

EASY THEORY BY MATT

VERSION FRANÇAISE 062026

Bonjour ! Ce document est un résumé de la théorie de la plongée. Il vous aidera à étudier et à réviser les sujets que vous devez connaître pour l'IDC (Instructor Development Course) et vous préparera à l'examen d'instructeur PADI (IE).

Utilise cette fiche et cette structure pour réviser la théorie du Divemaster avant de commencer l'IDC et comme référence rapide pour t'aider dans ton programme d'étude global pendant l'IDC.

Ne t'inquiète pas s'il y a des concepts que tu ne comprends pas entièrement, nous les passerons tous en revue pendant la préparation à l'IDC et au cours de la formation, mais essaie de te familiariser autant que possible avec le sujet. Plus tu t'investiras dès maintenant pour comprendre cette fiche, plus l'IDC te paraîtra facile. Profites-en bien et amuse-toi !

Si vous êtes candidat au Divemaster, ce document couvre de nombreux sujets que vous étudiez dans votre cours. Si vous envisagez de suivre l'IDC à l'avenir, c'est un excellent outil pour commencer à vous y préparer !

En plus de ce document, vous pouvez utiliser l'application DiveEduApp, qui propose des exercices accompagnés d'explications détaillées sur la façon de les résoudre.

-> <https://dive-education.com/en/the-dive-education-app/>

Pour toute question, contactez-moi à l'adresse matt@dive-education.com.

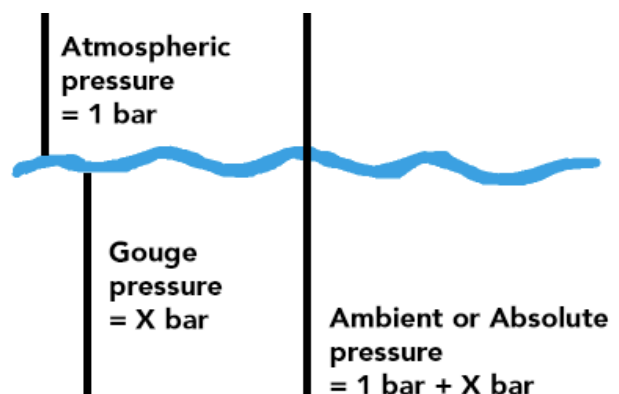


PADI CD Matt

1	Physique	2
2	Physiologie	6
3	Équipement.....	11
4	Théorie de la décompression - RDP	16
4.1	Comment utiliser les tables RDP.....	20
4.2	Comment utiliser l'eRDPml.....	22
5	Compétences et environnement.....	23

1 Physique

- L'effet produit par la lumière lorsqu'elle touche l'eau s'appelle la réfraction (refraction) -> les objets semblent 33 % plus grands et 25 % plus proches.
- La lumière est «absorbée» par l'eau lorsqu'elle traverse celle-ci. Cet effet s'appelle l'absorption de la lumière (Light absorption) et rend les couleurs plus ternes (voire les fait disparaître) à mesure que l'on descend en profondeur. Le rouge disparaît en premier.
- Si l'eau est trouble (contenant des particules), vous pouvez observer un phénomène appelé inversion visuelle (visual reversal) -> un objet semble plus éloigné qu'il ne l'est en réalité. Ce phénomène est dû à la turbidité de l'eau (water turbidity).
- L'eau est beaucoup plus dense que l'air. C'est pourquoi :
 - Le son se propage 4 fois plus vite -> On a l'impression que le son vient d'en haut (overhead).
 - La chaleur se propage 20 fois plus vite -> Dans l'eau, on perd de la chaleur 20 fois plus vite qu'à l'air libre.
- **Perte de chaleur** sous l'eau ->
 - Conduction (Conduction) (transfert de chaleur par contact direct)
 - Convection (Convection) (transfert de chaleur par le mouvement des fluides)
 - Rayonnement (Radiation) (ondes électromagnétiques, par exemple le soleil)
 - Les plongeurs sont principalement affectés par la conduction -> l'eau est un très bon conducteur
- Il existe différentes **définitions selon les pressions** :
 - La pression de l'air à la surface (1 bar) est appelée pression atmosphérique (Atmospheric Pressure)
 - La pression causée par le poids de l'eau est appelée pression manométrique (Gauge Pressure):
 - En eau salée, chaque 10 m = 1 bar
 - En eau douce, chaque 10,3 m = 1 bar
 - La pression ambiante (Ambient pressure) (également appelée pression absolue (absolute pressure)) est la somme de la pression manométrique + la pression atmosphérique (1 bar). Il s'agit de la pression réelle à l'endroit où se trouve une personne. Pour la calculer :
 - En eau salée :
 - Profondeur (en mètres) / 10 = pression manométrique + 1 bar = pression ambiante
 - En eau douce :
 - Profondeur (en mètres) / 10,3 = pression manométrique + 1 bar = pression ambiante

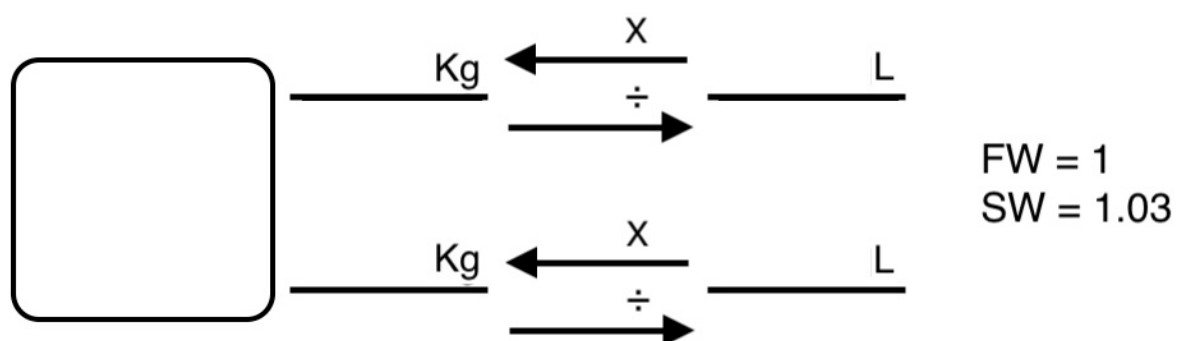


- La loi de **Boyle** exprime la relation entre la pression, le volume et la densité.
Rappelez-vous le tableau :
 - Profondeur : 0 m = Pression 1 bar = Volume 1 = Densité 1
 - Profondeur : 10 m = Pression : 2 bars = Volume : 1/2 = Densité : x2

	Pressure (Sea water)	Volume	Density
Surface 0m	1 bar	1	1x
- 10m	2 bar	1/2	2x
- 20m	3 bar	1/3	3x
- 30m	4 bar	1/4	4x

- On vous demandera de faire quelques calculs.
 - N'oubliez pas qu'un récipient solide ne change jamais de taille
 - Pour les calculs, utilisez toujours la pression ambiante
 - Plus on descend, plus le volume diminue – la densité augmente
 - En remontant, le volume augmente – la densité diminue
 - Plus un plongeur est profond, plus l'air est dense, plus la consommation d'air est importante
 - Pour calculer la différence de volume d'un conteneur souple, calculez toujours d'abord le volume à la surface, puis à la nouvelle profondeur. (Imaginez que vous ramenez le conteneur à la surface, puis à la nouvelle profondeur)
- La loi de Dalton stipule que la somme des pressions partielles des gaz dans un mélange gazeux est égale à la pression ambiante (par exemple : l'air en surface (21 % d'O₂, 79 % de N₂) : -> 0,21 bar P.P.O₂ / 0,79 bar P.P.N)
 - Le pourcentage des gaz à l'intérieur d'une bouteille ne change pas avec la profondeur, mais l'effet, lui, change. Par exemple :
 - Si vous respirez à partir d'une bouteille contenant 32 % d'O₂ et 68 % de N à la surface. Votre corps sera soumis à une pression partielle de 0,32 bar (32 % de 1 bar) d'oxygène et de 0,68 bar (68 % de 1 bar) d'azote. La somme des deux pressions partielles correspondra à la pression ambiante (0,32 bar (O₂) + 0,68 bar (N) = 1 bar en surface).
 - Si vous respirez à partir de la même bouteille à 10 m de profondeur (où la pression est de 2 bars), votre corps sera soumis à une pression partielle de 0,64 bar (32 % de 2 bars) d'oxygène et de 1,36 bar (68 % de 2 bars) d'azote. La somme des deux pressions partielles correspondra à la pression ambiante (0,64 bar (O₂) + 1,36 bar (N) = 2 bars, à -10 m).
- Les deux types de toxicité de l'oxygène (Oxygen Toxicity) :
 - 1) Lorsque vous respirez de l'O₂ à une pression de 1,4 bar : lorsque vous plongez, vous devez toujours vous assurer que, en fonction du pourcentage présent dans le mélange et de la profondeur, vous ne dépassez jamais une pression partielle d'O₂ de 1,4 bar. Cela pourrait provoquer un dysfonctionnement du système nerveux central (SNC) (Central Nervous System (CNS)) et entraîner des convulsions qui, sous l'eau, peuvent conduire à la noyade.

- 2) En cas d'inhalation prolongée : un taux élevé d'oxygène peut provoquer ce qu'on appelle une toxicité pulmonaire (Pulmonary Toxicity), une sorte de brûlure des poumons.
- La loi de **Charles** stipule que pour chaque degré (Celsius) de différence, il y a un changement de pression de 0,6 bar. Ainsi, si une bouteille est remplie à 200 bars à 35 °C et que vous la placez dans un environnement à 20 °C -> la différence de température (35 - 20 = 15 °C) multipliée par 0,6 (15 * 0,6 = 9) donnera une pression dans la bouteille de 191 bars (200 bars – 9 bars).
- Le principe **d'Archimède** stipule qu'un objet immergé dans l'eau exerce une force vers le bas égale à son poids (en kg) et une force vers le haut égale au volume d'eau déplacé (en litres, L). La différence entre ces deux forces rend l'objet négatif (il coule), neutre (ni couler ni flotter) ou positif (il flotte). On vous demandera de résoudre quelques problèmes. **N'oubliez pas** :
 - 1 L d'eau douce pèse 1 kg et déplace 1 L
 - 1 L d'eau salée pèse 1,03 kg et déplace 1 L
 - Vous ne pouvez pas additionner ou soustraire des kg et des litres, vous devez donc toujours convertir :
 - Pour convertir des litres en kilogrammes, il faut multiplier (x) par 1 ou 1,03
 - Pour convertir des kilogrammes en litres, vous devez diviser (/) par 1 ou 1,03
 - On vous demandera de calculer à partir de quand un objet devient neutre, ou combien de litres il faut ajouter à un sac de flottabilité pour soulever l'objet, ou encore quel est le poids spécifique négatif d'un objet. Vous devez toujours lire attentivement la question et effectuer le calcul en conséquence.
 - Utilisez ce schéma, puis saisissez les données fournies par la question :



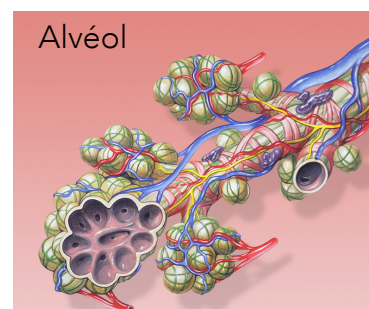
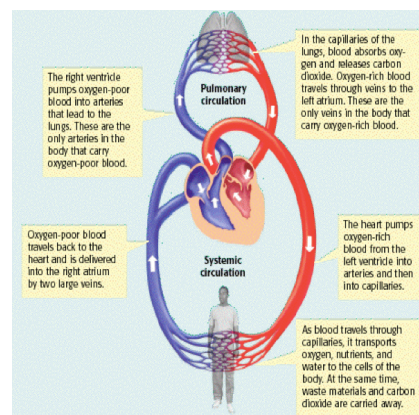
- Rappel :
 - La profondeur n'a pas d'incidence sur les calculs
 - Si un objet est en position neutre dans l'eau salée et qu'on le place ensuite dans l'eau douce, il coulera
 - Si un objet est neutre en eau douce puis placé en eau salée, il flottera
 - Si un objet est négatif ou positif en eau douce ou en eau salée et qu'il est ensuite respectivement déplacé dans « l'autre type » d'eau, vous ne pouvez pas définir sa flottabilité. (Car vous ne savez pas quelle est la flottabilité de l'objet dans le « premier type d'eau »)

- Absorption des gaz, loi de Henry:
 - Les gaz se dissolvent dans les liquides. Si vous avez un verre d'eau au niveau de la mer, la pression du gaz dans l'eau est de 1 bar. Si vous prenez ce même verre d'eau et que vous le placez dans une chambre à 2 bars de pression, le gaz en contact avec le liquide se dissoudra dans celui-ci. Cela prendra un certain temps et, finalement, la pression du gaz dans le liquide atteindra 2 bars. C'est ce qu'on appelle la saturation (saturation).
 - Si vous ramenez ensuite le verre à une pression ambiante de 1 bar, le gaz présent dans le liquide « sortira » et la pression du gaz dans le liquide diminuera jusqu'à atteindre 1 bar. Si la pression change trop rapidement, le gaz qui « sort » du liquide peut former des bulles, ce qui correspondrait à un accident de décompression (Decompression Sickness - DCS).
 - Notre corps est composé de liquide (environ 75 % d'eau) ; ainsi, lorsque notre corps est sous pression (sous l'eau), les gaz que nous respirons sont absorbés par notre corps. L'O₂ est métabolisé, mais l'azote (N) reste dans notre corps. Plus nous plongeons profondément et plus nous restons longtemps sous l'eau, plus la quantité d'azote dissoute dans nos tissus est importante.

www.dive-education.com

2 Physiologie

- **Le système respiratoire** permet au corps humain d'inspirer de l'air frais (environ 21 % d'O₂ et 79 % d'Azote (N)) et d'expirer de l'air « vicié » (environ 16 à 17 % d'O₂, 3 à 4 % de dioxyde de carbone (CO₂), 79 % de N). L'air frais passe par la trachée et les bronches pour atteindre les alvéoles, où s'effectue l'échange gazeux (l'O₂ frais se diffuse dans la circulation sanguine, tandis que le CO₂ est rejeté dans l'air lors de l'expiration) en passant par de petits vaisseaux sanguins appelés capillaires (capillaries).
- **Le système circulatoire** achemine le sang riche en O₂ (le sang dans les artères est rouge vif) vers les tissus de l'organisme. Une fois que les tissus ont utilisé l'O₂ (métabolisé) et rejeté le CO₂ (« déchet »), le sang riche en CO₂ (le sang dans les veines est rouge foncé) retourne vers les poumons. Le « moteur », ou « pompe », qui fait circuler le sang dans tout le corps est le cœur.
- Le corps utilise le O₂, tandis que le N₂ ne réagit pas chimiquement et se dissout simplement dans les tissus corporels. Un gaz qui se dissout dans le corps sans interagir chimiquement avec lui est défini comme un gaz inerte (inert gas), tel que l'azote, l'hélium ou l'argon.
- **L'hémoglobine** (protéine présente dans les globules rouges, qui sont dans le sang).
 - L'hémoglobine se lie chimiquement à l'oxygène et au CO₂ pour être transportée dans le corps, (les gaz inertes ne le font pas).
 - L'hémoglobine se lie 200 fois plus efficacement au monoxyde de carbone (CO) qu'à l'O₂. C'est pourquoi, si vous fumez, votre taux de CO dans le sang sera élevé. Lorsque vous plongez, la pression autour de vous augmente. Si vous fumez juste avant de plonger, votre taux de monoxyde de carbone sera élevé, et l'augmentation de la pression entraînera une pression partielle élevée. Cela est très dangereux et peut entraîner une perte de conscience sous l'eau.
- **Absorption des gaz**: comme nous l'avons vu avec la loi de Henry, les gaz se dissolvent dans les liquides, et lorsque nous plongeons, l'azote se dissout dans notre corps. Lorsque le taux d'azote atteint son maximum (la pression du gaz est égale à la pression ambiante), la saturation se produit.
- Imaginons qu'un plongeur plonge et ait une certaine quantité d'azote dans ses tissus. Si le plongeur remonte vers des eaux moins profondes (et que la pression ambiante diminue), la pression dans les tissus est supérieure à la pression ambiante (cette situation s'appelle la sursaturation) ; si le plongeur remonte trop rapidement, le gaz dissous dans les tissus peut ne pas avoir le temps de « s'échapper » et des bulles peuvent se former ; cette situation s'appelle la maladie de décompression – MDD (Decompression Sickness - DCS). La limite d'azote ou « quantité maximale de sursaturation que le corps peut tolérer » est appelée valeur M (cette valeur dépend du type de tissu, de l'âge, de l'hydratation, etc.).

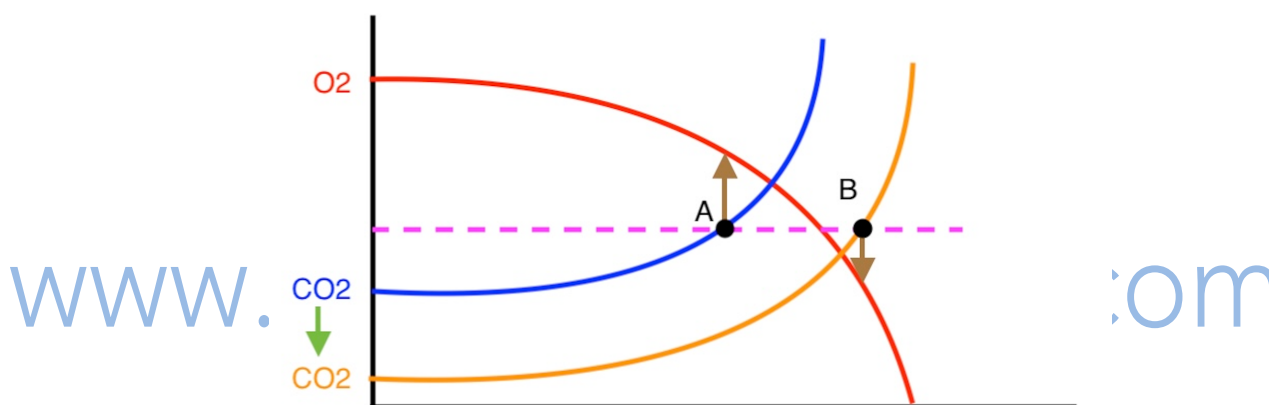


- **La maladie de décompression** (MDD, également appelé « mal des caissons ») est une situation dans laquelle le corps présente des bulles d'azote dans les tissus. Ces bulles, selon leur emplacement, peuvent provoquer différents signes et symptômes :
 - Les docteurs distinguent deux types de Maladie de décompression (MDD).
 - Type 1: Normalement une situation de douleur musculaire uniquement affectant les membres (souvent coudes, épaules, genoux), ou éruptions cutanées rouges (généralement sur la partie supérieure du thorax), parfois accompagnée de fatigue générale, malaise ou légère vertige.
 - Type 2: Situation potentiellement mortelle où le plongeur présente des symptômes affectant le cerveau, les poumons ou le système nerveux (engourdissements (numbness), picotements (tingling), paralysie, confusion), accompagnés de perte de conscience et fatigue extrême).
 - **Premiers secours**: 100% de oxygène et appelez les services d'urgence (EMS):
 - Cela empêche l'azote de pénétrer davantage dans l'organisme et contribue à faire baisser le taux d'azote dans le corps. Les plongeurs doivent tout de même se rendre dans une chambre de recompression afin de recomprimer les bulles d'azote (!)
 - Si de l'oxygène à 100 % n'est pas disponible, administrez du nitrox (si disponible) ; tout pourcentage supérieur à 21 % est préférable à l'air.
 - Nous ne sommes pas docteur, mais en tant qu'instructeurs de plongée, vous devez être capables de reconnaître ces signes et symptômes. Il est également très important de ne pas « alimenter » les symptômes chez une personne susceptible d'être atteinte de MDD. Par exemple, demandez « Comment vous sentez-vous ? » plutôt que « Ressentez-vous une douleur dans le bras? ».
 - Outre la profondeur et la durée de la plongée, d'autres facteurs peuvent augmenter le risque de développer un DCS :
 - le niveau de graisse corporelle, l'âge, la déshydratation, les blessures, la maladie, l'alcool, l'eau froide, l'altitude.
 - Après chaque plongée, chaque plongeur a de petites bulles dans ses tissus sanguins. C'est normal et cela se produit également lors de plongées dans les limites de sécurité ; ces bulles sont appelées « bulles silencieuses » (silent bubbles) et peuvent être détectées à l'aide d'un sonar appelé « Doppler ».
- **Surdistension pulmonaire (Lung overexpansion)** : elle est causée par l'expansion de l'air dans les poumons et peut être classée en 4 situations différentes (**de la moins grave à la plus grave**) :
 - 1. **Emphysème sous-cutané (Subcutaneous emphysema)**: gaz s'échappant des poumons et s'accumulant à la base du cou. Il peut entraîner des changements de voix et est généralement visible sous forme de bulles sous la peau ;
 - 2. **Emphysème médiastinal (Mediastinal emphysema)**: gaz s'échappant des poumons et s'accumulant au centre de la poitrine ;
 - 3. **Pneumothorax**: un poumon affaissé. Le gaz est piégé entre le poumon affaissé et la plèvre (la membrane interne qui sépare les poumons de la cage thoracique). Faites allonger le patient sur le côté, le poumon affaissé vers le bas, afin que le « poumon sain » puisse fonctionner correctement ;

- **4. Embolie gazeuse (Gas Air Embolism):** La plus grave, une bulle d'air a pénétré dans la circulation sanguine à la suite d'une rupture des alvéoles (où s'effectuent les échanges gazeux dans les poumons). La bulle peut atteindre le cerveau; très grave pouvant avoir des affectes sur le système nerveux central (SNC) (Central Nervous System - CNS). Similaire à un accident vasculaire cérébral (AVC).
- Quelques définitions :
 - **Le syndrome de décompression (DCI) (Decompression Illness - DCI)** comprend la maladie de décompression (DSC) et la surdistension pulmonaire - SP (Lung Overexpansion - LO).
 - Le traitement de la DSC et de la LO est le même : administrer de l'oxygène pur si disponible, sinon le pourcentage d'O₂ le plus élevé possible, appeler les secours, mettre la victime au repos, lui prodiguer des soins médicaux et l'envoyer dans une chambre de recompression.
 - Les symptômes de la surdistension pulmonaire apparaissent généralement immédiatement après la plongée (douleurs dans les poumons, la poitrine). Les symptômes de la DCS peuvent survenir plusieurs heures après que le plongeur a refait surface.
- **Narcose gazeuse (autrefois appelée narcose à l'azote):**
 - Une situation qui procure au plongeur une sensation de « bien-être » et de détente. Parfois, cette sensation est si intense qu'elle peut pousser le plongeur à agir de manière imprudente et sans conscience du danger. L'azote (N) et l'oxygène (O₂) ont le même effet narcotique. Cela se produit généralement à des profondeurs supérieures à 30 m. Si vous en faites l'expérience, remontez à une profondeur moindre et l'effet narcotique devrait disparaître.
- **Le réflexe mammifère (The Mammalian reflex)** est un réflexe produit dans notre corps du fait que, au cours de l'évolution, l'être humain a développé la capacité d'augmenter la durée pendant laquelle il peut retenir son souffle sous l'eau. C'est le même réflexe qui permet aux tortues de retenir leur souffle pendant longtemps.
 - Il est déclenché lorsque le visage est dans l'eau
 - Ralentit le rythme cardiaque (= bradycardie) -> consomme moins d'oxygène.
- Quelques autres définitions :
 - Baro = lié à la pression
 - Trauma = blessure
 - Brady = lent
 - Cardio = lié au cœur
 - Hypo = moins (rappelez-vous que l'hippopotame vit sous l'eau)
 - Hyper = plus (rappelez-vous qu'un enfant hyperactif court toujours partout)
 - Thermo = lié à la température
 - Capnée = CO₂
 - Oxia = O₂
 - Hypercapnie (Hypercapnia) = taux élevé de dioxyde de carbone (CO₂). Causé par une forte respirations sous l'eau (ou pas profondément, sans libérer tout le CO₂), par exemple en nageant contre un courant fort. Elle peut entraîner des maux de tête, une désorientation et des nausées. Pour l'éviter, respirez lentement et profondément.

- Hypocapnie (Hypocapnia) = faible taux de CO_2 , par exemple en hyperventilant. Elle peut entraîner une interruption ou un dysfonctionnement de nos cycles respiratoires normaux, car le dioxyde de carbone stimule la respiration.
- Hypoxie (Hypoxia) = faible taux d' O_2 . Elle peut décrire un état de choc ou un shallow water blackout, voir ci-dessous évanouissement en eaux peu profondes.
- Hyperoxie = taux élevés d' O_2 . Par exemple, une intoxication à l'oxygène.
- Évanouissement en eaux peu profondes (shallow water blackout): Lors de l'apnée (freediving), vous retenez votre souffle. Pendant ce temps, **le niveau d' O_2 diminue** et le **niveau de CO_2 augmente**. À un certain moment, le corps commence à ressentir le besoin de respirer : cela s'appelle urge to breathe (envie de respirer) et est déclenché par un certain niveau de CO_2 (point A), et non par un faible niveau d' O_2 . Lorsque cela se produit (sans hyperventilation), **le niveau d' O_2 est relativement élevé (point A)**.

Autrefois, il était courant de pratiquer **l'hyperventilation avant l'apnée afin de réduire le niveau de CO_2** dans le corps. Cela est très dangereux car l'hyperventilation ne réduit que le niveau de CO_2 et n'augmente pas le niveau d' O_2 .



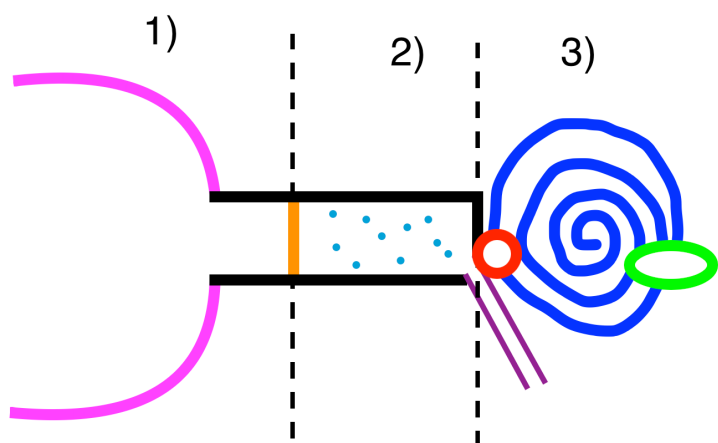
Dans cette situation, l'urge to breathe (envie de respirer) est déclenché plus tard (**point B**), lorsque le niveau d' O_2 est beaucoup plus bas (**point B**).

En profondeur, la pression ambiante est élevée; donc la pression partielle de l'oxygène (même si le niveau d' O_2 est faible) est encore suffisamment élevée pour maintenir le plongeur conscient. Dès que le plongeur remonte, la pression ambiante diminue, et donc la pression partielle de l' O_2 diminue également, risquant l'Évanouissement en eaux peu profondes (shallow water blackout).

- Dans le corps, nous avons des espaces aériens par lesquels l'air « circule » pour entrer et sortir de notre corps, par exemple dans la trachée. On les appelle « espaces aériens morts ». Si vous respirez par petites bouffées rapides, vous respirez toujours le même air, ce qui signifie que vous respirez à nouveau le CO_2 que vous venez d'expulser (provoquant hypercapnie). C'est la raison pour laquelle il est important de toujours respirer profondément.
- Squeeze : si un plongeur n'équalise pas les espaces aériens de son corps, la « sensation » provoquée par la différence de pression est appelée « squeeze ». Cela peut se produire, par exemple, lorsque le plongeur descend et n'équalise pas ses oreilles. Un squeeze peut également être causé par de l'air piégé dans un endroit d'où il ne peut s'échapper ; par exemple lorsqu'un plongeur plonge alors qu'il est

enrhumé et parvient à descendre, mais que l'air reste piégé lors de la remontée causant un blocage inversé (reverse block). Un « squeeze forcé » peut être très douloureux et entraîner des blessures graves (barotraumatisme).

- **Le réflexe du sinus carotidien (carotid sinus reflex)** survient lorsque l'artère carotide (le « tuyau » situé dans notre cou, la veine jugulaire, qui transporte le sang artériel riche en oxygène vers le cerveau) est soumise à une pression. En raison de cette pression, le débit sanguin n'est pas correct et le cerveau « perçoit » qu'il ne reçoit pas suffisamment d'oxygène, ce qui le pousse à modifier le rythme du cœur. Peut-être dû à une cagoule serrée.
- Comme on le sait, l'eau conduit la chaleur beaucoup plus rapidement que l'air ; c'est pourquoi les plongeurs peuvent avoir froid sous l'eau s'ils ne portent pas de combinaisons adaptées. Dans des conditions de froid extrême, cela peut entraîner une hypothermie (hypothermia), un état très grave causé par une exposition prolongée à des environnements froids. Elle peut entraîner une perte de concentration, un manque de discernement, une perte de contrôle et la mort si elle n'est pas traitée correctement.
- De la même manière, un plongeur, du fait qu'il est souvent exposé au soleil, peut souffrir si son corps a été exposé trop longtemps à un environnement chaud. Il existe deux définitions différentes que vous devez connaître :
 - **Épuisement dû à la chaleur (Heat exhaustion)**: le plongeur a une respiration et un pouls faibles et rapides, transpire, a des nausées et se sent fatigué. Donnez-lui de l'eau tempérée et mettez-le à l'abri du soleil.
 - **Coup de chaleur (Heatstroke)**: le plongeur a un pouls fort et rapide, ne transpire pas et est désorienté. Il s'agit d'une situation très grave ; le corps ne peut pas réagir et ne peut même pas transpirer. Essayez de le rafraîchir avec une serviette humide et consultez un médecin.
- **L'oreille** (très sollicitée en plongée), est composée de trois parties principales:
 - 1) **L'oreille externe (outer ear)**: La partie visible (pas de cavités aériennes et n'a pas besoin d'"égalisation"), comprenant **les lobes** et **le conduit auditif**. Le **tympan (eardrum)** sépare l'oreille externe de l'oreille moyenne. Le son voyage à travers le conduit auditif jusqu'au **tympan**, qui sépare l'oreille externe de l'oreille moyenne.
 - 2) **L'oreille moyenne (middle ear)**: C'est la partie des 3 la plus affectée par les changements de pression (car elle **contient de l'air**). C'est la zone concernée par l'égalisation via la trompe d'Eustache. Si un plongeur égalise avec force, cela peut provoquer une rupture de la fenêtre ronde (round window).
 - 3) **L'oreille interne (inner ear)**: Très délicate mais protégée. Contient la **cochlée** (pour l'audition) et les organes vestibulaires (pour l'équilibre) ainsi que la **fenêtre ovale (oval window)**.

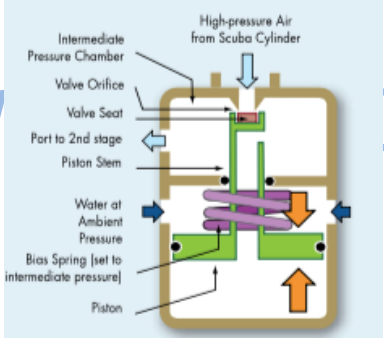
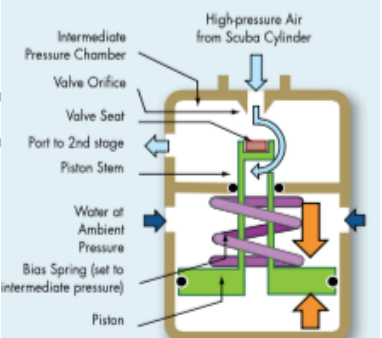
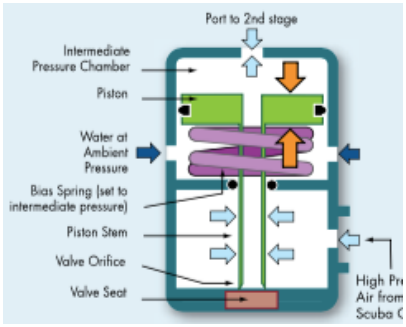
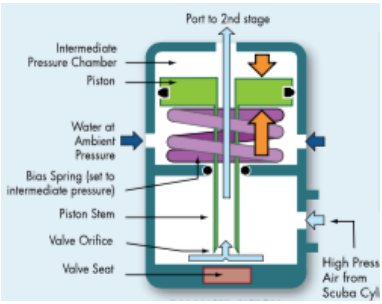


3 Équipement

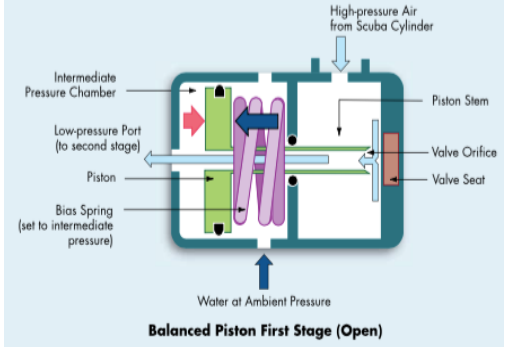
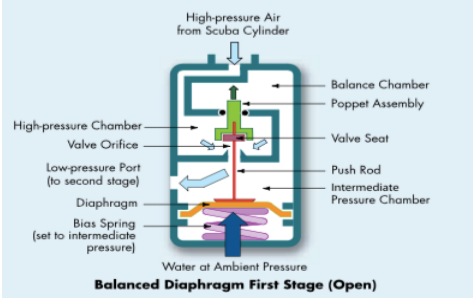
- SCUBA signifie « Self Contained Underwater Breathing Apparatus » (appareil de respiration autonome sous-marin)
- Les **bouteilles** sont les « récipients » dans lesquels on met de l'air comprimé (ou différents gaz) ; elles peuvent être en aluminium (Aluminium) ou en acier (Steel).
 - Chaque bouteille porte les marques suivantes :
 - DOT (Department of Transportation standards) ou DOT/CTC : ces marquages indiquent que la bouteille a été homologuée par les autorités
 - Le type de métal : 3A ou 3AA = acier / 3AL = aluminium
 - La pression de service : il s'agit de la pression maximale à laquelle une bouteille peut être remplie. Elle est généralement indiquée en psi (par exemple, 3000 psi = 205 bar)
 - Le numéro de série : il s'agit d'un numéro unique qui identifie la bouteille.
 - Date du test hydrostatique + marquage : il s'agit de la date du dernier test hydrostatique + le symbole du testeur (enregistré auprès des autorités). Par exemple 04*17 (le dernier test hydrostatique a été effectué le 17 avril par le testeur dont le symbole d'enregistrement est « * »)
 - Principales différences :
 - Aluminium = fond plat / Acier = fond rond.
 - Pression maximale identique pour les deux : 220 bars
 - Aluminium = facile à nettoyer (oxyde d'aluminium) / Acier = rouille, difficile
 - Aluminium = flottabilité variable, négative à pleine charge, devient positive à 80 bars / Acier = toujours négative
 - L'inspection visuelle (visual inspection) doit être effectuée une fois par an. Le réservoir est vidé, ouvert, inspecté pour détecter d'éventuels dommages visibles (à l'intérieur et à l'extérieur), contrôlé pour détecter une éventuelle réaction galvanique (galvanic reaction) (réaction au niveau du col due aux différents métaux du réservoir et de la valve), nettoyé, et le joint torique est vérifié/changé et graissé.
 - Lors de l'essai hydrostatique (hydrostatic test), un réservoir est rempli d'eau et placé dans un bac (lui aussi rempli d'eau jusqu'au bord). Le réservoir est ensuite fermé et soumis à une pression interne (5/3 de la pression de service). Le réservoir subit une légère dilatation, ce qui fait déborder l'eau du bac. Une fois la pression relâchée, le réservoir reprend (à quelques différences acceptables près) sa taille d'origine. À ce stade, le niveau d'eau est mesuré pour déterminer l'ampleur de la « dilatation » du réservoir. Si celle-ci reste dans les limites des normes, le réservoir passe l'essai hydrostatique ; dans le cas contraire, un trou est percé dans le réservoir, le rendant inutilisable. La fréquence à laquelle cet essai doit être effectué varie d'un pays à l'autre. En règle générale, le premier essai a lieu après 5 ans, puis tous les 2 à 4 ans. Un réservoir doit subir un essai hydrostatique après avoir été sablé, après un choc ou une exposition à la chaleur.

- Les **vannes** de réservoir servent à ouvrir/fermer le réservoir. Il en existe deux types :
 - **Vanne K (K-valve)**: une simple vanne d'ouverture-fermeture (ON-OFF) ;
 - **La valve J (J-Valve)**: un système de réserve qui s'active lorsque la pression dans votre bouteille atteint 30 à 50 bars. De la même manière qu'un commutateur de réserve sur une moto vous permet d'accéder à la réserve de carburant d'un réservoir, la valve J vous donne accès à la réserve d'air. Elle ne vous fournit pas plus d'air !
- Les **premiers étages (first stage)** du détendeur (regulator) se connectent à la valve de la bouteille ; il en existe deux types différents :
 - **Valve DIN (DIN-Valve)** (pour *Deutsche Industrie Norm - Norme industrielle allemande* *Norme industrielle allemande*) : le premier étage se visse directement sur la valve de la bouteille. Le premier étage dispose de son propre joint torique.
 - **Valve à étrier (Yoke-Valve)** (ou internationale) : utilise le joint torique présent dans la valve de la bouteille pour assurer l'étanchéité du circuit. C'est la valve de premier étage la plus couramment utilisée.
- Un disque de rupture (burst disc) est un dispositif de sécurité présent dans la valve de la bouteille. Il garantit que la bouteille n'atteindra pas une pression dangereuse, susceptible de provoquer une explosion. Il est composé d'un disque qui se brise si la pression de la bouteille dépasse environ 140 % de la pression de service (par exemple si la bouteille a été laissée au soleil).
- Lors de la plongée, vous pouvez utiliser différents types de systèmes respiratoires :
 - **Le circuit ouvert (The open circuit)**: c'est le plus courant, le plongeur inspire le gaz provenant du détendeur et rejette des bulles dans l'eau en expirant ;
 - **Le circuit semi-fermé (The Semi-Closed Circuit)**: il s'agit d'un circuit dans lequel le plongeur respire en continu le même gaz. Le circuit est filtré pour éliminer le CO_2 et une bouteille d'air enrichi injecte en continu un mélange d'air enrichi dans le circuit. Une petite quantité de gaz s'échappe (sous forme de bulles) du système en continu (due au gaz qui « entre dans le système »).
 - **Le circuit fermé (The closed circuit - CCR - Close Circuit Rebreather)**: très similaire au circuit semi-fermé, un CCR dispose d'un circuit dans lequel le plongeur respire en continu le même gaz. Le circuit est entièrement fermé ; aucun gaz n'est rejeté dans l'eau. Le gaz est filtré pour extraire le CO_2 et deux bouteilles contenant de l' O_2 et un diluant (généralement de l'air, du nitrox ou de l'hélium) remplissent le circuit à partir du CO_2 qui a été éliminé. Tout est contrôlé par processeurs et capteurs.
- La plupart des gens utilisent un circuit à eau libre lorsqu'ils plongent, voici donc comment fonctionne un détendeur :
 - La pression de la bouteille (50 à 200 bars) entre dans le premier étage. Lorsque le plongeur inspire, il crée une différence de pression dans le deuxième étage, ce qui ouvre le circuit. La pression de l'air dans le premier étage est réduite à environ 10 bars + la pression ambiante. Cette pression, qui sort du premier étage, est appelée pression intermédiaire (intermediate pressure).
 - L'air passe par le tuyau et atteint le deuxième étage. Le deuxième étage réduit la pression intermédiaire (10 bars + pression ambiante) à la pression ambiante (ambient pressure), permettant ainsi au plongeur de respirer le gaz à la pression ambiante.

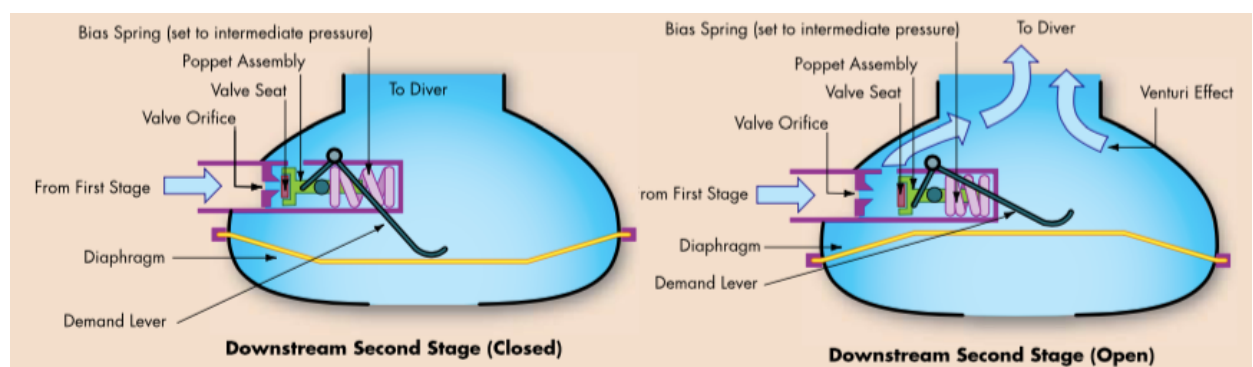
- Le premier étage peut être équilibré (balanced) ou non équilibré (unbalanced), voici comment cela fonctionne :
 - Premier étage équilibré (Balanced first stage):** à l'intérieur du premier étage, le gaz à haute pression provenant de la bouteille atteint une chambre et reste de part et d'autre de la soupape qui s'ouvre et se ferme pour délivrer de l'air. Le gaz n'exerce pas de pression directe sur la soupape, de sorte que la pression ne contribue pas à son ouverture.
 - La pression de la bouteille n'aide ni n'entrave l'ouverture de la soupape.
 - La profondeur n'a aucune incidence sur la facilité de respiration.
 - Le nombre de personnes respirant simultanément, ou le nombre d'appareils connectés et utilisés en même temps, n'affecte pas la facilité de respiration.
 - Premier étage non équilibré (Unbalanced first stage):** le gaz de la bouteille exerce une pression directe sur la soupape et aide à l'ouvrir.
 - La pression de la bouteille influence la facilité d'ouverture de la soupape. Plus la pression est élevée, plus il est facile de respirer.
 - La profondeur influe sur la facilité de respiration : plus on descend, plus il est difficile de respirer.
 - Plus il y a de personnes qui respirent ou d'appareils utilisés simultanément, plus il est difficile de respirer.

	Fermé	Ouvert
Non équilibré	Lorsque vous n'inspirez pas, le gaz à l'intérieur de la chambre de pression intermédiaire exerce sur le piston une force égale à la force du ressort de rappel plus la pression ambiante. Le piston ne bouge pas et la soupape reste fermée. 	Lorsque vous inspirez, la pression du gaz dans la chambre de pression intermédiaire diminue, la soupape s'ouvre et le gaz s'écoule. Lorsque la bouteille est pleine, la force d'ouverture contre le siège de soupape est maximale et il faut le moins d'effort pour l'ouvrir. À mesure que la pression de la bouteille diminue, il devient plus difficile de respirer car la force exercée sur la soupape est moindre. 
Équilibré	Lorsque vous n'inspirez pas, le gaz à l'intérieur de la chambre de pression intermédiaire exerce sur le piston une force égale à la force du ressort de rappel plus la pression ambiante. Le piston ne bouge pas et la soupape reste fermée. 	Lorsque vous inspirez, la pression du gaz dans la chambre de pression intermédiaire diminue, la soupape s'ouvre et l'air s'écoule. Comme le gaz de la bouteille n'exerce jamais de pression sur la base de la tige du piston, il a peu d'effet sur la résistance respiratoire. Par conséquent, l'effort respiratoire reste pratiquement inchangé jusqu'à ce que la bouteille soit presque vide. 

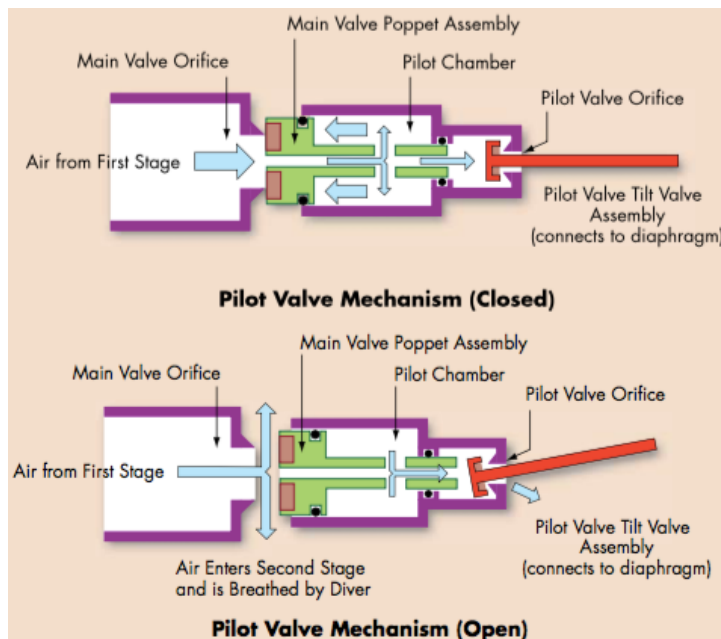
- Le premier étage peut également fonctionner de deux « manières » différentes, définies comme **premier étage à piston (Piston first stage)** et **premier étage à membrane (Diaphragm first stage)**:

Piston : l'eau « entre » dans le 1 ^{er} étage	Diaphragme : l'eau ne pénètre pas à l'intérieur du 1 ^{er} étage
Moins de pièces mobiles -> <u>plus facile à entretenir</u>  Balanced Piston First Stage (Open)	Le diaphragme sépare les pièces internes de l'eau -> réduit la corrosion et la contamination. <u>étanchéité environnementale (environmentally sealed)</u>  Balanced Diaphragm First Stage (Open)

- Le **deuxième étage** peut être classé en deux types différents : un **deuxième étage à soupape (downstream valve second stage)** en aval et un deuxième étage à soupape pilote (Pilot valve). De nos jours, presque tous les deuxièmes étages utilisés sont de type « en aval ». Voyons comment ils fonctionnent :
 - o **Valve en aval (Downstream valve)**: également appelée « valve à la demande » ("on demand valve"). Lorsque le plongeur n'inspire pas, la valve est fermée et aucun air ne circule vers le deuxième étage. Lorsque le plongeur inspire, il crée une dépression dans la chambre, ce qui actionne le diaphragme (diaphragm), qui à son tour actionne le levier de demande (demand lever), ouvrant ainsi la valve. Le plongeur peut obtenir le même résultat en appuyant sur le bouton de purge situé à l'avant du deuxième étage (il appuie sur le diaphragme). Ces types de soupapes sont mécaniquement simples, et donc fiables. Si une soupape en aval tombe en panne, elle reste toujours en position ouverte, ce qui entraîne un débit libre (freeflow). C'est pourquoi on parle de **fail-safe design (conception à sécurité intégrée)**.



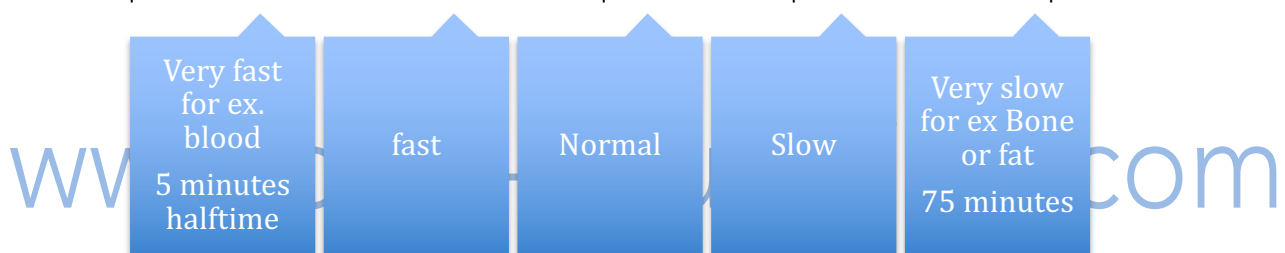
- **Valve pilote (Pilot valve):** lorsque le plongeur inspire, le diaphragme appuie sur un levier relié à une petite valve. La petite valve libère de la pression d'air qui, à son tour, ouvre la valve principale plus grande.



- **Manomètre de plongée (SPG – Submersible Pressure Gauge):** afin de connaître la quantité d'air dont dispose un plongeur dans sa bouteille, on utilise un manomètre de plongée (Submersible Pressure Gauge - SPG). Un SPG est un manomètre qui contient un tube de Burdon. Le tube de Burdon est (généralement) un tube (ou une spirale) en cuivre qui a tendance à se redresser lorsque la pression à l'intérieur augmente. Un système mécanique (une aiguille et un cadran gradué) permet alors au plongeur de lire la quantité d'air restante dans la bouteille. Le tube de Burdon peut être ouvert ou rempli d'huile ; les modèles remplis d'huile ont la partie mécanique scellée et protégée de l'eau.
- **Manomètres de profondeur (Depth Gauges):** De nos jours, presque tous les plongeurs utilisent un ordinateur comme appareil de mesure de la profondeur. Cependant, certains appareils « à l'ancienne » existent encore, notamment parce qu'ils sont peu coûteux. Voyons ce qu'ils sont et quelles sont les différences entre eux:
 - **Capillaire (Capillary):** se compose d'un petit tube rempli d'air, scellé d'un côté. Pendant la plongée, l'air se comprime et le plongeur peut lire sur l'échelle la profondeur à laquelle il se trouve. Il est simple et précis à faible profondeur. Il est difficile à lire lorsque le plongeur descend plus profondément. Ce manomètre est particulièrement adapté aux plongées en altitude, car on peut ajuster la pression « de départ » en fonction de l'altitude.
 - **Manomètres à membrane (Diaphragm gauges):** une membrane flexible est reliée à l'aiguille du manomètre par une série de bielles, de leviers ou d'engrenages.
- Sauf indication contraire du fabricant, lors des plongées au nitrox, l'équipement (détendeurs) est réglé pour une teneur maximale de 40 % d'O₂ dans le mélange gazeux.

4 Théorie de la décompression - RDP

- **John Scott Haldane** a développé le premier modèle mathématique de décompression et, en 1906, a créé les premières tables de plongée basées sur ce modèle. Il a été le premier à théoriser l'absorption d'azote pendant la plongée :
 - Lorsqu'un plongeur respire en profondeur, la pression d'azote du gaz qu'il respire est supérieure à la pression d'azote dans son corps. Ainsi, en vertu de la loi de Henry, davantage d'azote se dissout dans les tissus corporels.
 - Au bout d'un certain temps, la pression d'azote s'équilibre et le corps ne peut plus absorber d'azote. C'est ce qu'on appelle la saturation.
 - Lors de la remontée, la pression d'azote dans le corps est supérieure à la pression ambiante. Cela provoque la libération d'azote par les tissus.
 - Si la vitesse de remontée est trop rapide, des bulles peuvent se former et provoquer un accident de décompression.
- Haldane a découvert que le corps absorbe et libère l'azote à des vitesses différentes selon les parties du corps. Il a théorisé l'existence de différents groupes de tissus (appelés compartiments) afin de modéliser l'absorption et la libération d'azote par les tissus corporels.
- Le premier modèle de Haldane comportait 5 compartiments théoriques.



- Chaque compartiment a un temps de demi-vie (halftime) correspondant à la vitesse à laquelle il absorbe et libère l'azote. Par exemple, à une certaine profondeur, un compartiment ayant un temps de demi-vie de 5 minutes :
 - 1^{er} Après 5 minutes, il atteint 50 % de sa saturation ;
 - 2^e Après autres 5 minutes (10 au total), il atteint 75 % (50 % + 50 % du reste).
 - 3^e Après autres 5 minutes (15 au total), il atteint 87,5 % (75 % + 50 % du reste).
 - 4^e Après autres 5 minutes (20 au total), il atteint 93,75 % (87,5 % + 50 % du reste).
 - 5^e Après autres 5 minutes (25 au total), il atteint 96,875 % (93,75 % + 50 % du reste).
 - 6^e Après autres 5 minutes (30 au total), il atteint -> 100 % (après 6 demi-temps, le compartiment est considéré comme plein).
 - Si l'on vous demande de calculer la pression dans un compartiment de 5 minutes après 10 minutes de plongée à 18 m :
 - 1) 10 minutes = 2 demi-temps -> 75 %
 - 2) 75 % de 18 m = 13,5
 - 3) La pression dans ce compartiment est de 13,5 msw (mètres d'eau de mer)
- Lors d'une plongée à différentes profondeurs, chaque compartiment présente des concentrations d'azote variables. Certains « absorbent » donc de l'azote, tandis que d'autres en « libèrent ».
 - Chaque compartiment a une limite (pression, quantité d'azote) qu'il ne doit pas dépasser lors de la remontée. Cette limite est appelée « **valeur M** ».

- Le compartiment dont le niveau d'azote est le plus proche de sa valeur M est celui qui détermine les limites de la plongée sans décompression (on l'appelle le compartiment de contrôle). Lorsqu'un compartiment atteint sa valeur M, cela signifie que le plongeur a atteint la limite de plongée sans décompression. Le plongeur doit remonter, sinon la plongée deviendra une plongée avec décompression. Lors de chaque plongée, un plongeur "décompresse" parce que le corps libère de l'azote. Cependant, dans une plongée dite de décompression ("deco"), le plongeur doit effectuer des paliers de décompression parce que le niveau d'azote a dépassé la valeur M. Cela ne devrait jamais se produire lors d'une plongée récréative, car le principal objectif de la plongée récréative est de toujours pouvoir remonter directement à la surface sans avoir à effectuer de paliers de décompression obligatoires.
- Pour garantir une sécurité raisonnable, un plongeur plongera toujours sans dépasser la valeur M.
- Plus le compartiment est lent, plus la valeur M est faible. Plus le compartiment est rapide, plus la valeur M est élevée.
- Les valeurs M sont le résultat de nombreuses années de tests.
- Les valeurs M sont calculées pour une remontée au niveau de la mer. C'est la raison pour laquelle vous devez appliquer des procédures spéciales lorsque vous plongez à des altitudes supérieures à 300 m.
- Les premières tables utilisées pour la plongée étaient celles de la **marine américaine (US NAVY)**, initialement conçues dans les années 1950 à des fins militaires. Ces tables présentent les caractéristiques suivantes :
 - 6 compartiments avec un temps de demi-vie le plus long de 120 minutes.
 - Les compartiments libéraient de l'azote en surface à la même vitesse qu'ils en absorbaient pendant la plongée. (Chaque compartiment ayant une demi-vie différente).
 - Ils ont donc créé la table en se basant sur le temps de demi-vie de 120 minutes pour calculer l'intervalle de surface. Ce faisant, la table prend en compte le compartiment le plus lent, le dernier à se « vider ». Lorsque le compartiment le plus lent est vide, les autres compartiments, plus rapides, le sont également. C'est la raison pour laquelle il faut 12 heures (720 minutes = 6 x 120 minutes) pour être « propre » lorsqu'on utilise ces tables.
 - Ces tables ont été testées avec des plongeurs de la marine américaine, tous des hommes âgés de 20 à 30 ans et en bonne condition physique.
- Dans les années **1980**, le **Dr Raymond Rogers** a émis l'hypothèse que les tables de la marine américaine n'étaient pas adaptées à la plongée récréative. Les paliers en surface extra-longue n'étaient pas optimisés pour les plongées répétitives et le groupe test utilisé pour établir les tables ne reflétait pas la population des plongeurs récréatifs (qui comprend des femmes et des personnes de tous âges).
- Il a alors commencé à réaliser des tests hyperbares. En 1988, en collaboration avec le DSAT (Diving Science & Technology), il a publié les nouvelles tables **RDP** utilisant 14 compartiments et 60 minutes comme compartiment le plus lent (plus adapté aux plongeurs récréatifs).

- Différences entre le RDP de l'US Navy et celui de PADI :

US NAVY	RDP
Pour la décompression	Pas pour la décompression
<u>6 compartiments / 120 minutes de temps de demi-vie</u> (Élimination plus lente des gaz) Théoriquement clair après 12 heures	<u>14 compartiments / demi-vie de 60 minutes</u> (Élimination plus rapide du gaz) Théoriquement clair après 6 h
Pour des paliers en surface plus longs, pas de plongées répétitives. Temps de fond plus court lors de plongées répétitives. (À usage militaire.)	Pour des plongées multiples avec des intervalles en surface courts. Temps de fond plus long lors de plongées répétitives. (Pour les plongées récréatives moyennes.)

- Procédures générales d'utilisation du RDP:
 - Les lettres figurant dans les tables (groupes de pression) ne peuvent pas être interchangées avec d'autres types de tables (par exemple, avec les tables de la marine américaine). Vous pouvez toutefois les interchanger avec d'autres tables PADI (comme les tables nitrox).
 - Lorsque vous planifiez une plongée en eau froide, prévoyez une profondeur de 4 m supérieure à celle de votre plongée réelle.
 - Prévoyez toujours les plongées profondes avant les plongées peu profondes.
 - Profondeurs maximales :
 - Discover Scuba Diver/Scuba Divers : 12 m
 - Open Water Divers : 18 m
 - Plongeurs ayant une formation et une expérience plus poussées : 30 m
 - 40 m est la profondeur maximale d'entraînement pour le cours de spécialité Deep et le Recreational Dive Planner. 42 m est réservé aux situations d'urgence uniquement.
 - Lorsque vous planifiez une plongée à moins de 10 mètres, planifiez-la comme si elle se déroulait à 10 mètres.
 - Lors de la planification, utilisez toujours la profondeur et la durée exactes ou les valeurs immédiatement supérieures (par mesure de prudence).
 - Remontez à une vitesse maximale de 18 mètres par minute.
 - Lorsque vous planifiez 3 plongées ou plus et que l'une d'entre elles se termine dans le groupe de pression :
 - W ou X : l'intervalle de surface minimum entre toutes les plongées suivantes est de 1 heure
 - Y ou Z : l'intervalle de surface minimum entre toutes les plongées suivantes est de 3 heures
 - Un palier de sécurité de 3 minutes à 5 m est obligatoire lorsque :
 - Vous plongez à plus de 30 m.
 - Lorsque vous plongez dans les 3 groupes de pression de votre NDL (cases grises)
 - Lorsque vous plongez jusqu'à la NDL du RDP (case noire)
 - Il est recommandé d'effectuer un palier de sécurité après chaque plongée.

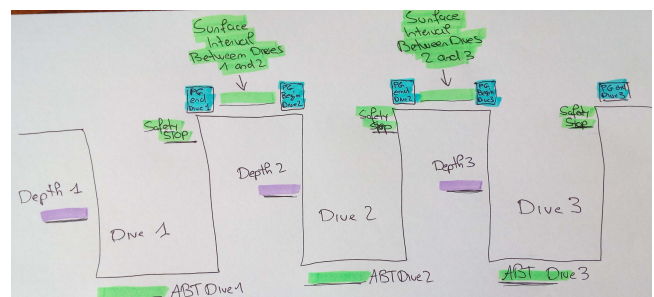
- N'essayez jamais de re-comprimer un plongeur présentant des symptômes de MDD.
- Décompression d'urgence :
 - Un palier de décompression d'urgence de 8 minutes à 5 m doit être effectué si la limite sans décompression est accidentellement dépassée de 5 minutes ou moins. (À la remontée, le plongeur doit rester hors de l'eau au moins 6 heures avant de refaire une plongée).
 - Si la limite sans décompression est dépassée de plus de 5 minutes, un palier de décompression à 5 m d'une durée minimale de 15 minutes (ou jusqu'à épuisement de l'air de la bouteille) est requis. (À la remontée, le plongeur doit rester hors de l'eau au moins 24 heures avant d'effectuer une nouvelle plongée).
- L'utilisation du RDP à des altitudes supérieures à 300 m au-dessus du niveau de la mer nécessite une formation et des procédures spéciales.
- Attendez au moins 12 heures avant de prendre l'avion après une plongée, et 18 heures après des plongées successives.
- Les ordinateurs fonctionnent de la même manière que les tables, en calculant la quantité d'azote dans le corps en fonction de la profondeur et de la durée de la plongée. Leur grand avantage est qu'ils indiquent les temps de fond maximaux en créant en quelque sorte une table de plongée personnalisée pendant la plongée, ce qui élimine les arrondis inutiles. Lisez toujours le manuel avant d'utiliser un nouvel ordinateur !

www.dive-education.com

4.1 Comment utiliser les tables RDP

- Les règles décrites précédemment sont inscrites dans la partie inférieure au dos du RDP.
- Définitions :
 - Temps de fond réel (**Actual Bottom Time - ABT**): temps écoulé entre le début de la plongée (lorsque le plongeur commence la descente) et le début de la remontée finale vers le palier de sécurité
 - Palier de sécurité (**Safety stop**): un palier de « 3 minutes à 5 mètres » (non compté dans le temps de plongée)
 - Intervalle de surface (**Surface interval (SI)**) : temps écoulé entre le moment où le plongeur refait surface et le moment où il commence la descente pour la plongée suivante.
 - Temps d'azote résiduel (**Residual Nitrogen Time (RNT)**) : quantité d'azote (en minutes) provenant des plongées précédentes. Ce temps doit être ajouté à l'ABT afin de calculer :
 - Temps de plongée total (**Total Bottom Time (TBT)**)
 - Groupe de pression (**Pressure Group (PG)**) : quantité d'azote exprimée par une lettre (où A correspond à un niveau très bas et Z à un niveau très élevé) dont dispose un plongeur après une ou plusieurs plongées.
 - Limite sans décompression (**No Decompression Limit (NDL)**) : limites en minutes pendant lesquelles un plongeur peut rester sans atteindre la limite de décompression.
 - Temps de fond total **Total Bottom Time**: C'est la somme de l'ABT et du RNT. C'est le temps qu'un plongeur doit utiliser pour déterminer son groupe de pression après une plongée répétitive (vous le verrez dans la prochaine session).

- Dessinez toujours un schéma comme celui-ci, afin d'avoir toutes les données à leur place :
 - Violet = Profondeur en mètres
 - Vert = Temps en minutes
 - Bleu = Groupe de pression en lettre



- Comment calculer le groupe de pression à la fin de ces 3 plongées : (Plongée 1 : 21 mètres pendant 31 minutes, SI de 34 minutes ; Plongée 2 : 17 mètres pendant 27 minutes, SI de 45 minutes ; Plongée 3 : 14 mètres pendant 45 minutes)
 - 1) Notez toutes les informations dont vous disposez dans le schéma et ajoutez chaque information que vous découvrez.
 - 2) Allez en haut du tableau 1 et cherchez 22 m (il n'y a pas de 21, vous devez utiliser 22 par mesure de prudence), suivez le chiffre vers le bas jusqu'à atteindre 31 minutes (il n'y a pas de 31, vous devez donc utiliser 32). Restez sur cette ligne, suivez-la vers la droite et vous trouverez le groupe de pression P.

A screenshot of a chessboard from a game interface. The board is partially visible, showing the lower half. The pieces are arranged as follows: White has a knight on d4, a pawn on e4, and a pawn on f4. Black has a pawn on d5, a pawn on e5, and a pawn on f5. The game clock at the bottom right shows 0:00. A red circle highlights the square d4.

- 3) Continuez vers la droite jusqu'à ce que vous trouviez la case qui correspond à l'intervalle de surface (SI) entre les plongées 1 et 2 (34 minutes). Vous verrez que 34 minutes se situent entre 0:33 et 0:38 ; descendez et vous trouverez le groupe de pression (PG) I.

PG	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
P	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
Q	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
R	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
S	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
T	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
U	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
V	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
W	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
X	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
Y	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
Z	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00

- 4) Vous savez que vous commencez la 2^e plongée avec une quantité d'azote dans votre corps égale à celle du profil I. Vous savez également que vous souhaitez descendre à 17 m. (Devinez quoi ? Il n'y a pas de 17, vous devez donc utiliser 18.) Prenez le tableau à la fin du manuel et cherchez les informations situées à l'intersection de la ligne des 18 m et de la colonne I. Vous trouverez deux chiffres, 26

PG	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
P	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
Q	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
R	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
S	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
T	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
U	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
V	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
W	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
X	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
Y	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00
Z	0:00	0:04	0:08	0:12	0:16	0:20	0:24	0:28	0:32	0:36	0:40	0:44	0:48	0:52	0:56	1:00	1:04	1:08	1:12	1:16	1:20	1:24	1:28	1:32	1:36	1:40	1:44	1:48	1:52	1:56	2:00

(en haut, sur fond blanc) et 30 (en bas, sur fond bleu). 26 minutes correspondent au temps de récupération (RNT) de la ou des plongées précédentes, 30 correspond à la limite de plongée sans décompression (NDL) pour une plongée à 18 m commençant avec le profil PG I.

- 5) Vous avez prévu votre 2^e plongée à 18 mètres (oui, 17, mais vous utilisez 18 pour les calculs) pendant 27 minutes. Votre ABT sera de 27 minutes, mais vous souhaitez ajouter 26 minutes (votre RNT de la ou des plongées précédentes) aux calculs. Vous constaterez que $27 + 26 = 53$. Vous devez maintenant revenir au tableau 1 et rechercher le PG après une plongée à 18 m pendant 53 minutes, -> U !
- (En d'autres termes : « Plonger à 17 m pendant 27 minutes en commençant avec un PG I revient à effectuer une première plongée (sans azote provenant des plongées précédentes) à 17 mètres pendant 53 minutes »).
- 6) Essayez de trouver le PG à la fin de la 3^e plongée -- vous devriez trouver PG V.
- Si vous devez déterminer le **SI minimum entre deux plongées** (par exemple Plongée 1 : 30 mètres, 20 minutes ; Plongée 2 : 25 mètres, 15 minutes) :
 - 1) Calculez le PG à la fin de la première plongée -> 30 m 20 min -> N
 - 2) Repérez sur le 3^e tableau le PG minimum nécessaire pour plonger à 25 m pendant 15 min. La NDL correspond au chiffre dans la zone bleue ; suivez donc la ligne de profondeur (25 m dans ce cas) et allez vers la droite jusqu'à trouver au moins 15 minutes. Une fois que vous avez fait cela, regardez en haut pour voir le PG dont vous avez besoin (dans ce cas, F).
 - 3) Consultez le tableau 2 et déterminez combien de minutes sont nécessaires pour passer de N à F -> de 0:44 à 0:51 -- la réponse est 44 minutes.

4.2 Comment utiliser l'eRDPml

- **Les règles décrites précédemment sont inscrites dans de la couverture de l'eRDPml.**
- De la même manière que pour les tableaux, voyons comment calculer le PG à la fin de ces 3 plongées : (Plongée 1 : 19 mètres pendant 43 minutes, SI de 56 minutes ; Plongée 2 : 17 mètres pendant 32 minutes, SI de 1 h et 10 minutes ; Plongée 3 : 16 mètres pendant 45 minutes)
 - 1) Notez toutes les informations dont vous disposez dans le schéma et ajoutez-y toutes celles que vous découvrez
 - 2) Sélectionnez MODE -> Planification de plongée -> ENTRÉE -> Plongée à paliers ? -> NON -> Première plongée ? -> OUI -> Profondeur ? -> 19 ENTER -> l'eRDPml vous indique que le temps de plongée sans décompression (NDL) est de 45 minutes -> ENTER -> ABT ? - 43 ENTER -> l'eRDPml vous indique que vous devez suivre la règle 2 (palier de sécurité à 3 m) -> ENTER -> l'eRDPml vous indique que le groupe de pression après cette plongée est T -> ENTER
 - -> Intervalle de surface ? 56 ENTRER -> l'eRDPml vous indique que le groupe de pression après l'intervalle de surface est H -> ENTRER -> Profondeur ? 17 ENTRÉE -> l'eRDPml vous indique que l'ANDL est de 32 minutes -> ENTRÉE -> ABT ? 32 ENTRÉE -> l'eRDPml vous indique que vous devez suivre la règle 2 (palier de sécurité à 3 m) -> ENTRÉE -> l'eRDPml vous indique que le groupe de pression après cette plongée est W -> ENTRÉE
 - ... Quel est le PG à la fin de la troisième plongée ? W ? Exact !
- Pour le SI minimum entre 2 plongées (par ex : 1: 20m, 33' minutes; 2: 20m, 25') :
 - 1) Calculez le groupe de pression à la fin de la 1ère plongée -> 20 m 33 min -> O
 - 2) Sélectionnez MODE -> Intervalle de surface -> ENTER -> Première plongée ? -> NON -> PG fin plongée 1 ? -> O -> ENTER -> Profondeur ? -> 20 m -> l'eRDPml vous indique que l'ANDL est de 39 minutes -> ENTER -> ABT ? -> 25 m ENTER -> l'eRDPml vous indique que vous devez suivre la règle 2 (palier de sécurité à 3 m) -> ENTER -> intervalle de surface minimum 42 min.
- On peut vous demander de calculer le PG lors d'une plongée à paliers (par exemple Niveau 1: 29m, 8'; Niveau 2: 19m, 12'; Niveau 3: 14m, 18') :
 - 1) Notez toutes les informations dont vous disposez dans le schéma et ajoutez toutes celles que vous découvrez
 - 2) Sélectionnez MODE -> Planification de plongée -> ENTER -> Plongée à paliers ? -> OUI -> Première plongée ? -> OUI -> Niveau 1 ? -> 29 ENTER -> l'eRDPml vous indique que la NDL est de 20 minutes -> ENTER -> ABT ? 8 -> ENTER -> l'eRDPml vous indique que le PG après le premier niveau est C -> ENTER -> Niveau 2 ? -> 19 -> ENTER -> l'eRDPml vous indique que la limite de plongée à paliers (ML) est de 27 minutes -> ENTER -> ABT ? 12 -> l'eRDPml vous indique que le PG après le deuxième palier est J -> ENTER -> Niveau 3 ? -> 14 ENTER -> l'eRDPml vous indique que vous dépassez les limites. Vous devez passer à une profondeur moindre -> 12 ENTER -> l'eRDPml vous informe que la limite multiniveaux est de 87 minutes -> ENTER -> ABT ? 18 -> l'eRDPml vous informe que vous devez suivre la règle 2 (palier de sécurité à 3 m) -> ENTER -> l'eRDPml vous informe que le groupe de pression après cette plongée est M.

5 Compétences et environnement

- La technique **CESA** : cela signifie Controlled Emergency Swimming Ascent (Remontée d'urgence contrôlée à la nage); lors de son exécution, l'élève doit avoir tout son équipement en place, remonter à une vitesse ne dépassant pas 18 m/min, garder la main droite au-dessus de la tête, la main gauche sur le bouton de dégonflage du gilet stabilisateur (BCD) et regarder vers le haut en émettant un son continu « aaah », tout en expirant pendant la remontée.
- La technique de contrôle de flottabilité (The Buoyancy Check): le plongeur, dans une eau trop profonde pour se tenir debout, doit flotter au niveau des yeux tout en retenant son souffle normalement et sans air dans son gilet stabilisateur.
- **Compétence de l'exercice 7** (voir le fichier Rescue Steps.pdf):
 - Dans l'eau, vous ne pouvez pas pratiquer la RCP ; vous devez donc suivre les étapes suivantes :
 - 1) Arrêtez-vous, réfléchissez, agissez. Mettez votre détendeur en bouche, assurez-vous que vous n'êtes pas en danger, appelez le plongeur pour vérifier s'il est conscient, puis approchez-vous.
 - 2) Retournez le corps, approchez-vous par la droite (pour faciliter le lâcher de la ceinture de plomb), établissez une flottabilité positive. Gonflez les deux gilets stabilisateurs, lâchez les deux ceintures, retirez les deux détendeurs et retirez les deux masques.
 - 3) Ouvre les voies respiratoires, vérifiez la respiration (regardez, écoutez et palpez) -> Appelez à l'aide
 - 4) Donnez 2 insufflations de secours
 - 5) Protégez les voies respiratoires et donnez un souffle toutes les 5 secondes
 - 6) Remorquez la victime jusqu'au rivage ou au bateau tout en retirant son équipement (la respiration est prioritaire).
 - Le contrôle pré-immersion (Buddy-Check)
 - Anglais: (Breakfast With Rice And Friends - B.W.R.A.F.)
 - BCD, Weights, Releases, Air, Final OK (fins, mask, computer with right gas set):
 - Française: (B.A.L.L.O. – « Danse » en italien)
 - Bouée – gilet stabilisateur, Air, Lestage, Largage, OK Finale (Palmes, masque, ordinateur avec le gaz approprié)
 - Technique de navigation à la boussole (Compass navigation): assurez-vous que l'élève a les bras dans la bonne position, à plat, et qu'il ne nage pas vers la surface. Pour naviguer :
 - Sur un cap réciproque, faites tourner la lunette de 180 degrés
 - Sur un carré, tournez de 90 degrés
 - Sur un triangle, tournez de 120 degrés.
 - Compétences en recherche et récupération (Search and Recovery):
 - Modèles de recherche : recherche en U (U pattern), carré en expansion (Expanding square), modèle de recherche circulaire (Circular search pattern). Lors du choix du modèle, tenez compte des éléments suivants : courant, visibilité, expérience des plongeurs, topographie sous-marine et taille de l'objet.
 - Utilisez un sac de levage pour les objets pesant plus de 4 à 7 kg.

- La source d'air de secours doit se trouver dans le triangle formé par le menton et les coins inférieurs de la cage thoracique.
- La mer :
 - Les vagues sont directement causées par le vent et commencent à déferler lorsque la profondeur atteint 1,3 fois la hauteur de la vague
 - Les marées sont principalement causées par la lune et le soleil
 - Les courants océaniques sont causés par la direction du vent et la rotation de la Terre. C'est ce qu'on appelle l'effet Coriolis. (Dans l'hémisphère nord, les courants se déplacent dans le sens des aiguilles d'une montre ; dans l'hémisphère sud, ils se déplacent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
- Environnement :
 - Ayez un poids correct
 - Ne touchez à rien

www.dive-education.com