



2. Niveau 2

- Lois physiques
- Barotraumatismes hors surpression pulmonaire

Le plongeur niveau 2 découvre l'autonomie relative et la profondeur.

Les cours de cette année porteront donc principalement sur l'acquisition de ces deux nouvelles compétences



Sommaire

Rappel des lois physiques

1. Archimède
2. Pression
3. Mariotte

En surface

1. Préparation de la plongée sur le bateau / dans l'eau
2. Comportement en palanquée

Les barotraumatismes hors surpression pulmonaire



Rappel des lois physiques

Quelques principes de physique pour éclaircir la suite des évènements...

Principe d'archimede

- Mise en évidence
 - Constatation : la bouteille qui apparait si lourde en surface est légère sous l'eau : cette légèreté est due à la poussée d'Archimède
 - Expérience
- Enoncé : Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée verticale dirigée de bas en haut et égale au poids du volume de liquide déplacé

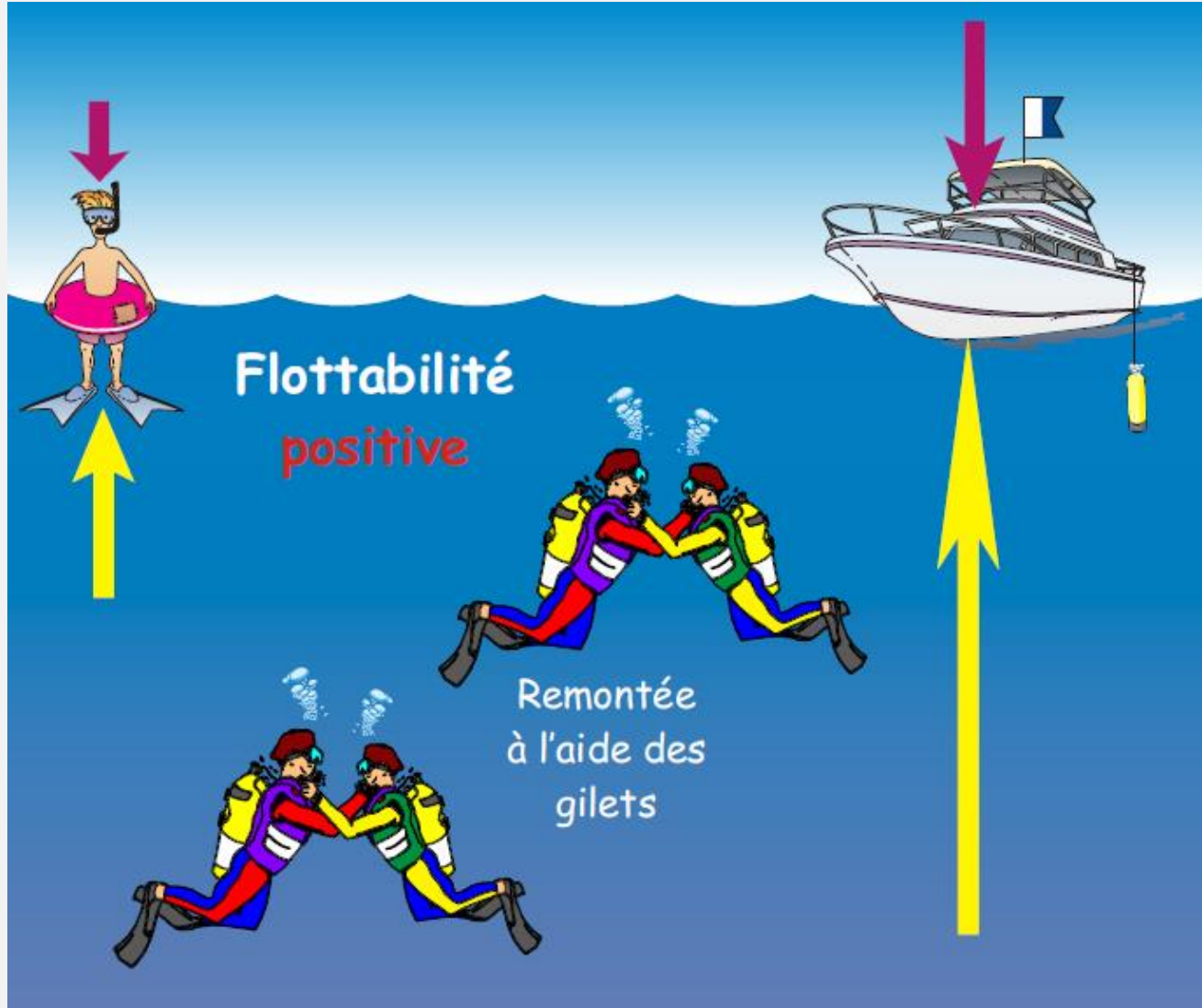


Principe d'Archimède

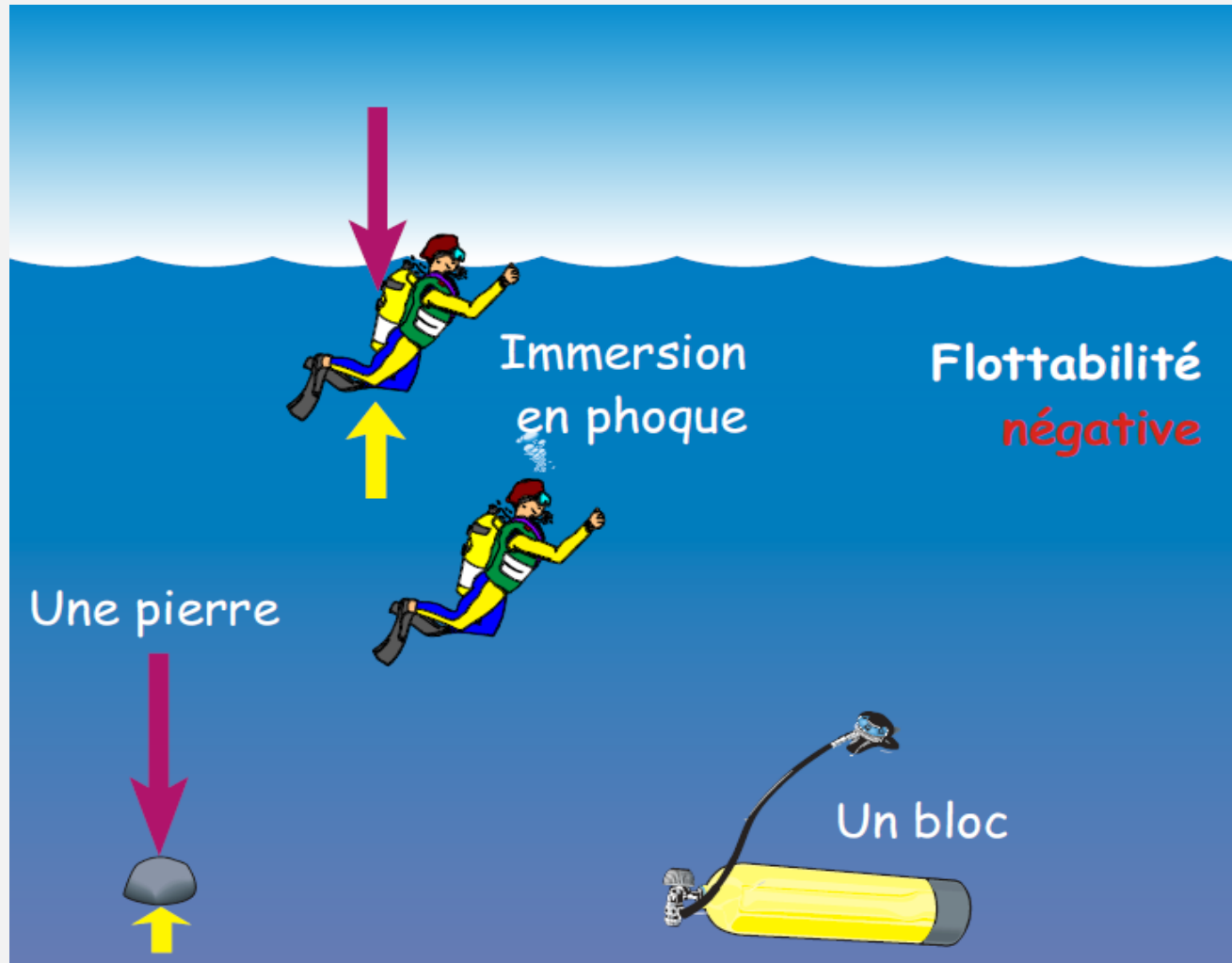
- Définition et conséquences
 - Poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède
 - Si Poids apparent < 0 : poussée d'Archimède supérieure au poids réel : le corps flotte : flottabilité positive
 - Si Poids apparent > 0 : poussée d'Archimède inférieure au poids réel : le corps coule : flottabilité négative
 - Si Poids apparent = 0 : poussée d'Archimède égale au poids réel : le corps est entre deux eaux : flottabilité neutre



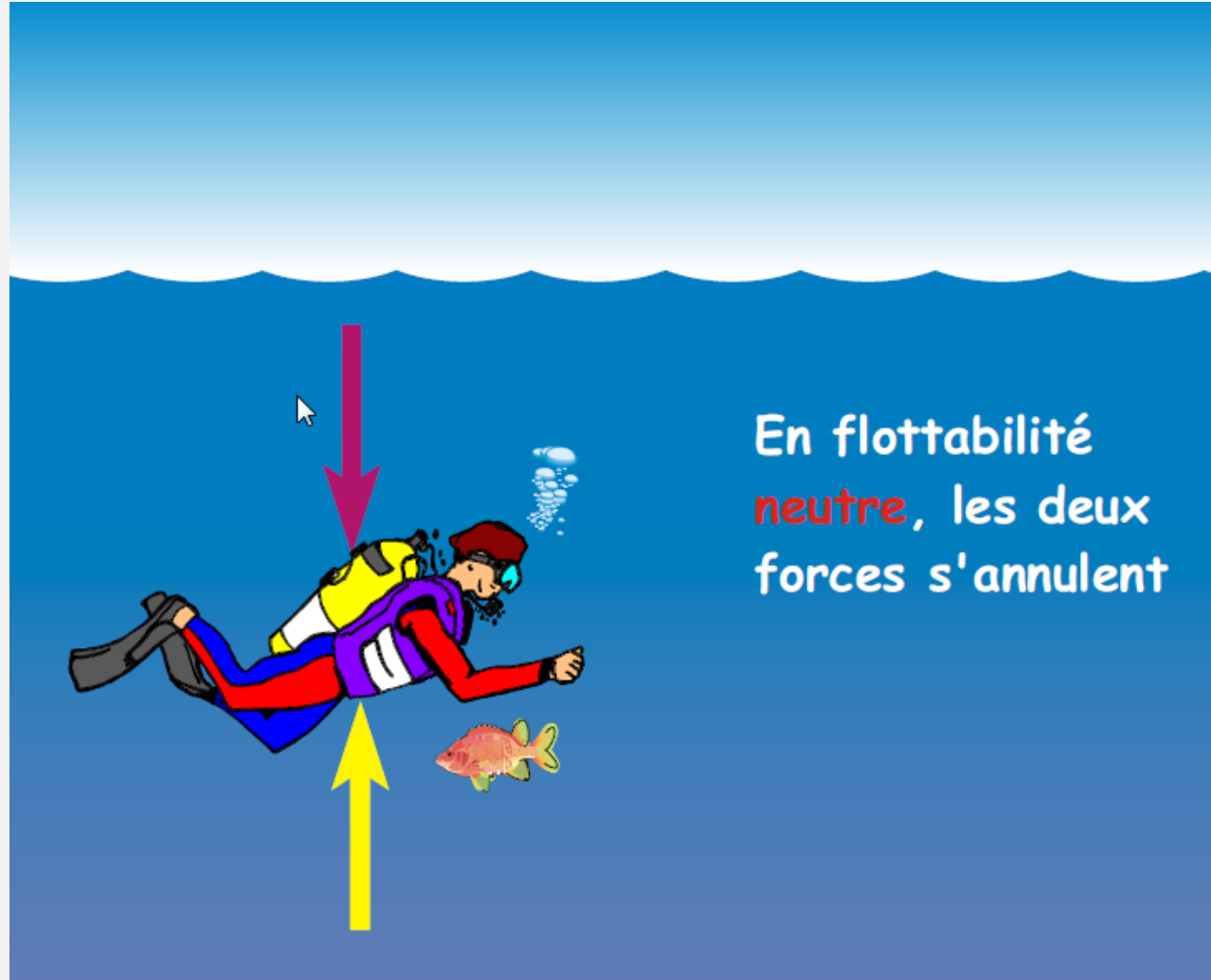
Principe d'Archimède



Principe d'Archimède



Principe d'Archimède



Principe d'Archimède

- Exercices

- Un plongeur tout équipé pèse 80kgs.
- Son volume est de 70 litres
- Il saute à l'eau : que se passe t'il ? Avez-vous un conseil à lui donner ?

- Un plongeur tout équipé pèse 80kgs.
- Son volume est de 90 litres
- Il saute à l'eau : que se passe t'il ? Avez-vous un conseil à lui donner ?

- Un apnéiste est en surface et fait du palmage de sustentation.
- Il sort les bras de l'eau : a votre avis quelle conséquence ?

- A votre avis un plongeur équilibré en fosse doit il changer quelque chose à son matériel quand il va plonger en carrière ? En lac ? En mer Méditerranée ? En mer rouge ? Pourquoi ?



La pression

- Définition
 - La pression est un rapport entre une force et une surface
 - $P = F / S$
 - La pression s'exprime (par exemple) en bar
 - 1 bar correspond approximativement à une force exercée par un poids pesant 1 kg sur une surface de 1 cm²
- Pression atmosphérique :
 - Correspond à la pression que la colonne d'air exerce à l'endroit où on le mesure.
 - Au niveau de la mer cette pression est de 1 bar
 - Varie avec l'altitude (la taille de la colonne d'air), et la météo (air chaud + léger / négligé en plongée)

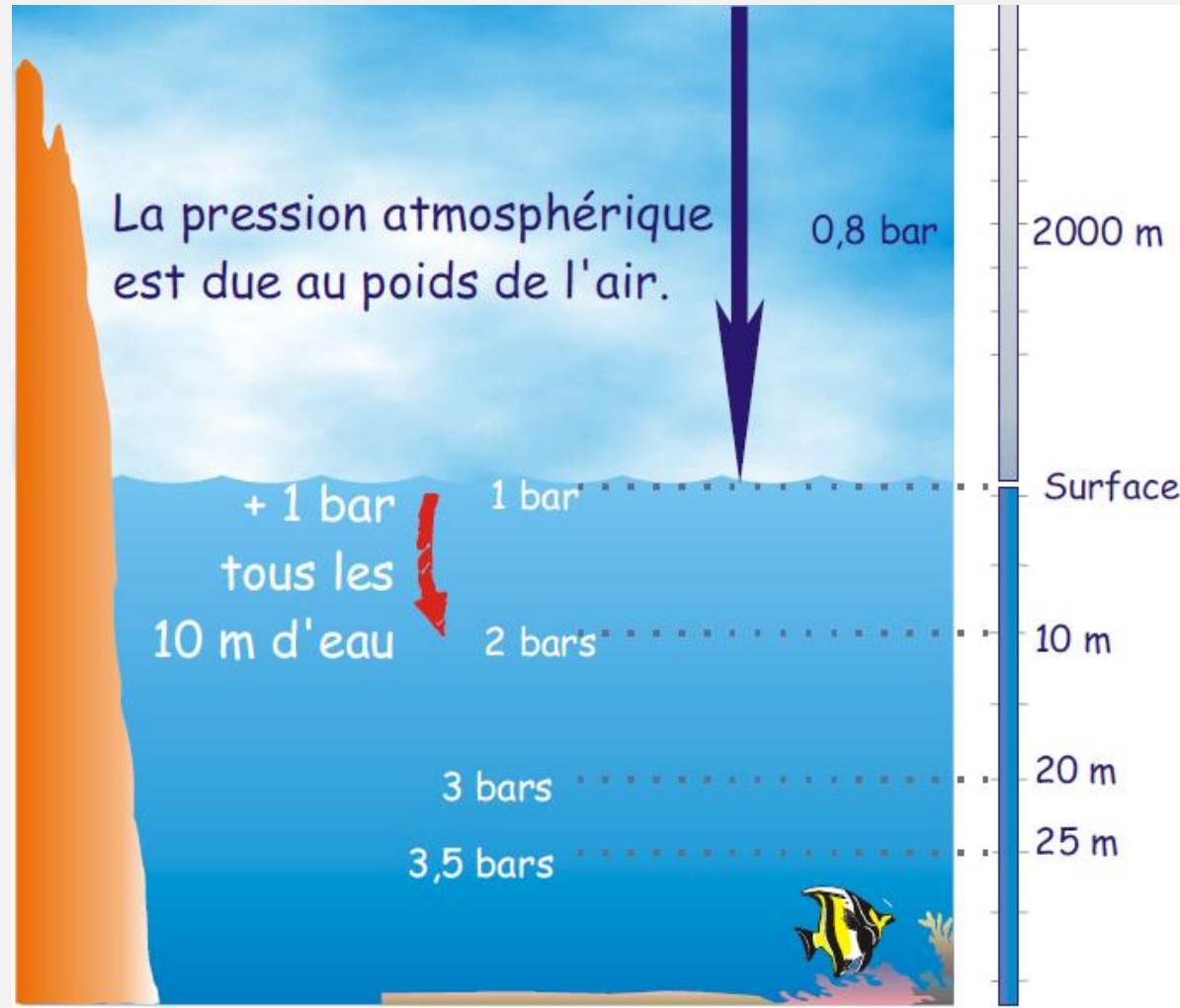


La pression

- Pression hydrostatique (ou relative)
 - Correspond à la pression qu'exerce la colonne d'eau à l'endroit où on la mesure.
 - Elle augmente d'un bar tous les 10 mètres
- Pression totale (ou absolue)
 - **Pression totale = pression atmosphérique + pression hydrostatique**
- Exercices
 - Calcul de la pression rencontrée en méditerranée à la profondeur de 10m, 20m, 30m, 40m, 25 m



La pression



La loi de Mariotte

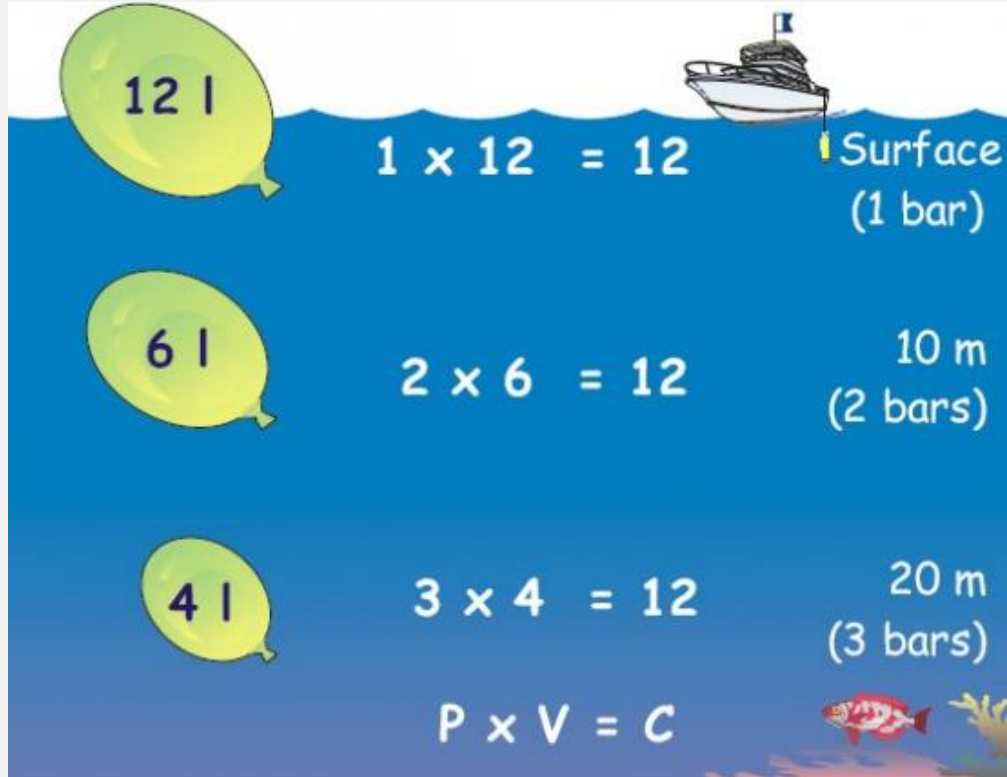
- Mise en évidence
 - Expérience : compressibilité des gaz.
 - Expérience : conséquence sur les poches de gaz en plongée
- Enoncé:
 - A température constante le volume d'un gaz évolue inversement proportionnellement à la pression qu'il subit :

$$P \times V = Cte$$

- Exercice :
 - Un plongeur est à 10 mètres. On lui a confié deux ballons dont le volume total est de 5 litres.
 - Que se passe t'il s'il descend à 30 mètres ?
 - Que se passe t'il s'il remonte à la surface ?



Pression et Volumes



Quelques conséquences

- En apnée : Diminution du volume des poumons
- En plongée : Pas de variation du volume des poumons car le détendeur nous fournit de l'air à la pression ambiante.
- La combinaison s'écrase avec la pression, elle est donc moindre au fond.
- L'air insufflé dans votre gilet va augmenter de volume lors de la remontée.



Le début de plongée

En surface

En surface

- La préparation de la plongée
 - Ecouter le briefing du DP / Du moniteur
 - Si plongée en autonomie :
 - Voir / comprendre / vérifier le matériel des autres plongeurs
 - Expliquer les spécificités de son matériel
 - Se mettre d'accord sur la remontée (durée de la plongée ? Nb de bars ? Palier qui apparait sur l'ordi ?)
 - Se mettre d'accord sur la plongée qui va être faite
 - On se retrouve en surface ? Devant le bateau ? Au bout à 3 mètres?
 - Exploration du sable / des rochers / attente dans le bleu etc. ?



En surface

- La plongée commence !
 - Si moniteur :
 - C'est lui qui va à l'eau en premier
 - 1^{ère} étape / 1^{ère} plongée : vérifier le lestage (Archimède avec nous)
 - Stab vide, poumons vides → l'eau doit arriver au milieu du masque
 - La descente doit se faire au même rythme en restant proches (comme toute la plongée)
 - Il faut suivre les personnes qui ont le plus de mal à passer les oreilles. Ce sont elles qui donnent la vitesse de la descente.
 - En cas de plongée avec un moniteur, vous devez systématiquement vous trouver soit au même niveau, soit légèrement au dessus de lui pendant cette phase.



Les Barotraumatismes hors surpression pulmonaire

En surface



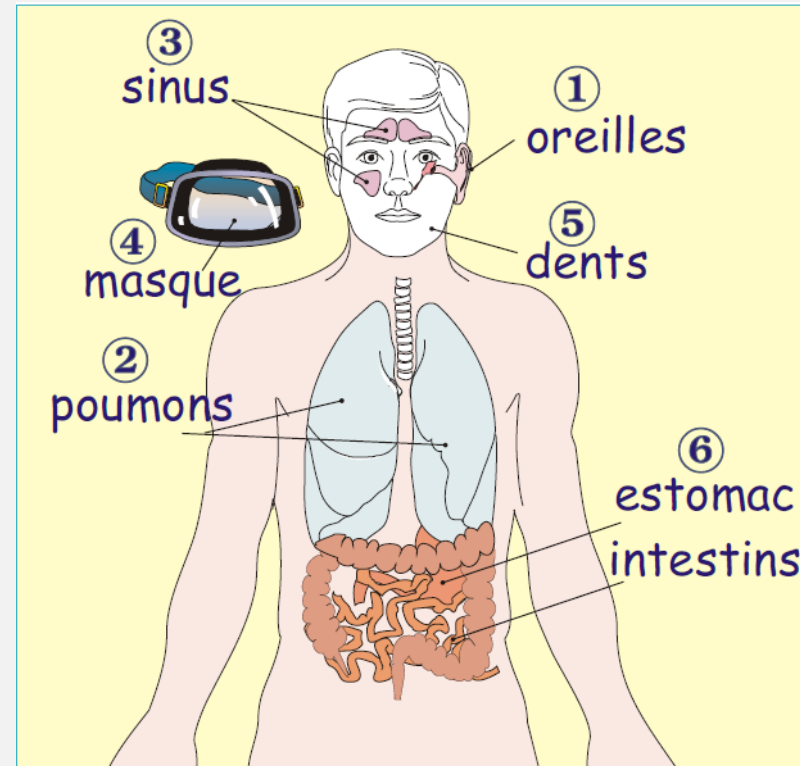
Les barotraumatismes

- Définition :
 - Baro : la pression
 - Traumatismes : douleur, blessure....
- Les traumatismes liés à la pression
- Ils mettent en jeu une cavité contenant du gaz.
Il y a barotraumatisme lorsqu'il y a difficulté d'équilibrage entre la pression de gaz dans cette poche et la pression externe
- Les 6 organes concernés : Tous les organes contenant du gaz ou proche d'une poche de gaz
 - Oreilles
 - Masque
 - Sinus
 - Dents
 - Intestins
 - Poumons



Les barotraumatismes

- Les barotraumatismes pourront avoir lieu à chaque changement de pression/de profondeur. Donc à la descente comme à la remontée.
- Pour la plupart d'entre eux, la profondeur de la piscine est suffisante
- Ils touchent tout le monde :
 - du débutant au moniteur,
 - mais l'expérience permet de les éviter ou les amoindrir



I - L'oreille

- **Symptômes** : Le plongeur ressent d'abord une légère gêne ou une sensation de pesanteur au niveau de l'oreille. S'il insiste, la douleur sera de plus en plus vive.

- **Signes** : Ça ne va pas, en montrant l'oreille

- **Mécanisme** :

- Le tympan se situe entre l'oreille externe et l'oreille moyenne.

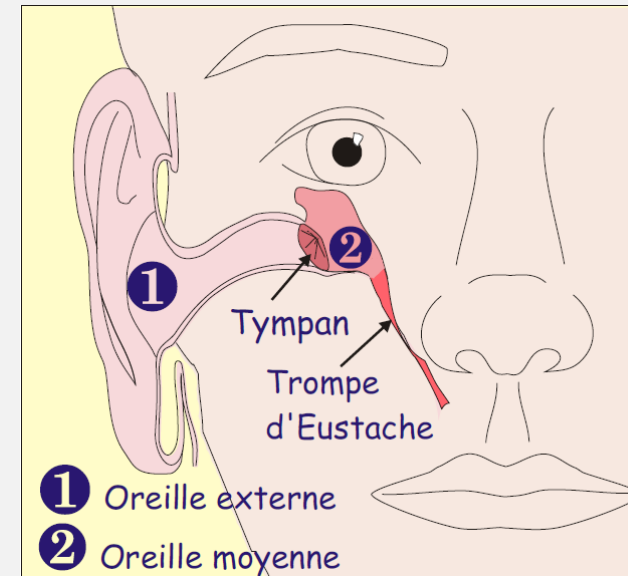
L'oreille moyenne est une cavité fermée par le tympan d'un côté et par la trompe d'Eustache de l'autre.

- Lors de la descente, la pression externe augmente.

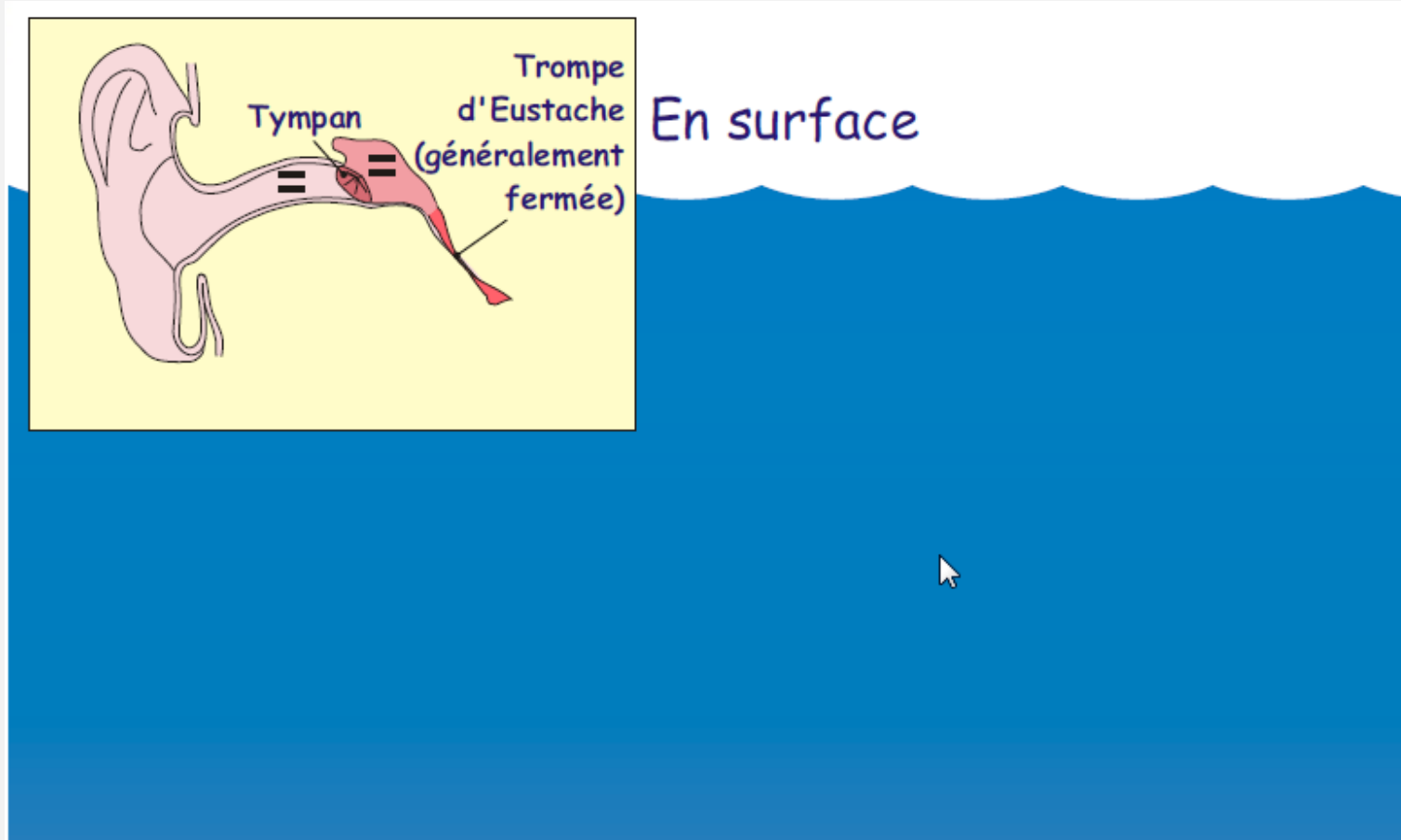
Lors de la remontée, elle diminue.

→ Dans les deux cas : déformation du tympan.

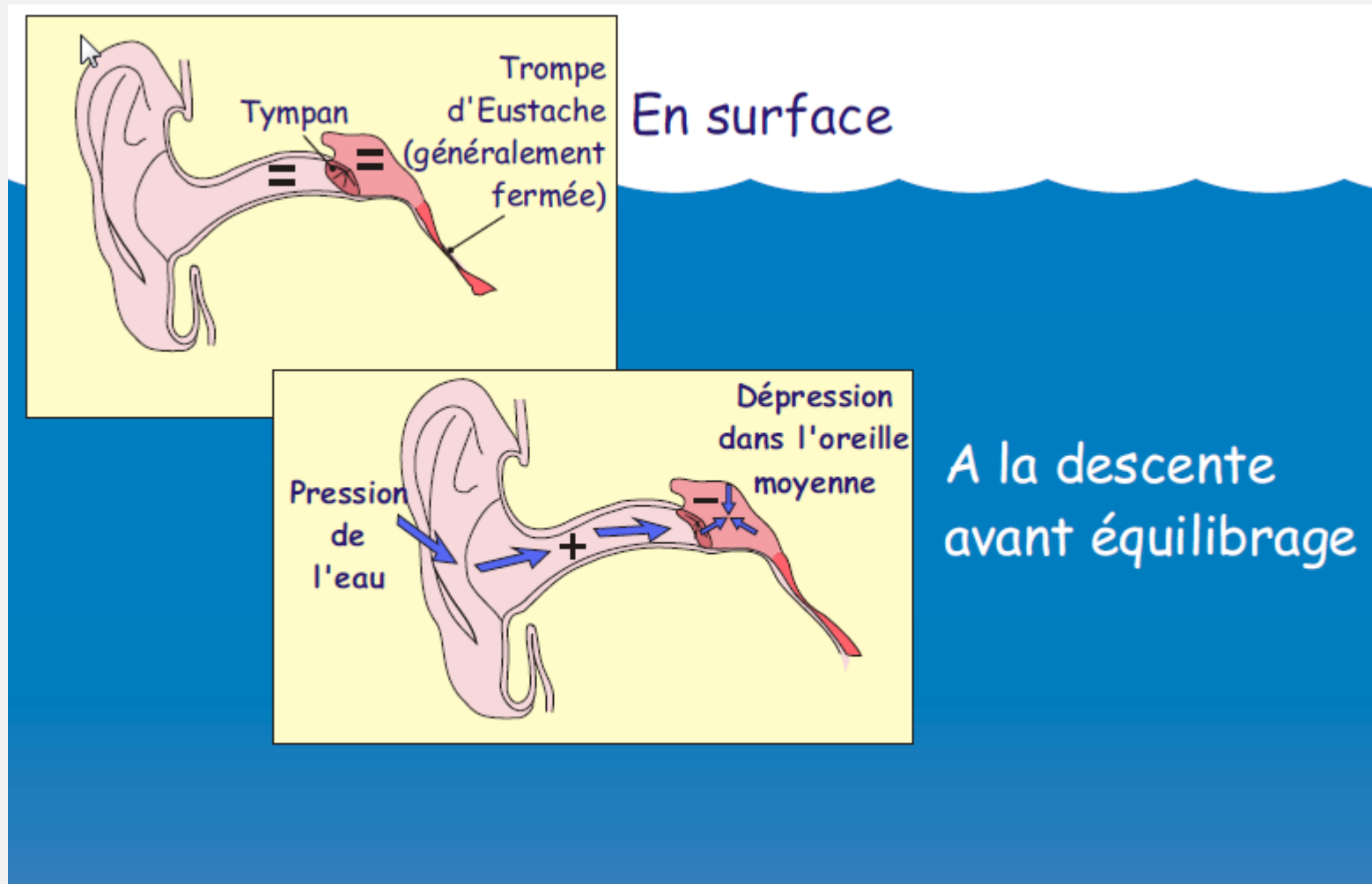
- Remarque : l'équilibrage des pressions se fait en général beaucoup mieux à la remontée qu'à la descente (constitution de la trompe d'eustache) Mais en cas de trompe bouchée (rhume...) la remontée peut aussi occasionner des baros à l'oreille



I - L'oreille



I - L'oreille



I - L'oreille

- Conduite à tenir
 - Manœuvre d'équilibrage à la descente
 - Valsalva : on envoie de l'air sous pression de l'autre côté du tympan (souffler **avec douceur** par le nez pincé)
 - Lowry : nez pincé souffler par le nez, en déglutissant
 - Edmonds : déplacer la mâchoire vers l'avant + Valsalva
 - BTV ou béance tubaire volontaire
 - Manœuvre d'équilibrage à la remontée
 - **Surtout pas de Valsalva** (augmente la différence de pression)
 - Bailler, déglutir
 - Se boucher le nez, fermer la bouche et **inspirer** (Toynbee)
 - BTV ou béance tubaire volontaire

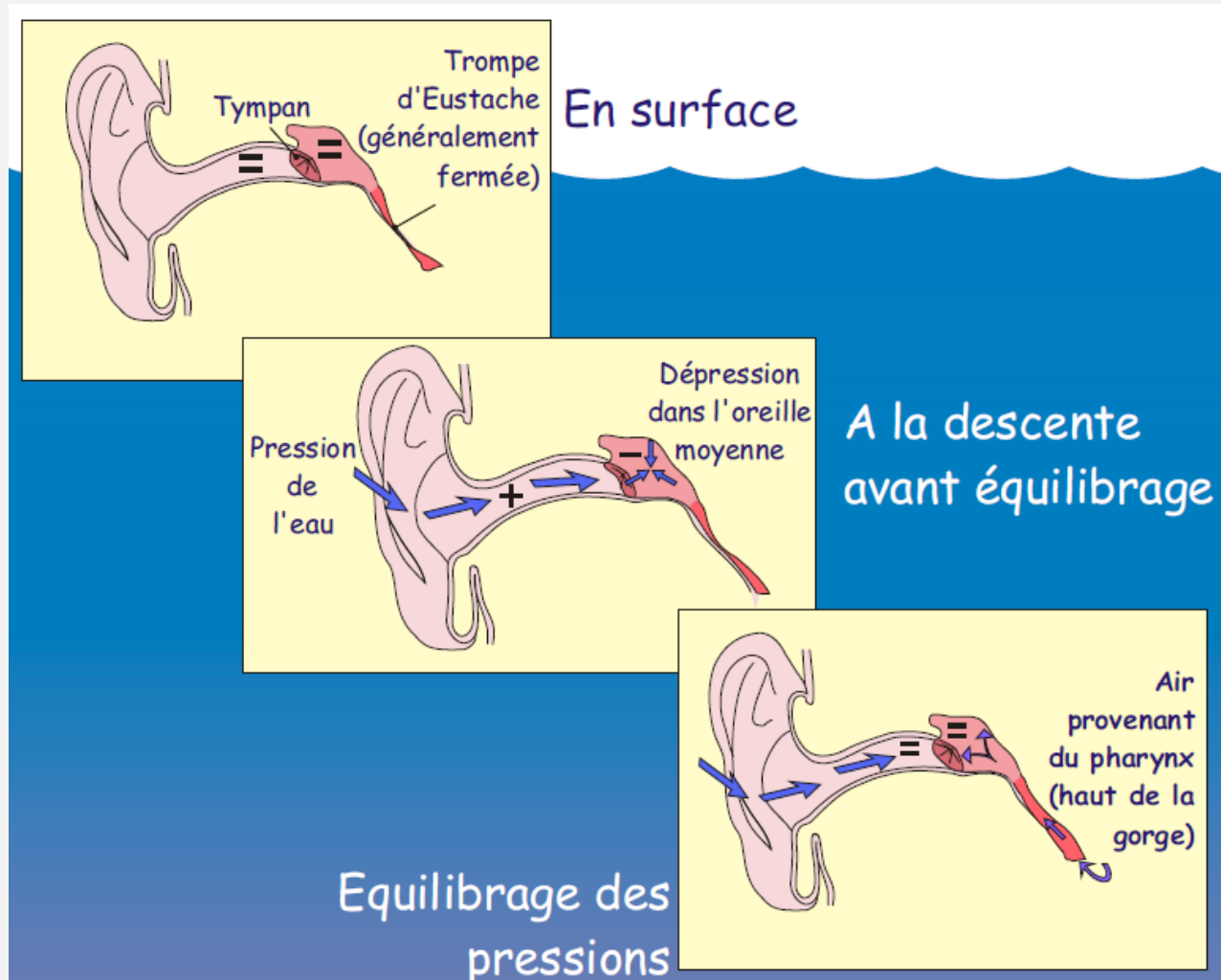


I - L'oreille

- Et après ?
 - Si ça ne marche pas à la descente : remonter un peu, se stabiliser, retenter la manœuvre.
Si ça ne passe vraiment pas : arrêter la plongée
 - A la remontée : déséquilibre alterno-barique.
Si les oreilles ne sont pas équilibrées en même temps, cela produit une sensation de vertige
Retour à la normale dès que l'équilibre est réalisé dans les 2 oreilles : bailler déglutir
 - Si après la plongée, il reste une douleur : ORL
- Prévention :
 - Ne pas plonger enrhumé
 - Ne pas mettre bouchon protecteur ou vasoconstricteur pour décongestionner les muqueuses nasales (effet inverse car l'effet disparaît pendant la plongée).



I - L'oreille



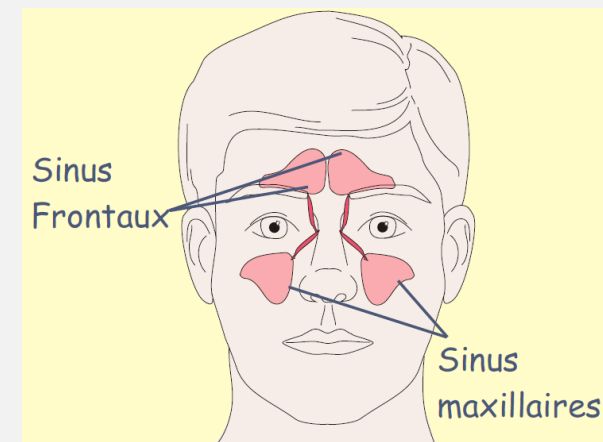
II – Le Masque

- Symptômes
 - Ce que le plongeur ressent
 - Succion au niveau du masque
- Mécanismes
 - Descente augmentation de la pression :
 - Le masque se déforme jusqu'à la limite d'élasticité de la jupe, quand il ne peut plus se déformer , c'est le visage qui se déforme, d'où une succion, rarement une douleur
- Comment l'éviter
 - Augmenter la pression dans le masque : souffler
- Et après ?
 - Yeux aux beurre noir , mini-vaisseaux éclatés dans l'œil
 - Si douleur : aller voir un ophtalmo.
- Pas de problème à la remontée : le surplus d'air s'évacue tout seul



III – Les Sinus

- Définition
 - Les sinus sont des cavités tapissées d'une muqueuse
 - Ils communiquent avec les voies respiratoires par des conduits très fins
 - Ils contiennent de l'air
- Symptômes
 - A la descente et à la remontée : douleur qui s'intensifie au niveau du front, mal « aux dents »
- Mécanismes
 - A la descente (augmentation de pression) ou à la remontée (diminution de pression) : si les conduits sont bouchés (rhume, polype), impossible d'équilibrer
- Comment l'éviter
 - Ne pas plonger enrhumé
- Conduite à tenir
 - Arrêter la plongée en cours
- Et après ?
 - Soigner son rhume, aller voir un ORL si le problème s'est déroulé en dehors de tout rhume



IV – Les Dents

- Symptômes : Douleurs aux dents
- Mécanismes
 - Le problème intervient en cas de carie + plombage défectueux.
 - à la descente : la pression augmente et le volume de gaz diminue. Si la carie est mal bouchée l'équilibre (par entrée d'air) se fait mal et lentement : d'où douleur
 - À la remontée : On a en plus le risque de voir sa dent se fissurer suite à la baisse de pression et donc à l'augmentation du volume de l'air.
- Comment l'éviter
 - Entretien rigoureux des dents
- Conduite à tenir
 - Arrêter la plongée en cours si on a mal à la descente
 - Remontée très lente
- Et après ?
 - Dentiste



V - Les voies digestives

- N'intervient qu'à la remontée
- Les voies digestives : Estomac, Intestin
- Symptômes
 - Envie d'éructer, de flatuler
 - Douleur
 - Difficultés respiratoire
- Mécanismes
 - Les gaz contenus dans l'estomac et les intestins se dilatent à la remontée
 - Provenance des gaz : digestion (rare en plongée loisir) et plus fréquemment : plongeur qui avale de l'air
 - S'ils ne sont pas évacués : douleur extrêmement pénible / lésions.....



V - Les voies digestives

- Comment éviter un barotraumatisme des voies digestives
 - Eviter les aliments qui fermentent
 - Eviter d'avaler de l'air (la déglutition utilisée pour faire passer les oreilles peut amener à avaler de l'air)
- Conduite à tenir
 - Evacuer impérativement les gaz
 - Si nécessaire redescendre des quelques mètres.



les barotraumatismes hors spp

- Tableau récapitulatif : les barotraumatismes :

| Organe | Descente | Montée |
|------------------|---|--|
| Oreilles | Risque de baro Ne pas plonger enrhumé Equilibrer les oreilles | Risque de baro Ne pas plonger enrhumé Déglutir |
| Masque | Risque de placage de masque Souffler dans le masque | Pas de risque |
| Sinus | Risque de baro Ne pas plonger enrhumé Arrêter la plongée | Risque de baro Ne pas plonger enrhumé Remontée lente et se moucher |
| Dents | Risque de baro Soigner ses dents Arrêter la plongée | Risque de baro Soigner ses dents Remontée lente |
| Voies digestives | Pas de risque | Risque de baro Attention aux aliments et ne pas avaler d'air Evacuer les gaz |
| Poumons | Pas de risque | Risque de baro majeur (sera vu dans le cours sur la SPP) |



Annexe : La BTV

- Instructions générales
 - Défaire les colliers et tout ce qui serre le cou.
 - Redresser la tête plutôt que la baisser.
 - Tenir l'os hyoïde d'une main sans serrer trop fort et se mettre devant une glace afin de voir la pomme d'Adam, ou tenir un miroir dans l'autre main (NDLR : L'os hyoïde, c'est le petit os qui tient la pomme d'Adam).
 - Les exercices sont à faire de préférence le matin au réveil, à jeun ; observer un repos de 5 secondes entre les exercices.
 - La durée de cette gymnastique est de 1 mois, divisée en 4 périodes d'une semaine.



Annexe : La BTV: exercices semaine 1

- Faire pendant une semaine, tous les matins à jeun, ces exercices trois fois, lentement, en observant entre chaque exercice un repos de 5 secondes.
- A. Exercices avec la langue
 1. Bouche grande ouverte, tirer la langue en avant de façon à toucher, avec la pointe de la langue, votre menton. Puis, toujours bouche grande ouverte, ramener la langue loin en arrière en laissant la pointe de la langue sur le plancher de la bouche. Pousser en arrière et en bas la base de la langue. Contrôler l'abaissement de l'os hyoïde qui doit alors être maximum, ainsi que la pomme d'Adam vue dans le miroir.
 2. Bouche grande ouverte, mettre l'extrémité de la langue derrière les incisives supérieures et, avec la pointe de la langue, racler le palais vers l'arrière en essayant de toucher la luette.
 3. Bouche grande ouverte, l'extrémité de la langue étant appliquée contre les incisives inférieures, sortir au maximum la langue de la bouche, la pointe de la langue restant toujours appliquées contre les incisives inférieures.



Annexe : La BTV : exercices semaine 1

- B. Exercices avec le voile du palais
 - Bouche grande ouverte, langue au repos dans la bouche, pratiquer un mouvement de déglutition s'arrêtant au stade de contraction du voile. Contrôler l'abaissement de l'os hyoïde.
 - Cet exercice, le plus important, est réussi lorsque le début de déglutition provoque une nausée.
- C. Exercices combinés avec des mouvements de la langue et du voile du palais
 - Bouche grande ouverte, la pointe de la langue appliquée contre les incisives inférieures, l'arrière de la langue étant poussé en bas et en arrière, pratiquer un mouvement de déglutition incomplet, s'arrêtant au stade de contraction du voile.
 - Contrôle de l'efficacité de cet exercice. L'os hyoïde, abaissé par la poussée au bas et en arrière de la base de la langue doit être encore plus abaissé par le mouvement de déglutition incomplet arrêté au stade de contraction du voile.



Annexe : La BTV: exercices semaine 2

- Aux exercices A, B, et C, ajouter :
 - D. Exercices mandibulo - linguo - véliques
 - Bouche demi - fermée, mâchoire inférieure projetée en avant, l'extrémité de la langue reposant contre les incisives inférieures, la langue sortie au maximum hors de la bouche, faire un mouvement de déglutition incomplet arrêté au stade de la contraction du voile.
 - E. Exercices bouche fermée
 - Bouche fermée, pratiquer les exercices B, C, et D en insistant tout particulièrement sur l'exercice B



Annexe : La BTV: exercices semaine 3

- Pratiquer tous les exercices, mais sur un rythme rapide en insistant particulièrement sur l'exercice B, bouche fermée



Annexe : La BTV: exercices semaine 4

- Faire les mêmes exercices, mais bouche fermée pour A, B, C et D en augmentant le nombre d'exercices du groupe E, soit bouche fermée :
 - 5 fois les exercices C, D et E
 - 10 fois l'exercice B
- Contrôle de l'efficacité
 - Pratiquer 2 fois par semaine la manœuvre de Valsalva (Souffler fortement bouche fermée et nez pincé).
 - Puis effectuer l'exercice B, bouche fermée, et apprécier le nombre de contractions du voile nécessaire pour faire disparaître l'impression de plénitude de l'oreille.



Annexe :

- Remarque :
 - Les graphiques sont issus de l'illustra-pack d'Alain Forêt
 - Les exercices concernant la BTV sont référencés sur plusieurs sites de plongée.





MERCI