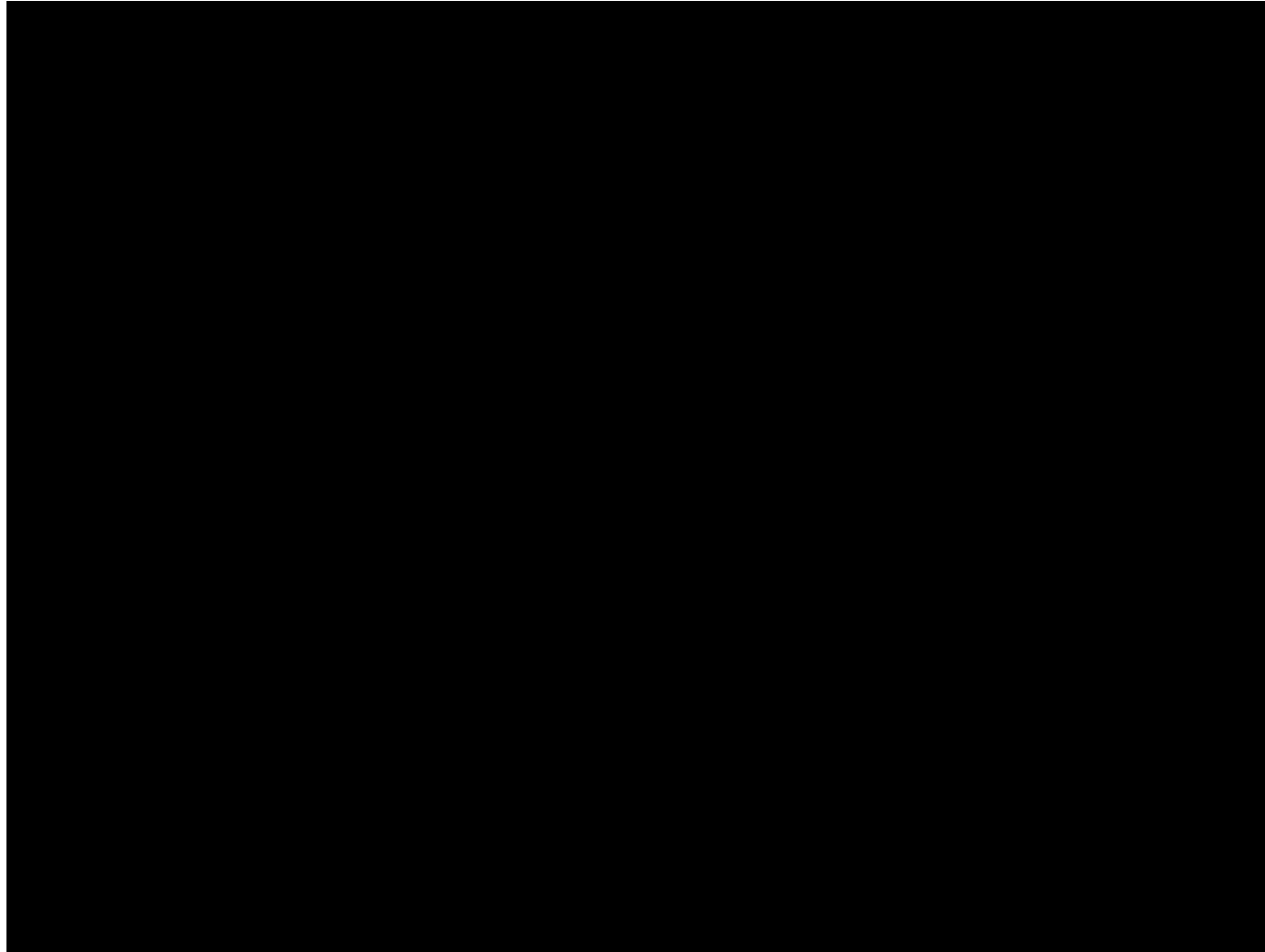
- **Le voile du palais** qui sépare la fosse nasale de la cavité buccale.
- **La trompe d'Eustache** qui sépare l'oreille moyenne de la fosse nasale.

L'épiglotte n'est pas utilisée lors de la compensation, mais elle sert lorsque l'on déglutit



SI IE - Compensation

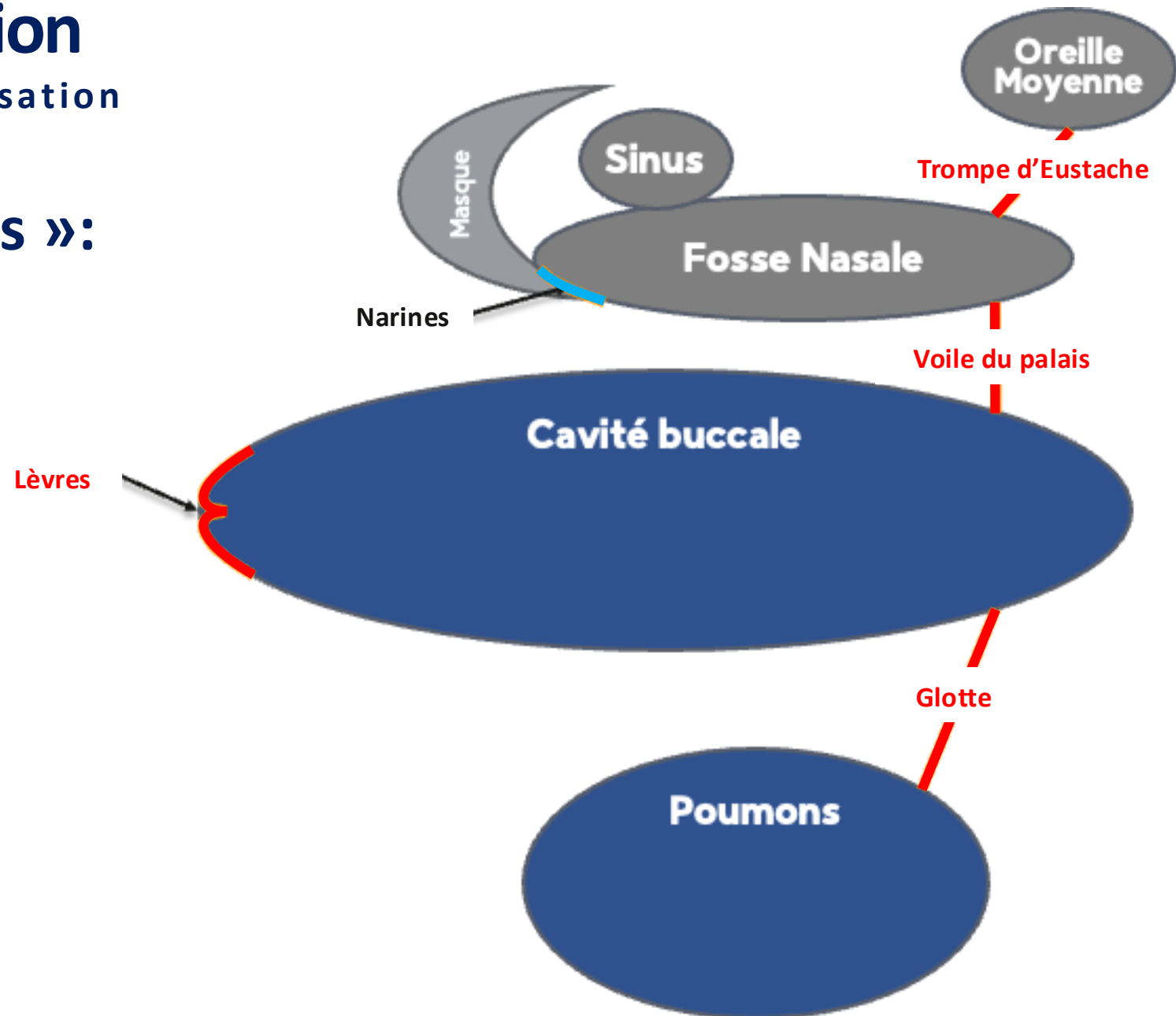
Mécanisme de la compensation



SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

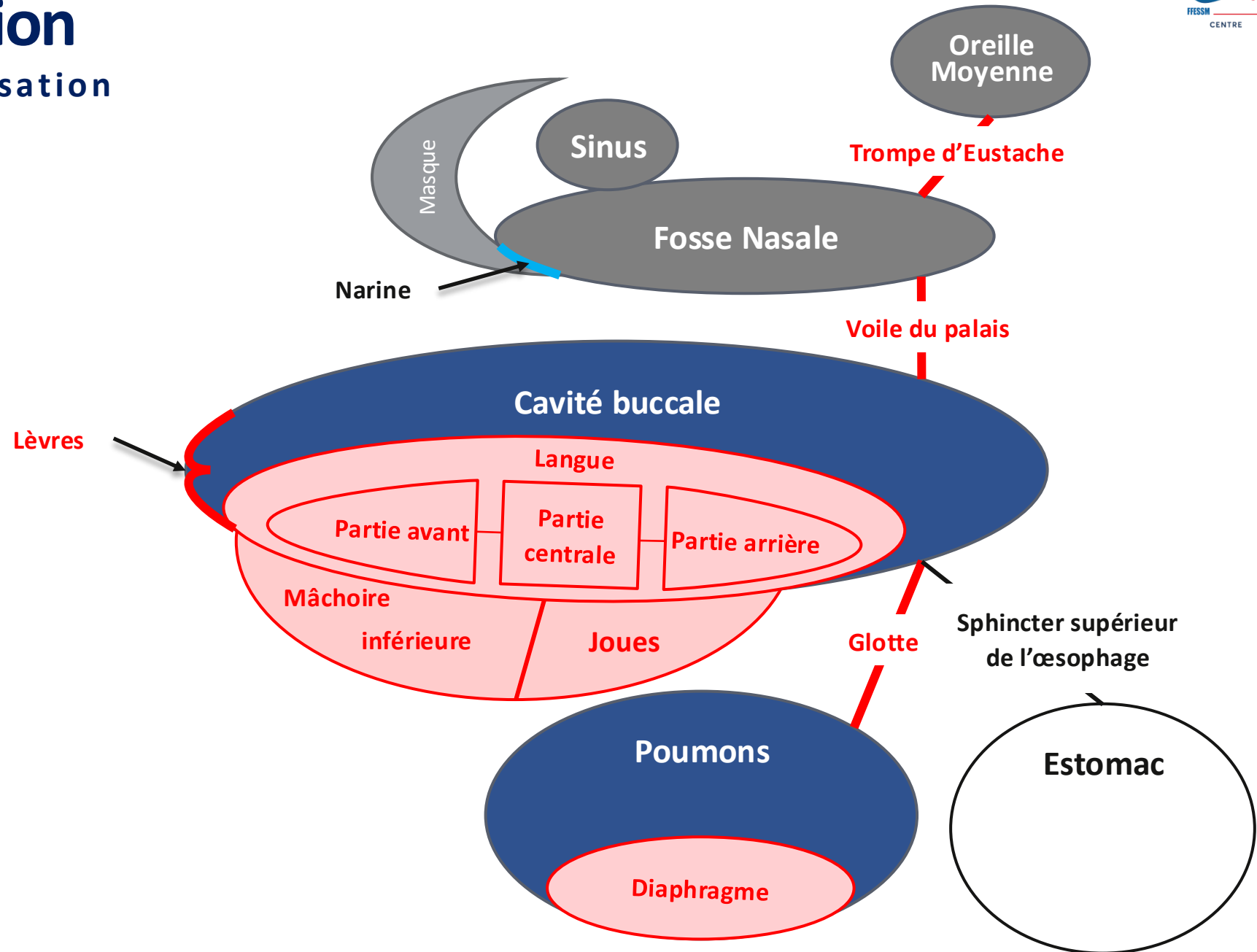
Principales « portes »:



SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

Récap:

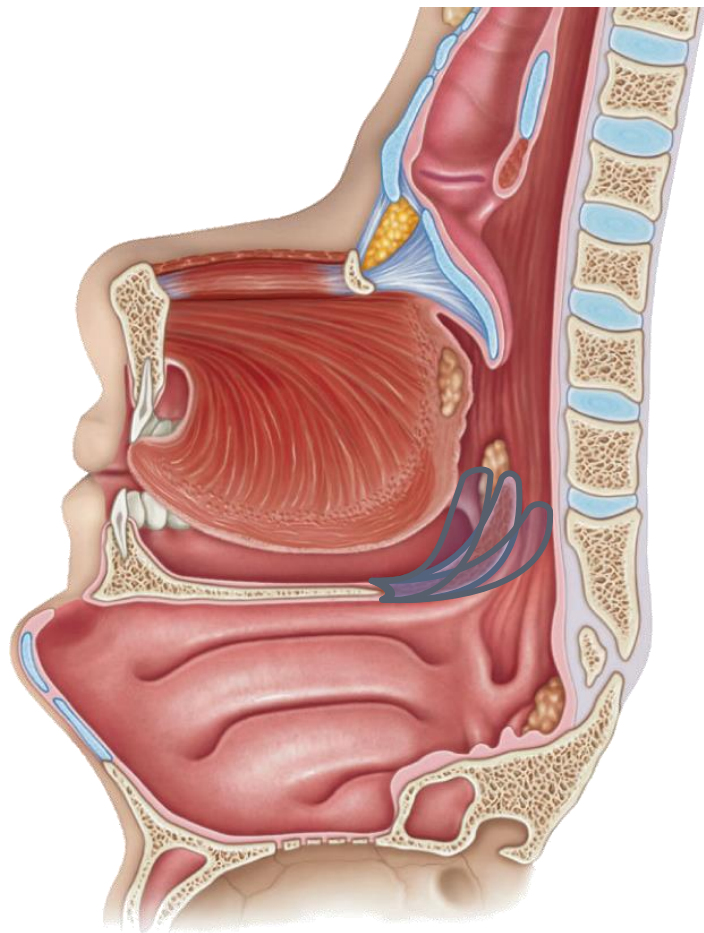


SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

RAPPEL

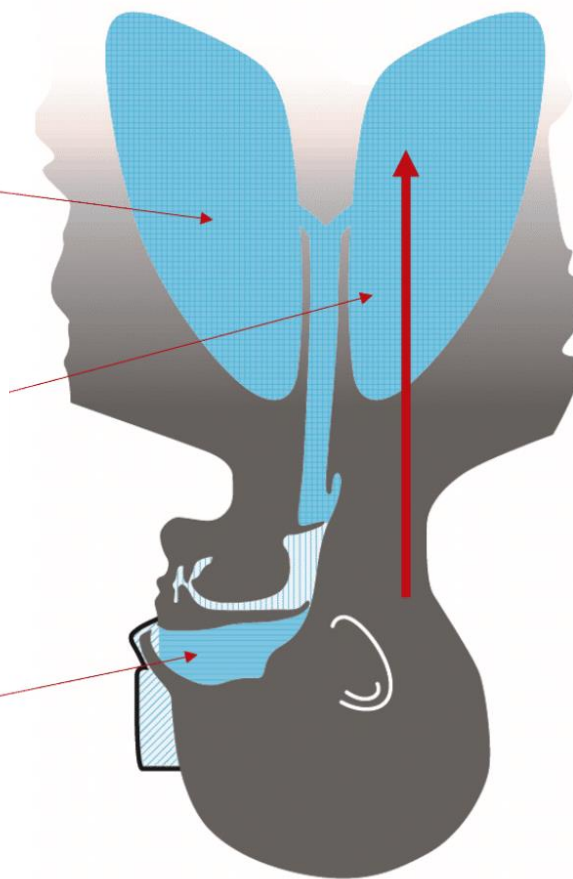
Descente tête en bas:



Pression = p

Flux d'air
(gradient de pression)

Pression > p



SI IE - Compensation

Mécanisme de la compensation

RAPPEL

A la remontée:

L'air ressort naturellement de l'oreille moyenne ➔ Rien à faire!

SI IE - Compensation

1. Anatomie - Voies Aériennes Supérieures
2. Anatomie - Le diaphragme
3. Anatomie – Oreille et sinus
4. **Physique** – Mécanisme de la compensation
5. Les différentes manœuvres de compensation classique

Les différentes manœuvres de compensation classique

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

La **compensation** en apnée est une manœuvre **instinctive volontaire**

Différentes techniques de compensation pour commencer l'apnée:

- Valsalva
- Frenzel **Le déplacement d'air** favorise l'ouverture de la trompe d'Eustache
- Mains libres BTV (Béance Tubaire Volontaire) Ouverture **musculaire** de la trompe d'Eustache

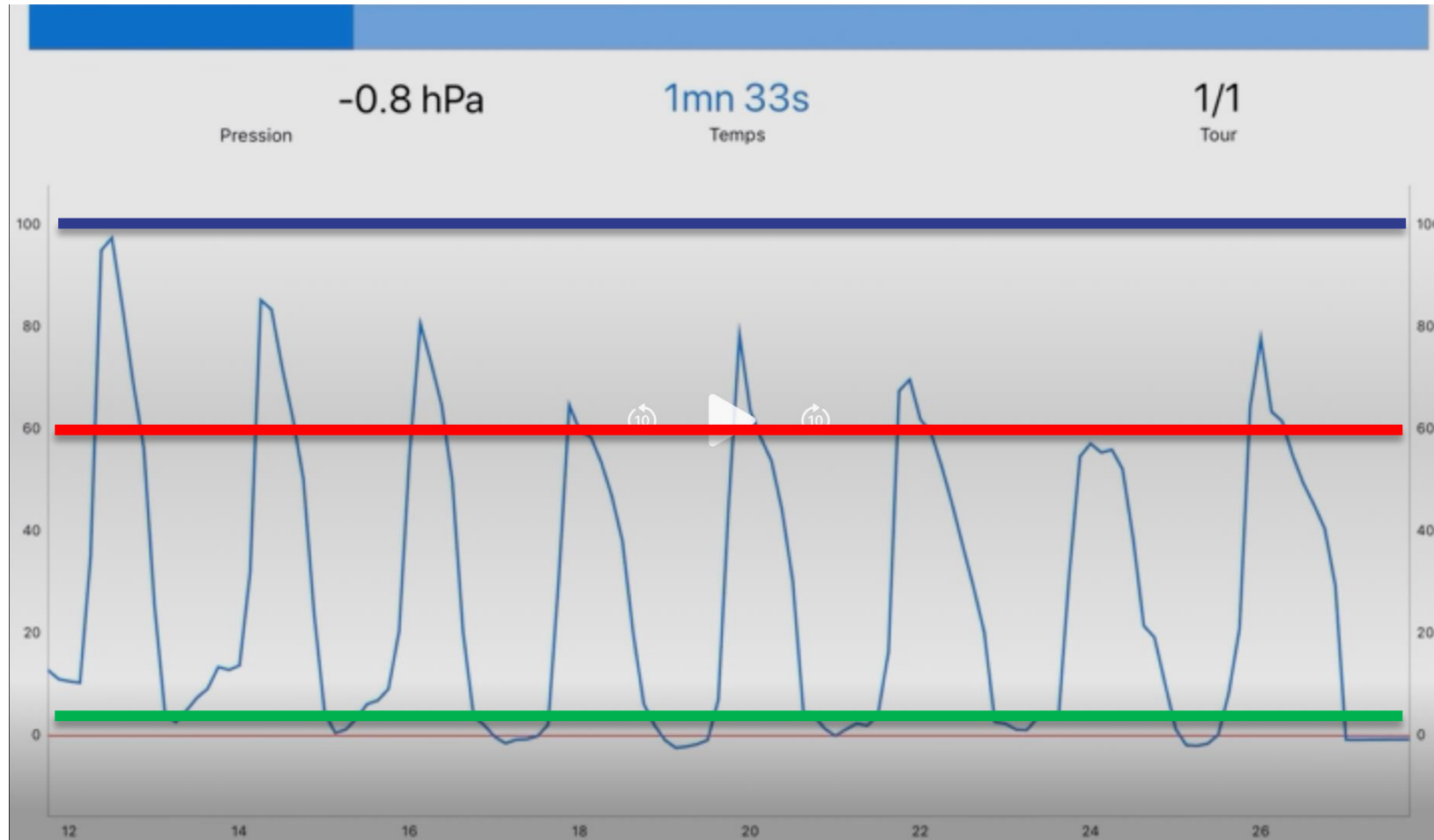
SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Valsalva

T-Lock

BTV



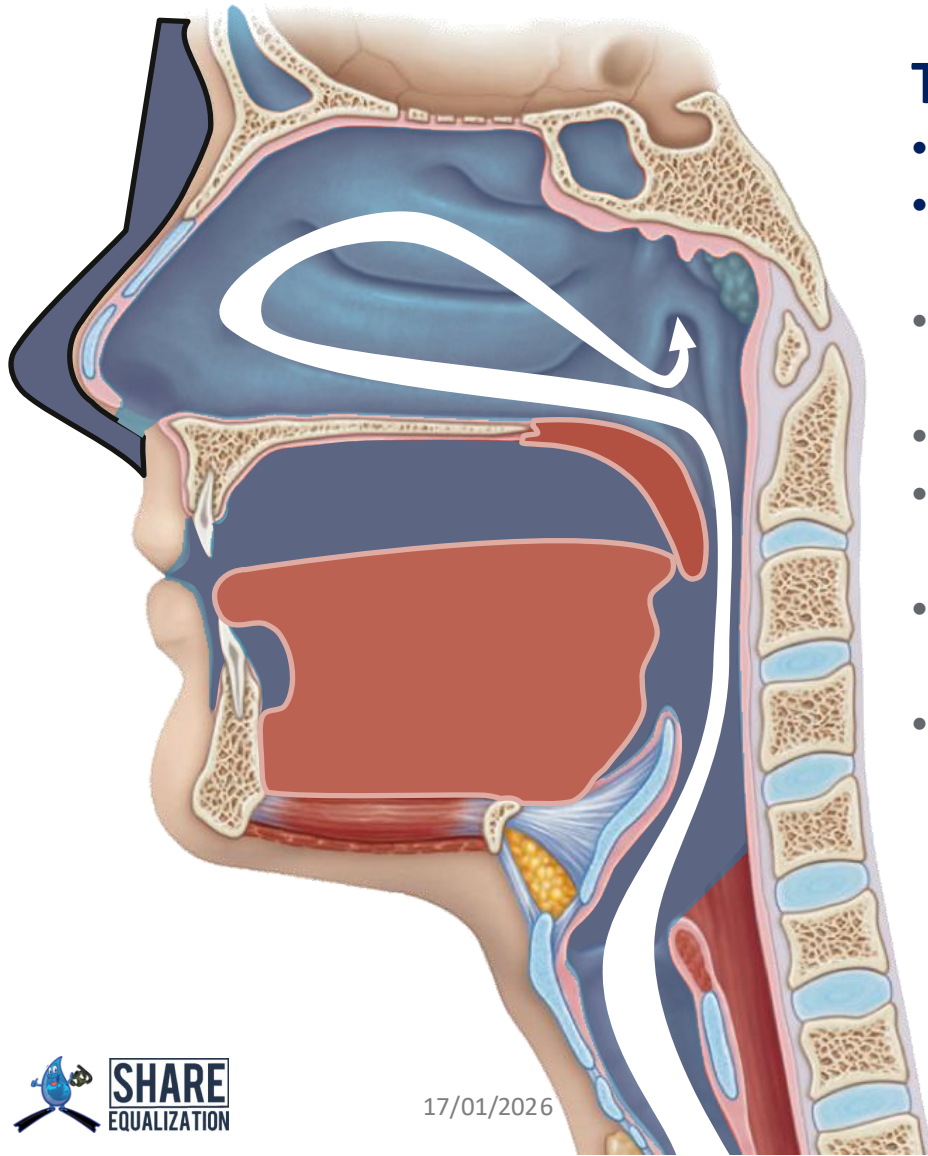
100hPa
=
0,1 bar
=
1m

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

RAPPEL

Valsalva



Technique :

- **Compenser le volume du masque en soufflant un peu d'air par le nez**
- **Boucher ses narines et lèvres ou verrouillage voile du palais/arrière de la langue**
- Pousser de l'air avec le diaphragme (abdominaux) vers la fosse nasale au travers de la glotte et du voile du palais (ouverts)
- L'air déforme l'entrée de la trompe d'Eustache et
- Ressentir un petit bruit (bruissement comme lorsque l'on froisse une feuille de papier). La trompe d'Eustache s'ouvre.
- L'air peut ainsi accéder à l'oreille moyenne et rééquilibrer son volume/pression.
- La mise sous pression doit être progressive et maîtrisée.

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

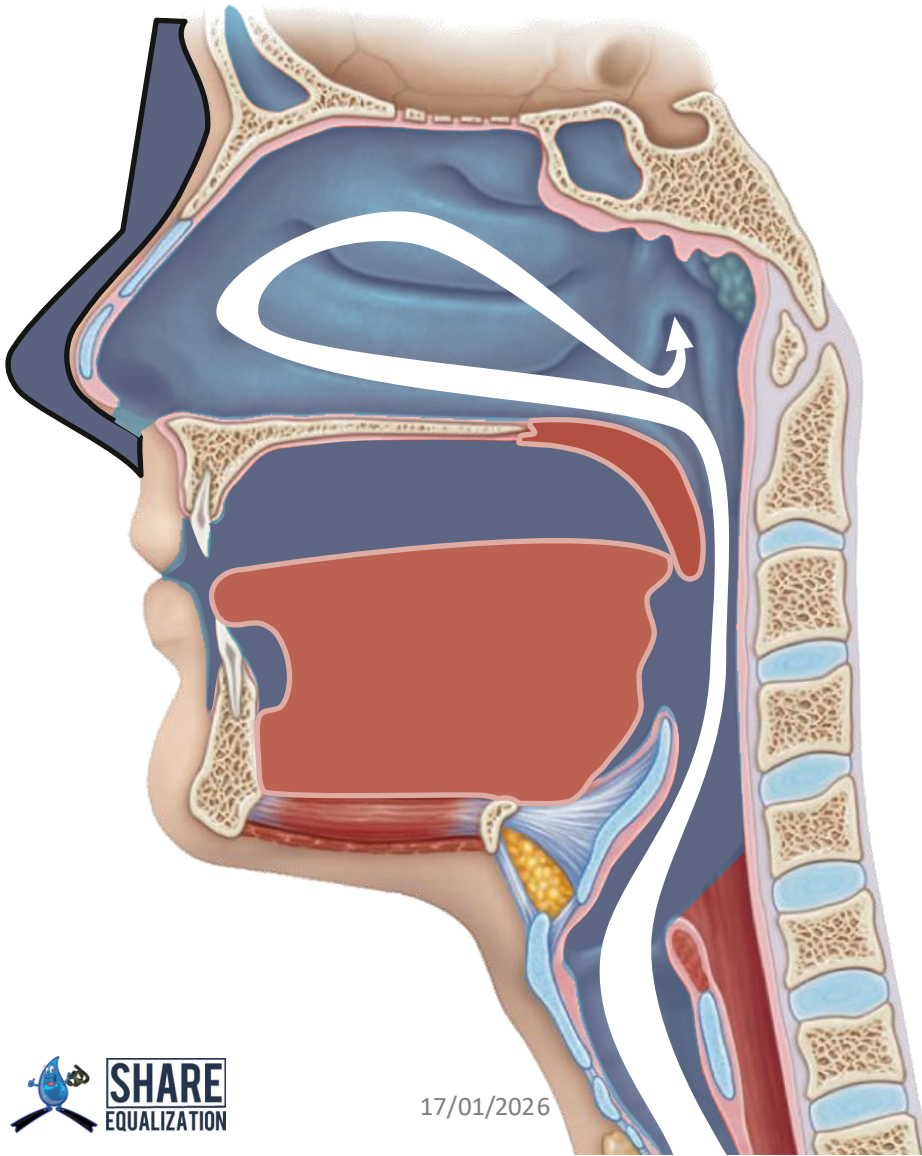
Valsalva

Avantage:

- « Simple » à transmettre par certains et à réaliser mais pas si simple si on ne sait pas dans quelle position est le voile du palais ou la langue.

Inconvénients:

- Manœuvre brutale ne favorisant pas le relâchement
- Mobilité du diaphragme difficile avec l'influence de la profondeur
- Relâchement
- Si la langue est en position haute, elle peut pousser et forcer la fermeture du voile du palais
- A du mal à fonctionner tête en bas
- **La Trompe d'Eustache est considérée comme une structure statique**



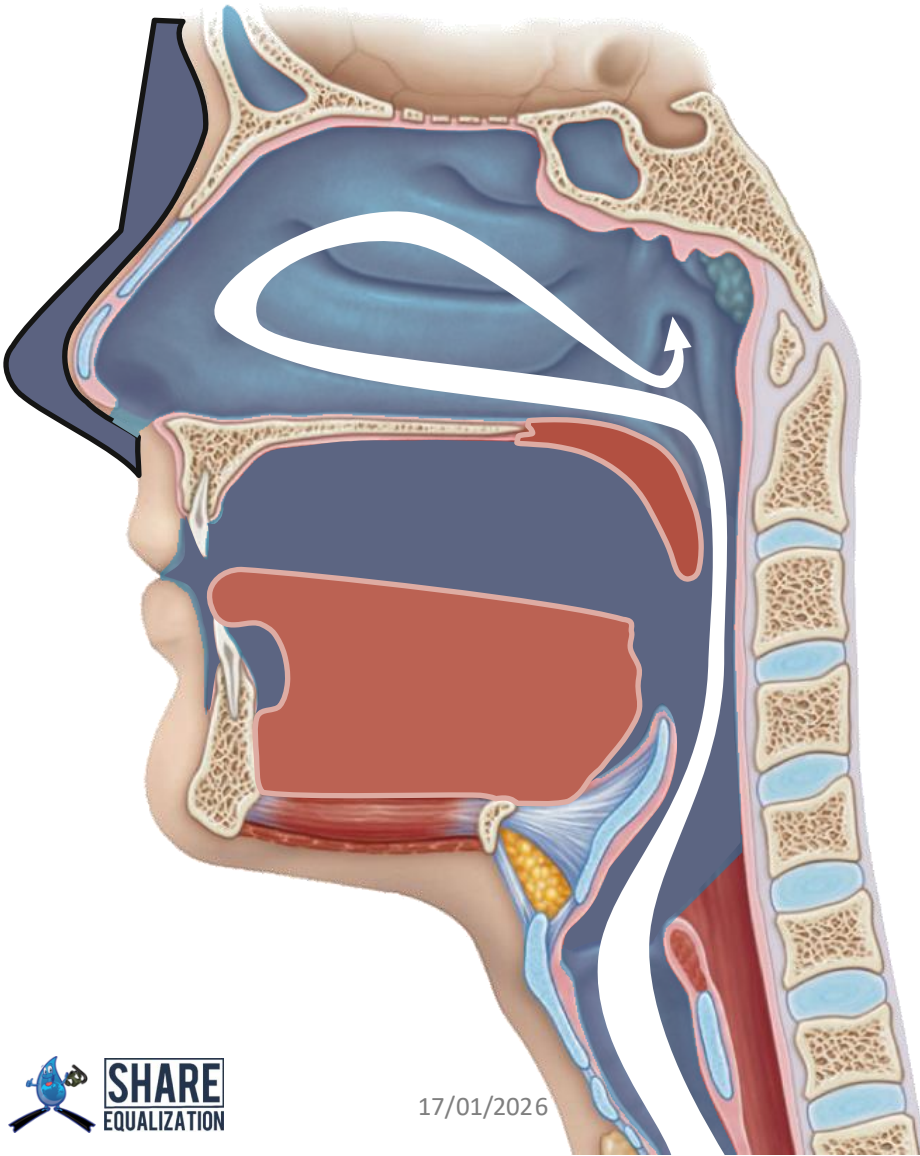
SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Valsalva

Dans l'eau quoi faire:

- Remonter de l'air en contractant les abdominaux
- Laisser sortir l'air par la jupe du masque sans pincer les narines
- Pincer progressivement les narines jusqu'à entendre l'ouverture de la trompe d'Eustache
- Arrêter de pousser de l'air
- Retirer les doigts du masque
- Une fois que la coordination est comprise descendre progressivement à l'échelle 2 barreaux max et recommencer **en gardant la tête en haut**
- ...





- Action musculaire de la **langue/mâchoire/joues**, qui permet de « **déplacer** » de l'air de la cavité buccale vers la fosse nasale.

Principales méthodes:

- P-lock
- T-lock
- K-Lock
- H-Lock



SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

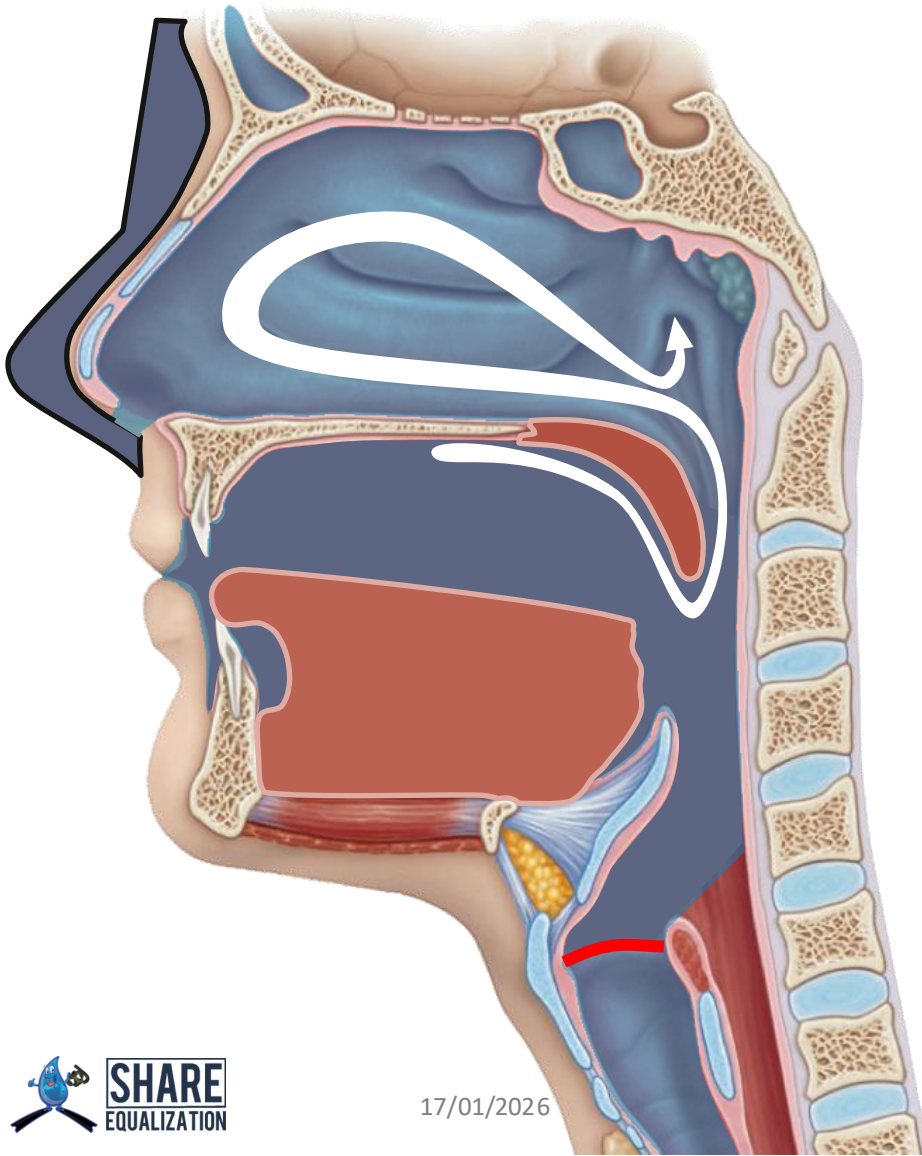
Frenzel

Avantage:

- Dans la technique instinctive de Frenzel, la langue est le principal moteur et agit comme un piston
- La Trompe d'Eustache fonctionne de manière dynamique car la langue induit des mouvements du voile du palais et donc également des trompes d'Eustache
- Manœuvre plus douce que la manœuvre de Valsalva
- Fonctionne en apnée tête en bas

Inconvénients:

- Mobilité du diaphragme difficile avec l'influence de la profondeur
- Relâchement
- Si la langue est en position haute, elle peut pousser et forcer la fermeture du voile du palais.
- Un peu plus complexe à transmettre. Dépend des capacités de l'apprenant (coordination, position au repos de la langue, gestion de la glotte et du voile du palais.

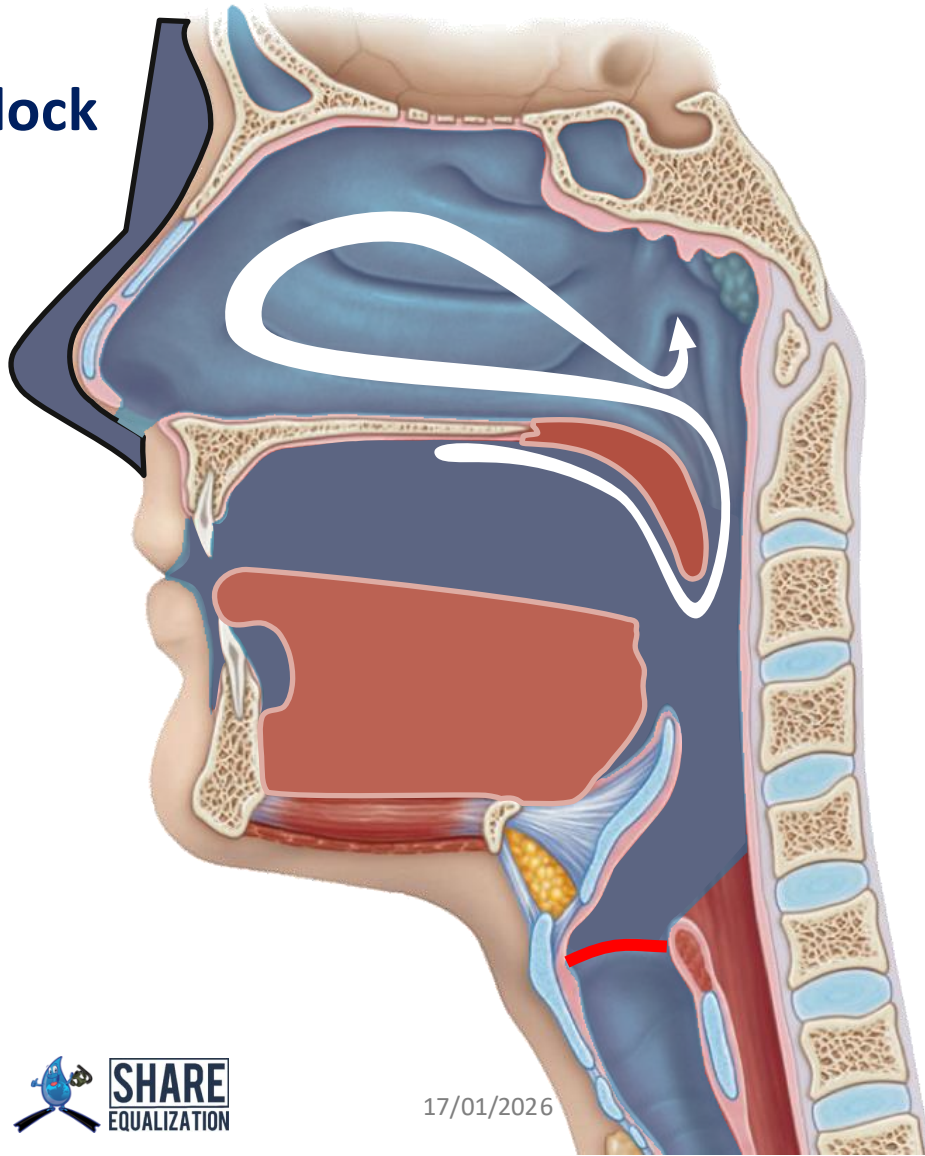


SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

P-lock



Technique:

- Fermer les lèvres, gainer les joues, **ouvrir la glotte**
- Pousser un peu d'air avec le diaphragme (abdominaux) vers la cavité buccale et nasale (voile du palais ouvert),
- Compenser le volume du masque en laissant sortir un peu d'air par le nez,
- Boucher ses narines
- **fermer la glotte**
- Maintenir le **voile du palais ouvert**,
- Déplacer l'air avec un des **actionneurs de la bouche**
- L'air déforme l'entrée de la trompe d'Eustache et
- Ressentir un petit bruit. La trompe d'Eustache s'ouvre.
- L'air peut ainsi accéder à l'oreille moyenne et rééquilibrer son volume/pression.



Bien **relâcher la langue** entre 2 compensations

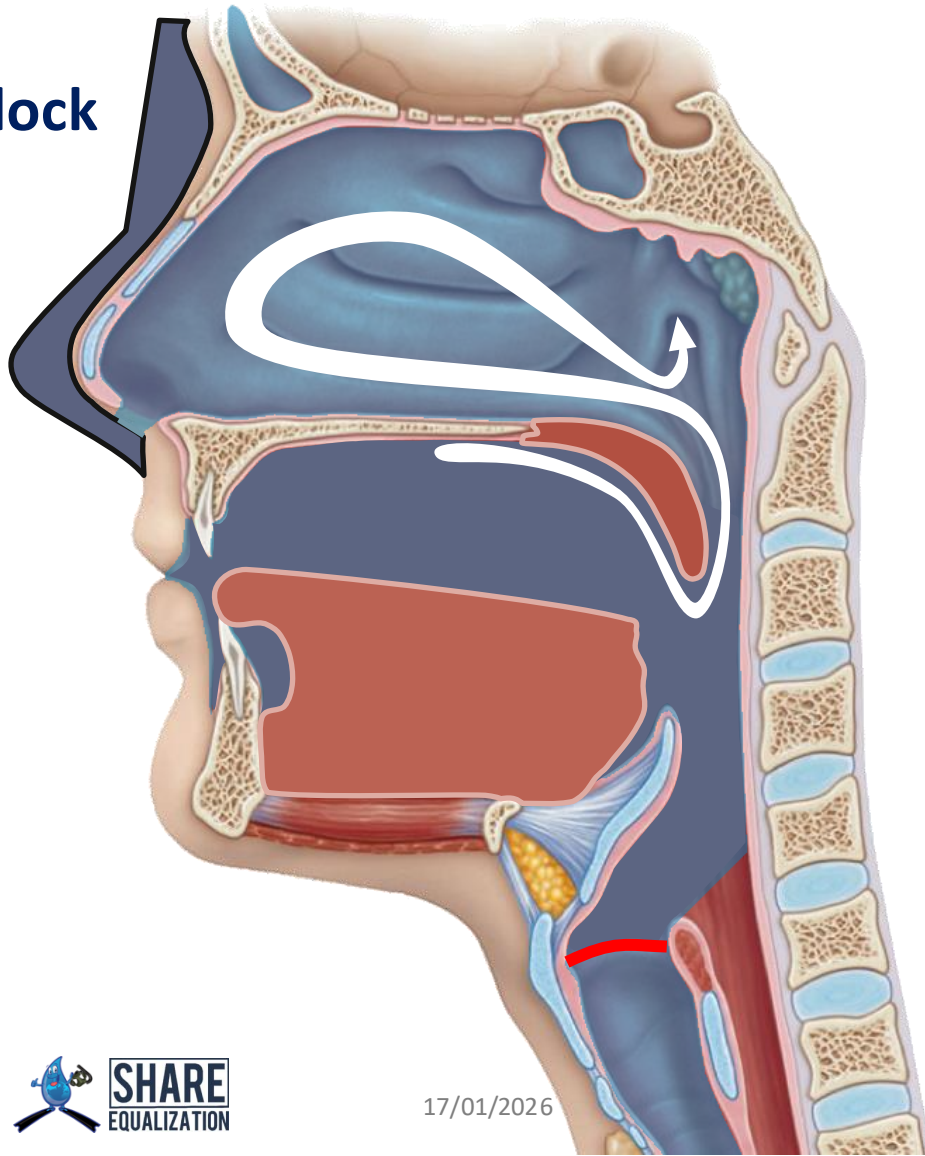
Y. Saluden

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

P-lock



Dans l'eau quoi faire #1:

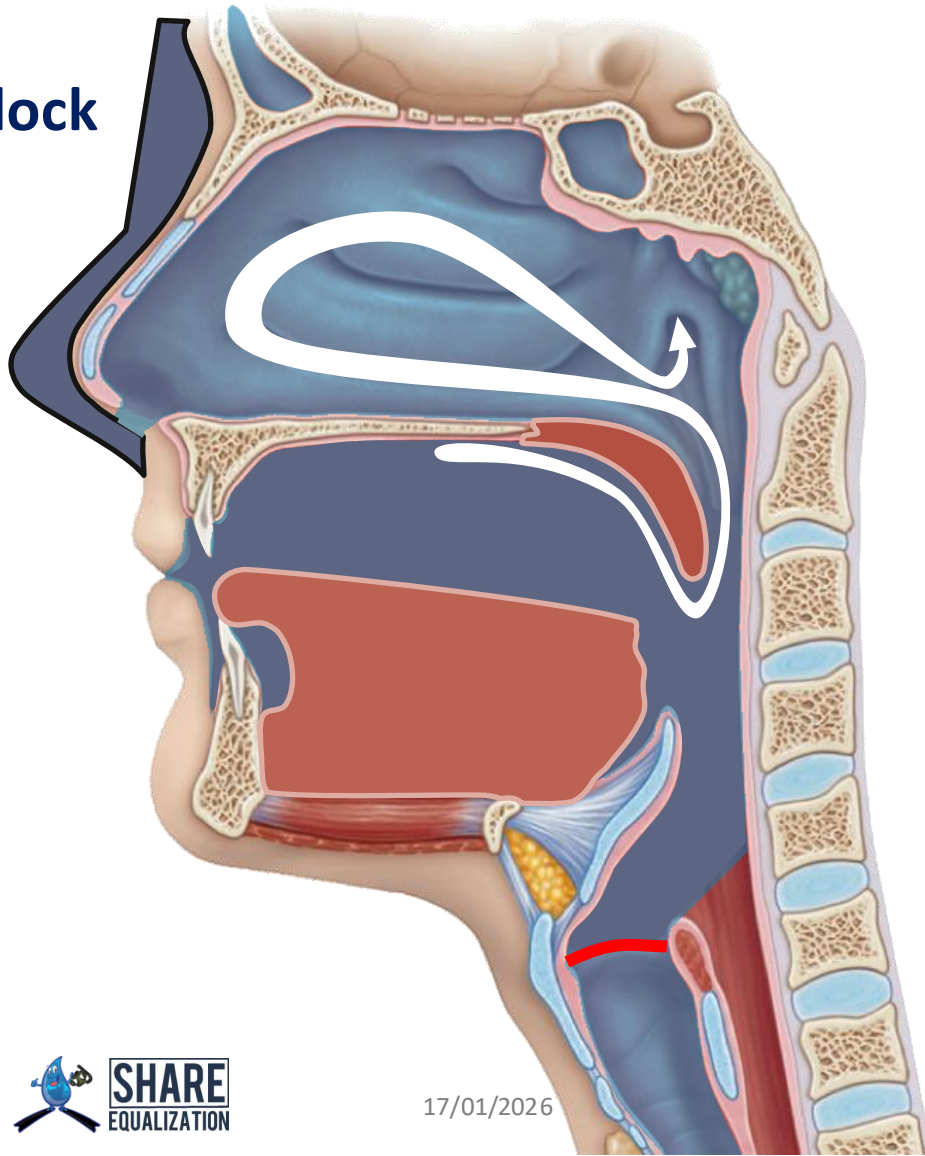
- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale uniquement (voile du palais fermé),
- Actionner la mâchoire ou les joues ou la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir l'air au travers des lèvres en faisant quelques bulles à chaque compression,
- Recommencer plusieurs fois sans descendre,
- ...

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

P-lock



Dans l'eau quoi faire #2:

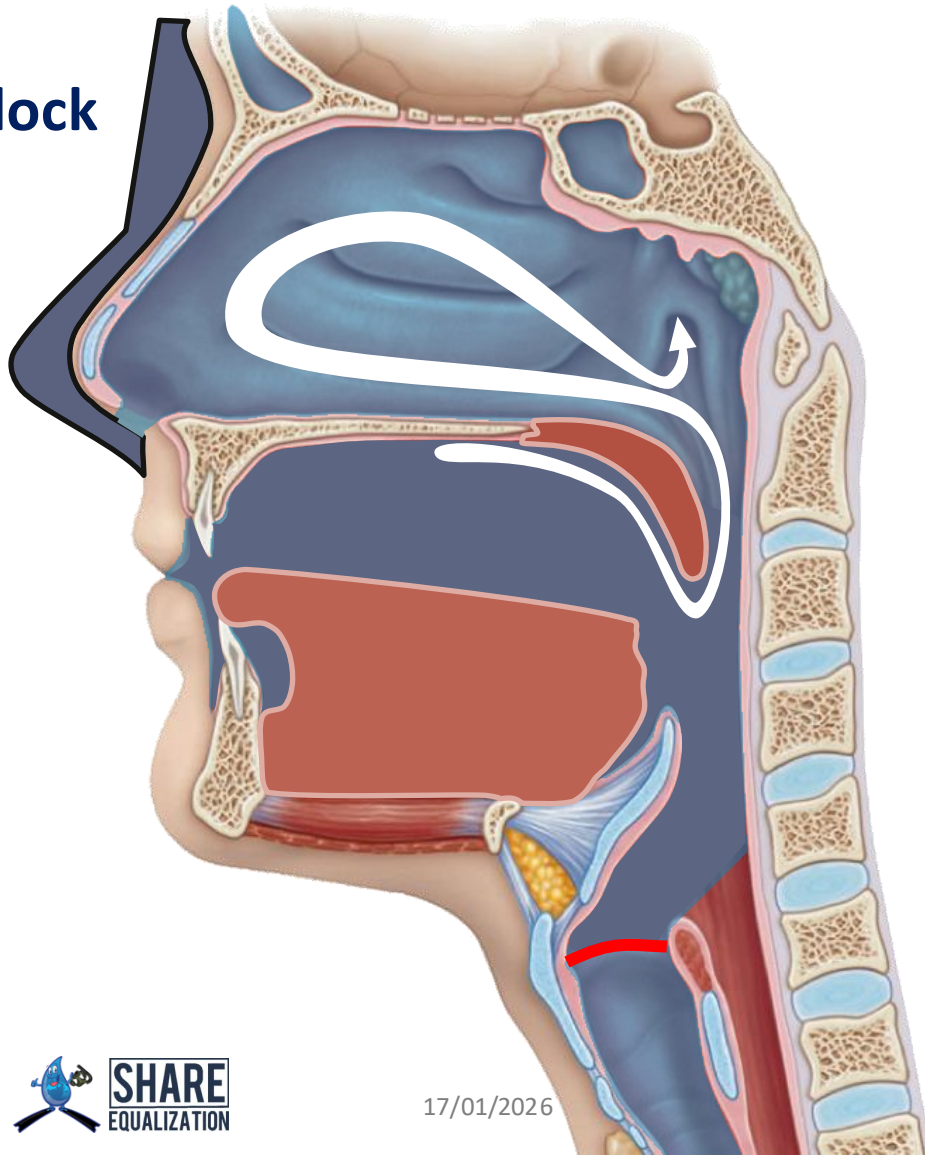
- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale uniquement (voile du palais fermé),
- Fermé la glotte,
- **Ouvrir le voile du palais,**
- Actionner la mâchoire ou les joues ou la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir l'air sous la jupe du masque sans pincer les narines en faisant quelques bulles à chaque compression,
- Recommencer plusieurs fois sans descendre,
- ...

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

P-lock



Dans l'eau quoi faire #3:

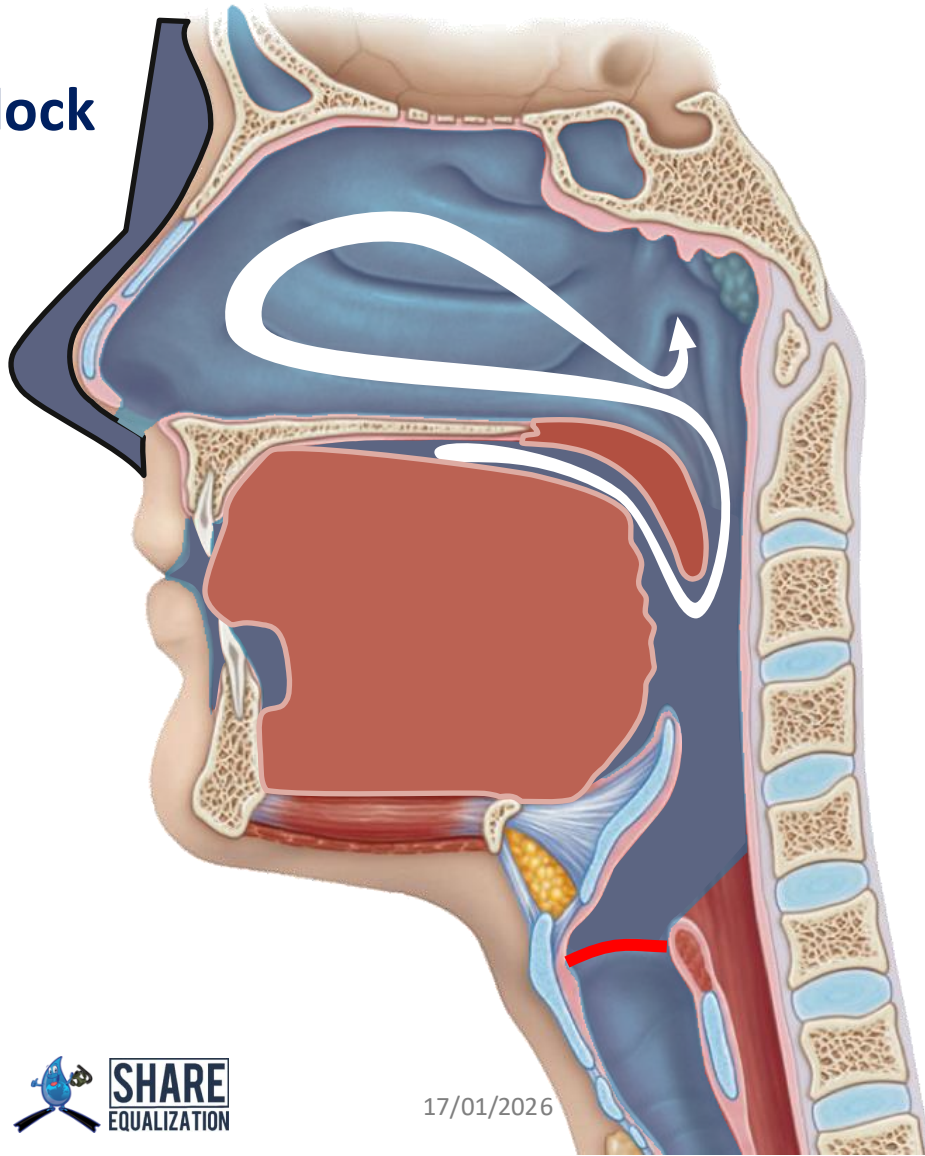
- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale uniquement (voile du palais fermé),
- Fermer la glotte puis ouvrir le voile du palais,
- Actionner la mâchoire ou les joues ou la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir un petit peu d'air sous la jupe du masque sans pincer les narines,
- **Pincer progressivement les narines jusqu'à entendre l'ouverture de la trompe d'Eustache,**
- Arrêter de pousser de l'air
- Retirer les doigts du masque
- Une fois que la coordination est comprise descendre progressivement à l'échelle 2 barreaux max et recommencer,
- ...

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

T-lock



Technique:

- Mettre la langue en T-Lock (entre les incisives sup et inf), **ouvrir la glotte**,
- Pousser un peu d'air avec le diaphragme (abdominaux) vers la cavité buccale et nasale (voile du palais ouvert),
- Compenser le volume du masque en laissant sortir un peu d'air par le nez,
- Boucher ses narines puis **fermer la glotte**,
- Maintenir le **voile du palais ouvert**,
- Déplacer l'air avec **la partie centrale et arrière de la langue**, l'air déforme l'entrée de la trompe d'Eustache,
- Ressentir un petit bruit. La trompe d'Eustache s'ouvre.
- L'air peut ainsi accéder à l'oreille moyenne et rééquilibrer son volume/pression.



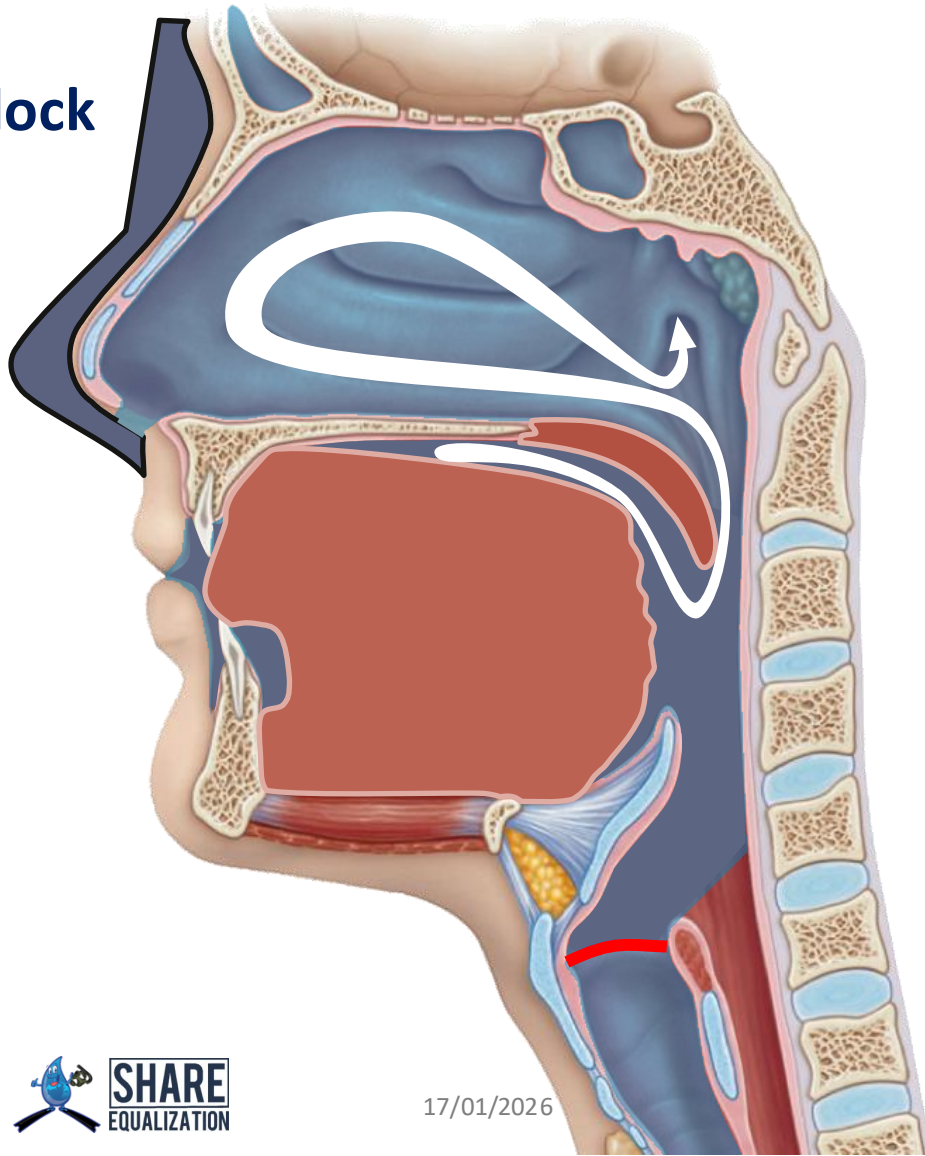
Bien **relâcher la langue** entre 2 compensations

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

T-lock



Dans l'eau quoi faire #1:

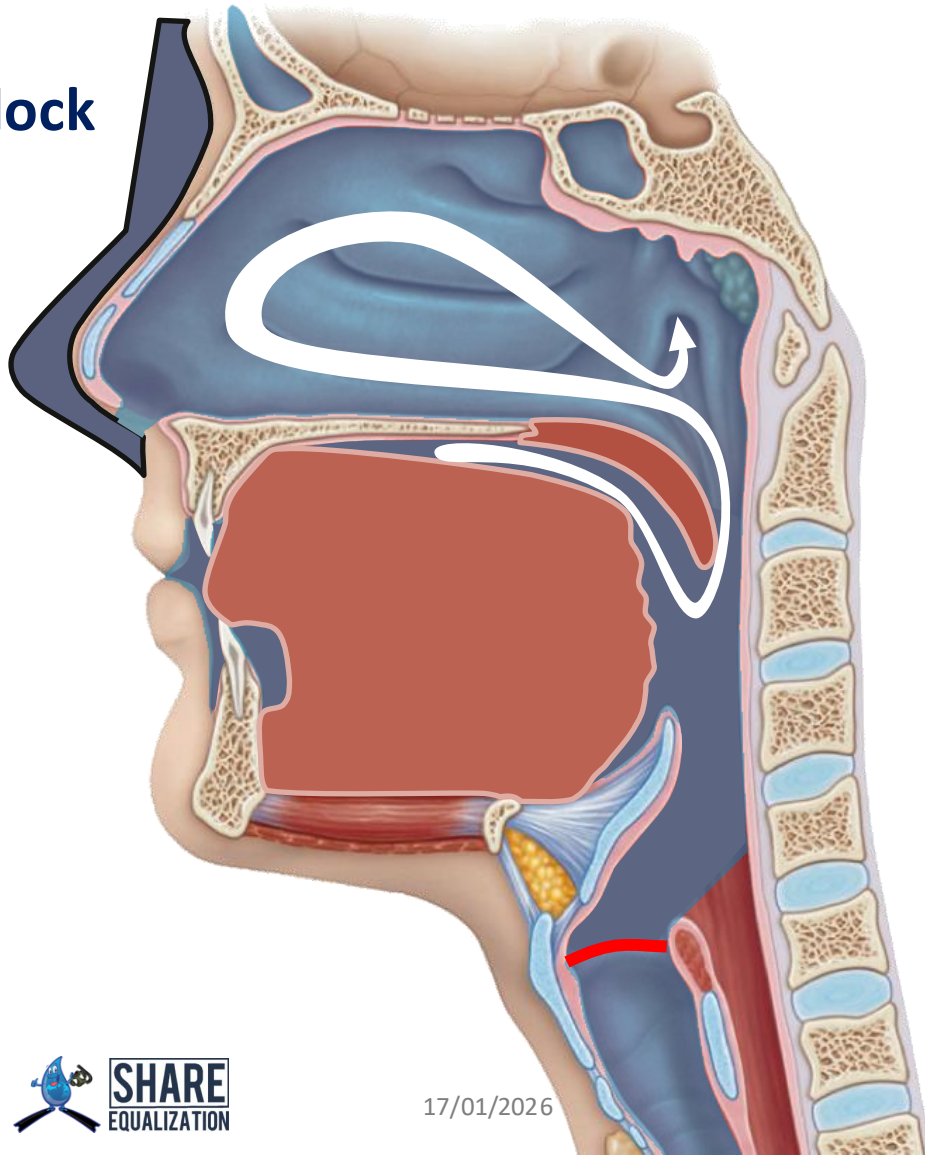
- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale (voile du palais fermé et glotte ouverte),
- Fermer la glotte,
- Ouvrir le voile du palais,
- Actionner la partie centrale et arrière de la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir l'air par la jupe du masque sans pincer les narines
- Recommencer plusieurs fois sans descendre
- ...

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

T-lock



Dans l'eau quoi faire #2:

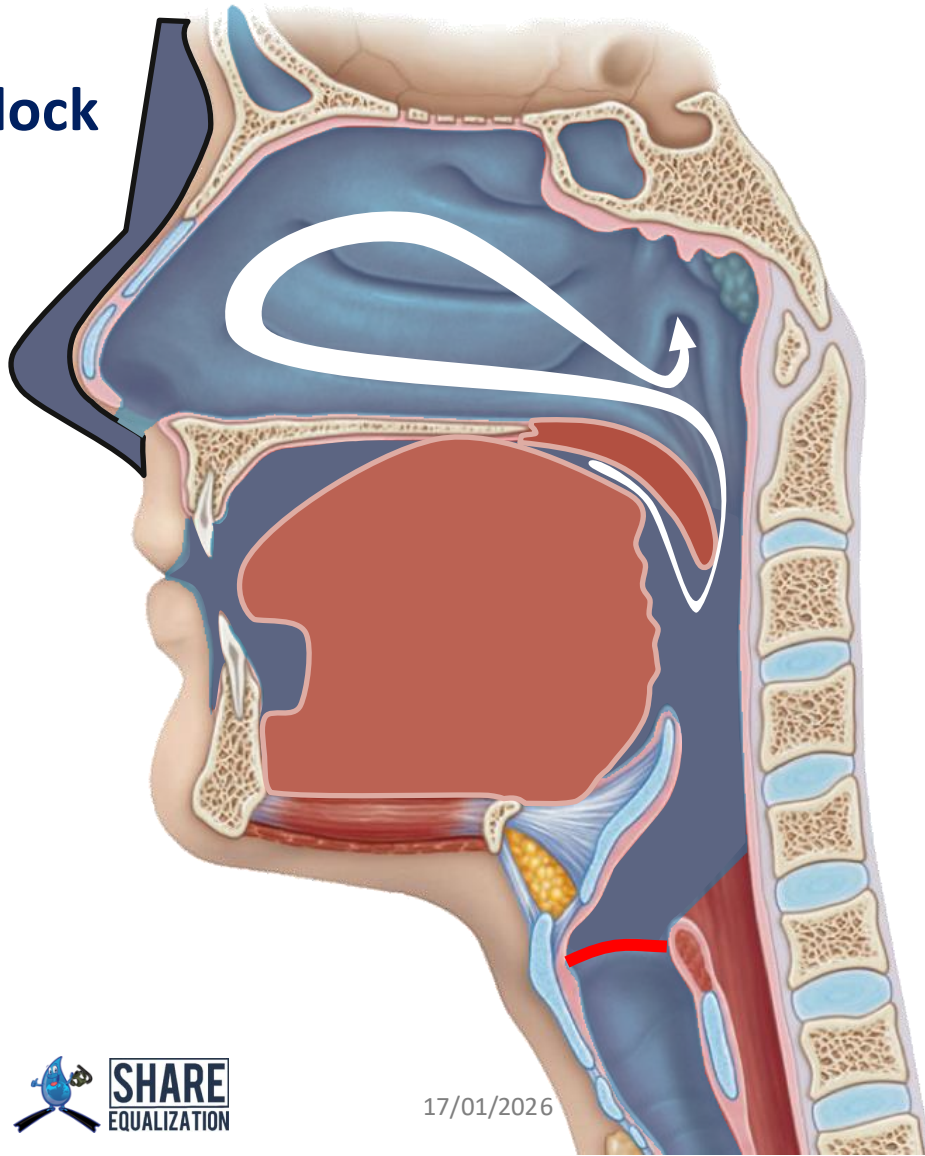
- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale (voile du palais fermé et glotte ouverte),
- Fermer la glotte et ouvrir le voile du palais,
- Actionner la partie centrale et arrière de la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir l'air par la jupe du masque sans pincer les narines,
- **Pincer progressivement les narines jusqu'à entendre l'ouverture de la trompe d'Eustache,**
- Arrêter de pousser de l'air
- Retirer les doigts du masque
- Une fois que la coordination est comprise descendre progressivement à l'échelle 2 barreaux max et recommencer
- ...

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

K-lock



Technique:

- Mettre la langue en K-Lock (dos de la langue en contact avec fin palais dur et début du voile du palais), **ouvrir la glotte**,
- Pousser un peu d'air avec le diaphragme (abdominaux) vers la cavité buccale et nasale (voile du palais ouvert),
- Compenser le volume du masque en laissant sortir un peu d'air par le nez,
- Boucher ses narines puis **fermer la glotte**,
- Maintenir le **voile du palais ouvert**,
- Déplacer l'air avec **la partie arrière de la langue**, l'air déforme l'entrée de la trompe d'Eustache,
- Ressentir un petit bruit. La trompe d'Eustache s'ouvre.
- L'air peut ainsi accéder à l'oreille moyenne et rééquilibrer son volume/pression.
- ...



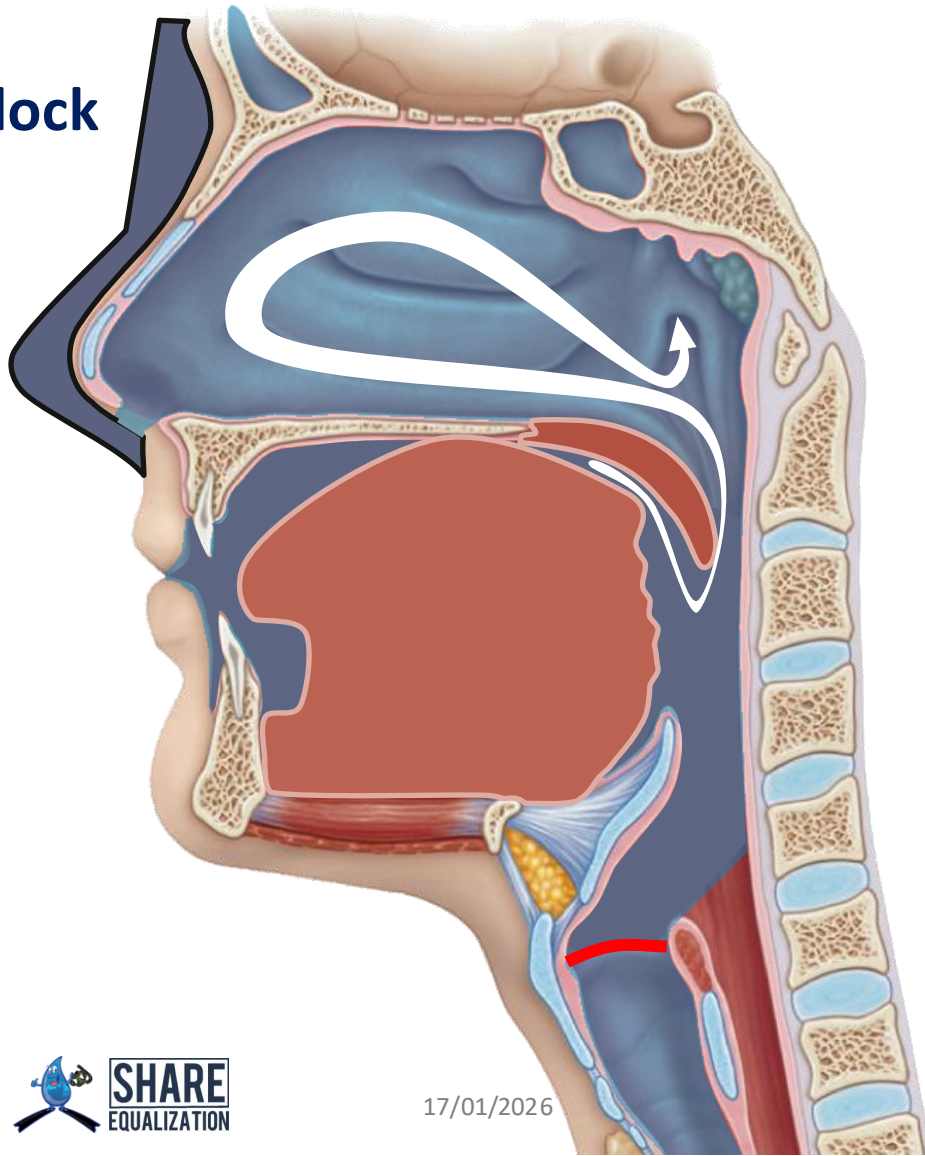
Bien **relâcher l'arrière de la langue** entre 2 compensations

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

K-lock



Dans l'eau quoi faire #1:

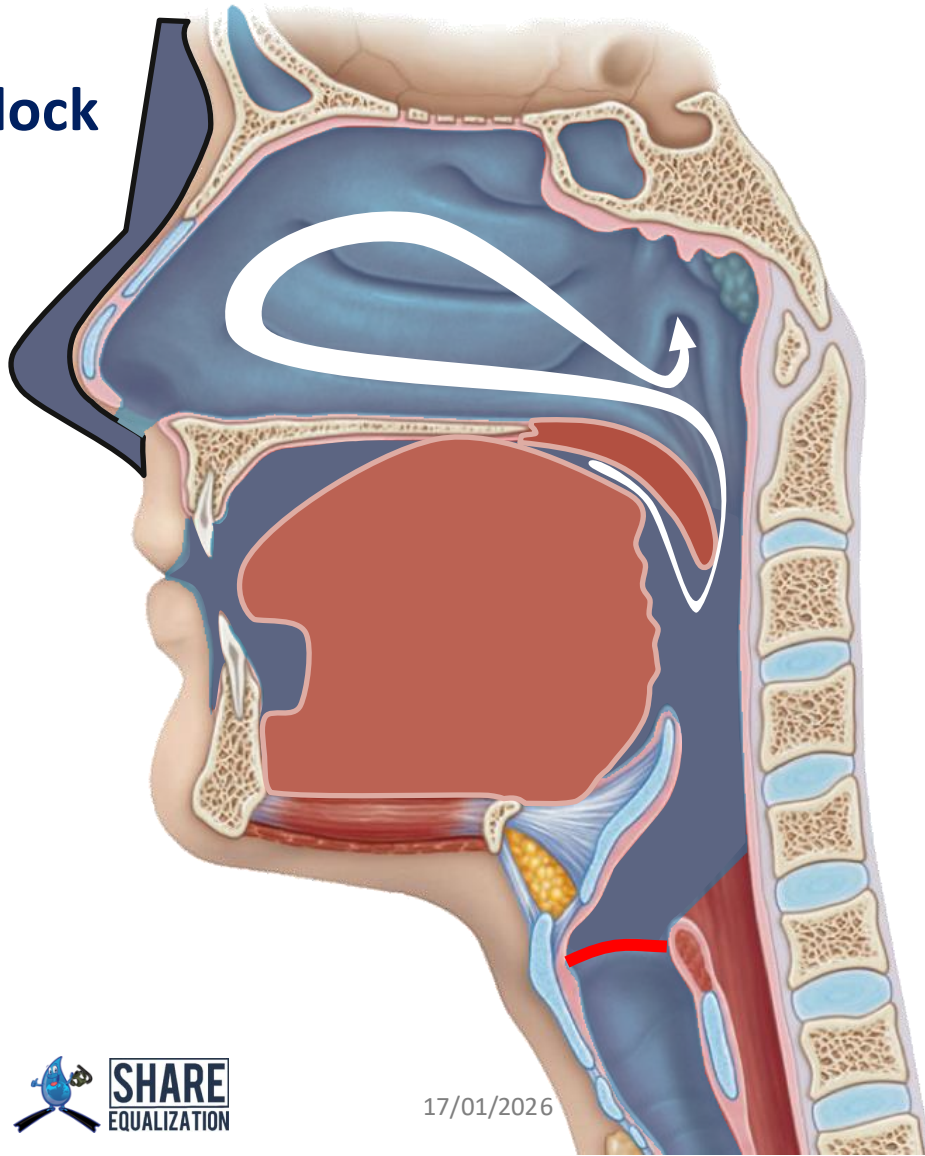
- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale (voile du palais fermé et glotte ouverte),
- Fermer la glotte,
- Ouvrir le voile du palais,
- Actionner la partie arrière de la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir l'air par la jupe du masque sans pincer les narines
- Recommencer plusieurs fois sans descendre
- ...

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel

K-lock



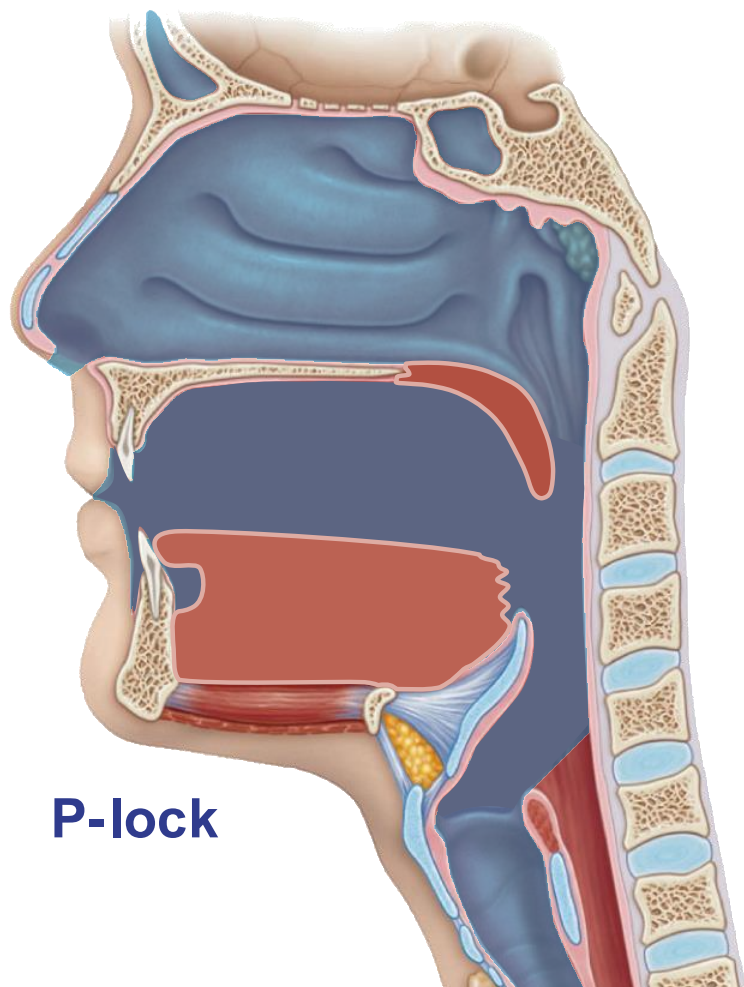
Dans l'eau quoi faire #2:

- Remonter de l'air en contractant les abdominaux dans la cavité buccale (voile du palais fermé et glotte ouverte),
- Fermer la glotte et ouvrir le voile du palais,
- Actionner la partie arrière de la langue pour déplacer l'air,
- Laisser sortir l'air par la jupe du masque sans pincer les narines,
- **Pincer progressivement les narines jusqu'à entendre l'ouverture de la trompe d'Eustache,**
- Arrêter de pousser de l'air
- Retirer les doigts du masque
- Une fois que la coordination est comprise descendre progressivement à l'échelle 2 barreaux max et recommencer
- ...

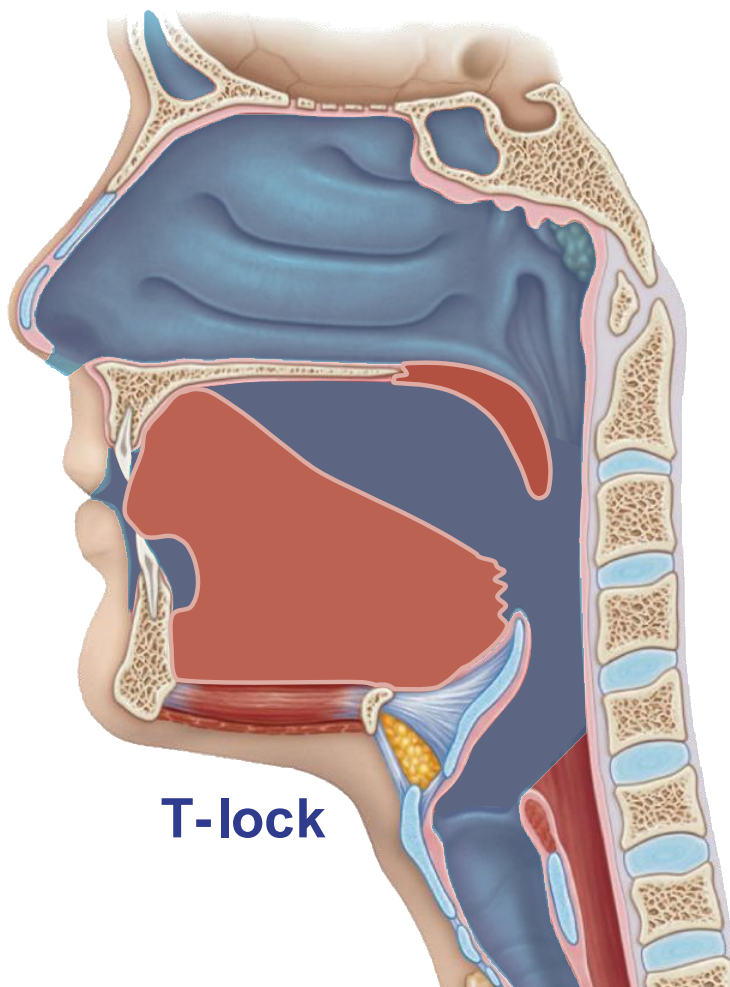
SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

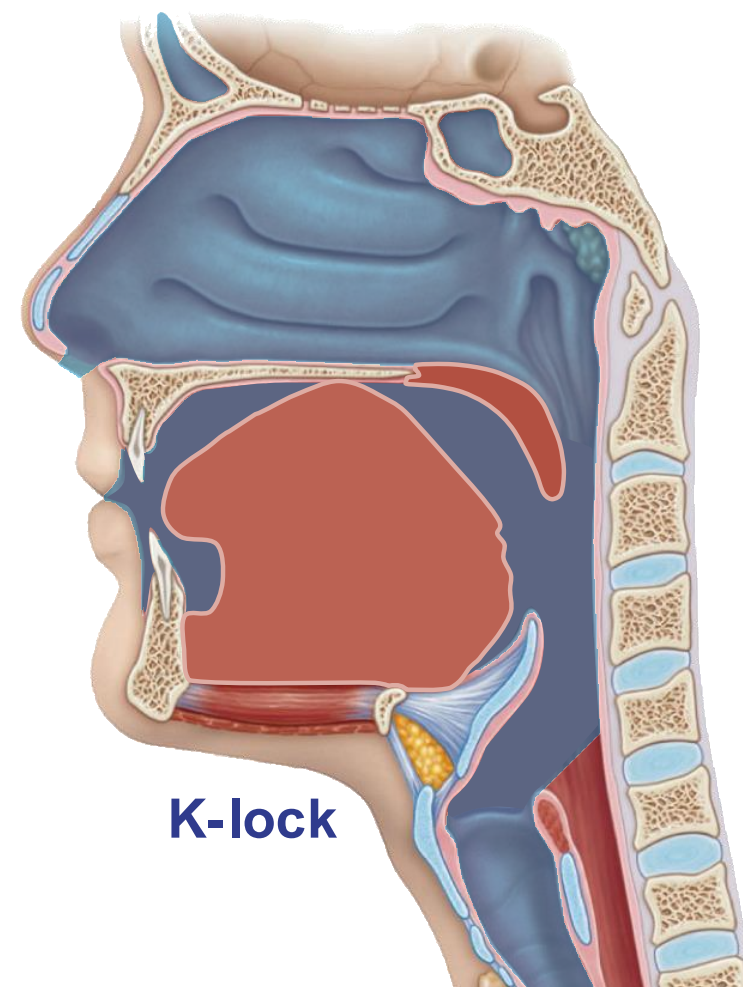
Frenzel



P-lock



T-lock



K-lock

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Frenzel classique est une méthode séquentielle de compensation mais limité car à chaque compensation on doit remonter de l'air avec le diaphragme.

Une fois le volume résiduel atteint → **Finito!**

SI IE - Compensation

Les différentes manœuvres de compensation classique

Besoin de changer de méthode → méthode Avancée/Evoluée

- Mouthfill (Frenzel Fattah) P/T/K-Lock Séquentiel
- Mouthfill (Frenzel Fattah) P/T/K-Lock continue
- Carpe inverse Mâchoire/Langue + P/T/K-Lock

