

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### QUESTION 1 : Organisation d'un examen GP-N4 (10 pts)

Dans le cadre d'un stage N4-GP organisé par votre CTR, vous êtes en charge de l'organisation de l'examen. Celui-ci se déroulera sur 2 jours dans une SCA et le Groupe 3 a déjà été réalisé.

Après avoir précisé les conditions de candidatures et les conditions générales d'organisation de cet examen, vous proposerez un planning et formerez le jury sachant qu'il y a 8 candidats, que le pilotage des embarcations est assuré par la structure d'accueil. Vous justifierez vos choix de composition du jury.

### QUESTION 2 Froid et levage (7 points)

Vous êtes le directeur de plongée au cours d'une plongée sur l'épave « France » dans le lac d'Annecy par 40 mètres de fond. La pression atmosphérique en surface est supposée de 1 bar.

Vous êtes en plein été, la température de l'eau est de 20°C en surface et de 4°C au fond dans une eau de densité 1,2 (choisie par commodité de calcul).

Lors de cette plongée quelles sont les consignes que vous donnez pour assurer cette plongée en toute sécurité ?

- a) Pour l'ensemble des plongeurs. (1 pt)
- b) Pour les plongeurs en autonomie et les guides de palanquée. (2 pts)

Au cours de cette plongée vous découvrez une ancre d'un volume de 50 litres et d'une densité de 3. Vous décidez de remonter l'ancre à l'aide d'un parachute de levage de 1m<sup>3</sup> dont le poids apparent dans l'eau est nul et que vous attachez à même l'ancre.

- c) quelle sera la quantité d'air nécessaire au fond pour que l'ancre remonte seule ? (2 pts)
- d) quel sera le volume du parachute au fond et à la surface ? (2 pts)

### QUESTION 3 : Gonflage Nitrox (3 pts)

Vous voulez regonfler un bloc de 12 L qui contenait un mélange Nitrox permettant de descendre à 30 m maxi. Comme il reste 50 b dans le bloc, vous complétez avec de l'air en vous servant de votre compresseur pour atteindre 200 b. (Composition de l'air : 80%N<sub>2</sub>-20%O<sub>2</sub>. Limite de toxicité de l'oxygène : 1.6b)

- a) Donnez le taux en oxygène du mélange obtenu.
- b) Quelle est la nouvelle profondeur maximale possible avec ce bloc ?

REFERENTIEL DE CORRECTION

**QUESTION 1 : Organisation d'un examen GP-N4 (10 pts)**

Dans le cadre d'un stage N4-GP organisé par votre CTR, vous êtes en charge de l'organisation de l'examen. Celui-ci se déroulera sur 2 jours dans une SCA et le Groupe 3 a déjà été réalisé.

Après avoir précisé les conditions de candidatures et les conditions générales d'organisation de cet examen, vous proposerez un planning et formerez le jury sachant qu'il y a 8 candidats, que le pilotage des embarcations est assuré par la structure d'accueil. Vous justifierez vos choix de composition du jury.

*Conditions de candidatures : (3pts) :*

- *Etre titulaire de la licence FFESSM en cours de validité.*
- *Etre âgé de 18 ans au moins le jour du début de l'examen.*
- *Etre titulaire du brevet Niveau 3 de la FFESSM ou d'un brevet ou attestation admis en équivalence.*
- *Etre titulaire de la carte RIFA Plongée de la FFESSM.*
- *Fournir les attestations d'aptitude A1, A2, A3, A4 et A5 :*
- *Ces aptitudes doivent être attestées par un MF1 de la FFESSM ou BEES 1 minimum titulaire de la licence fédérale en cours de validité. La durée de validité de chacune de ces attestations est de 9 mois.*
- *Contrôle médical : Certificat Médical d'absence de contre-indication de moins d'un an au jour du passage du brevet délivré par tout médecin.*

*Conditions générales d'organisation : (3pts)*

- *L'organisation de l'examen du brevet de Guide de Palanquée - Niveau 4 (GP-N4) relève de l'autorité d'une Commission Technique Régionale (CTR). Cette organisation peut être déléguée à l'échelon départemental ou club.*
- *Dans tous les cas, la CTR désigne le président du jury et le délégué de la CTR.*
- *Les comités départementaux ou clubs qui désirent organiser un examen doivent en faire la demande à leur CTR d'appartenance, selon les modalités définies par cette dernière et au moins 2 mois avant la date prévisionnelle de début de l'examen, quel qu'en soit le lieu.*
- *Un président de CTR peut regrouper des examens en fonction de la répartition géographique, des dates et (ou) du nombre de candidats.*
- *L'ensemble de l'examen (3 groupes d'épreuves) doit se dérouler de façon continue dans un délai maximum de 4 jours, exception faite de conditions météo très défavorables et jugées telles par le jury.*

*Jury minimum : (1 pt)*

- *Nécessaire : 4 MF2 et/ou BEES2 ou DEJEPS licenciés à la FFESSM, dont 1 sera président du jury et 1 délégué CTR responsable de l'examen et qui ne sont pas de la même structure.*
- *Souhaitable : 4 MF1 et/ou BEES1 ou DEJEPS licenciés à la FFESSM pour effectuer les binômes jurys*
- *Le nombre de jury proposé doit être cohérent et tenir compte de la sécurité dans l'organisation du planning et des ateliers verticaux.*

*Eléments de construction du planning : (3 pts) :*

- *Présentation du jury et de l'organisation de l'examen*
- *L'ensemble des épreuves de l'examen pratique doit apparaître conformément au MFT*
- *S'assurer qu'il n'y a pas plus de 2 plongées par jour, sachant que si un jury a 2 candidats à l'épreuve de conduite de palanquée, il y a 2 plongées pour le jury car on réalise la totalité de l'épreuve pour le premier candidat (briefing, plongée, débriefing) avant de faire passer le second*
- *S'assurer du respect des recommandations CTN sur le nombre maximum de « yoyos » par plongée (2 remontées de 40 m, ...)*
- *S'assurer qu'il n'y a pas d'effort après la plongée (ex. : nage), ni d'apnée*
- *S'assurer qu'il y a au moins un intervalle suffisamment long entre 2 plongées (4H00 mini)*
- *S'assurer que les créneaux réservés pour chaque épreuve sont réalistes (ex. : 1h30 au moins par créneau)*
- *S'assurer que les candidats GP passent tous au moins une fois avec chacun des 4 jurys,*
- *S'assurer qu'une solution a été prévue en cas de problème météo*
- *S'assurer de la cohérence, de l'enchaînement des épreuves et de la sécurité*

*Exemple de planning :*

J1		J2	
08:30 - 09:30	Accueil des candidats et présentation de l'examen	08:00 - 09:30	30' préparation max 500 m capelé
9:30 - 12:00	30' préparation max Mannequin – 2 ateliers	9:30 - 12:00	Départ bateau 10 :00 <b>Plongée 2</b> : Conduite de palanquée
12:00 - 14:00	Déjeuner		
14:00 - 15:30	30' préparation max 800 m PMT	14:00 - 15:30	Matelotage
15:30 - 18:00	Départ bateau 16 :00 <b>Plongée 1</b> : Technique à 40 m	15:30 - 18:00	Départ bateau 15:30 <b>Plongée 3</b> : Apnée à 10 m + DTMR
		18:30	<b>RESULTATS</b>

## QUESTION 2 Froid et levage (7 points)

Vous êtes le directeur de plongée au cours d'une plongée sur l'épave « France » dans le lac d'Annecy par 40 mètres de fond. La pression atmosphérique en surface est supposée de 1 bar.

Vous êtes en plein été, la température de l'eau est de 20°C en surface et de 4°C au fond dans une eau de densité 1,2 (choisie par commodité de calcul).

Lors de cette plongée quelles sont les consignes que vous donnez pour assurer cette plongée en toute sécurité ?

- a) Pour l'ensemble des plongeurs. (1 pt)
- *Même si le Code du Sport ne prévoit que l'Octopus au-delà de 20 m en autonomie, rendre obligatoire un 2<sup>ème</sup> détendeur complet pour tous.*
  - *Imposer l'utilisation de détendeurs spécifiquement certifiés « eaux froides ».*
  - *Utilisation de combinaisons adaptées au milieu (froid).*
  - *Favoriser, l'utilisation d'une combinaison étanche ou à défaut le multicouche plutôt que la mono-pièce tout en gardant une certaine aisance.*
  - *Port des gants obligatoire.*
  - *Maintenir une respiration lente et régulière durant toute la plongée.*
  - *Utilisation du direct système en opposition avec l'inspiration.*
  - *Donner les consignes spécifiques en cas de givrage*
- b) Pour les plongeurs en autonomie et les guides de palanquée. (2 pts)
- *Repérer avant de partir la position des volants de fermeture des robinets où sont montés les détendeurs principaux des membres de leur palanquée.*
  - *Ne pas descendre trop vite.*
  - *Rester à proximité des membres de la palanquée durant toute la plongée.*
  - *Surveiller régulièrement la ventilation des membres de la palanquée afin de surveiller les risques de givrage.*
  - *Surveiller régulièrement les membres de la palanquée, rester attentif au comportement et aux tremblements du au froid.*
  - *Imposer des profils de plongées avec des temps de paliers réduits (moins de 10 minutes).*

Au cours de cette plongée vous découvrez une ancre d'un volume de 50 litres et d'une densité de 3. Vous décidez de remonter l'ancre à l'aide d'un parachute de levage de 1m<sup>3</sup> dont le poids apparent dans l'eau est nul et que vous attachez à même l'ancre.

- c) Quelle sera la quantité d'air nécessaire au fond pour que l'ancre remonte seule ? (2 pts)
- *$P_{abs} = (4 \times 1.2) + 1 = 5.8 \text{ bars}$*
  - *$Poids = 50 \times 3 = 150 \text{ Kg.}$*
  - *$Poussée \text{ d'Archimède} = 50 \times 1.2 = 60 \text{ dm}^3$*
  - *$Donc \text{ poids apparent} = 150 - 60 = 90 \text{ kg}$*
  - *$Volume \text{ d'air nécessaire au fond pour que l'ancre remonte} : 90 / 1.2 = 75 \text{ dm}^3$*
- d) Quel sera le volume du parachute au fond et à la surface ? (2 pts)
- *$Volume \text{ du parachute de levage au fond} : 75 \text{ dm}^3$*
  - *$Quantité \text{ d'air dans le parachute au fond} : 75 \times 5.8 = 435 \text{ litres}$*
  - *$Volume \text{ du parachute de levage en surface en tenant compte de la température} : 435 / (273 + 4) = V / (273 + 20)$*
  - *$Soit V = 1.570 \times 293 = 460.01 \text{ litres}$*

**QUESTION 3 : Gonflage Nitrox (3 pts)**

Vous voulez regonfler un bloc de 12 L qui contenait un mélange Nitrox permettant de descendre à 30 m maxi. Comme il reste 50 b dans le bloc, vous complétez avec de l'air en vous servant de votre compresseur pour atteindre 200 b. (Composition de l'air : 80%N<sub>2</sub>-20%O<sub>2</sub>. Limite de toxicité de l'oxygène : 1.6b)

- a) Donnez le taux en oxygène du mélange obtenu.

$$PPO_2 = P_{abs} \times \% O_2$$

- Calcul du mélange initialement dans le 12 l :

$$1,6 = 4 \times (X/100)$$

$$X = 1,6 \times 100 / 4 = 40 \Rightarrow 40 \% O_2 \text{ et } 60 \% N_2 \quad (1 \text{ pt})$$

- Taux en O<sub>2</sub> obtenu :

$$50 \text{ b} \times 40 \% = 20 \text{ b}$$

$$150 \text{ b} \times 20 \% = 30 \text{ b}$$

$$(30 + 20) / 200 = 1/4 \text{ soit } 25 \% O_2 \quad (1 \text{ pt})$$

- b) Quelle est la nouvelle profondeur maximale possible avec ce bloc ?

$$1,6 = P_{abs} \times 25 \% \Rightarrow P_{abs} = 1,6 \times 4 = 6,4 \text{ b} \Rightarrow \text{Profondeur max} = 54 \text{ m} \quad (1 \text{ pt})$$

**Aspects théoriques de l'activité**  
**Durée 1h30 Coefficient 3**

**QUESTION 1 : Organisation et validation de l'UC10 de l'initiateur (4 pts)**

Le président de votre CTD (Commission Technique Départementale) vous demande d'organiser, d'animer et de valider l'UC10 de l'initiateur (enseignement 0-20m) pour 8 GP ayant effectué leur stage initial initiateur. Cette formation se déroulera dans une structure de bord de mer qui mettra à votre disposition toute la logistique (bateau, pilote, vestiaires, salles de cours équipées d'outils pédagogiques, station de gonflage). Ce stage est programmé sur 3 jours consécutifs. Établissez le programme global de ces trois jours.

**QUESTION 2 : Choix d'achats de matériel (5 pts)**

Le président de votre club vous demande des conseils quant à l'investissement pour remplacer le compresseur du club qui a 20 ans. Vous êtes un club de bord de mer avec une capacité d'accueil de 20 plongeurs simultanément à raison de deux plongées par jour lors des plongées estivales.

- Donner vos critères de choix (modèle, débit, budget...)
- Quel sera l'affichage obligatoire ?
- Quels conseils donneriez-vous quant à l'entretien et au suivi de l'utilisation de ce compresseur ?

**QUESTION 3 : Gonflage Nitrox (7 pts)**

Ce week-end, examen guide de palanquée pour prendre soin de vos jurys, vous leur préparez des blocs nitrox. Vous faites le choix de gonfler les blocs en 30% le matin pour l'exercice de la remontée d'un plongeur en difficulté depuis 40 mètres.

Pour ce faire, vous disposez de 4 tampons de 50 litres gonflés à 350bars en 40/60 ainsi qu'un compresseur pour les compléments à l'air.

Les tampons sont groupés par deux, les deux groupes de tampons peuvent être isolées. La rampe de gonflage est constituée de 5 branchements, vous gonflez donc 5 blocs en même temps.

Vous devez préparer 10 blocs de 15 litres qui, branchés sur la rampe, sont à 50b d'air.

- Décrivez les points à vérifier avant de pouvoir gonfler les blocs.
- Pour amener ces 10 blocs à 200 b en Nitrox 30/70, décrivez l'ordre de gonflage, la proportion de Nitrox 40/60 et d'air utilisés.
- Pour la plongée du samedi après-midi, vous voulez compléter les 10 blocs de 15 litres avec du 40/60 en utilisant ce qui reste dans les tampons après votre premier gonflage. Vous complèterez en air si besoin. Une fois branchés sur la rampe, à l'équilibre, vous constatez que les bouteilles de 15litres sont à 75b en 30/70. Comment procédez- vous ?
- Quels seront les pourcentages finaux en oxygène et azote du mélange que vous aurez obtenu après le gonflage et un temps de repos.

**QUESTION 4 : Les montages en matériel (4pts) :**

Pour chacune des propositions suivantes, expliquer si le montage proposé est judicieux, justifiez votre réponse.

- a) Un niveau 3 a fait l'acquisition d'une combinaison étanche. Ayant un premier étage, seul, non utilisé chez lui, il choisit de monter le direct system de son étanche sur ce premier étage.
- b) Dans le cadre d'une plongée en carrière en février, un plongeur est doté d'un détendeur sur lequel il a branché : ses deux seconds embouts, son manomètre, son direct system de gilet et d'étanche.

## REFERENTIEL DE CORRECTION

### QUESTION 1 : Organisation et validation de l'UC10 de l'initiateur (4 pts)

Le président de votre CTD (Commission Technique Départementale) vous demande d'organiser, d'animer et de valider l'UC10 de l'initiateur pour 8 GP ayant effectué leur stage initial initiateur.

Cette formation se déroulera dans une structure de bord de mer qui mettra à votre disposition toute la logistique (bateau, pilote, vestiaires, salles de cours équipées d'outils pédagogiques, station de gonflage). Ce stage est programmé sur 3 jours consécutifs. Établissez le programme global de ces trois jours.

*Il n'existe pas de programme type mais nous devons cependant retrouver les grands axes de travail :*

- *Les journées se dérouleront sur 7h quotidiennes (ex : 8h30 à 12h30 et de 14h à 17h).*
- *La journée d'apport pédagogique doit précéder les séances de mises en situation sur 20m.*
- *Il doit y avoir des évaluations mises en place au fur et à mesure de ce stage (fiche de suivi, mise en situation, travaux en atelier avec rapporteur...)*
- *Exemple de contenu de la première journée :*
  - *Accueil : vérifications administratives (certificats médicaux à minima médecin du sport de moins de un an, RIFAP, Guide de Palanquée ou niveau 4, stage initial initiateur effectué depuis moins de 3 ans)*
  - *Présentation de l'équipe formatrice, de la formation.*
  - *Apports de pédagogie sur la pratique dans la zone 0-20m (construction de séances avec transfert des acquis sur l'enseignement à 6m, construction de progression pédagogique pour acquérir une qualification, sensibilisation aux ateliers verticaux avec les contraintes que cela implique (nombre de remontées, durée de plongée, profondeur...), évaluation et remédiation de séances pratiques.*
  - *Apports pédagogiques sur l'enseignement de la théorie (sensibilisation sur les connaissances que doit avoir le stagiaire, savoir borner les apports de connaissances théorique pour des élèves qui évolueront dans l'espace 0-20m en PA et/ou en PE. Un test écrit peut être donné aux stagiaires pour qu'ils appréhendent leur besoin en remise à niveau si besoin.*
  - *Rappel de législation en rapport avec la future activité en tant que E2 sous la responsabilité d'un directeur de plongée.*
  - *Attentes sur les différents contenus :*
  - *Les méthodes pédagogiques utilisées (cours magistraux, travaux en atelier, constitution de groupe ou binômes, libellés des sujets donnés pour les travaux en atelier).*
- *Exemple de contenu pour les deux dernières journées : (1 pt)*
  - *Les sujets de mise en situation pour les séances à 20m sont donnés la veille pour une préparation de la présentation du lendemain. Les GP ou N4 seront en binômes avec un E4 ou E3 TSI. Deux plongées par jour et travail en salle.*
  - *Débriefing des séances pratiques et mise en situation sur les pédagogies théoriques au retour des plongées.*
  - *Exemple de sujets de mise en situation pratique : initiation remontée contrôlée pour des PA20, première séance RPD pour des PA20, orientation PA20, autonomie PA20...*
  - *Exemple de sujets de mise en situation théoriques : Barotraumatismes pour des PA20, progression sur la notion de décompression PA20, autonomie PA20, première séances tables MN90 PA20....*



**QUESTION 2 : Choix d'achats de matériel (5 pts)**

Le président de votre club vous demande des conseils quant à l'investissement pour remplacer le compresseur du club qui a 20 ans. Vous êtes un club de bord de mer avec une capacité d'accueil de 20 plongeurs simultanément à raison de deux plongées par jour lors des plongées estivales.

a) Donner vos critères de choix (modèle, débit, budget...) (3 pts)

• **Le débit ? (0,5 pts)**

- Critères de choix de débit, exemple par le calcul :
- L'énoncé indique 20 blocs (que l'on peut supposer de 12 à 15 litres) à gonfler entre deux plongées. Prenons l'exemple de 20 blocs de 15 litres qui seraient à 50bars de pression résiduelle et que nous amenons à 200bars.
- La quantité d'air nécessaire est de  $20\text{blocs} \times 150\text{bars} \times 15\text{ litres} = 45000\text{ litres bars}$  si nous considérons un temps maximal de gonflage de 1h30 (pour laisser le temps au gonfleur de déjeuner) cela nous implique un débit de  $45/1.5 = 30\text{m}^3/\text{h}$  de débit.  
Même calcul pour 2h de gonflage  $45/2 = 22.5\text{m}^3/\text{h}$

• **Neuf ou d'occasion ? (0,5 pts)**

- Un autre critère de choix peut être celui de l'occasion reconditionné ou non, ou le choix d'un équipement neuf.
- L'occasion est **moins onéreux** mais plusieurs inconvénients :
- Est-il vraiment en bon état ? Comment a été suivi l'entretien ? Etat des clapets, soupapes...
- Il est plus difficile de faire des demandes de subvention sur de l'occasion.
- Le neuf est de fait **plus onéreux**, c'est un gros inconvénient mais les demandes de subvention sont plus probables, il y a une garantie constructeur, une certitude quant à l'état de fonctionnement.

• **Quelle énergie ? (0,5 pts)**

Deux cas sont possibles, thermique ou électrique. Il faut que le candidat motive son choix par rapport aux déplacements éventuels de la structure, de la présence ou non du 380volts...

• **Pression de service ? (1 pt)**

Quelle pression de service 200 ?, 220 ?, 230 ?, 300 ? (nouveaux blocs carbonés), 350 ? (si on envisage des tampons par la suite)

• **Autres critères qui peuvent être évoqués : (0,5 pts)**

- Purges automatiques ou non, la majeure partie des neufs sont automatiques.
- air ou nitrox ? ou air et stick ou mélangeur.
- Insonorisé ou non ?
- Marque, modèle ?

b) Quel sera l'affichage obligatoire ? (1 pt)

- Liste des personnes habilitées à gonfler.
- Démarches de gonflages
- Consignes d'utilisation du compresseur (fournies par le fabricant)
- Consignes de chargement (rédigées par l'exploitant, (vérification des TIV, requalifications, état des blocs, pression de service, purges des robinetteries, branchement....)
- Consignes d'entretien (rédigées par l'installateur et l'exploitant)
- Consignes particulières

c) Quels conseils donneriez-vous quant à l'entretien et au suivi de l'utilisation de ce compresseur ? (1 pts)

Il faut désigner une personne qui soit responsable de l'entretien du compresseur, cette personne a à sa disposition :

- Manuel du compresseur, rédigé par le constructeur, c'est une notice technique avec les différents schémas électriques, mécaniques, les références des pièces, les conditions optimales d'utilisation...
- Consignes d'utilisation du compresseur, rédigé par le constructeur.
- Cahier d'entretien rédigé par l'installateur et complété par l'exploitant, mentionnant les niveaux d'huile faits, les changements de filtres...
- Cahier d'intervention, rédigé et complété par l'exploitant, mentionnant les opérations d'intervention mentionnant les changements de pièces éventuelles avec conservation des facteurs de prestataires ou pièces.
- Cahier de gonflage, rédigé par l'exploitant et complété par les gonfleurs en mentionnant le nombre de gonflages, le nombre d'heures de marches avant et après gonflage...

### **QUESTION 3 : Gonflage Nitrox (7 pts)**

Ce week-end, examen guide de palanquée pour prendre soin de vos jurys, vous leur préparez des blocs nitrox. Vous faites le choix de gonfler les blocs en 30% le matin pour l'exercice de la remontée d'un plongeur en difficulté depuis 40 mètres.

Pour ce faire, vous disposez de 4 tampons de 50 litres gonflés à 350bars en 40/60 ainsi qu'un compresseur pour les compléments à l'air.

Les tampons sont groupés par deux, les deux groupes de tampons peuvent être isolées. La rampe de gonflage est constituée de 5 branchements, vous gonflez donc 5 blocs en même temps.

Vous devez préparer 10 blocs de 15 litres qui, branchés sur la rampe, sont à 50b d'air.

- a) Décrivez les points à vérifier avant de pouvoir gonfler les blocs (2 pts).

Nous sommes sur du gonflage à moins de 40% d'oxygène, nous pouvons donc utiliser des blocs air. Il faut cependant bien les identifier (cerclage 'nitrox', feuille plastifiée sous le filet...), pour que les bouteilles ne soient pas prises par d'autres plongeurs et/ou utilisé à des profondeurs supérieures à la MOD. Un marquage doit donc être présent sur le bloc, par le gonfleur d'une part, mentionnant le pourcentage en oxygène, la date du gonflage et le nom du gonfleur. Par le plongeur d'autre part, mentionnant le pourcentage en oxygène, la MOD (maximum operating depth) ou PMU (profondeur maximale d'utilisation), son nom, la pression de la bouteille, la date de l'analyse.

Il faut également vérifier que les blocs sont bien à jour de requalification.

- b) Pour amener ces 10 blocs à 200 b en Nitrox 30/70, décrivez l'ordre de gonflage, la proportion de Nitrox 40/60 et d'air utilisés (2 pts)

#### **Données**

- 4 tampons groupés par 2 nommés « G1 » pour le premier groupe et « G2 » pour le second
- Caractéristiques de G1 350 bars, 100l, 40/60 soit une constante de 35000
- Caractéristiques de G2 350 bars, 100l, 40/60 soit une constante de 35000
- 2 fois 5 blocs de 15 l d'air à 50 bars soit 20/80

Remarque : dans un bloc mettre une constante de 15 de 40/60 et une constante de 15 de 20/80 dans un 15 l vide (0 bars absolu) permet d'obtenir 2 bars en 30/70

- Conséquences : si le 15 l contient 50 bars d'air on rajoute 50 bars de 40/60 on obtient 100 bars en 30/70 pour 200 bars il faut le double d'air et le double de 40/60
- Constante nécessaire de 40/60 pour un 15l =  $100 \times 15 = 1500$
- Pour 5 blocs la constante sera de  $5 \times 1500$  soit 7500 que nous prélèverons dans G1 où il restera  $35000 - 7500$  soit une constante de 27500
- Pour les 5 suivants la constante dans G1 passera à 20 000 soit une pression de 200 bars
- G2 restera à 350 bars

Pour la plongée du samedi après-midi, vous voulez compléter les 10 blocs de 15 litres avec du 40/60 en utilisant ce qui reste dans les tampons après votre premier gonflage. Vous complèterez en air si besoin. Une fois branchés sur la rampe, à l'équilibre, vous constatez que les bouteilles de 15 litres sont à 75b en 30/70.

c) Comment procédez- vous ? (2 pts)

- en appliquant le même protocole il faudra ajouter de 62.5 bars de 40/60 (les 125 bars manquant moitié air moitié 40/60)
- 5 blocs G1 doit alors fournir une constante de 4687,5 il restera une constante totale  $20000 - 4687,5$  soit 15312.5 donc une pression de 153,125 dans G1
- 5 blocs suivant on équilibre constante totale 20937.5 soit une pression générale de 119,64 il faudrait 137.5 dans les blocs avant l'ajout d'air soit une augmentation de 17,86 bars par prélèvement dans G2
- Soit une constante de 1339,5
- Il restera  $35000 - 1339,5 = 33660,5$  soit une pression de 336,605 bars

d) Quels seront les pourcentages finaux en oxygène et azote du mélange que vous aurez obtenu après le gonflage et un temps de repos. (1 pt)

- question sans objet impossible d'équilibrer la pression serait alors de 234 bars dans les blocs
- donc 30/70 pour les blocs
- 40/60 pour les tampons

#### QUESTION 4 : Les montages en matériel (4pts) :

Pour chacune des propositions suivantes, expliquer si le montage proposé est judicieux, justifiez votre réponse.

- a) Un niveau 3 a fait l'acquisition d'une combinaison étanche. Ayant un premier étage, seul, non utilisé chez lui, il choisit de monter le direct system de son étanche sur ce premier étage (2 pts)  
Ce montage n'est pas judicieux, le direct system est un mécanisme avec un clapet amont. Si pour une raison quelconque (clapet de premier étage défectueux par exemple), la pression intermédiaire augmente dans le flexible du direct system, l'air ne peut s'échapper, il y a un risque d'éclatement du flexible.

Pour pallier ce problème, il y a la possibilité de monter une soupape de surpression sur le premier étage de détenteur.

- b) Dans le cadre d'une plongée en carrière en février, un plongeur est doté d'un détendeur sur lequel il a branché : ses deux seconds embouts, son manomètre, son direct system de gilet et d'étanche. (2 pts)
- Ce montage n'est pas judicieux, quand le gaz sous haute pression se détend la température chute, si cette baisse brutale de température n'est pas compensée par le milieu ambiant, des cristaux de glace se forment et bloquent le mécanisme du détendeur. Plus le débit est important, plus le risque de givrage est élevé. Si on inspire, gonfle le gilet et/ou l'étanche en même temps par exemple.
  - La configuration idéale est donc d'avoir deux premiers étages. Sur l'un d'entre eux on branche le détendeur principal, le manomètre et le direct system de l'étanche, sur l'autre l'octopus et le direct system du gilet.

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### QUESTION N°1 : Gonflage (8 pts)

Votre club a deux compresseurs. Il est maintenant équipé de 2 compresseurs débitant chacun 12m<sup>3</sup>/h. Vous disposez d'une rampe avec 6 sorties alimentées par 4 tampons pouvant être indépendants de 50 litres chacun, gonflés à 300 bars (lus au manomètre)

En pleine saison estivale, vous avez en moyenne 12 blocs à gonfler à chaque sortie, soit 4 blocs 15 l, 6 blocs 12 l et 2 bi-bouteilles 2x8 l. Les blocs ont une pression de service de 200 bars.

Lorsqu'ils reviennent au gonflage, les blocs contiennent en moyenne une pression résiduelle de 50 bars.

Toutes les pressions sont lues au manomètre et vous ne tiendrez pas compte des variations dues à la température (excepté pour la question d).

- Combien de temps les compresseurs doivent-ils fonctionner pour gonfler tous les blocs sans utiliser les tampons ? (2 pts)
- Vous souhaitez remplir le maximum de blocs à 200b uniquement avec les tampons. En remplissant en priorité les 2 bi et 4 15l, quelle sera la méthode la plus efficace entre utiliser les 4 tampons simultanément ou l'un après l'autre? Explicitez par le calcul et précisez la pression finale dans les 12 blocs (3 points)
- En gardant la méthode la plus efficace, combien de temps le compresseur devra-t-il tourner pour compléter les bouteilles-tampon à 300 b ? (2 pts)
- Le lendemain matin, il fait déjà 20°C. Avant de distribuer les blocs, vous vérifiez leur pression et vous constatez qu'elle est descendue à 180 b. Expliquez la raison pour laquelle les blocs semblent avoir perdu 20 b et étayez par le calcul. (1 pt)

### QUESTION N°2 : Levage et flottabilité (6 pts)

Votre club a eu l'autorisation d'installer un mouillage fixe. Pour ce faire, vous allez déplacer un bloc d'ancrage de 100 litres et de masse volumique de 4 kg/l sur un fond de 18 m.

Vous avez à votre disposition un parachute de levage de 500 litres (on ne tiendra pas compte de sa masse volumique pour les calculs) qui se trouvera à 3 m au-dessus du fond une fois mis en place avec ses sangles.

- Vous disposez de 100 b d'une bouteille de 6 l. Cela suffira-t-il à déplacer le bloc d'ancrage du fond de 15 m sur lequel il est posé ? Justifiez par le calcul (3pts)
- Quelle longueur de bout devez-vous prévoir pour pouvoir soulever ce bloc ? (3pts)

### QUESTION 3 : Organisation (6pts)

Le président de votre club vous demande d'organiser l'examen N4 de 6 candidats, en intégrant 2 E3 nouvellement diplômés. Vous avez en charge d'établir le planning de l'examen complet qui se déroulera sur un WE prolongé (2,5 jours), de définir la constitution des jurys et leur répartition et de présenter le tout sous forme d'un tableau destiné aux candidats.

Vous justifierez vos choix en matière de sécurité et de réglementation/préconisations.

REFERENTIEL DE CORRECTION

QUESTION N°1 : Gonflage (8 pts)

Votre club a deux compresseurs. Il est maintenant équipé de 2 compresseurs débitant chacun 12m<sup>3</sup>/h. Vous disposez d'une rampe avec 6 sorties alimentées par 4 tampons pouvant être indépendants de 50 litres chacun, gonflés à 300 bars (lus au manomètre)

En pleine saison estivale, vous avez en moyenne 12 blocs à gonfler à chaque sortie, soit 4 blocs 15 l, 6 blocs 12 l et 2 bi-bouteilles 2x8 l. Les blocs ont une pression de service de 200 bars.

Lorsqu'ils reviennent au gonflage, les blocs contiennent en moyenne une pression résiduelle de 50 bars. Toutes les pressions sont lues au manomètre et vous ne tiendrez pas compte des variations dues à la température (excepté pour la question d).

- a) Combien de temps les compresseurs doivent-ils fonctionner pour gonfler tous les blocs sans utiliser les tampons ? (2 pts)
- $PV = 150 \times (4 \times 15 + 2 \times 16 + 6 \times 12) = 24600 \text{ l} = 24,6 \text{ m}^3$
  - $24,6 / 24 = 1,025 \text{ heure} = 1 \text{ h } 1' \text{ et } 30''$
- b) Vous souhaitez remplir le maximum de blocs à 200b uniquement avec les tampons. En remplissant en priorité les 2 bi et 4 15l, quelle sera la méthode la plus efficace entre utiliser les 4 tampons simultanément ou l'un après l'autre? Explicitez par le calcul et précisez la pression finale dans les 12 blocs (3 points)
- *si on utilise les 4 tampons simultanément :*
    - gonflage de la première série de 6 blocs à 200b :  $150 \times (4 \times 15 + 2 \times 16) = 13800 \text{ l}$
    - $13800 / (4 \times 50) = 69 \text{ b}$
    - reste dans les tampons :  $300 - 69 = 231 \text{ b}$
    - Gonflage de la deuxième série (6 blocs 12l) : équilibrer
    - $50 \times (6 \times 12) + 231 \times (4 \times 50) / 272 = 183 \text{ b}$  dans les 12 l
    - Les 12l doivent passer par le compresseur pour être complété à 200 b
  - *si on utilise un bloc tampon à la fois :*
    - 1er T :  $(4 \times 15 + 2 \times 16) \times 50 + 300 \times 50 / (4 \times 15 + 2 \times 16 + 50) = 138 \text{ b}$
    - 2e T :  $(4 \times 15 + 2 \times 16) \times 138 + 300 \times 50 / (4 \times 15 + 2 \times 16 + 50) = 195 \text{ b}$
    - 3e T :  $(4 \times 15 + 2 \times 16) \times (200 - 195) = 460 \text{ l}$  pour atteindre 200 b.
    - $460 / 50 = 9,2 \text{ b}$  reste  $300 - 9,2 = 290,8 \text{ b}$  dans le 3e tampon
    - 3e T :  $(6 \times 12) \times 50 + 290,8 \times 50 / (6 \times 12 + 50) = 148,69 \text{ b}$
    - 4e T :  $(6 \times 12) \times (200 - 148,69) = 3694,32 \text{ l}$  à transférer pour atteindre 200 b
    - $3694,32 / 50 = 73,89 \text{ b}$  reste  $300 - 73,89 = 226,11 \text{ b}$  dans le 4e tampon
  - Cette deuxième méthode est la meilleure pour gonfler tous les blocs à 200 b sans passer par le compresseur
- c) En gardant la méthode la plus efficace, combien de temps le compresseur devra-t-il tourner pour compléter les bouteilles-tampon à 300 b? (2 pts)
- $(300 - 226,11) \times 50 + (300 - 138) \times 50 + (300 - 195) \times 50 + (300 - 148,69) \times 50 = 24610 \text{ l} = 24,61 \text{ m}^3$
  - 1h'31" pour compléter les 4 tampons.



- d) Le lendemain matin, il fait déjà 20°C. Avant de distribuer les blocs, vous vérifiez leur pression et vous constatez qu'elle est descendue à 180 b. Expliquez la raison pour laquelle les blocs semblent avoir perdu 20 b, et étayez par le calcul. (1 pt)
- *Après le gonflage la température du bloc va baisser avec la température extérieure de la nuit, et donc la pression dans le bloc également.*
  - *$P_1/T_1 = P_2/T_2$*
  - *$180/(273+20) = 200/T_2 \quad T_2 = 200 \times (273+20)/180 = 325,55 \text{ K}$  Température en fin de gonflage = 52,55°C*
  - *il y a une relation directe entre la température du bloc et sa pression. Si la température chute la pression du bloc également. Il y toujours la même quantité d'air mais son expression en pression varie de manière proportionnelle à la température*

### QUESTION N°2 : Levage et flottabilité (6 pts)

Votre club a eu l'autorisation d'installer un mouillage fixe. Pour ce faire, vous allez déplacer un bloc d'ancrage de 100 litres et de masse volumique de 4 kg/l sur un fond de 18 m.

Vous avez à votre disposition un parachute de levage de 500 litres (on ne tiendra pas compte de sa masse volumique pour les calculs) qui se trouvera à 3 m au-dessus du fond une fois mis en place avec ses sangles.

- c) Vous disposez de 100 b d'une bouteille de 6 l. Cela suffira-t-il à déplacer le bloc d'ancrage du fond de 15 m sur lequel il est posé ? Justifiez par le calcul (3pts)
- *Le bloc d'ancrage pèse  $100 \times 4 = 400 \text{ kg}$*
  - *La poussée = 100 kg*
  - *$PA = 400 - 100 = 300 \text{ kg}$*
  - *Il faut que l'air contenu dans le parachute subisse une poussée d'Archimède de 300 kg, pour l'équilibre*
  - *A 15 m,  $P$  ambiante = 2,5 bars  $\rightarrow V \text{ max parachute} = (100 \text{ b} \times 6 \text{ l})/2,5 \text{ b} = 240 \text{ litres}$*
  - *poids apparent du bloc = masse bloc - poussée Archi sur bloc - poussée Archi sur parachute =  $400 - 100 - 240 \rightarrow$  Poids apparent restant = 60 kg*
  - *Il manque 60 kg de poussée*
- d) Quelle longueur de bout devez-vous prévoir pour pouvoir soulever ce bloc ? (3pts)
- *Variation de profondeur pour que les 240 litres d'air dans le parachute à 15 mètres deviennent 300 litres.*
  - *$2,5 \times 240 = P_2 \times 300 \rightarrow P_2 = 600/300 = 2 \text{ b}$  soit une profondeur de 10 m*
  - *Une fois installé, le bout devra donc faire au moins 5 m afin d'amener le parachute de la profondeur initiale de 15 m, à la profondeur calculée de 10*

### QUESTION 3 : Organisation (6pts)

Le président de votre club vous demande d'organiser l'examen N4 de 6 candidats, en intégrant 2 E3 nouvellement diplômés. Vous avez en charge d'établir le planning de l'examen complet qui se déroulera sur un WE prolongé (2,5 jours), de définir la constitution des jurys et leur répartition et de présenter le tout sous forme d'un tableau destiné aux candidats.

Vous justifierez vos choix en matière de sécurité et de réglementation/préconisations.

- Comme les propositions seront multiples, le jury vérifiera la cohérence et la faisabilité de l'examen
- Il évaluera leur pertinence sur le plan de la sécurité..
- Il prendra ainsi en compte, dans les justifications, le respect des préconisations de la CTN, la chronologie des épreuves, choix des sites, nombre de moniteurs...
- On pourra rechercher si les propositions permettent une rotation correcte des candidats dans les différents jurys.
  
- Composition optimale du jury.
  - 1 jury pour 2 candidats, Pas plus de 50% de E3 soit pour 6 candidats :
  - 3 MF2 et/ou BEES2 ou DEJEPS licenciés dont 1 sera président du jury et 1 délégué CTR, responsable de l'examen.
  - Les 2 E3 en binôme avec 1 E4

Possibilité de planning

HEURES	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
8h30		• 800m PMT	• Apnée • Mannequin
9h30 11h30		• Epreuves à 40 m	• Epreuve de conduite de palanquée
<b>REPAS MIDI</b>			
14h 00	• Présentation du planning aux candidats. • Epreuves théoriques (hors matériel)	• Oral Matelotage sur le quai	• 500 capelé
17h30	• DTMR de 25 m	• Matériel	• Délibération • Remise des diplômes
20h00	Correction des écrits		

- Règles de sécurité appliquées dans la construction de ce programme.
  - Pas d'effort après les plongées.
  - Pas d'apnée après une plongée profonde
  - 1 natation maximum demi-journée.
  - Pas de noria pour les ateliers verticaux.
  - Pas de profil de plongée inversé dans la même journée (plongée profonde le matin)
  - Temps de récupération et de désaturation = 4 heures entre 2 plongées
  - Prise en compte des conditions météorologiques (température, visibilité, etc. ...) pour programmer la durée et l'ordre des épreuves.
  - Respecter le nombre de « yoyos » maximum par plongée de la CTN : (4 à 20m, 3 à 30m et 2 à 40m).
  - Adaptation aux conditions météo (solution de repli)...



**Aspects théoriques de l'activité**  
**Durée 1h30 Coefficient 3**

**QUESTION 1 (6 points)**

Un plongeur s'immerge avec un bloc de 15L à 200 bars pour une plongée profonde. On considère la consommation moyenne de ce plongeur en surface à 15l/min :

- Calculez la chute de pression, en bars par minute, lue au manomètre à 40m, à 50 m et à 60m pour ce bloc de 15L (1,5pt)
- Comment pouvez-vous utiliser ce calcul pour sensibiliser vos plongeurs aux risques d'une panne d'air et à l'organisation de la plongée profonde ? (4,5pts)

**QUESTION 2 (7 points)**

Nous sommes en janvier et le président de votre CODEP vous confie l'organisation de la formation pratique des guides de palanquée sur trois week-ends, répartis de mars à mai. L'objectif est de leur permettre de se présenter à l'examen à partir de mi juin. Le profil des 8 candidats est le suivant :

- ils sont titulaires du niveau 3 depuis 1 an pour le plus jeune et 5 ans pour le plus ancien
  - ils ont une vingtaine de plongées dans l'année qui précède leur préparation (dont une dizaine dans la zone de 40m)
- Proposez un planning de ces trois week-ends (4pts)
  - Quelles consignes particulières donneriez-vous aux moniteurs lors du premier week-end ? (3pts)

**QUESTION 3 (7 points)**

Le président de votre club sollicite votre expertise pour l'achat d'un nouveau compresseur. Il vous demande de le dimensionner, sachant que :

- le club dispose d'un semi rigide de 16 plongeurs
  - le parc de bouteilles est composé à part égale de 12 et de 15 litres à 200 bars de pression de service
  - le club sort en général matin et après-midi, le samedi et le dimanche
  - le président souhaite pouvoir regonfler entre deux plongées pendant maximum 2h00
  - on considèrera qu'il reste 50 bars de pression résiduelle dans les blocs
  - on fait l'hypothèse que l'air est un gaz parfait jusqu' à 300 bars.
- Calculez le débit optimal (en m<sup>3</sup> par heure) du compresseur qu'il faudra acquérir. (2pts)  
On considère 8 blocs 12 l et 8 blocs 15l par sortie  
NB : on ne tiendra pas compte du bloc de sécurité
  - Faites une proposition d'installation de tampons de 50 litres à 300 bars (groupés par trois), en reliant tous les blocs de plongée à gonfler ensemble, afin de ne pas avoir besoin d'utiliser le compresseur pendant la pause méridienne, et prendre le repas au calme en compagnie de tous. (3pts)  
Vous arrondirez chaque résultat intermédiaire à l'unité la plus proche.  
On considère que la température des gaz est restée constante pendant toutes les manipulations.
  - Si l'on fait l'hypothèse qu'après gonflage des tampons à 300 bars la température de l'air des tampons est de 42°C et qu'elle est redescendue à 17°C au moment du gonflage des blocs de plongée, le dispositif de tampons peut-il être le même qu'à la question c ? (1,5 pts)
  - Après la réponse purement théorique à la question précédente, quel conseil pratique donneriez-vous à votre président pour économiser les finances du club. Vous justifierez vos conseils par le calcul. (2 pts)

## Référentiel de correction

### QUESTION 1 (6 points)

Un plongeur s'immerge avec un bloc de 15L à 200 bars pour une plongée profonde. On considère la consommation moyenne de ce plongeur en surface à 15l/min :

- a) Calculez la chute de pression, en bars par minute, lue au manomètre à 40m, à 50 m et à 60m pour ce bloc de 15L (1,5pts)
- *La chute de pression lue au manomètre représente à partir de la formule :  $\{(Pb1 \times Vb) - (Cp \times Pabs)\} / Vb = Pb2$  lue au manomètre après une minute, avec :*
    - *Pb1 : pression initiale de bloc*
    - *Vb : Volume du bloc*
    - *Cp : consommation du plongeur en surface*
    - *Pabs : pression absolue*
    - *Pb2 : pression restante dans le bloc après une minute de respiration*
    - *Ou  $(Pb1 - Pb2) = Cp * Pabs / Vb$*
  - *$\{(200 \times 15) - (15 \times 5)\} / 15 = 195$  bars lu au manomètre après une minute soit 5 bars par minute à 40m*
  - *$\{(200 \times 15) - (15 \times 6)\} / 15 = 194$  bars lu au manomètre après une minute soit 6 bars par minute à 50m*
  - *$\{(200 \times 15) - (15 \times 6)\} / 15 = 193$  bars lu au manomètre après une minute soit 7 bars par minute à 60m*
  - *Ou*
  - *$Pb1 - Pb2 = 15 \times 5 / 15 = 5$  à 40m ; 6 à 50m, 7 à 60m*
- b) Comment pouvez-vous utiliser ce calcul pour sensibiliser vos plongeurs aux risques d'une panne d'air et à l'organisation de la plongée profonde ? (4,5pts)
- *Il est important de faire prendre conscience aux plongeurs de cette chute. Cette démonstration leur permettra de calculer rapidement une consommation au fond et de s'apercevoir qu'à ces profondeurs, la chute de la pression est particulièrement rapide (ex : 60b en 10 minutes pour une plongée à 50m et 72B en 12 minutes). Parallèlement la saturation augmente durant le séjour au fond, provoquant le rallongement de la durée des paliers, ce qui peut engendrer des problèmes de gestion de l'air.*
  - *Pour l'organisation de plongées profondes, il conviendra d'attirer l'attention des pratiquants sur :*
    - *La nécessité de planifier la plongée en fonction de la consommation et de définir un temps de fin de plongée, une pression mini de remontée, et un temps maxi de palier*
    - *leur cohésion de palanquée pour une surveillance mutuelle efficace et une prise en charge rapide en cas de besoin*
    - *la nécessité de quitter rapidement la zone lorsque la décision de remonter est prise*
    - *le besoin de contrôler régulièrement leur manomètre, et de manière plus rapprochée par rapport à une plongée moins profonde (on s'attachera dans les enseignements de la plongée profonde à développer ce réflexe)*
    - *la gestuelle parasite, qui doit être limitée à ces profondeurs pour éviter toute surconsommation*
    - *l'adaptation de la combinaison pour éviter le froid qui va induire une surconsommation excessive*

### QUESTION 2 (7 points)

Nous sommes en janvier et le président de votre CODEP vous confie l'organisation de la formation pratique des guides de palanquée sur trois week-ends, répartis de mars à mai. L'objectif est de leur permettre de se présenter à l'examen à partir de mi juin. Le profil des 8 candidats est le suivant :

- ils sont titulaires du niveau 3 depuis 1 ans pour le plus jeune et 5 ans pour le plus ancien
  - ils ont une vingtaine de plongées dans l'année qui précède leur préparation (dont une dizaine dans la zone de 40m)
- a) Proposez un planning de ces trois week-ends en précisant les moyens humains nécessaires pour réaliser cette formation (4pts)
- Plusieurs plannings sont évidemment possibles. Dans la proposition du candidat, le jury s'attachera à vérifier:*
- *le réalisme de la proposition vis à vis de la saturation, la sécurité, la fatigue (multiplication des remontées, zones d'évolution)*
  - *la cohérence des contenus vis à vis des exigences de la FFESSM et de la progression pédagogique*
  - *le réalisme des temps de repos et des temps consacré à l'esprit associatif au sein d'un club FFESSM*
  - *les éléments de sécurité induits par l'emploi du temps (repos, adaptation des plongées aux horaires d'arrivée et de départ ...)*
  - *le réalisme des moyens humains (cadres, pilote, ...)*
  - *le réalisme par rapport aux objectifs possibles de chaque week end*

b) Quelles consignes particulières donneriez-vous aux moniteurs lors du premier week-end ? (3pts)

*Les objectifs de ce 1<sup>er</sup> week-end sont d'évaluer les acquis des élèves, de commencer la formation GP et d'instaurer une bonne ambiance de/dans le groupe. Ces consignes seront donc articulées autour de 3 axes :*

- *Assurer la sécurité :*
  - *Demander l'expérience de ses élèves.*
  - *Date des dernières plongées, profondeurs, ... + adapter les plongées à ces éléments.*
  - *Limiter le nombre d'élèves par palanquées,*
  - *Etre attentif au froid, mal de mer, anxiété, ...*
  - *Gérer les risques de narcose (progressivité des profondeurs, ...)*
- *Enseigner :*
  - *Evaluer les acquis : capacité à s'équilibrer (lestage, maîtrise du gilet, tenue du paliers, ...), consommation d'air, capacité à se déplacer (palmage, condition physique, ...), configuration matérielle (position du 2<sup>nd</sup> détenteur, ...), gestion du parachute de palier.*
  - *Commencer la formation GP : apporter des correctifs pour améliorer les éléments évalués (s'équilibrer, consommation d'air, propulsion, configuration matérielle, ...), faire les séances indiquées dans le planning de la question précédente.*
- *Faire plaisir :*
  - *Favoriser l'entraide entre les plongeurs (vérif matérielles, s'aider à porter le bloc, aide à l'équipage, ...),*
  - *Prévoir une partie d'exploration durant la plongée,*
  - *Partager son expérience d'encadrant (guidage de palanquée, ...),*
  - *Penser à amener des bonbons (Carambar, Chamalows, ...), une plaquette de chocolat ou des viennoiseries pour partager après la plongée... ou tout autre élément favorisant la convivialité !*

### **QUESTION 3 (7 points)**

Le président de votre club sollicite votre expertise pour l'achat d'un nouveau compresseur. Il vous demande de le dimensionner, sachant que :

- le club dispose d'un semi rigide de 16 plongeurs

- le parc de bouteilles est composé à part égale de 12 et de 15 litres à 200 bars de pression de service
- le club sort en général matin et après-midi, le samedi et le dimanche
- le président souhaite pouvoir regonfler entre deux plongées pendant maximum 2h00
- on considèrera qu'il reste 50 bars de pression résiduelle dans les blocs
- on fait l'hypothèse que l'air est un gaz parfait jusqu' à 300 bars.

a) Calculez le débit optimal (en m<sup>3</sup> par heure) du compresseur qu'il faudra acquérir. (2pts)

On considère 8 blocs 12 l et 8 blocs 15l par sortie

NB : on ne tiendra pas compte du bloc de sécurité

• *A partir des informations du sujet, l'hypothèse est la suivante:*

○ 8 blocs de 12 litres

○ 8 blocs de 15 litres

○ pression résiduelle estimée après la première plongée : 50 bars

• *Volume d'air à fournir :  $\{15 \times 8 \times (200 - 50)\} + \{12 \times 8 \times (200 - 50)\} = 32\,400$  litres (soit 32,4 m<sup>3</sup>/h) à fournir sur deux heures*

• *Débit optimal du compresseur :  $32,4 / 2 = 16,2$  m<sup>3</sup>/h*

b) Faites une proposition d'installation de tampons de 50 litres à 300 bars (groupés par trois), en reliant tous les blocs de plongée à gonfler ensemble, afin de ne pas avoir besoin d'utiliser le compresseur pendant la pause méridienne, et prendre le repas au calme en compagnie de tous. (2pts)

Vous arrondirez chaque résultat intermédiaire à l'unité la plus proche.

On considère que la température des gaz est restée constante pendant toutes les manipulations.

• *Sur le même postulat concernant la quantité de blocs (voir a), la solution la plus économique étant le gonflage groupe de tampons après groupe de tampons, on obtient :*

*Calculons le nombre de groupe de tampons nécessaires au gonflage :*

**Groupe tampon 1 :**

*Pression dans les blocs et dans le tampon à l'équilibre :*

$$\begin{aligned} & \{ \{15 \times 8 \times 50\} + \{12 \times 8 \times 50\} + (50 \times 3 \times 300) \} / \{ (15 \times 8) + (12 \times 8) + (50 \times 3) \} \\ & = 6000 + 4800 + 45000 / 366 \\ & = 55800 / 366 = 152,45 \text{ bars} \end{aligned}$$

*En arrondissant à l'unité la plus proche, la pression résiduelle dans le tampon à l'équilibre est de 139 bars*

**Groupe tampon 2 :**

*Pression dans les blocs et dans le tampon à l'équilibre :*

$$\begin{aligned} & \{ \{15 \times 8 \times 152\} + \{12 \times 8 \times 152\} + (50 \times 3 \times 300) \} / \{ (15 \times 8) + (12 \times 8) + 50 \times 3 \} \\ & = 18240 + 14592 + 45000 / 366 \\ & = 77832 / 366 = 212 \text{ bars} \end{aligned}$$

*En arrondissant à l'unité la plus proche, la pression résiduelle dans le tampon à l'équilibre est de 212 bars*

• *L'installation devra être constituée de 2 groupes de tampons si on ne désire pas utiliser le compresseur*

c) Si l'on fait l'hypothèse qu'après gonflage des tampons à 300 bars la température de l'air des tampons est de 42°C et qu'elle est redescendue à 17°C au moment du gonflage des blocs de plongée, le dispositif de tampons peut il être le même qu'à la question c ? (1,5 pts)

*Loi de Charles ; P/T = Constante*

$$300/315 = x/290 \text{ soit } P = 290 \times 3/3,15 = 276 \text{ bars à } T = 17^\circ\text{C}$$

**Groupe tampon 1 :**

*Pression dans les blocs et dans le tampon à l'équilibre :*

$$\{ \{15 \times 8 \times 50\} + \{12 \times 8 \times 50\} + (50 \times 3 \times 276) \} / \{ (15 \times 8) + (12 \times 8) + (50 \times 3) \}$$

$$= 6000 + 4800 + 41400 / 366$$

$$= 52200 / 366 = 142,6 \text{ bars}$$

*En arrondissant à l'unité la plus proche, la pression résiduelle dans le tampon à l'équilibre est de 139 bars*

**Groupe tampon 2 :**

*Pression dans les blocs et dans le tampon à l'équilibre :*

$$[\{15 \times 8 \times 143\} + \{12 \times 8 \times 143\} + (50 \times 3 \times 276)] / \{(15 \times 8) + (12 \times 8) + 50 \times 3\}$$

$$= 17160 + 13728 + 41400 / 366$$

$$= 72288 / 366 = 197,5 \text{ bars}$$

- *L'installation devra être constituée de 3 groupes de tampons si on ne désire pas utiliser le compresseur*

d) Après la réponse purement théorique à la question précédente, et considérant qu'en plus l'air n'est pas un gaz parfait, quel conseil pratique de bon sens donneriez-vous à votre président pour économiser les finances du club. (1,5pts)

- *Après le deuxième groupe de tampon, il ne manque plus que 3 bars de pression dans les blocs.*
- *Ces 8 bars de pression représentent un temps de gonflage de très faible.*
- *Pour gonfler complètement les blocs après le deuxième groupe de tampons, il faudrait mettre en route le compresseur pendant quelques minutes.*
- *L'investissement d'un groupe de tampon supplémentaire pour terminer le gonflage semble ne pas se justifier, tant sur le plan de l'entretien que sur le plan financier.*
- *Le conseil que l'expert peut donner au président est d'investir dans 2 groupe de trois tampons (et non 3 comme le calcul peut le laisser penser) et de terminer le gonflage au compresseur juste avant la plongée.*
- *Par ailleurs les calculs partent du postulat que tous les blocs sont utilisés et qu'il reste 50b à l'issue de la première plongée, ce qui n'est pas forcément le cas.*

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### Question 1 : L'organisation d'un examen GP-N4 (6 points)

Le président de la CTR vous confie l'organisation d'un examen GP-N4 pour 12 candidats qui auront participé au préalable à un stage final (organisé au même endroit).

Il vous laisse la possibilité d'organiser l'examen sur 2 jours ou bien 2 jours et demi.

Pour cet examen vous disposez de :

- Deux bateaux pouvant accepter chacun 12 plongeurs et un pilote ;
- Une salle de cours pouvant contenir 20 personnes ;
- Un plan d'eau protégé pour les épreuves du groupe 1 ;
- Deux pilotes de bateau ;
- 15 jurés au maximum.

1. Proposez un planning complet. (4 points)
2. Donnez la composition du jury. Comprendra-t-il les mêmes personnes qu'au stage final ? Sur quels critères : logistique, réglementation, évaluation, etc., feriez-vous le choix d'y inclure des extérieurs ? (2 points)

### Question 2 : Nouveaux préposés au gonflage (8 points)

Suite à l'élection du nouveau bureau du club, vous êtes nommé(e) responsable de la station de gonflage. La station de gonflage comprend un compresseur de 16 m<sup>3</sup>/h et 4 bouteilles tampons de 50 L à 250 bar, montées en deux séries indépendantes (série A : tampons 1 et 2, série B : tampons 3 et 4).

1. Citez les éléments de sécurité devant composer une station de gonflage. (1 point)
2. Indiquez les points qu'il faudra surveiller et entretenir pour le bon fonctionnement de la station de gonflage. (1 point)

Vous testez votre station de gonflage. Sur la rampe de remplissage, vous pouvez gonfler simultanément 4 blocs. Vous devez gonfler 8 blocs à 230 bar : 4 de 12 L et 4 de 15 L. La pression résiduelle dans chaque bouteille est de 50 bar.

3. Vous n'utilisez que les bouteilles tampons. Comparez vos méthodes de gonflage : devez-vous commencer par gonfler les 15 L ou bien les 12 L ? Justifiez votre réponse. (3 points)
4. Pendant combien de temps le compresseur devra-t-il fonctionner pour faire l'appoint des 8 blocs à 230 bar, puis des 4 bouteilles tampons à 250 bar ? (3 points)

### Question 3 : Relevage d'un corps mort (6 points)

A 30 mètres de profondeur vous devez effectuer le relevage d'un corps mort immergé dans une eau de densité 1,03. Ses dimensions sont de 100cmX80cmX50cm. Il est en béton de densité 2,8.

1. Quel est son poids apparent ? (2 points)
2. Quel volume d'air au minimum faudra-t-il mettre dans le parachute pour le décoller du fond ? (1 point)  
On négligera le poids du matériel permettant le relevage.
3. Combien de bouteilles de 12 L gonflées à 200 bar faudra-t-il utiliser ? (2 points)
4. Quelle pression restera-t-il dans la dernière bouteille utilisée ? (1 point)

Nb : La pression atmosphérique est de 1000 hPa

**Aspects théoriques de l'activité  
REFERENTIEL DE CORRECTION**

**Question 1 : L'organisation d'un examen GP-N4 (6 points)**

Le président de la CTR vous confie l'organisation d'un examen GP-N4 pour 12 candidats qui auront participé au préalable à un stage final (organisé au même endroit).

Il vous laisse la possibilité d'organiser l'examen sur 2 jours ou bien 2 jours et demi.

Pour cet examen vous disposez de :

- Deux bateaux pouvant accepter chacun 12 plongeurs et un pilote ;
- Une salle de cours pouvant contenir 20 personnes ;
- Un plan d'eau protégé pour les épreuves du groupe 1 ;
- Deux pilotes de bateau ;
- 15 jurés au maximum.

1. Proposez un planning complet. (4 points)

Le planning proposé devra être réalisable en respectant les règles suivantes :

- Sécurité des candidats
- Sécurité des encadrants
- Pas de profils inversés pour les plongées
- Pas plus du nombre de remontées préconisées par la CTN dans la même journée (pour les candidats et le jury)

Exemple de planning : les candidats sont numérotés de 1 à 12

Horaires	J		Horaires	J+1	
7h30/8h30	Présentation de l'examen		7h30/8h00	Capelé	
8h30/11h00	800 m	(2 bateaux sécurité)	8h00/10h00	Descente dans le bleu Intervention sur un	Stabilisation/VDM Plongeur en difficulté
	Apnée 10m	(2 ateliers 6 jurés)		7/8/9	10/11/12 (12 jurés)
	Mannequin	(2 ateliers 6 jurés)	10h00/12h00	Matelotage 2 jurés	Matériel 2 jurés
11h00/12h00	Matelotage 2 jurés	Matériel 2 jurés		1/2/3/4	1/2/3/4
	7/8	7/8			
12h00/13h00	REPAS		REPAS		
13h00/15h00	Descente dans le bleu Intervention sur un	Stabilisation/VDM Plongeur en difficulté	13h00/15h00	Conduite de palanquée (12 jurés)	
	1/2/3/	4/5/6 (12 jurés)		1/2/3/	4/5/6
15h00/17h00	Matelotage 2 jurés	Matériel 2 jurés	16h00/17h00	Matelotage 2 jurés	Matériel 2 jurés
	9/10/11/12	9/10/11/12		5/6	5/6
17h30/19h45	Théorie				
Horaires	J+2				
7h30/9h30	Conduite de palanquée 7/8/9/10/11/12 12 jurés				
9h30/11h00	Délibération				
11h00	Remise des diplômes				

Ou bien :

- Placer les épreuves physiques avant celles en scaphandre. Privilégier les plongées à 40 m le matin ;
- Pour chaque plongée, limiter à deux le nombre de tours ou de remontées des jurys ;
- Si possible, faire plonger les jurés au nitrox ;
- Si possible, constituer des ateliers d'évaluation de deux personnes dont au moins un E4 ;
- Faire tourner les candidats dans les différents ateliers de telle sorte que chacun soit examiné par un maximum de jurés ;
- Avant l'examen, faire une réunion du jury dans le but d'harmoniser l'évaluation dans les différents ateliers ;
- Avant chaque épreuve pratique, rappeler les modalités de déroulement de l'épreuve ainsi que les critères de réussite et d'élimination.



	JOUR 1		JOUR 2
8h00	800 PMT	8h00	Mannequin : 2 ateliers
9h00	Conduite de palanquée (6 at de 2 jurés - 2 tours)	9h30	Desc / VDM / Assistance 40 m (6 at de 2 jurés - 2 tours)
10h30	Anat/Physio/Physiopath	11h00	Matelotage (3 at de 2 jurés) / Matériel (3 at de 2 jurés)
11h20	Décompression		1 2 3 4 5 6 / 7 8 9 10 11 12
14h00	500 capelé	14h00	Matelotage (3 at de 2 jurés) / Matériel (3 at de 2 jurés)
14h40	Apnée 10m : 2 ateliers	15h30	7 8 9 10 11 12 / 1 2 3 4 5 6
15h30	Aspects théoriques activité	16h30	Délibération
16h15	Cadre réglementaire		Résultats et pot
17h00	Corrections des écrits		

2. Donnez la composition du jury ? Comprendra-t-il les mêmes personnes qu'au stage final ? Sur quels critères : logistique, réglementation, évaluation, etc., feriez-vous le choix d'y inclure des extérieurs ? (2 points)

Le choix d'intégrer des encadrants différents de ceux du stage final, permet de pouvoir apporter un regard neuf dans l'évaluation. Mais ne prendre que des moniteurs extérieurs ne permet pas les échanges et les commentaires quant aux évaluations faites lors du stage final.

Si on respecte uniquement les indications du MFT il faudra au minimum 2 E4 dont un ne fera pas partie de la structure organisatrice. « 2 E4 minimum » est possible s'il n'y a pas plus de 2 ateliers simultanément. Sinon il faudra autant d'E4 que d'ateliers organisés en simultanément.

Ci-dessous apparaissent les extraits du MFT donnant les ratios et conditions.

« Au moins deux MF2 et/ou BEES2 ou DE-JEPS ou DES-JEPS (E4), licencié à la FFESSM, dont l'un est délégué par la CTR responsable de l'examen. L'un de ces E4 ne doit pas faire partie de la structure organisatrice.

Un ou plusieurs MF1 ou BEES1, licencié à la FFESSM, peuvent participer au jury, à condition qu'ils ne représentent pas plus de la moitié de celui-ci.

Le jury de chaque atelier doit comporter au moins un MF2 ou BEES2 ou DE-JEPS ou DES-JEPS licencié à la FFESSM sauf pour les épreuves du groupe 1 (condition physique). »

Si l'on se réfère à l'organisation donnée ci-dessous, il faudra au minimum 6 E4 et 6 E3, donc 12 jurés.

### **Question 2 : Nouveaux préposés au gonflage (8 points)**

Suite à l'élection du nouveau bureau du club, vous êtes nommé(e) responsable de la station de gonflage. La station de gonflage comprend un compresseur de 16 m<sup>3</sup>/h et 4 bouteilles tampons de 50 L à 250 bar, montées en deux séries indépendantes (série A : tampons 1 et 2, série B : tampons 3 et 4).

1. Citez les éléments de sécurité devant composer une station de gonflage. (1 point)

L'affichage en station :

- Consignes pour le chargement des bouteilles de plongée ;
- Listes des personnes habilitées à utiliser le compresseur (liste signée par le président du club) ;

Le cahier d'entretien ;

Le cahier d'utilisation ;

Un poing d'arrêt d'urgence généralement près de la rampe de gonflage ;

Des soupapes de sécurité sur le compresseur, sur la rampe de gonflage et sur les bouteilles tampons (qui doivent être retarées tous les 10 ans) ;

La continuité à la terre (bâtis métalliques, tuyauteries) ;

Un câble anti fouet si les flexibles de raccordement font plus d'un mètre ;

Une prise d'air dans un endroit aéré, non pollué.

2. Indiquez les points qu'il faudra surveiller et entretenir pour le bon fonctionnement de la station de gonflage. (1 point)

- Le système de refroidissement du compresseur : propreté des serpentins et efficacité du ventilateur si refroidissement à air ou niveau et température de l'eau du radiateur si refroidissement à eau ;



- La lubrification du compresseur : le niveau d'huile et la date de vidange ;
- La bonne élimination des condensats (eau, huile) et le bon fonctionnement des filtres séparateurs/décanteurs) ;
- Surveillance et maintenance des filtres à air (dates de changement du préfiltre et du filtre à charbon actif) ;
- Le bon fonctionnement des soupapes de sécurité (vérifier la manoeuvrabilité tous les ans et le tarage tous les 10 ans) ;
- Les bouteilles tampons et filtres du compresseur (inspection périodique tous les 40 mois et requalification tous les 10 ans) ;
- La prise d'air ;
- Le bon ronronnement du compresseur en marche (identifier les bruits anormaux, les fuites éventuelles sur le circuit d'air) ;
- Le nombre d'heures de fonctionnement ou le nombre de blocs gonflés ;
- L'analyse de l'air (structures ayant des salariés).

Vous testez votre station de gonflage. Sur la rampe de remplissage, vous pouvez gonfler simultanément 4 blocs. Vous devez gonfler 8 blocs à 230 bar : 4 de 12 L et 4 de 15 L. La pression résiduelle dans chaque bouteille est de 50 bar.

- 3 Vous n'utilisez que les bouteilles tampons. Comparez vos méthodes de gonflage : devez-vous commencer par gonfler les 15 L ou bien les 12 L ? Justifiez votre réponse. (3 points)

#### Si gonflage des 15 L en premier

Première opération : 4 x 15 avec série A de tampons :

▪  $15 \times 4 \times 50 = 3000 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 250 = 25000 \text{ L}$

→ Pression =  $28000 / 160 = 175 \text{ bar}$

Seconde opération : 4 x 15 avec série B de tampons

▪  $15 \times 4 \times 175 = 10500 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 250 = 25000 \text{ L}$

→ Pression =  $35500 / 160 = 221,875 \text{ bar}$  → Il faut compléter avec le compresseur.

Troisième opération : 4 x 12 avec série A :

▪  $12 \times 4 \times 50 = 2400 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 175 = 17500 \text{ L}$

→ Pression =  $19900 / 148 = 134,45 \text{ bar dans la série A}$

Quatrième opération : 4 x 12 avec série B :

▪  $12 \times 4 \times 134,45 = 6453,60 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 221,875 = 22187,5 \text{ L}$

→ Pression =  $28641,1 / 148 = 193,52 \text{ bar dans la série B}$  → Il faut compléter avec le compresseur.

#### Si gonflage des 12 L en premier

Première opération : 4 x 12 avec série A :

▪  $12 \times 4 \times 50 = 2400 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 250 = 25000 \text{ L}$

→ Pression :  $27400 / 148 = 185,13 \text{ bar}$

Seconde opération : 4 x 12 avec série B :

▪  $12 \times 4 \times 185,13 = 8886,24 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 250 = 25000 \text{ L}$

→ Pression =  $33886,24 / 148 = 228,96 \text{ bar}$  → Il faut compléter avec le compresseur.

Troisième opération : 4 x 15 avec série A :

▪  $15 \times 4 \times 50 = 3000 \text{ L}$

▪  $2 \times 50 \times 185,13 = 18513 \text{ L}$

→ Pression =  $21513 / 160 = 134.45$  bar dans la série A.

Quatrième opération :  $4 \times 15$  avec série B :

▪  $15 \times 4 \times 134.45 = 8067.375$  L

▪  $2 \times 50 \times 228.96 = 22896$  L

→ Pression =  $30963.375 / 160 = 193.52$  bar dans la série B → Il faut compléter avec le compresseur.

**Les pressions finales des bouteilles tampons sont les mêmes quelle que soit la méthode choisie.**

- 4 Pendant combien de temps le compresseur devra-t-il fonctionner pour faire l'appoint des 8 blocs à 230 bar puis des 4 bouteilles tampons à 250 bar ? (3 points)

*Pour la correction, le calcul du gonflage les 15 litres en 1<sup>er</sup> ou les 12 litres en premier est accepté car il s'agit au final du même temps. Les deux résultats sont présentés pour les correcteurs.*

Gonflage des 15 L en 1<sup>er</sup>

Pour compléter les 4 premiers blocs à 230 bar :  $(230 - 221.875) \times 4 \times 15 = 487,5$  L

Pour compléter les 4 derniers blocs à 230 bar :  $(230 - 193.52) \times 4 \times 12 = 1751.04$  L

Pour remplir la première série A :  $(250 - 134.45) \times 100 = 11555$  L

Pour remplir la seconde série B :  $(250 - 193.52) \times 100 = 5648$  L

→ Total à remplir =  $19441.54$  L

Gonflage des 12 L en 1<sup>er</sup>

Pour compléter les 4 premiers blocs à 230 bar :  $(230 - 228.96) \times 4 \times 12 = 49.92$  L

Pour compléter les 4 derniers blocs à 230 bar :  $(230 - 193.52) \times 4 \times 15 = 2188.8$  L

Pour remplir la première série A :  $(250 - 134.45) \times 100 = 11555$  L

Pour remplir la seconde série B :  $(250 - 193.52) \times 100 = 5648$  L

→ Total à remplir =  $19441.72$  L

Débit du compresseur :  $16 \text{ m}^3/\text{h} = 16000\text{L}/\text{h} = 16000/60 = 266.66 \text{ L}/\text{min}$

Temps de fonctionnement du compresseur :  $19441.54 / 266.66 = 72.90 \text{ min} = 1 \text{ heure et } 13 \text{ minutes.}$   
( $19441,72 / 266,66$ )

### **Question 3 : Relevage d'un corps mort (6 points)**

A 30 mètres de profondeur vous devez effectuer le relevage d'un corps mort immergé dans une eau de densité 1,03. Ses dimensions sont de 100cmX80cmX50cm. Il est en béton de densité 2,8.

1. Quel est son poids apparent ? (2 points)

$P_{ap} = V \times (2,8 - 1,03)$        $V = 10 \times 8 \times 5 = 400 \text{ dm}^3$

→  $P_{ap} = 400 \times (2,8 - 1,03) = 708 \text{ daN}$

2. Quel volume d'air au minimum faudra-t-il mettre dans le parachute pour le décoller du fond ? (1 point)

On négligera le poids du matériel permettant le relevage.

Poids apparent que devra avoir le parachute =  $708 \text{ daN}$

Volume d'air à mettre dans le parachute =  $708/1,03 = 687,38 \text{ dm}^3$

3. Combien de bouteilles de 12 L gonflées à 200 bar faudra-t-il utiliser ? (2 points)

Pabs à 30 m =  $(30/10 \times 1,03) + 1 = 4,09 \text{ bar}$

A 30 m une bouteille va délivrer :  $(200 \times 12 / P_{abs}) - 12 = 2400 / 4,09 - 12 = 574,8 \text{ dm}^3$

**Il faut 687,38 L donc 2 bouteilles de 12 L seront nécessaires.**

4. Quelle pression restera-t-il dans la dernière bouteille utilisée ? (1 point)

Après l'utilisation de la première bouteille il faudra injecter :  $687,38 - 574,79 = 112,58 \text{ dm}^3$

→ Pression résiduelle =  $(200 \times 12) - (112,58 \times 4,09) / 12 = 161,6 \text{ bar.}$

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### QUESTION 1. ORGANISATION D'UN EXAMEN INITIATEUR (8 POINTS)

Votre club organise un examen initiateur pour 6 stagiaires sur une soirée. Vous présentez au délégué de la CTR votre organisation

- a) De combien d'encadrants avez-vous besoin et comment organisez-vous les jurys de vos différents ateliers ? (2 points)
- b) Exposez votre planning et justifiez-le (6 points)

### QUESTION 2. STATION DE GONFLAGE (7 POINTS)

Vous souhaitez mettre en place dans votre structure une station de gonflage. Vous avez 30 blocs de 12 litres (dont la résiduelle est de 25 bars) que vous souhaitez gonfler à 200 bars.

- a) Quel serait le débit minimum de votre compresseur pour gonfler vos 30 blocs en moins de 2 heures ?
- b) Après comparaison des systèmes, vous optez pour un compresseur fixe d'un débit de 25,5 m<sup>3</sup>/h et vous récupérez 3 blocs tampons de 50 litres (pression de service de 350 bars) et une rampe de 10 sorties. Vous connectez 10 premiers blocs sur la rampe et ouvrez simultanément les 3 tampons. Avez-vous assez d'air pour gonfler vos 10 blocs à 200 bars ?
  - Si oui, quelle est la pression résiduelle dans les tampons ?
  - Si non, combien de temps avez-vous besoin de mettre en route le compresseur pour finir de gonfler vos 10 blocs ?
- c) Même question pour les 10 blocs suivants.
- d) Quelle(s) autre(s) configuration(s) de gonflage aurait-on pu utiliser ?

### QUESTION 3. EXERCICES DE MISE EN EVIDENCE (5 POINTS)

Vous souhaitez sensibiliser votre stagiaire MF1 sur des points particuliers en mettant en place des exemples chiffrés

- a) Influence du froid sur le temps de plongée

Vous imaginez un exercice avec un gonflage à une température de 25°C et une comparaison entre une plongée dans de l'eau à 18°C et une plongée dans de l'eau à 6°C.

Pour mettre en évidence que la durée de plongée à 30 mètres est diminuée dans le cas de la plongée en eau froide, vous comparez les temps de plongée à 18°C et à 6°C (vous disposez d'un bloc de 12 litres gonflé à 230 bars, vous considérez que le plongeur doit amorcer sa remontée à 60 bars, et qu'il consomme 10 bars à la descente et 18 litres/minutes au fond).

- b) Vitesse du son dans l'eau

Pour mettre en évidence la différence de perception des sons dans l'eau, vous calculez le temps que met le son d'un pétard de rappel à atteindre les oreilles d'un plongeur (le plongeur est situé à 50 mètres du bateau) en surface ou dans l'eau.

REFERENTIEL DE CORRECTION

**QUESTION 1. ORGANISATION D'UN EXAMEN INITIATEUR (8 POINTS)**

Votre club organise un examen initiateur pour 6 stagiaires sur une soirée. Vous présentez au délégué de la CTR votre organisation

- a) De combien d'encadrants avez-vous besoin et comment organisez-vous les jurys de vos différents ateliers ? (2 points)
- *Conditions à respecter dans le corrigé :*
    - *Au moins un MF2 par atelier péda. Possibilité de MF1 ou TSI en doublon*
    - *Possibilité de deux MF1 sur le jury mannequin*
- b) Exposez votre planning et justifiez-le (6 points)
- *Conditions à respecter dans le corrigé :*
    - *Prévoir du temps pour la vérification des dossiers par le délégué CTR*
    - *Prévoir du temps pour l'épreuve de réglementation et la correction*
    - *Ratio jury/atelier suffisant pour tout faire en une soirée*
    - *Temps prévu pour la délibération*

**QUESTION 2. STATION DE GONFLAGE (7 POINTS)**

Vous souhaitez mettre en place dans votre structure une station de gonflage. Vous avez 30 blocs de 12 litres (dont la résiduelle est de 25 bars) que vous souhaitez gonfler à 200 bars.

- a) Quel serait le débit minimum de votre compresseur pour gonfler vos 30 blocs en moins de 2 heures ? (1 point)
- $(30 \times 12) \times (200 - 25) = 63000$  litres
  - $63000 / 2 = 31500$  l/h, soit **31,5 m<sup>3</sup>/h, ou 525 L/mn.** (1 pt)
- b) Après comparaison des systèmes, vous optez pour un compresseur fixe d'un débit de 25,5 m<sup>3</sup>/h et vous récupérez 3 blocs tampons de 50 litres (pression de service de 350 bars) et une rampe de 10 sorties. Vous connectez 10 premiers blocs sur la rampe et ouvrez simultanément les 3 tampons. Avez-vous assez d'air pour gonfler vos 10 blocs à 200 bars ?
- Si oui, quelle est la pression résiduelle dans les tampons ?
  - Si non, combien de temps avez-vous besoin de mettre en route le compresseur pour finir de gonfler vos 10 blocs ?
  - *Pour savoir si on peut gonfler ces 10 blocs à 200 bar il faut chercher la pression d'équilibre entre les tampons et les blocs. Si celle-ci est supérieure ou égale à 200 bar alors la réponse est « oui » est la suivante :*  
 $P_{\text{équilibre}} = [3 \times 50 \times 350] + [10 \times 12 \times 25] / [3 \times 50 + 10 \times 12] = 55\,500 / 270 = 205,56$  bar  
**Donc, il est possible de gonfler ces 10 blocs** (1 point)

• Les 10 blocs de 12 litres devant être gonflés à 200 bar, il faut refermer les 3 tampons avant d'atteindre la pression d'équilibre. La pression dans le tampon est donc donnée par la formule suivante (qui traduit le fait que la quantité d'air totale est toujours la même) :

- $(3 \times 50 \times 350) + (10 \times 12 \times 25) = 150 \times P_{\text{ftampon}} + (10 \times 12 \times 200)$
- $52500 + 3000 = 150 \times P_{\text{ftampon}} + 24000$
- $P_{\text{ftampon}} = 210 \text{ bars}$  (1 point)

c) Même question pour les 10 blocs suivants.

- La quantité d'air restant dans les tampons **ne suffit pas** à gonfler les blocs à 200 bars (1 pt)
  - $(3 \times 50 \times 210) + (10 \times 12 \times 25) = P_f (150 + 10 \times 12)$
  - $31500 + 3000 = 270 \times P_f$
  - $P_f = 127,7 \text{ bars}$  (0,5 pt): Pression résiduelle dans le système (blocs et tampon)
- Pour atteindre 200 bars dans les 10 blocs, on a besoin de  $(200 - 127,7) \times 12 \times 10 = 8676$  litres, ce qui prendra environ **20 minutes de gonflage** (20.41 minutes) (0,5 point)

d) Quelle(s) autre(s) configuration(s) de gonflage aurait-on pu utiliser ? (2 points)

Exemple : : les tampons sont regonflés au fur et à mesure, ou on utilise pas tous les tampons à chaque série. Réponse ouverte, (1 point par réponse réaliste)

### QUESTION 3. EXERCICES DE MISE EN EVIDENCE (5 POINTS)

Vous souhaitez sensibiliser votre stagiaire MF1 sur des points particuliers en mettant en place des exemples chiffrés

a) Influence du froid sur le temps de plongée

Vous imaginez un exercice avec un gonflage à une température de 25°C et une comparaison entre une plongée dans de l'eau à 18°C et une plongée dans de l'eau à 6°C.

Pour mettre en évidence que la durée de plongée à 30 mètres est diminuée dans le cas de la plongée en eau froide, vous comparez les temps de plongée à 18°C et à 6°C (vous disposez d'un bloc de 12 litres gonflé à 230 bars, vous considérez que le plongeur doit amorcer sa remontée à 60 bars, et qu'il consomme 10 bars à la descente et 18 litres/minutes au fond).

- Quantité d'air disponible au fond
  - A 18°C :  $(230 \times 291 / 298) - 10b$  (descente) -  $60b$  (réserve) = 154,6b
  - Temps de plongée à 30m :  $154,6 \times 12 / (4 \times 18) = 25,8 \text{ minutes}$  (2 points)
  - A 6°C :  $(230 \times 279 / 298) - 10b - 60b = 145,3 \text{ bars}$
  - Temps de plongée à 30m :  $145,3 \times 12 / (4 \times 18) = 24,2 \text{ minutes}$  (2 points)

b) Vitesse du son dans l'eau

Pour mettre en évidence la différence de perception des sons dans l'eau, vous calculez le temps que met le son d'un pétard de rappel à atteindre les oreilles d'un plongeur (le plongeur est situé à 50 mètres du bateau) en surface ou dans l'eau.

- Vitesse du son dans l'air : 330m/s → les 50m sont atteints en  $50/330 = 0,15 \text{ secondes}$  (0,5 pt)
- Vitesse du son dans l'eau : 1500m/s → les 50m sont atteints en  $50/1500 = 0,03 \text{ secondes}$  (0,5 pt)

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### Sujet 1 - L'activité de DP et de responsable technique (7 points)

Le président de votre CODEP vous demande d'organiser pour 8 plongeurs, appartenant à 3 clubs différents, l'examen d'initiateur sur une soirée. Les candidats et encadrants seront tous disponibles à partir de 18h00.

L'un des clubs mettra à votre disposition :

- son créneau piscine : 3 des 6 lignes d'eau du bassin le mercredi soir de 19h30 à 22h (bassin de 25 m avec une profondeur variant entre 80cm et 2,5 m)
- ses locaux : une salle de cours et une salle de « vie »

Vous pourrez compter sur l'aide de l'ensemble des moniteurs du département (4 E4, 10 E3, 15 E2 et 20 E1).

- a) **Déterminez la composition de votre jury, celui-ci devra être minimum mais réaliste pour le temps imposé et conforme aux textes en vigueur. (2 points)**
- b) **A l'aide du tableau ci-joint, présentez de manière détaillée le planning des candidats en y indiquant, pour chaque créneau horaire : les épreuves et les jurys chargés de l'évaluation. (5 points)**

### Sujet 2 - Gonflage et mélange (7 points)

Afin d'améliorer la sécurité de l'examen GP que vous organisez au niveau de votre CODEP, vous proposez à tous les moniteurs qualifiés de respirer systématiquement des mélanges Nitrox, calculés au plus riche en oxygène.

Les blocs, dégraissés et compatibles O2, seront fournis par la structure.

On convient que la composition de l'air est simplifiée à 20% oxygène et 80% d'azote, et que les calculs seront effectués en pression relative.

- a) **Déterminez le mélange optimum pour les épreuves à 40m et 20m sachant qu'on veut une pression partielle maximale d'oxygène de 1,6 bar. (2 points)**
- b) **Parmi les différents procédés existants, citez 2 méthodes de fabrication d'un mélange Nitrox en précisant les avantages et les inconvénients pour chacune d'entre elles. (2 points)**

Deux jours avant l'examen, vous récupérez 3 blocs compatibles oxygène pour les moniteurs souhaitant plonger au Nitrox. Il s'agit de 3 bouteilles de 15 litres dans lesquelles il reste 80 bars d'un Nitrox 32. Vous décidez de gonfler ces blocs à 200 bars, pour la plongée à 20 mètres, avec un

Nitrox 40. Vous disposez d'une B50 d'oxygène à 140 bars, d'une lyre de transfert compatible O2 et d'un compresseur avec surfiltration. Les gonflages seront effectués bloc par bloc.

- c) **Pouvez-vous effectuer la totalité des gonflages ? Quelle sera la valeur des Nitrox que vous aurez pu fabriquer dans chaque bloc ? (3 points)**

**Sujet 3 - Voyage plongée (6 points)**

Un de vos stagiaires a prévu pour ses prochaines vacances de partir plonger au Mexique, en mer et dans les Cénotes, où il utilisera des blocs aluminium. Il a entendu dire que ces blocs de plongée peuvent flotter. Intrigué par cette affirmation, il vous demande une explication.

- a) **Démontrez cette affirmation pour les plongées en mer à partir des données simplifiées suivantes : bloc aluminium pesant à vide 15kg, de volume intérieur 11 litres et volume extérieur 16 litres, masse volumique de l'air = 1,3 g/litre, densité de l'eau de mer : 1,03. (2 points)**

Habitué à plonger avec son bloc 15 litres acier, il s'inquiète du volume réduit des blocs qui lui seront fournis.

- b) **Sa consommation habituelle étant de 20l/mn en surface, et la profondeur moyenne de la plongée de 15m, combien de temps pourra-t-il plonger avec le bloc décrit ci-dessus gonflé à 200b et une réserve fixée à 50b ? (1.5 point)**

Ce plongeur d'un poids réel de 80 kg a un volume de 82 litres une fois équipé. Pour plonger en mer, avec son bloc 15 litres acier (poids réel : 18 kg), il utilise un lest de 3 kg.

- c) **Comment doit-il adapter son lestage lorsqu'il plongera en Cénotes (densité de l'eau : 1) avec le bloc aluminium décrit ci-dessus ? (1.5 point)**

Il a également entendu parler d'une « halocline » pouvant être présente dans les Cénotes.

- d) **Expliquez ce qu'est une « halocline » et ses conséquences en plongée. (1 point)**



## Aspects théoriques de l'activité Durée 1h30 Coefficient 3

### QUESTION 1 : fabrication de mélanges Nitrox (8 points)

Vous souhaitez réaliser un mélange Nitrox utilisable jusqu'à la profondeur de 40m. Pour ce faire vous disposez d'une réserve tampon de Nitrox 40 et d'une réserve tampon d'air.

NB : On raisonne en pressions relatives. On considère que l'air est composé de 80% d'Azote et de 20% d'oxygène. On considère la réserve dans les tampons suffisante.

- Quel sera le mélange que vous pourrez concevoir ? (1 points)
- Afin de réaliser ce mélange, quelle Pression de Nitrox 40 et quelle Pression d'air allez vous utiliser pour gonfler un bloc vide à 200 bars ? (4 points)
- Après avoir utilisé votre mélange en plongée, il vous reste 50 bars dans le bloc. Vous souhaitez réaliser 200bars d'un mélange à 40%. Vous disposez toujours de l'installation citée plus haut et également d'une réserve d'oxygène pur.
  - Donnez deux méthodes pour fabriquer ce mélange (1 point)
  - Donnez les pressions de chaque réserve que vous utiliserez ? (2 points)

### QUESTION 2 : la vision sous l'eau (6 points)

A l'aide de schémas très simplifiés expliquez :

- Comment une image se forme sur la rétine de l'œil (1 pt)
- Pourquoi voit-on flou sous l'eau sans masque (1pt)
- Pourquoi et comment le masque perturbe notre vision sous l'eau. (2 pt)
- Comment prenez vous en compte ces phénomènes pour préparer un futur guide de palanquée à ses premières expériences d'encadrant de plongeurs débutants. (2 pt)

### QUESTION 3 : organisation d'un stage niveau 4 (6 points)

On vous confie l'organisation d'un stage final niveau 4 pour 8 stagiaires sur 5 jours, juste avant examen. L'encadrement est assuré par vous-même accompagné d' 1 MF2 et 2 MF1. Le pilotage bateau et sécurité surface sont assurés par la structure d'accueil.

- Proposez votre planning sur les 5 jours, sachant que chaque épreuve pratique doit être abordée au moins une fois. (3 points)
- Quelle organisation de plongée mettrez-vous en place pour les différentes profondeurs. Justifier vos choix. (3 points)



## REFERENTIEL DE CORRECTION

### QUESTION 1: fabrication de mélanges Nitrox (8 points)

Vous souhaitez réaliser un mélange Nitrox utilisable jusqu'à la profondeur de 40m. Pour ce faire vous disposez d'une réserve tampon de Nitrox 40 et d'une réserve tampon d'air.

NB : On raisonne en Pression Relative. On considère que l'air est composé de 80% d'Azote et de 20% d'oxygène. On considère la réserve dans les tampons suffisante.

a) Quel sera le mélange que vous pourrez concevoir ? (1 points)

La pression partielle maximale d'oxygène respirable étant de 1,6 bars, le mélange sera un Nitrox 32.  
En effet  $PpO_2 = P_{abs} \times FO_2$ , donc  $FO_2 = PpO_2 / P_{abs} \Rightarrow FO_2 = 1,6 / 5 = 0,32$   
 $0,32 = 32\%$  sera le pourcentage d'oxygène dans le mélange.

b) Afin de réaliser ce mélange, quelle Pression de Nitrox 40 et quelle Pression d'air allez vous utiliser pour gonfler un bloc vide à 200 bars ? (4 points)

- L'oxygène et l'Azote seront apportés par les deux mélanges, reste à savoir en quelle quantité.
- On appelle Pair la Pression apportée par la réserve tampon Air et PN40 la pression apportée par la réserve en Nitrox 40.
- On a déjà : Pair + PN40 = 200bars
- Par ailleurs, la pression d'Oxygène dans le mélange finale sera de  $PpO_2 = 200 \times 0,32 = 64$  bars
- L'oxygène étant apportée par les deux mélanges (Air et N40), on a
- $PpO_2$  (Air) +  $PpO_2$  (N40) = 64 bars
- $(Pair \times 0,2) + (PN40 \times 0,4) = 64$
- Comme  $Pair + PN40 = 200bars$ , alors  $Pair = 200 - PN40$
- Donc :  $((200 - PN40) \times 0,2) + (PN40 \times 0,4) = 64$
- D'où PN40 = 120 bars et Pair = 80 bars.
- On gonflera donc le bloc avec 120 bars de Nitrox 40 et 80 bars d'Air, peu importe dans quel ordre.

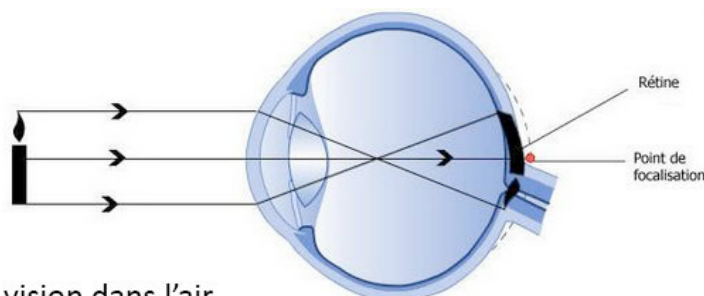
c) Après avoir utilisé votre mélange en plongée, il vous reste 50 bars dans le bloc. Vous souhaitez réaliser 200bars d'un mélange à 40%. Vous disposez toujours de l'installation citée plus haut et également d'une réserve d'oxygène pur.

- Donnez deux méthodes pour fabriquer ce mélange (1 point)
- Donnez les pressions de chaque réserve que vous utiliserez ? (2 points)
- La première méthode consiste à vider le bloc et à remplir directement avec 200 bars de Nitrox 40.
- La deuxième méthode consiste à utiliser de l'Oxygène pur et de l'air.
  - On a :  $PpO_2 = 16$  bars et  $PpN_2 = 34$  bars
  - On veut :  $PpO_2 = 80$  bars et  $PpN_2 = 120$  bars.
  - On a besoin :  $PpO_2 = 64$  bars et  $PpN_2 = 86$  bars
  - L'azote n'étant apporté que par l'air si on apporte 86 bars d'Azote, on apporte également  $Pair = PpN_2 / 0,8 = 86 / 0,8 = 107,5$  bars.
  - Soit, par la même occasion  $107,5 - 86 = 21,5$  bars d'Oxygène.
  - Il manque donc 42,5 bars d'Oxygène à prendre dans la réserve d'O<sub>2</sub> pure.
  - On mettra donc 42,5 bars d'O<sub>2</sub> pur et 107,5 bars d'Air.

QUESTION 2 : la vision sous l'eau (6 points)

A l'aide de schémas très simplifiés expliquez :

- a) Comment une image se forme sur la rétine de l'œil (1 pt)  
(Des schémas de principe très simplifiés sont demandés)



vision dans l'air  
l'image se forme sur la rétine

Dans l'air l'image d'un objet se forme sur la rétine (image inversée, rétablie dans le bon sens par le cerveau)

- b) Pourquoi voit-on flou sous l'eau sans masque (1pt)

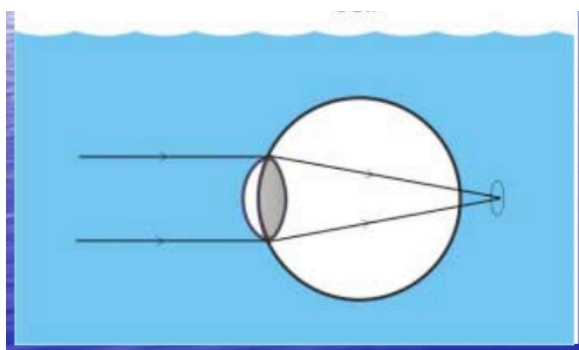


Image extraite de [[http://jacquet.stephan.free.fr/Maugis\\_Niveau4\\_Vision.pdf](http://jacquet.stephan.free.fr/Maugis_Niveau4_Vision.pdf)]

La variation d'indice de réfraction entre l'eau (~1,33) et l'œil (~1,37 pour la cornée) est différente de celle entre l'air (=1) et l'œil. Les rayons lumineux sont donc moins déviés que lorsque l'on regarde un objet dans l'air. Ainsi, l'image tend à se former au-delà des capacités de focus de l'œil. L'image se forme au-delà de la rétine. Focus impossible, on voit flou.

- c) Pourquoi et comment le masque perturbe notre vision sous l'eau.(2 pt)

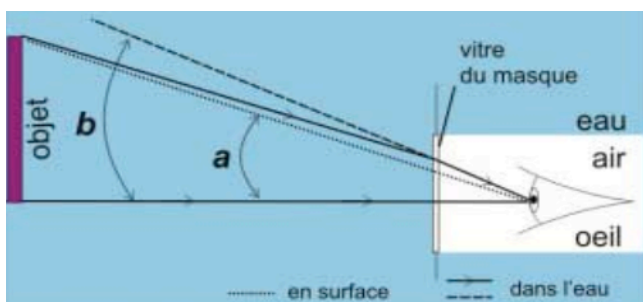


Image extraite de [[http://jacquet.stephan.free.fr/Maugis\\_Niveau4\\_Vision.pdf](http://jacquet.stephan.free.fr/Maugis_Niveau4_Vision.pdf)]

Le masque apporte une couche d'air qui détourne à nouveau les rayons lumineux. La vision sous marine est perturbée par la différence d'indice de réfraction entre l'air, qui est dans le masque, et l'eau.

Les objets apparaissent plus gros, plus proche et le champ visuel est diminué.

- d) Comment prenez vous en compte ces phénomènes pour préparer un futur guide de palanquée à ses premières expériences d'encadrant de plongeurs débutants. (2 pt)
- Précautions à prendre de la part du GP durant l'encadrement de plongeurs débutant:
  - Les difficultés du plongeur : Attraper un pendeur avec la main (attrapent à côté). Mal évaluer la distance qui sépare du fond (impression de distance réduite).
  - Evaluer sa distance vis-à-vis de son binôme et de son GP. Champs de vision rétrécit, ne voit pas les signes émis par l'encadrant.
  - Les consignes du GP : Conserver son regard sur le GP et placer son regard au niveau du sien pour maintien de la profondeur, à l'immersion et à la remontée, mais également pour réagir à ses signes. Caler sa distance par rapport au GP ou binôme par des repères concrets (un bars, deux bras, etc..).

### QUESTION 3 : organisation d'un stage niveau 4 (6 points)

On vous confie l'organisation d'un stage final niveau 4 pour 8 stagiaires sur 5 jours, juste avant examen. L'encadrement est assuré par vous-même accompagné d' 1 MF2 et 2 MF1. Le pilotage bateau et sécurité surface sont assurés par la structure d'accueil.

- a) Proposez votre planning sur les 5 jours, sachant que chaque épreuve pratique doit être abordée au moins une fois. (3 points)
- Les critères d'évaluation du planning proposé :
    - Toutes les épreuves doivent être travaillées une fois
    - Une seule plongée dans l'espace 30/40 par jour
    - Pas de profils inversés
    - Pas d'épreuve physique ou d'apnée immédiatement après les plongées
    - Le moniteur encadrant ne fait pas plus de deux immersions sur 40m pour le travail de descente et remontée
    - Le moniteur ne fait qu'une immersion pour le travail d'encadrement PE40
    - Travail équitable entre chaque participant
- b) Quelle organisation de plongée mettez-vous en place pour les différentes profondeurs. Justifier vos choix. (3 points)
- Plongée technique sur 40 mètre avec largage, bateau manœuvrant
  - Prévoir un mode de mise à l'eau des palanquées (surveillance parachute ou largage en plusieurs fois). Organisation de la sécurité surface à prévoir
  - Mise en place mouillage pour le travail des niveaux PE12, PE 20
  - Prévoir une mission pour les élèves en observation (ex. : participer à l'évaluation, à la sécurisation de l'atelier) Mouillage ou non pour le travail PE40
  - Organisation RSE : mise en place d'un pendeur-atelier avec deux candidats maximum.
- Remarque : une attention est apportée à la cohérence et au réalisme du ratio encadrants/élèves.

**Aspects théoriques de l'activité**  
**Durée 1h30 Coefficient 3**

**QUESTION N°1 : organisation d'un examen GP-N4 (8 points)**

En tant que MF2 et responsable technique de votre structure vous souhaitez organiser un examen GP-N4 au niveau du club.

1. Quelles sont les conditions générales d'organisation (autorité, délais de déclaration, durée maximale) ? (3 pts)
2. Sachant que vous souhaitez organiser cet examen pour 10 candidats, sur une durée maximale de 3 jours, et en y associant des MF1, établissez votre planning (épreuves, constitution des jurys, candidats). Vous justifierez vos choix. (5 pts)

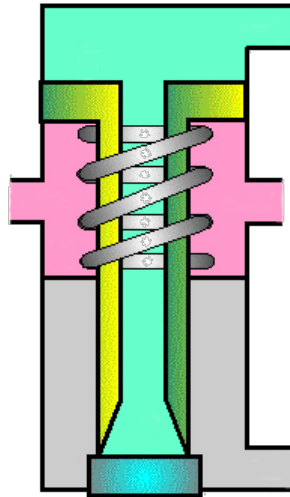
**QUESTION N°2 : Matériel - détendeurs (9 points)**

1. Dans le cadre d'une formation GP-N4, vous souhaitez mettre en évidence les avantages d'un premier étage compensé. En vous appuyant sur le schéma fourni en annexe, un bilan des forces et vos connaissances, démontrez l'intérêt de la compensation au 1<sup>er</sup> étage sur l'effort respiratoire et le débit d'un détendeur (3 pts)
2. Avec ce type de premier étage, à l'ouverture de la robinetterie, le détendeur se met à fuir avec un léger temps de retard. Quelle est la ou les causes possibles de ce dysfonctionnement. Justifiez votre réponse. (2 pt)
3. Détendeur et eau froide.
  - a) Expliquez le mécanisme de production de froid dans les détendeurs et ses conséquences. (1 pt)
  - b) Quelles sont les solutions mises en œuvre pour prévenir les risques de givrage ? (3 pts)

**QUESTION N°3 : Optique en plongée (3 points)**

1. En vous appuyant sur les conséquences d'un changement de milieu pour les rayons lumineux, expliquez pourquoi une vision nette dans l'air devient floue dans l'eau. Justifiez l'intérêt de porter un masque en plongée pour voir claire. (2 pts)
2. Vous souhaitez sensibiliser vos stagiaires E3 aux modifications de la perception visuelle en plongée : quels sont les éléments que vous mettez en évidence ? Justifiez-les par des comportements adaptés en plongée (1 pts)

QUESTION N°2 : annexe



## REFERENTIEL DE CORRECTION

### QUESTION N°1 : organisation d'un examen GP-N4 (8 points)

En tant que MF2 et responsable technique de votre structure vous souhaitez organiser un examen GP-N4 au niveau du club.

1. Quelles sont les conditions générales d'organisation (autorité, délais de déclaration, durée maximale) ? (3 pts)
  - *L'organisation de l'examen GP-N4 relève de l'autorité d'une Commission Technique Régionale (C.T.R.). Cette organisation peut être déléguée à un département ou à un club ;*
  - *Un club qui souhaite organiser un examen GP-N4 doit en faire la demande à sa C.T.R. d'appartenance au moins deux mois avant la date prévisionnelle de début de l'examen ;*
  - *L'ensemble de l'examen doit se dérouler, de façon continue, dans un délai maximum de quatre jours (exception faite de conditions météo jugées très défavorables par le jury).*

*Il appartient toujours à la C.T.R. de désigner le président de jury et le délégué de la C.T.R.*

2. Sachant que vous souhaitez organiser cet examen pour 10 candidats, sur une durée maximale de 3 jours, et en y associant des MF1, établissez votre planning (épreuves, constitution des jurys, candidats). Vous justifierez vos choix. (5 pts)

#### Composition du jury :

*Le jury est constitué par des E4 licenciés à la F.F.E.S.S.M. (M.F.2, B.E.E.S.2, DE-JEPS ou DES-JEPS) dont l'un, au moins, ne fait pas partie de la structure organisatrice.*

*Un ou plusieurs M.F.1 ou B.E.E.S.1 licenciés à la F.F.E.S.S.M (E3) peuvent participer, à condition de ne pas représenter plus de la moitié du jury. Cela permet de constituer des jurys de 2 moniteurs tout en limitant le nombre de E4.*

- *1 jury pour 2 candidats (maxi)*
- *1 jury est composé d'1 E4 + 1 E3*
- *Pour 10 candidats : 5 E4 + 5 E3*

#### Principe de construction du planning :

- *Prise en compte de l'ensemble des épreuves prévues au M.F.T. (14 épreuves) ;*
- *Respect des recommandations CTN sur le nombre maximum de « yoyos » par plongée (2 remontées de 40 m, ...) ;*
- *Pas d'effort après une plongée ;*
- *Respect d'un temps de désaturation de 4 heures entre les plongées du matin et de l'après-midi ;*
- *Prévoir 1 épreuve de nage par jour ;*
- *Garder une solution de repli en cas de météo difficile ;*
- *Prévoir un temps pour la correction des écrits ;*
- *Prévoir que les candidats passent tous au moins une fois avec chacun des 5 jurys ;*
- *Prévoir, en début d'examen, une « réunion de calage » pour les jurys (critères d'évaluations, conditions de réalisation, ...).*

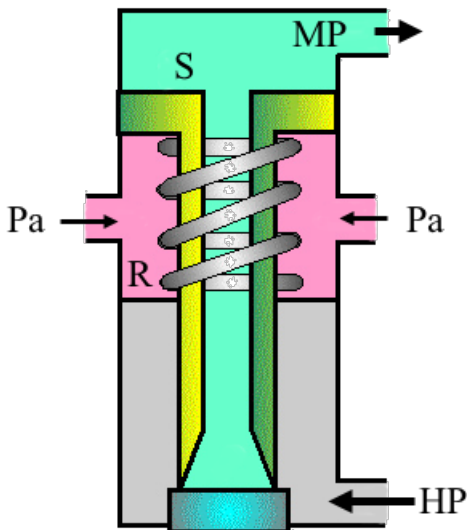
*Exemple de planning :*

	Vendredi	Samedi	Dimanche
<b>08:00 - 10:30</b>	(08h30) Accueil des candidats et présentation de l'examen	800 m PMT (n°2)	500 m capelé (n°9)
<b>10:30 - 12:00</b>	Mannequin (n°1) - (E3) – 2 ateliers	<b>Plongée 2 :</b> conduite de palanquée (n°4)	<b>Plongée 3 :</b> technique à 40 m (n°7 et 5)
<b>12:00 - 14:00</b>	<b>Déjeuner</b>		
<b>14:00 - 17:00</b>	Epreuves écrites (n°10, 11, 12, 14)	Matelotage (n°6) - à quai ou sur bateau	Délibérations
	Réunion du jury (E4/E3)	Matériel (n°13) - en salle	<b>Résultats (16h00)</b>
<b>17:00 - 18:00</b>	<b>Plongée 1 :</b> Apnée à 10 m (n°3) + RSE (n°8) Corrections écrits (E4)	Corrections écrits (E4)	

**QUESTION N°2 : Matériel - détendeurs (9 points)**

1. Dans le cadre d'une formation GP-N4, vous souhaitez mettre en évidence les avantages d'un premier étage compensé. En vous appuyant sur le schéma fourni en annexe, un bilan des forces et vos connaissances, démontrez l'intérêt de la compensation au 1<sup>er</sup> étage sur l'effort respiratoire et le débit d'un détendeur (3 pts)

*Faisons le bilan des forces :*



OUVRIR	FERMER
R	MP x S
Pa x S	
$R + (Pa \times S) = MP \times S$	

$$MP = \frac{R + (Pa \times S)}{S}$$

Le bilan des forces met en évidence que :

- La moyenne pression (M.P.) est indépendante de la haute pression (H.P.). Cela permet d'éviter une augmentation de l'effort inspiratoire au fur et à mesure que la bouteille se vide ;
- La force du ressort n'a donc pas à s'opposer à la HP (ce qui est le cas sur un détendeur piston simple), ce qui permet d'en diminuer la force (par rapport à un piston simple). La conséquence est donc, également, de réduire l'effort inspiratoire.

Par ailleurs, afin d'obtenir des débits plus importants, la compensation autorise des sections de passage pour la H.P. (diamètre d'ouverture) plus importantes, sans que cela n'impacte la taille du corps du premier étage.

La compensation permet donc une stabilisation de la M.P. quelle que soit la pression dans la bouteille et autorise des débits plus importants.

2. Avec ce type de premier étage, à l'ouverture de la robinetterie, le détendeur se met à fuir avec un léger temps de retard. Quelle est la ou les causes possibles de ce dysfonctionnement. Justifiez votre réponse. (2 pt)
  - La moyenne pression est trop haute et atteint une valeur qui finit par vaincre la force du ressort de maintien du clapet sur le siège au deuxième étage ;
  - Mauvaise étanchéité siège / clapet du premier étage : la haute pression continue à alimenter la moyenne pression, qui ne se stabilise pas et augmente lentement jusqu'à provoquer une fuite au deuxième étage.
3. Détendeur et eau froide.
  - a) Expliquez le mécanisme de production de froid dans les détendeurs et ses conséquences. (1 pt)  
 Lorsque l'air se détend il se refroidit fortement.  
 Si ce phénomène intervient en présence d'eau ou d'air saturé en eau, il y a risque de formation de glace qui pourra empêcher le système siège-clapet de fonctionner normalement.  
 La production de froid est fonction du débit d'air et du rapport de détente (gradient de pression).  
 A ce titre, le premier étage est un lieu privilégié où le risque de givrage est maximum.



b) Quelles sont les solutions mises en œuvre pour prévenir les risques de givrage ? (3 pts)

*L'idée directrice est de permettre à l'eau ambiante, dont la température est généralement supérieure à 0°C, de réchauffer le détendeur. Pour cela :*

- *La conception du détendeur et la disposition spatiale des différentes chambres doit favoriser les échanges thermiques avec l'eau ambiante ;*
- *Le choix des matériaux (les 2èmes étages en plastique sont souvent plus sensibles au froid car les plastiques conduisent moins bien la chaleur que le métal) ;*
- *Disposer des ailettes de réchauffement destinées à augmenter la surface d'échange avec le milieu ambiant ;*
- *Isoler la chambre humide en la remplissant de glycol ou d'huile dont la température de solidification est plus basse que l'eau ;*
- *Préférer le système de fixation DIN qui permet une meilleure évacuation des frigories vers la robinetterie que le système à étrier (« Principe des détendeurs de plongée » H. LEBRIS - chapitre XI - Les détendeurs et le froid p. 98) ;*
- *Réduire la détente de l'air en diminuant la M.P., au dépend d'une légère perte de performance.*

### **QUESTION N°3 : Optique en plongée (3 points)**

1. En vous appuyant sur les conséquences d'un changement de milieu pour les rayons lumineux, expliquez pourquoi une vision nette dans l'air devient floue dans l'eau. Justifiez l'intérêt de porter un masque en plongée pour voir claire. (2 pts)

*L'œil humain est conçu pour permettre une perception nette des images, en milieu aérien. Dans l'eau, sans adaptation, notre vision devient floue.*

*Chaque milieu possède une caractéristique qui influe sur la transmission des rayons lumineux : l'indice de réfraction ( $n$ ). Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu à un autre, il subit une déviation d'autant plus importante que la différence entre les indices de réfraction est grande et que l'angle d'incidence est différent de 90° par rapport à la surface de séparation des 2 milieux.*

*Ainsi, dans le cas de la vision aérienne, les rayons lumineux passent de l'air ( $n \approx 1$ ) à l'intérieur de l'œil ( $1,35 \leq n \leq 1,45$ ). La convergence du système optique est telle que les images se forment sur la rétine (image nette).*

*Dans le cas de la vision sous-marine, sans masque, les rayons lumineux passent de l'eau ( $n=1,33$ ) à l'intérieur de l'œil ( $1,35 \leq n \leq 1,45$ ). Dans ce cas, la différence entre les indices de réfraction est plus faible et la convergence du système diminue. L'image se forme en arrière de la rétine, ce qui provoque une image floue au niveau de cell-ci.*

*Pour retrouver une image nette, il faut rétablir les conditions d'une vision aérienne : c'est le rôle du masque.*

2. Vous souhaitez sensibiliser vos stagiaires E3 aux modifications de la perception visuelle en plongée : quels sont les éléments que vous mettez en évidence ? Justifiez-les par des comportements adaptés en plongée (1 pts)

- Réduction du champ de vision : dans l'eau, le champ visuel est limité à environ 97°, alors que

*dans l'air il atteint environ 130° verticalement et 180° horizontalement. C'est un élément essentiel à prendre en compte dans la surveillance des plongeurs et la sécurité.*

- **Modification de la perception des tailles et distances** : si le port du masque permet une vision nette, il provoque des déformations : un objet apparaît plus gros et plus proche. C'est une information utile aux encadrants qui permet d'anticiper sur les difficultés de certains plongeurs à apprécier correctement les distances dans l'eau.
- **Absorption des couleurs** : avec la profondeur, la lumière blanche est absorbée sélectivement, en fonction des différentes longueurs d'ondes (rouge 5 m, orange 10 m, jaune et violet 15-20 m, vert 40 m...). Utiliser un phare permet de restituer les couleurs réelles.
- **Diminution de l'intensité lumineuse** : selon l'incidence avec laquelle les rayons lumineux traversent la surface de l'eau, ils subissent des phénomènes de réflexion et réfraction qui se traduisent par une diminution de l'intensité lumineuse. Le choix de plonger aux heures où le soleil est au zénith permet de bénéficier d'une intensité lumineuse maximale.

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### 1) Direction technique du club (4 pts)

Votre président de club vous demande de concevoir l'organisation d'une journée de découverte en milieu naturel pour les enfants des membres du club.

- De quels éléments administratifs allez-vous vous assurer avant d'organiser cette journée ?
- Décrivez succinctement l'organisation générale et vos besoins humains et matériels.
- Vous êtes tuteur de 2 stagiaires pédagogiques membres du club. Quelle(s) compétence(s) allez-vous travailler avec eux lors de cette journée ?

### 2) Lestage et ventilation (8 pts)

Un plongeur équipé d'une combinaison humide dont l'air contenu dans le néoprène équivaut à un volume de  $4\text{dm}^3$  (4 l) est lesté de telle sorte que sa flottabilité en surface est neutre quand son gilet est dégonflé et ses muscles ventilatoires au repos (équilibre ventilatoire). Il s'immerge à 40 mètres.

- Quel volume occupe l'air emprisonné dans sa combinaison ? Quel volume d'air doit-il introduire dans son gilet pour rétablir sa flottabilité neutre ? (1,5 pt)
- Partant de cet équilibre, il descend à 50 mètres sans toucher à son gilet. Que devient le volume de l'air emprisonné dans la combinaison et le gilet ? Quel volume d'air doit-il inspirer par rapport à son équilibre ventilatoire pour rétablir une flottabilité neutre ? (1,5 pt)
- Toujours sans toucher à son gilet, il remonte à 30 mètres. Quel volume d'air doit-il expirer par rapport à son équilibre ventilatoire pour rétablir une flottabilité neutre ? (1,5 pt)
- Que deviennent les réponses aux questions A, B et C si ce plongeur est sur lesté de 2 kg ? (1,5 pt)
- Quelles réflexions vous inspirent ces résultats ? (2 pts)

### 3) Compresseur et gonflage (8 pts)

Le comité directeur du club a décidé de rééquiper la station de gonflage. L'objectif est de pouvoir gonfler 10 blocs de 12 litres à 230 bars et 10 blocs de 15 litres à 200 bars, sans mettre en route le compresseur (on considère à 50 bars, la pression résiduelle dans chacun des blocs).

- a. Combien faut-il de tampons (50 litres à 300 bars) pour élaborer deux rampes de gonflage, une pour les blocs à 200 bars, l'autre pour les blocs à 230 bars ? (2 pts).  
*(on considère la loi de Mariotte et les pressions lues au manomètre)*
- b. En vous appuyant sur vos connaissances des lois physiques, expliquez pourquoi on utilise rarement des tampons supérieurs à 300 bars. (1 pt)
- c. On veut pouvoir regonfler l'ensemble des deux rampes de tampons en 2 heures, quelle devra être le débit minimum du compresseur à acheter ? (2 pts)
- d. Vous souhaitez pouvoir faire du gonflage Nitrox à l'aide d'une B50 d'oxygène pur à 200 bars (le remplissage se fait avec une lyre de transfert).
  1. Quelles précautions allez-vous prendre pour élaborer un mélange 40-60 dans deux blocs de 15 litres vides et les gonfler à 200 bars ? (1 pt)
  2. Décrivez la procédure de gonflage. (1 pt)
  3. Quel sera la pression lue au manomètre de la B50 après la manipulation ? (0,5 pt)
  4. Combien de temps doit tourner le compresseur (25m<sup>3</sup>/h) pour effectuer l'opération sans utiliser les tampons ? (0,5 pt)

## REFERENTIEL DE CORRECTION

### 1) Direction technique du club (4 pts)

Votre président de club vous demande de concevoir l'organisation d'une journée de découverte en milieu naturel pour les enfants des membres du club.

- a. De quels éléments administratifs allez-vous vous assurer avant d'organiser cette journée ? (1 pt)
- *Age des enfants afin de déterminer les activités accessibles (PMT, scaphandre)*
  - *Autorisation parentale ou présence des responsables légaux*
  - *Vérification auprès de l'assurance du club de la couverture en RC*
  - *Certificats médicaux en règle*
- b. Décrivez succinctement l'organisation générale et vos besoins humains et matériels. (2 pts)
- *Plusieurs réponses possibles. On attend du candidat qu'il fasse preuve d'ouverture (journée « découverte » du milieu et des activités) dans le respect de la réglementation et de l'obligation de moyens.*
  - *En fonction des âges, possibilité de proposer randonnée subaquatique (cursus « jeunes bulles ») et/ou scaphandre, de rajouter une initiation biologie marine avec éventuellement des prises de vues.*
  - *Le code du sport (arrêté du 6.04.2012) n'établissant pas de règles spécifiques à la plongée enfants, la réglementation fédérale s'applique (Cf MFT « jeunes plongeurs »), avec notamment les normes d'encadrement, les profondeurs à respecter, la prise en compte de la température de l'eau et la nécessité d'un matériel adapté. Le matériel de secours et d'assistance (lui aussi adapté) doit être mentionné. La mise en place d'activités à la fois ludiques et pédagogiques doit être valorisée. La prise en compte du confort (matériel spécifique, vêtements adaptés, collation, jeux ...) est attendue.*
- c. Vous êtes tuteur de 2 stagiaires pédagogiques membres du club. Quelle(s) compétence(s) pourriez-vous travailler avec eux lors de cette journée ? (1 pt)
- *Dans ce cadre, il semble intéressant de travailler l'UC1 (accueil des plongeurs), l'UC4 (choisir un site), l'UC5 (organiser l'activité), ainsi que l'UC6 (sécuriser l'activité). Les UC pédagogiques peuvent être abordées mais ne constituent pas la cible la plus pertinente pour ce genre de journée. Celle-ci est également l'occasion de mettre en pratique les connaissances de l'UC7, évoquées en stage initial.*
  - *Pour que l'apprentissage soit le plus efficace, les stagiaires doivent être intégrés en amont à l'organisation de la journée, puis être actifs lors de celle-ci. Le MF2 sera garant de la sécurité.*

### 2) Lestage et ventilation (8 pts)

Un plongeur équipé d'une combinaison humide dont l'air contenu dans le néoprène équivaut à un volume de 4 dm<sup>3</sup> (4 l) est lesté de telle sorte que sa flottabilité en surface est neutre quand son gilet est dégonflé et ses muscles ventilatoires au repos (équilibre ventilatoire). Il s'immerge à 40 mètres.

- a. Quel volume occupe l'air emprisonné dans sa combinaison ? Quel volume d'air doit-il introduire dans son gilet pour rétablir sa flottabilité neutre ? (1,5 pt)
- A 40 mètres, la pression est de 5 bar, donc le volume d'air de la combinaison est de 4 dm<sup>3</sup> x 1b / 5b = 0,8 dm<sup>3</sup>. Il faut donc introduire 4 dm<sup>3</sup> - 0,8 dm<sup>3</sup> = 3,2 dm<sup>3</sup> soit 3.2 L d'air dans le gilet pour rétablir le volume global.*

- b. Partant de cet équilibre, il descend à 50 mètres sans toucher à son gilet. Que devient le volume de l'air emprisonné dans la combinaison et le gilet ? Quel volume d'air doit-il inspirer par rapport à son équilibre ventilatoire pour rétablir une flottabilité neutre ? (1,5 pt)

*A 50 mètres, soit 6 bar, les 4 dm<sup>3</sup> (gilet + combinaison) à 40 mètres occupent  $4 \text{ dm}^3 \times 5b / 6b = 3,33 \text{ dm}^3$ , il lui manque 0,67 dm<sup>3</sup>. Le plongeur doit donc inspirer 0,67 litre pour rétablir le volume global.*

- c. Toujours sans toucher à son gilet, il remonte à 30 mètres. Quel volume d'air doit-il expirer par rapport à son équilibre ventilatoire pour rétablir une flottabilité neutre ? (1,5 pt)

*A 30 mètres, soit 4 bar, les 4 dm<sup>3</sup> (gilet + combinaison) à 40 mètres occupent  $4 \text{ dm}^3 \times 5b / 4b = 5,0 \text{ dm}^3$ , il y a 1 dm<sup>3</sup> de trop. Le plongeur doit expirer 1,0 L pour rétablir le volume global.*

- d. Que deviennent les réponses aux questions A, B et C si ce plongeur est surlesté de 2 kg ? (1,5 pt)

*S'il est surlesté de 2 kg, il doit introduire 2 litres d'air supplémentaires dans son gilet, soit 6 dm<sup>3</sup> au total. A 50 mètres, soit 6 bar, les 6 dm<sup>3</sup> (gilet + combinaison) à 40 mètres occupent  $6L \times 5b / 6b = 5,0 \text{ dm}^3$ . Le plongeur doit donc inspirer 1,0 litre (par rapport à 0,67L soit 1/3 de plus) pour rétablir le volume global. A 30 mètres, soit 4 bar, les 6 dm<sup>3</sup> (gilet + combinaison) à 40 mètres occupent  $6L \times 5b / 4b = 7,5 \text{ dm}^3$ . Le plongeur doit donc expirer 1,5 litre (par rapport à 1L soit 1/3 de plus) pour rétablir le volume global.*

- e. Quelles réflexions vous inspirent ces résultats ? (2 pts)

*On voit bien que le surlestage impose une plus grande amplitude de poumon-ballast pour corriger des variations de profondeur, donc à amplitude constante il réduit la plage de stabilisation, autrement dit, il réduit l'efficacité du poumon-ballast. Il peut facilement conduire à l'essoufflement.*

### 3) Compresseur et gonflage (8 pts)

Le comité directeur du club a décidé de rééquiper la station de gonflage. L'objectif est de pouvoir gonfler 10 blocs de 12 litres à 230 bars et 10 blocs de 15 litres à 200 bars, sans mettre en route le compresseur (on considère à 50 bars, la pression résiduelle dans chacun des blocs).

- a. Combien faut-il de tampons (50 litres à 300 bars) pour élaborer deux rampes de gonflage, une pour les blocs à 200 bars, l'autre pour les blocs à 230 bars ? (2 pts).

*(on considère la loi de Mariotte et les pressions lues au manomètre)*

*Rampe 200 bar : Il faut  $10 * 15 * (200 - 50) = 22\ 500 \text{ L}$  d'air à 1 bar*

*Cet air est apporté par N1 tampons de 50 L initialement à 300 bar :  $N1 * 50 * (300 - 200)$*

*On a donc l'égalité  $N1 * 50 * (300 - 200) = 22\ 500$  donc  $N1 = 22\ 500 / 5\ 000 = 4,5$  soit **5 tampons***

*Rampe 230 bar : Il faut  $10 * 12 * (230 - 50) = 21\ 600 \text{ L}$  d'air à 1 bar*

*Cet air est apporté par N2 tampons de 50 L initialement à 300 bar :  $N2 * 50 * (300 - 230)$*

*On a donc l'égalité  $N2 * 50 * (300 - 230) = 21\ 600$  donc  $N2 = 21\ 600 / 3\ 500 = 6,2$  soit **7 tampons***

- b. En vous appuyant sur vos connaissances des lois physiques, expliquez pourquoi on utilise rarement des tampons supérieurs à 300 bars. (1 pt)

*La loi des gaz parfaits (loi de Mariotte à température constante) est un modèle qui reste valable tant que la pression et la température restent autour des conditions de température et de pression du niveau de la mer.*

*Au-delà apparaît une non linéarité qui commence à être notable à partir de 180b qui est de l'ordre 10 % au-delà de 300b.*

*Les inconvénients générés par une PS supérieur à 200b (échantillonnages des éléments constitutifs de la chaîne de l'air : compresseur, filtre, canalisation etc) sont supérieurs aux bénéfices*

- c. On veut pouvoir regonfler l'ensemble des deux rampes de tampons en 2 heures, quelle devra être le débit minimum du compresseur à acheter ? (2 pts)

*Volume total d'air nécessaire :  $22\ 500 + 21\ 600 = 44\ 100\ L = 44,1\ m^3$*

*Débit = volume / temps =  $44,1 / 2 = 22\ m^3/h$  ou  $367\ L/min$*

- d. Vous souhaitez faire du gonflage nitrox à l'aide d'une B50 d'oxygène pur à 200 bars (le remplissage se fait avec une lyre de transfert ; composition air : 20% O<sub>2</sub> - 80% N<sub>2</sub>)

1. Quelles précautions allez-vous prendre pour élaborer un mélange 40-60 dans deux blocs de 15 litres vides et les gonfler à 200 bars ? (1 pt)

*Précautions à prendre : la manipulation d'oxygène pur est délicate. Les matériels doivent être propres et exempts de toute trace de graisse ou d'huile. Il faut éviter l'échauffement en provoquant des variations de débit ou de pression trop importantes.*

*Utiliser des bouteilles pour le Nitrox (oxygène service, robinetterie 26x 200),*

*Oxygène service*

- Bouteille dégraissées (Attention effet mémoire, ce sont obligatoirement des blocs O<sub>2</sub> service dès l'origine) et compatible oxygène (obligatoire avec la méthode des pressions partielles car transfert d'oxygène pur)*
- Lyre compatible oxygène avec vanne de laminage pour transfert lent (5 à 10 bar/min) pour éviter l'échauffement.*
- On complète le bloc avec le compresseur équipé d'un surfiltre (filtre supplémentaire qui purifie l'air des traces d'huile).*

2. Décrivez la procédure de gonflage. (1 pt)

*Après avoir débloqué et purgé les robinets du bloc et de la B50, on connecte la lyre et on procède au transfert lent de l'oxygène pur (50 bar).*

*Le bloc receveur est ouvert en premier, on purge la lyre, puis on ouvre la B50 lentement, puis on ouvre la vanne pointeau.*

*On complète ensuite avec de l'air à l'aide du compresseur (150 bar). (L'azote est apporté par l'air du compresseur :  $P_{air} = 120/0,8 = 150\ bar$ . On ajoute 50 bar d'O<sub>2</sub> puis 150 bar d'air).*

3. Quel sera la pression lue au manomètre de la B50 après la manipulation ? (0,5 pt)

*Donc il faut prélever dans la B50 :  $2 \cdot 50 \cdot 15 = 1500\ L$*

*La pression finale dans la B50 sera :  $P_f = (50 \cdot 200 - 1500) / 50 = 170\ bar$*

4. Combien de temps doit tourner le compresseur (25m<sup>3</sup>/h) pour effectuer l'opération sans utiliser les tampons ? (0,5 pt)

*On doit ajouter 150 bar d'air dans chaque bloc :  $2 \cdot 150 \cdot 15 = 4\ 500\ L = 4,5\ m^3$*

*Temps = Volume/Débit =  $4,5 / 25 = 0,18\ h = 10\ min\ 48s$*



**Aspects théoriques de l'activité**  
**Durée 1h 30 - Coefficient 3**

**QUESTION 1- Gonflage et plongée au Nitrox (6 points)**

Vous êtes directeur technique d'un centre de plongée et souhaitez organiser une journée d'initiation à la plongée Nitrox pour 3 plongeurs. Vous réalisez vos mélanges à l'aide d'une lyre de transfert équipée d'un manomètre en appliquant la méthode des pressions partielles. Vous disposez d'une bouteille d'oxygène B50 (50 litres) à 200 bars et d'un compresseur d'air de débit 15m<sup>3</sup>/h. Le mélange Nitrox est réalisé en deux étapes :

1<sup>ère</sup> étape : on charge les blocs en oxygène pur à une vitesse de 5 bars/min.

2<sup>ème</sup> étape : on ajoute de l'air à l'aide du compresseur.

On considère que l'air est composé de 80% de N<sub>2</sub> et de 20% d'O<sub>2</sub>.

Pour la plongée du matin, vous souhaitez confectionner un mélange Nitrox 32/68 à 200 bars dans 4 blocs de 12 litres. Toutes ces bouteilles sont compatibles O<sub>2</sub> pur. Les 4 bouteilles contiennent 45 bars de Nitrox 40/60 avant gonflage et sont reliées entre elles sur une même rampe de gonflage.

- Quelle quantité d'O<sub>2</sub> doit-on introduire dans les 4 blocs à partir de la B50 d'O<sub>2</sub> ? Après cette opération, quelles sont les pressions dans les blocs et dans ladite B50 ?
- Quelle quantité d'air doit-on ajouter dans les blocs à l'aide du compresseur ?
- Quel est le temps du gonflage des 4 blocs à l'aide du compresseur ?

**QUESTION 2 - Consommation du plongeur et relevage (6 points)**

Votre bateau de plongée est accroché à un corps mort situé près d'une épave reposant sur un fond de 50 mètres dans une eau de densité 1,05. Vous prévoyez d'effectuer une plongée sur cette épave et d'équilibrer une gueuse (masse = 12 Kg, densité = 6) posée sur ce fond en vous aidant d'un parachute de 60 litres de volume et de votre bouteille de 15 litres gonflée avant la plongée à 200 bars.

- Vous vous souvenez avoir effectué récemment une plongée carrée en eau douce à 30 mètres, et avoir consommé 100 bars sur une bouteille de 12 litres en 25 minutes. Calculez votre consommation moyenne à cette profondeur et celle ramenée à la surface en L/min (on négligera le temps de descente).
- En supposant votre consommation identique à celle de votre plongée précédente, après 15 minutes à 50 mètres (dans cette eau de densité 1,05), combien de temps pourriez-vous passer à cette profondeur jusqu'à ce que votre bloc atteigne la pression de 50 bars ?
- Au bout des 15 minutes passées à 50 mètres, vous gonflez le parachute fixé à la gueuse. Quelle pression indique votre manomètre :
  - avant le gonflage du parachute ?
  - après son gonflage, de telle sorte que la gueuse soit équilibrée ? (On négligera le poids du parachute et du bout) Arrondissez le résultat au bar inférieur.

**QUESTION 3 - ASPECT THEORIQUE DU REFROIDISSEMENT D'UN COMPRESSEUR (3 points)**

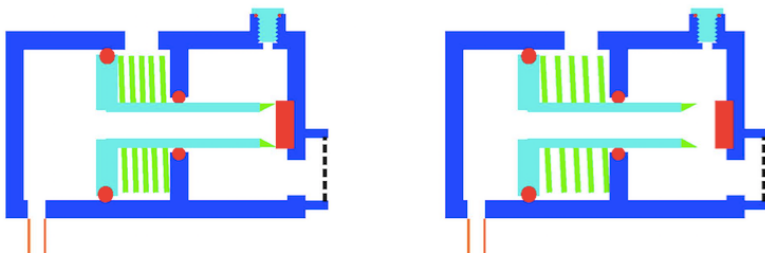
Un compresseur de plongée produit beaucoup de chaleur.

- A l'aide de vos connaissances, expliquez le principe physique de l'échauffement lié à la compression.
- Décrivez synthétiquement les éléments participants au refroidissement d'un compresseur standard.
- Quelles sont les conséquences d'une mauvaise évacuation de la chaleur produite par un compresseur ?

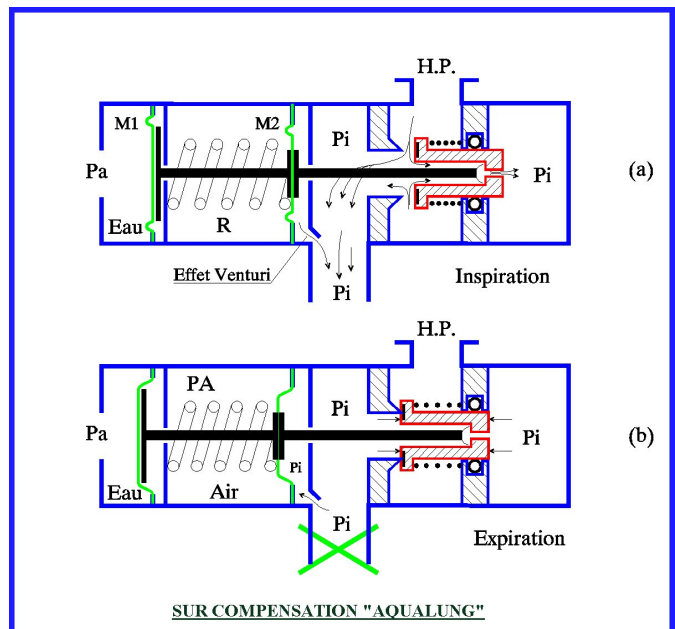
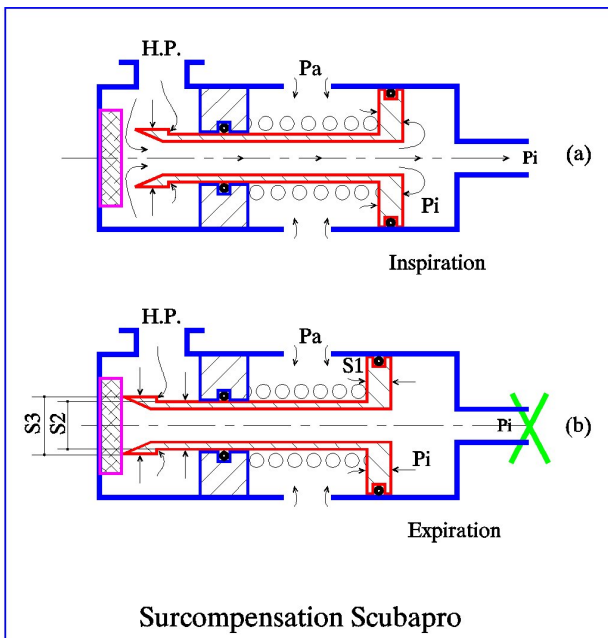
**QUESTION 4 - ASPECT THEORIQUE DES 1<sup>er</sup> ETAGE DE DETENDEUR (5 points)**

Expliquez de façon synthétique :

- La compensation simple d'un premier étage à piston.



- La surcompensation influencée par la variation de la haute pression (type Scubapro).
- La surcompensation influencée par la variation de la pression ambiante (type Aqualung).



## Référentiel de correction

### QUESTION 1- Gonflage et plongée au Nitrox (6 points)

Vous êtes directeur technique d'un centre de plongée et souhaitez organiser une journée d'initiation à la plongée Nitrox pour 3 plongeurs. Vous réalisez vos mélanges à l'aide d'une lyre de transfert équipée d'un manomètre en appliquant la méthode des pressions partielles. Vous disposez d'une bouteille d'oxygène B50 (50 litres) à 200 bars et d'un compresseur d'air de débit 15m<sup>3</sup>/h. Le mélange Nitrox est réalisé en deux étapes :

1<sup>ère</sup> étape : on charge les blocs en oxygène pur à une vitesse de 5 bars/min.

2<sup>ème</sup> étape : on ajoute de l'air à l'aide du compresseur.

On considère que l'air est composé de 80% de N<sub>2</sub> et de 20% d'O<sub>2</sub>.

Pour la plongée du matin, vous souhaitez confectionner un mélange Nitrox 32/68 à 200 bars dans 4 blocs de 12 litres. Toutes les bouteilles sont compatibles O<sub>2</sub> pur. Les 4 bouteilles contiennent 45 bars de Nitrox 40/60 avant gonflage et sont reliées entre elles sur une même rampe de gonflage.

- a) Quelle quantité d'O<sub>2</sub> doit on introduire dans les 4 blocs à partir de la B50 d'O<sub>2</sub> ? Après cette opération, quelles sont les pressions dans les blocs et dans ladite B50 ? **(4 points)**

*Etat initial :*

*4 Blocs à 45 bars de 40/60 (volume de 4x12 = 48 L) :  $PpN_2 = 45 \times 0,6 = 27$  bars et  $PpO_2 = 45 \times 0,4 = 18$  bars.*

*Etat final :*

*4 Blocs à 200 bars de 32/68 (volume de 4x12 = 48 L) :  $PpN_2 = 200 \times 0,68 = 136$  bars et  $PpO_2 = 200 \times 0,32 = 64$  bars.*

*L'oxygène vient de l'O<sub>2</sub> du mélange initial + O<sub>2</sub> pur ajouté + de l'air ajouté par le compresseur.*

*L'azote vient de l'N<sub>2</sub> du mélange initial + de l'air ajouté par le compresseur.*

*Il faut donc déterminer en premier les quantités de ces gaz apportées par l'air pour en déduire celle d'O<sub>2</sub> pur à prélever sur la B50 d'O<sub>2</sub>.*

*$PpN_2$  air à apporter =  $136 - 27 = 109$  bars, soit  $109 / 0,8 = 136,25$  bars d'air.*

*Le compresseur apporte en même temps :  $136,25 \times 0,2 = 27,25$  bars d'O<sub>2</sub>.*

*Il reste donc à apporter par la B50 d'O<sub>2</sub> :  $64 - 18 - 27,25 = 18,75$  bars d'O<sub>2</sub> pur.*

*=> On doit donc introduire  $18,75 \times (4 \times 12) = 900$  L d'O<sub>2</sub> pur.*

*=> La pression dans les blocs est de  $45 + 18,75 = 63,75$  bars.*

*=> La pression dans la b50 :  $(50 \times 200 - 900) / 50 = 182$  bars.*

- b) Quelle quantité d'air doit on ajouter dans les blocs à l'aide du compresseur ? **(1 point)**

*On ajoute :  $136,25 \text{ bar} \times (4 \times 12) = 6540$  L d'air.*

- c) Quel est le temps du gonflage des 4 blocs à l'aide du compresseur ? **(1 point)**

*On ajoute 6540 litres d'air par le compresseur.*

*Celui-ci gonfle 15 m<sup>3</sup> en 60 minutes, soit  $15000 / 60 = 250$  L/min.*

*=> Temps de gonflage =  $6540 / 250 = 26,16$  min ou 26 minutes 10 secondes.*

### QUESTION 2 - Consommation du plongeur et relevage (6 points)

Votre bateau de plongée est accroché à un corps mort situé près d'une épave reposant sur un fond de 50 mètres dans une eau de densité 1,05. Vous prévoyez d'effectuer une plongée sur cette épave puis d'équilibrer une gueuse (masse = 12 Kg, densité = 6) posée sur ce fond en vous aidant d'un parachute de 60 litres de volume et de votre bouteille de 15 litres gonflée avant la plongée à 200 bars.

- a) Vous vous souvenez avoir effectué récemment une plongée carrée en eau douce à 30 mètres, et avoir consommé 100 bars sur une bouteille de 12 litres en 25 minutes. Calculez votre consommation moyenne à cette profondeur et celle ramenée à la surface en L/min (on négligera le temps de descente). **(1 point)**

*Consommation à 30 m =  $100 \times 12 / 25 = 48$  L/min.*

*Consommation en surface =  $48 / 4 = 12$  L/min.*

- b) En supposant votre consommation identique à celle de votre plongée précédente, après 15 minutes à 50 mètres (dans cette eau de densité 1,05), combien de temps pourriez-vous passer à cette profondeur jusqu'à ce que votre bloc atteigne la pression de 50 bars ? **(2 points)**

*Consommation à 50 m =  $12 \times 6,25 = 75$  L/min soit  $75 \times 15 = 1125$  L ou  $1125 / 15 = 75$  bars en 15 min.*

*Chute de pression de la bouteille =  $200 - 75 - 50 = 75$  bars,*

*soit volume restant à respirer =  $75 \times 15 = 1125$  L => temps au fond =  $1125 / 75 = 15$  minutes.*

- c) Au bout des 15 minutes passées à 50 mètres, vous gonflez le parachute fixé à la gueuse. Quelle pression indique votre manomètre :

- avant le gonflage du parachute ? **(1 point)**

*Le manomètre indique  $200 - 75 = 125$  bars.*

- après son gonflage, de telle sorte que la gueuse soit équilibrée ? (On négligera le poids du parachute et du bout) Arrondissez le résultat au bar inférieur. **(2 points)**

*Masse de la gueuse = 12 kg, densité = 6 donc volume = 2 litres*

*Papp de la gueuse =  $12 - 2 \times 1,05 = 9,9$  kg*

*Volume d'air à introduire dans le parachute :  $V \times 1,05 = 9,9$  soit  $V = 9,9 / 1,05 = 9,43$  L.*

*A 50 mètres, cela représente une chute de pression de :  $9,43 \times 6,25 / 15 = 3,930$  bars.*

*Le manomètre indiquera  $125 - 3,93 = 121,07$  bars, soit **121 bars.***

### QUESTION 3 - ASPECT THEORIQUE DU REFROIDISSEMENT D'UN COMPRESSEUR (3 points)

Un compresseur de plongée produit beaucoup de chaleur.

- a) A l'aide de vos connaissances, expliquez succinctement le principe physique de l'échauffement lié à la compression. **(1 point)**

*A chaque étage d'un compresseur, il y a compression et échauffement par :*

- *application des lois de Charles et des gaz parfaits ;*
- *frottement des pièces mécaniques en mouvement sur les parties fixes.*

- b) Décrivez synthétiquement les éléments participants au refroidissement d'un compresseur standard. **(1 point)**

*Un système de refroidissement à eau - radiateur - (rare) ou bien un système de refroidissement à air (plus courant) :*

- *Un ventilateur couplé au système d'entraînement du compresseur assure une circulation d'air permanente sur les différentes parties du compresseur, lorsque celui-ci est en marche.*
- *Les cylindres sont équipés d'ailettes augmentant la surface d'échanges thermiques entre eux et l'air ambiant circulant.*
- *Entre chaque étage, les tuyaux de liaison entre les étages successifs sont allongés, enroulés sur eux-mêmes, et munis d'ailettes. La surface d'échanges thermiques se trouve de fait augmentée.*

- *Un système de purges (automatiques ou manuelles) des condensats retenus par les filtres : la purge crée une chute de pression dans le filtre réduisant ainsi partiellement sa température.*
  - *L'installation du compresseur dans un local aéré et à une distance suffisante des murs de celui-ci permettant la bonne circulation de l'air tout autour.*
- c) Quelles sont les conséquences d'une mauvaise évacuation de la chaleur produite par un compresseur ?  
**(1 point)**
- *Contraintes thermiques des pièces en mouvement et usure prématurée de celles-ci.*
  - *Risque de rupture du système d'embellage.*
  - *Serrage d'un ou des pistons.*
  - *Echauffement de l'huile et vieillissement plus rapide de celle-ci, réduisant ses qualités de lubrification.*
  - *Diminution du pouvoir des cartouches filtrantes.*

#### QUESTION 4 - ASPECT THEORIQUE DES 1<sup>er</sup> ETAGE DE DETENDEUR (5 points)

Expliquez de façon synthétique :

- a) La compensation simple d'un premier étage à piston **(1 point)**
- *Un clapet-piston est dit compensé lorsque toutes les forces de même nature (HP ou PI) s'équilibrent. Les mouvements de celui-ci ne sont donc que le fruit de la variation de la pression intermédiaire, lors de l'inspiration du plongeur. Donc :*
  - *quand la HP diminue, la moyenne pression reste constante.*
  - *De même, le confort respiratoire reste constant lorsque la bouteille se vide.*
- b) La surcompensation influencée par la variation de la haute pression (type Scubapro). **(2 points)**
- *La surcompensation de ce type entraîne une augmentation de la pression intermédiaire lorsque la pression HP de la bouteille diminue au fur et à mesure de la plongée.*
  - *Ceci est dû à un épaulement de la partie du piston située dans la chambre HP sur lequel cette pression s'applique. Comme la force engendrée n'est équilibrée par aucune autre force, celle-ci diminue en même temps que la HP et pour assurer une fermeture du clapet, la moyenne pression doit augmenter car la force qu'elle engendre est agoniste à la précédente (augmentation théorique de 0,4 bar avec une chute de la HP de 160 bars).*
  - *Cela assure donc un confort respiratoire croissant au fur et à mesure que la bouteille se vide.*
- c) La surcompensation influencée par la variation de la pression ambiante (type Aqualung). **(2 points)**
- *De même que précédemment, cette surcompensation entraîne une augmentation de la pression intermédiaire quand la pression ambiante (profondeur) augmente.*
  - *Le principe repose sur une surface plus grande de la membrane sur laquelle s'exerce la pression ambiante que celle de la membrane exposée à la moyenne pression.*
  - *Les forces engendrées par la pression ambiante et la pression intermédiaire sont opposées. Donc, lorsque la pression ambiante augmente avec la profondeur, la pression intermédiaire augmente également en valeur absolue puisque la surface sur laquelle s'applique la force engendrée par elle est plus petite (augmentation théorique de 2 bars entre 0 et 50 m).*
  - *Donc le confort respiratoire augmente avec la profondeur.*

## Aspects théoriques de l'activité

### QUESTION N°1 : organisation, activité du DP (7 points)

Votre comité départemental organise un stage de préparation au niveau 4 Guide de palanquée en mer durant 6 jours pour 7 plongeurs qui se présenteront à l'examen à l'issue du stage. Des cours théoriques ont été réalisés durant la période hivernale, toutefois les stagiaires ne se sont pas présentés à un examen de théorie anticipée. Vous êtes chargé(e) d'organiser ce stage. Le choix de l'encadrement (quantité et niveau) vous est laissé.

- Etablissez un planning du stage de préparation à l'examen du niveau 4 en précisant et justifiant les choix d'organisation que vous retenir (5 points)
- Proposez une organisation d'examen sur 2 jours en citant uniquement l'enchaînement des épreuves (2 points)

### QUESTION N°2. Gonflage Nitrox (8 points)

Dans le cadre d'une sortie club, vous devez préparer 4 bouteilles de 15 litres de Nitrox 36 (36 % d'O<sub>2</sub> et 64% de N<sub>2</sub>), à une pression de 200 bars. Les bouteilles sont vides avant le gonflage. Pour tous les calculs :

- On fera volontairement abstraction de l'influence de la température,
  - On considèrera que l'air est composé de 20 % d'oxygène et de 80 % d'azote.
  - On n'utilisera que les pressions lues au manomètre (pression relative) et non les pressions absolues. Ainsi une bouteille vide contient 0 bar de gaz.
- Définissez la procédure de gonflage (chiffrée) en sachant que le Nitrox sera fabriqué par transvasement à partir d'une bouteille d'O<sub>2</sub> de 50 litres (B50) gonflée à 200 bars. Détaillez la méthode de gonflage de ces bouteilles. (2 pts)
  - Donnez les avantages et les inconvénients de cette procédure (1 pt)
  - Une seconde plongée est prévue, mais cette fois, avec un Nitrox 32% à 200 bars. Pour ne pas gaspiller le mélange, vous décidez de compléter les bouteilles. En équilibrant les blocs vous trouvez une pression résiduelle de 50 bars. Établissez la nouvelle procédure de gonflage. (2 pts)
  - Vous laissez passer 6 heures entre la fin du gonflage et l'analyse des mélanges. Vous constatez que votre mélange contient 35% d'O<sub>2</sub> au lieu de 32% demandés. Quelles solutions proposez-vous afin d'obtenir 32% d'O<sub>2</sub> dans les blocs gonflés à 200 bars ? (2 pts)



**QUESTION N°3 : Nos sens subaquatiques : la vue et l'ouïe en plongée (5 points)**

- a) Décrivez les principales modifications en lien avec le milieu subaquatique qui perturbent notre vision sous l'eau. Pour chaque cas, étayez votre proposition d'une application concrète en plongée. (3 points)
- b) En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine de ces sons. Dites pourquoi et suggérez ainsi un comportement adapté en plongée. (2 points)

**REFERENTIEL DE CORRECTION**

**QUESTION N°1 : organisation, activité du DP (7 points)**

Votre comité départemental organise un stage de préparation au niveau 4 Guide de palanquée en mer durant 6 jours pour 7 plongeurs qui se présenteront à l'examen à l'issue du stage. Des cours théoriques ont été réalisés durant la période hivernale, toutefois les stagiaires ne se sont pas présentés à un examen de théorie anticipée. Vous êtes chargé(e) d'organiser ce stage. Le choix de l'encadrement (quantité et niveau) vous est laissé.

- a) Etablissez un planning du stage de préparation à l'examen du niveau 4 en précisant et justifiant les choix d'organisation que vous retenir (4 points)
- *Forme :*  
*On acceptera tout autant une présentation « planning classique version tableau de 6 colonnes » qu'une description plus linéaire journalière.*
  - *Fond : (3 pts)*
  - *Les éléments suivants devront apparaître :*
    - *l'entraînement à l'ensemble des épreuves de l'examen N4/GP*
    - *des temps pour des révisions des connaissances théoriques : plutôt en soirée*
    - *une répartition et une progression des efforts physiques ☼ Les épreuves nécessitant un effort physique et ou des apnées devront être placées avant les plongées scaphandre ou avec un intervalle suffisant pour prévenir un accident de désaturation.*
    - *une répartition adaptée des plongées techniques.*
    - *Le planning devra également respecter les préconisations fédérales et les règles élémentaires de prévention des accidents : nombre de remontées, prévention des accidents, gestion de l'effort...*
    - *Il devra également inclure l'ensemble des épreuves du GP/N4*
    - *☼ : Mise à jour/ futur de la RSE*
  - *Encadrement : 1 pt*
    - *☼ Le critère est le respect du Code du Sport*



- *On peut suggérer : 3 E3 et 1 E4*
- *Prévoir des réunions de moniteurs régulières*
- *Donner à l'équipe d'encadrement autant que faire se peut la possibilité d'individualiser la préparation et le programme des stagiaires*

b) Proposez une organisation d'examen sur 2 jours en citant uniquement l'enchaînement des épreuves (2 points)

*Exemple :*

- *Jour 1*
  - *Présentation examen et tirage au sort 500 m capelé/ 800m PMT*
  - *Mannequin*
  - *Intervention plongeur en difficulté 40m*
  - *Matelotage / matériel*
  - *Pause*
  - *Théorie 1*
  - *RSE 20m*
- *Jour 2 :*
  - *Nage*
  - *Apnée*
  - *Conduite de palanquée 12/20/40*
  - *Théorie 2*
  - *Pause*
  - *Théorie 3*
  - *Cadre réglementaire*
  - *Délibération*
  - *Recommandations : idem stage*

### **QUESTION N°2. Gonflage Nitrox (8 points)**

Dans le cadre d'une sortie club, vous devez préparer 4 bouteilles de 15 litres de Nitrox 36 (36 % d'O<sub>2</sub> et 64% de N<sub>2</sub>), à une pression de 200 bars. Les bouteilles sont vides avant le gonflage. Pour tous les calculs :

- On fera volontairement abstraction de l'influence de la température,
- On considèrera que l'air est composé de 20 % d'oxygène et de 80 % d'azote.
- On n'utilisera que les pressions lues au manomètre (pression relative) et non les pressions absolues. Ainsi une bouteille vide contient 0 bar de gaz.

a) Définissez la procédure de gonflage (chiffrée) en sachant que le Nitrox sera fabriqué par transvasement à partir d'une bouteille d'O<sub>2</sub> de 50 litres (B50) gonflée à 200 bars. Détaillez la méthode de gonflage de ces bouteilles. (2 points)

- *Le mélange se réalise à l'aide d'une lyre de transfert : méthode des pressions partielles*
  - *Procédure de gonflage :*
    - *On a 0 bar d'azote*
    - *On veut 200 bars à 64% N<sub>2</sub>:  $200 \times 0,64 = 128$  bar de N<sub>2</sub>*
    - *On doit rajouter en air :  $128 / 0,80 = 160$  bar d'air*
    - *Pour la fabrication du Nitrox, il faut transvaser d'abord 40 bars d'O<sub>2</sub> pur puis compléter avec 160 bars d'air à l'aide du compresseur*
- b) **Donnez les avantages et les inconvénients de cette procédure (1 point)**
- *Avantages :*
    - *Possibilité de réaliser des mélanges supérieurs à 40% d'O<sub>2</sub> avec du matériel approprié et compatible O<sub>2</sub> à un faible coût*
  - *Inconvénients :*
    - *L'air ajouté par le compresseur doit-être exempt de toute particule d'huile, utilisation d'un sur filtre évitant de « polluer »*
    - *La fabrication demande beaucoup d'attention, de précision dans les pressions partielles et du temps de remplissage*
    - *A l'équilibre des pressions, le transvasement n'est plus possible, les bouteilles d'O<sub>2</sub> ne sont pas utilisées dans leur capacité maximum*
    - *Pour les vider, il faut utiliser un surpresseur, ou bien vider les bouteilles de Nitrox mais on perd 5 à 10 bars d'O<sub>2</sub> dans la B50.*
- c) **Une seconde plongée est prévue, mais cette fois, avec un Nitrox 32% à 200 bars. Pour ne pas gaspiller le mélange, vous décidez de compléter les bouteilles. En équilibrant les blocs vous trouvez une pression résiduelle de 50 bars. Établissez la nouvelle procédure de gonflage. (3 points)**
- *Etat initial : on a 50 bar (P.résiduelle) x 64% de N<sub>2</sub> :  $50 \times 0,64 = 32$  bar de N<sub>2</sub>*
  - *Il reste dans les blocs 50 bar (P.résiduelle) x 36 soit :  $50 \times 0,36 = 18$  bar d'O<sub>2</sub>*
  - *Etat final : on veut 200 bars x 68% de N<sub>2</sub> (car Nitrox 32):  $200 \times 0,68 = 136$  bar de N<sub>2</sub>*
  - *On doit rajouter  $136 - 32 = 104$  bar de N<sub>2</sub>*
  - *On doit rajouter  $104 / 0,80 = 130$  bar d'air à l'aide du compresseur*
  - *On apporte 130 bars d'air donc  $130 \times 0,2$  (20% O<sub>2</sub> dans l'air)= 26 bar d'O<sub>2</sub>. Au final, on veut  $200 \times 0,32 = 64$  bar d'O<sub>2</sub>. Donc il faut transvaser  $(64-26)-18 = 20$  bar d'O<sub>2</sub> à la lyre.*
  - *Pour des raisons de sécurité, on commencera par transvaser l'O<sub>2</sub> puis on complètera le gonflage à l'aide du compresseur*
- d) **Vous laissez passer 6 heures entre la fin du gonflage et l'analyse des mélanges. Vous constatez que votre mélange contient 35% d'O<sub>2</sub> au lieu de 32% demandés. Quelles solutions proposez-vous afin d'obtenir 32% d'O<sub>2</sub> dans les blocs gonflés à 200 bars ? (2 points)**

- *Vider un peu les blocs jusqu'à une pression définie (P) et les regonfler ensuite à l'air jusqu'à une pression de 200 bar.*
- *Détermination de l'équation pour un Nitrox 32*
- *Calcul de la pression de N2 final : On obtiendra en final (0,68 x 200) bars de N2, soit 136 bar de N2.*
- *On dispose initialement d'une pression (P) de 65% de N2 (car 35% O2) lorsque les bouteilles sont vidées partiellement avant d'être regonflées à l'air.*
- *On va rajouter de l'air : 0,80 x (200 - P) bar de N2*
- *D'où l'équation : 0,65 x P + 0,80 x (200 - P) = 136*
- *Soit 0,65 x P + 0,80 x 200 - 0,80 x P = 136*
- *Soit P x (0,65 - 0,80) + 160 = 136 bars  $\Leftrightarrow$  0,15 x P = 160 - 136*
- *P = 24 / 0,15 = 160 bar*
- *Les autres solutions nous donnent une pression des blocs supérieure à la pression de service (200 bars) ou un mélange encore trop riche.*

**QUESTION N°3 : Nos sens subaquatiques : la vue et l'ouïe en plongée (4 points)**

- a) Décrivez les principales modifications en lien avec le milieu subaquatique qui perturbent notre vision sous l'eau. Pour chaque cas, étayez votre proposition d'une application concrète en plongée. (3 points)
- *La réfraction des rayons lumineux : le port du masque oblige la lumière à traverser deux milieux différents avant de parvenir à l'œil : l'eau puis l'air. Les rayons lumineux sont déviés car la vitesse de propagation de l'onde lumineuse est plus grande dans l'air que dans l'eau : c'est le phénomène de réfraction.*  
*Conséquences : les objets apparaissent plus grands d'un tiers de leur taille réelle et plus proches d'un quart de leur distance réelle par rapport à l'observateur.*
  - *Le rétrécissement du champ visuel dépend de la jupe du masque, de sa position par rapport à l'œil du plongeur, mais aussi de la taille et de la configuration du masque.*  
*Conséquences : le plongeur doit tourner la tête ou pivoter le corps pour observer les autres plongeurs et son environnement. Les purges du gilet, le manomètre ou le détendeur de secours doivent pouvoir être trouvés et manipulés sans les visualiser directement, ce qui peut poser des problèmes aux plongeurs débutants. Les signes de plongée doivent être amples et effectués en face du masque de l'observateur pour être correctement vus.*
  - *La diffusion : la luminosité diminue au fur et à mesure que la couche d'eau, c'est-à-dire la profondeur augmente. En eau claire, la luminosité est diminuée de 40% à 1 m, 75% à 5 m, et de 93% à 20 m (valeurs indicatives non exigées dans la réponse). La présence de particules dans l'eau amplifie le phénomène en déviant les rayons lumineux.*

*Conséquences : Lorsque la luminosité est faible, les membres d'une palanquée doivent être moins nombreux et plus proches les uns des autres pour éviter de se perdre.*

*Un éclairage adapté doit être prévu tant pour les plongeurs que pour les vidéastes.*

*Les zones proches de la surface, plus éclairées, sont plus riches en flore et en faune sous-marine que les zones plus profondes où la vie va progressivement se raréfier.*

- L'absorption des couleurs : la lumière blanche est constituée de plusieurs longueurs d'onde correspondant à toutes les couleurs du spectre visible. Le rouge disparaît en premier, vers 5 m, puis l'orange vers 10 à 15 m, le jaune entre 15 et 25 m, le vert vers 40 m. Au-delà de 40 m ne subsiste que le bleu. (Les valeurs chiffrées ne sont pas exigées dans la réponse).*

*Conséquences : risque de confusion dans les palanquées si on se fie uniquement aux couleurs des palmes ou de la combinaison des coéquipiers.*

*Intérêt d'avoir une lampe qui restitue les vraies couleurs : exploration ou photographies.*

b) En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine de ces sons.

Dites pourquoi et suggérez ainsi un comportement adapté en plongée. (1 point)

- Dans l'air, la vitesse de propagation du son est de 330 mètres/seconde. A cette vitesse, grâce au système auditif humain et par l'écartement des 2 oreilles, il nous est permis d'entendre mais aussi de localiser, dans l'espace, la direction de la source sonore.*
- Sous l'eau, la vitesse de propagation du son, est 5 fois plus rapide que dans l'air (1500 mètres /seconde) → délai de perception raccourci de 5 fois.*
- Le son se déplace trop vite, l'espace entre les 2 oreilles n'est pas assez important et la boîte crânienne joue le rôle de caisse de résonance qui amplifie la réception : détermination de la localisation de la source sonore impossible.*
- En plongée, il faut privilégier et décupler les autres sens tels que la vue, comportement adapté lors de l'approche surface.*

Aspects théoriques de l'activité  
Durée 1h 30 Coefficient 3

**QUESTION 1 (8 points)**

Un club de l'intérieur, comprenant un nombre assez important de membres, doit développer son encadrement et organiser une formation Niveau 4 - Guide de palanquée. Vous êtes MF2 et on vous sollicite pour la planification de cette formation.

La formation se déroulera sur 10 mois, vous aurez au maximum 30 séances en piscine (3 par mois), 10 séances en fosse de 20 m (1 par mois), et 3 séjours en mer de 4 jours chacun, le dernier se clôturant par 3 jours d'examen.

Proposez une progression sur la durée totale de la formation, ainsi qu'un programme type pour les séjours en mer.

Utilisez les tableaux en annexe 1 pour votre réponse et justifiez vos choix.

**QUESTION 2 (4 points)**

Selon son modèle, quels conseils d'utilisation donneriez-vous pour une plongée en altitude avec un ordinateur ?

**QUESTION 3 (8 points)**

Votre club associatif, situé en bord de mer, possède un semi rigide homologué pour 16 plongeurs mais, jusqu'à présent, louait le matériel nécessaire à ses activités car vous ne sortiez qu'une fois ou deux par semaine en été (10 à 12 personnes par sortie).

Depuis que le club a un moniteur 2<sup>ème</sup> degré, il développe les formations et le nombre de membres augmente. Le club comprend à présent 30 membres dont une quinzaine d'autonomes assidus, disposant tous de l'équipement réglementaire sauf du bloc (idem pour l'équipe d'encadrement) et une quinzaine de personnes qui démarrent leur apprentissage. L'équipe d'encadrement se compose d'un stagiaire MF1, d'un MF1, d'un N4-Initiateur et de vous - MF2. La mairie vous a octroyé un créneau piscine hebdomadaire pour faire vos entraînements en hiver.

Le club dispose d'un budget de 25 000 € pour investir dans du matériel (qui pourra être stocké non loin du bateau) et vous demande conseil.

Quelles sont vos préconisations d'achats ? Justifiez vos choix nécessaires et suffisants.

Utilisez l'annexe n°2 pour répondre à la question.

Annexe 1-1 (question 1)

	Mois 1	Mois 2	Sortie mer 1	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Sortie mer 2	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Sortie mer 3 et examen
<b>Condition physique</b>													
<i>Entraînement 800 PMT (travail du foncier)</i>													
<i>Entraînement 500 capelé</i>													
<i>Entraînement mannequin</i>													
<i>Entraînement apnée 10m</i>													
<b>Plongée scaphandre</b>													
<i>GP - brief/débrief</i>													
<i>GP - conduite de palanquée</i>													
<i>Intervention sur plongeur en difficulté</i>													
<i>RSE</i>													
<i>Matelotage</i>													
<b>Connaissances théoriques</b>													
<i>Epreuve de physique appliquée à la plongée</i>													
<i>Epreuve de physiologie appliquée à la plongée</i>													
<i>Symptômes, prévention et traitements des accidents</i>													
<i>Utilisation des tables fédérales</i>													
<i>Notions pratiques et théoriques sur le matériel</i>													
<i>Notions de réglementation</i>													
<i>Examen blanc, corrections, ajustements, révisions</i>													

Annexe 1-2 (question 1)

	Jour 1			Jour 2			Jour 3			Jour 4		
	Matin	Ap-midi	Fin ap-m	Matin	Ap-midi	Fin ap-m	Matin	Ap-midi	Fin ap-m	Matin	Ap-midi	Fin ap-m
<b>Condition physique</b>												
<i>Entraînement 800 m PMT</i>												
<i>Entraînement 500 m capelé</i>												
<i>Entraînement mannequin</i>												
<i>Entraînement apnée 10m</i>												
<b>Plongée scaphandre</b>												
<i>GP - brief/débrief</i>												
<i>GP - conduite de palanquée</i>												
<i>Intervention sur plongeur en difficulté</i>												
<i>RSE</i>												
<i>Matelotage</i>												
<b>Connaissances théoriques</b>												
<i>Matériel (si nécessaire en situation)</i>												

Justification :



Annexe n°2 (question 3)

	Prix unitaire	Nombre	Total
Bouteille double robinetterie	300 €		
Détendeur complet DIN ou étrier avec octopus	300 €		
Gilet réglable taille S, M, L ou XL	300 €		
Ordinateur	200 €		
Combinaison hiver	300 €		
Combinaison 5 mm ou 7 mm	200 €		
Shorty	80 €		
PMT chaussant ou réglable	100 €		
Compresseur 256 bar, 30m <sup>3</sup> /h, 3 sorties (occasion)	10 000 €		
Bouteille tampon 50 L à 300 bar (occasion)	450 €		
TOTAL (25 000 € max)			

Justification :

## Référentiel de correction

### QUESTION 1 (8 points)

Formation de GP axée sur l'encadrement de plongeurs lors de plongées simples, successives et particulières : de nuit, sur épave, avec problèmes à résoudre, avec différents publics : enfants, seniors, mixtes, la prévention des accidents et l'intervention ainsi que sur la connaissance et le respect du milieu marin (Guide à l'usage des GP).

→ Importance et progressivité des stages en mer :

1. Evaluation des acquis, initiation à la conduite de palanquée (CP), tests physiques 800/500 et assistance à 40 m,
2. Perfectionnement CP (plongées à thèmes), tests épreuves physiques,
3. Examen blanc, validation des aptitudes et travail des points faibles.

→ Entraînements en piscine et fosse préparent aux stages en mer.

### Exemple de programme de la formation sur 10 mois



### Programme des sorties mer 3x4j

	Jour 1			Jour 2			Jour 3			Jour 4		
	Matin	Ap-midi	Fin ap-m	Matin	Ap-midi	Fin ap-m	Matin	Ap-midi	Fin ap-m	Matin	Ap-midi	Fin ap-m
<b>Condition physique</b>												
Entraînement 800 m PMT	X											
Entraînement 500 m capelé				X								
Entraînement mannequin							X					
Entraînement apnée 10m										X		
<b>Plongée scaphandre</b>												
GP - brief/débrief	X				X		X			X	X	
GP - conduite de palanquée	20m				20m		40m			40m	20m	
Intervention sur plongeur en difficulté		20m		40m				20m		40m		
RSE		20m						20m				
Matelotage			X			X						
<b>Connaissances théoriques</b>												
Matériel (si nécessaire en situation)									X			X

### QUESTION 2 (4 points)

Selon son modèle, quels conseils d'utilisation donneriez-vous pour plonger en altitude avec un ordinateur ?

*Il existe des ordinateurs à paramétrage manuel ou à paramétrage automatique.*

*- Pour les modèles à paramétrage manuel l'utilisateur devra choisir la plage d'altitude de la plongée avant l'immersion. Si on sélectionne une plage d'altitude supérieure à celle à laquelle on va plonger cela aura pour effet le durcissement de la procédure de décompression. Exemple Vyper Suunto.*

*- Pour les modèles à paramétrage automatique la montée en altitude nécessite un temps d'adaptation qui correspond au temps d'élimination de l'azote en excès résultant de la baisse de pression atmosphérique (désaturation). Toute plongée effectuée durant ce temps d'adaptation sera considérée comme une plongée successive, il est donc recommandé d'attendre 3 à 12 heures avant d'effectuer une immersion. Exemple Archimède Cressi.*

*- Certains modèles ont un capteur de pression actif en tâche de fond et détectent automatiquement la montée en altitude. Ils requièrent néanmoins une sélection manuelle de l'altitude de plongée afin d'ajuster l'algorithme de façon précise et indépendante de la météo (la météo ayant une influence sur la pression atmosphérique mesurée par l'ordinateur pour définir l'altitude). Exemple Galileo Uwatec.*

*La profondeur affichée par l'ordinateur de plongée est la profondeur réelle. La profondeur des paliers à effectuer est automatiquement ajustée par les ordinateurs. Certains (Uwatec) répartissent le palier de 3 m en deux paliers, l'un à 4 et l'autre à 2 m. La vitesse est elle aussi automatiquement ajustée.*

*A noter, sur certains ordinateurs il est possible de spécifier que l'on se trouve en eau douce ou en eau salée. En altitude il faudra sélectionner l'eau douce avant l'immersion.*

### QUESTION 3 (8 points)

Votre club associatif, situé en bord de mer, possède un semi rigide homologué pour 16 plongeurs mais, jusqu'à présent, louait le matériel nécessaire à ses activités car vous ne sortiez qu'une fois ou deux par semaine en été (10 à 12 personnes par sortie).

Depuis que le club a un moniteur 2<sup>ème</sup> degré, il développe les formations et le nombre de membres augmente. Le club comprend à présent 30 membres dont une quinzaine d'autonomes assidus, disposant tous de l'équipement réglementaire sauf du bloc (idem pour l'équipe d'encadrement) et une quinzaine de personnes qui démarrent leur apprentissage. L'équipe d'encadrement se compose d'un stagiaire MF1, d'un MF1, d'un N4-Initiateur et de vous - MF2. La mairie vous a octroyé un créneau piscine hebdomadaire pour faire vos entraînements en hiver.

Le club dispose d'un budget de 25 000 € pour investir dans du matériel (qui pourra être stocké non loin du bateau) et vous demande conseil.

Quelles sont vos préconisations d'achats ? Justifiez vos choix nécessaires et suffisants.

Utilisez l'annexe n°2 pour répondre à la question.

*Exemple d'investissement, d'autres solutions sont possibles à condition d'être justifiées, cohérentes et de respecter le budget prévu.*

	Prix unitaire	Nombre	Total
Bouteille double robinetterie	300 €	17	5 100 €
Détendeur complet DIN ou étrier avec octopus	300 €	10	3 000 €
Gilet réglable taille S, M, L ou XL	300 €	15	4 500 €
Ordinateur	200 €	2	400 €
Combinaison hiver	300 €		
Combinaison 5 mm ou 7 mm	200 €		
Shorty	80 €	6	480 €
PMT chaussant ou réglable	100 €	15	1 500 €
Compresseur 256 bar, 30m <sup>3</sup> /h, 3 sorties (occasion)	10 000 €	1	10 000 €
Bouteille tampon 50 L à 300 bar (occasion)	450 €		
<b>TOTAL (25 000 € max)</b>			<b>24 980 €</b>

*Une bonne option est de se baser sur la capacité du bateau :*

- 17 blocs (+1 en sécu)
- 10 détendeurs (on a 15 autonomes assidus équipés, on a donc assez avec 10 détendeurs seulement). Les détendeurs en DIN permettent de réduire les risques de fuite et d'éclatement de joint et sont donc une meilleure solution si les blocs n'ont pas à être transportés (sans inserts les robinets sont plus fragiles). Si jamais les membres du club souhaitent les louer pour partir en voyage des adaptateurs pourront être fixés.
- 2 ordinateurs permettront de dépanner les élèves en préparation N2, PA20 le temps qu'ils s'équipent.
- 15 gilets (tailles mixées) : 3 S, 5 M, 5 L, 2 XL. Les gilets réglables permettent de couvrir un très grand panel de gabarits.
- Pas de néoprènes sauf quelques shortys pour les baptêmes en piscine (ou en mer chaude), car pour une petite structure comme celle-là, il faudrait de nombreuses tailles pour couvrir tous les besoins : les débutants devront s'équiper en néoprène et PMT dès qu'ils sortiront en mer. Ce choix peut être ajusté en fonction de l'environnement choisi.
- Une vingtaine de kits PMT pour la piscine permettront d'équiper les débutants.

*Les besoins supplémentaires seront couverts là où le club louait le matériel auparavant le cas échéant.*

*Le compresseur permet de gonfler 6 x 3 blocs en 1 heure 20, donc pas besoin de bouteilles tampons pour regonfler entre 2 sorties.*

## ASPECTS THEORIQUES DE L'ACTIVITE

Durée : 1h30 – Coef. 3

### I. Evaluation stagiaire pédagogique (8 points)

En qualité de MF2, vous profitez d'une plongée sur épave en mer (étrave à 28m - hélice à 45m) pour former à la fonction de Directeur de Plongée, votre Stagiaire Pédagogique MF1. Vous lui demandez :

- de préparer un briefing de DP pour 4 plongeurs autonomes 40m (PA40), et 2 plongeurs Niveau 3.
- de déterminer des critères d'évaluation sur l'aptitude à évoluer en autonomie pour ce type de plongée.

1) Quels sont vos critères d'évaluation pour ce briefing de DP ?

2) Concernant l'aptitude à évoluer en autonomie sur ce type de plongée, quels sont les critères d'évaluation que devrait vous proposer le SP MF1 ?

### II. Levage et flottabilité (5 pts)

Afin d'aménager un site pour réaliser des ateliers verticaux, vous souhaitez déplacer un bloc d'ancrage de volume  $V = 50$  litres et d'une masse volumique  $M_v = 6$  kg/l sur un fond de 33 mètres, densité de l'eau = 1.

Vous utiliserez un parachute de levage qui, une fois installé, se situera à 30 m avec une flottabilité nulle.

Pour gonfler ce parachute, vous disposez d'un bloc de 10 litres dans lequel il reste 94 bars.

- Quel est le volume du parachute nécessaire pour cette action ?
- Est-ce que cet ensemble est en flottabilité positive ?
- S'il est en flottabilité négative, quelle longueur de bout minimale devez-vous prévoir pour pouvoir effectuer ce déplacement ?

### III. Organisation examen Niveau 4 - GP (7 points)

Votre président de club vous demande d'organiser l'examen N4 - GP pour 6 candidats sur un week-end, sachant que les candidats ont déjà réalisé, la veille, les 6 épreuves théoriques par écrit.

Pour vous aider dans votre organisation, vous numéroterez les candidats de 1 à 6, les jurys 2<sup>ème</sup> degré ou Instructeur (A, B, C,...) et les jurys 1<sup>er</sup> degré (a, b, c,...).

Quelle est la composition de votre jury (réaliste et opérationnel) ?

Quel planning d'examen proposez-vous ?

Expliquez en détail l'organisation de l'épreuve de Guide de palanquée (épreuve n°4).

# ASPECTS THEORIQUES DE L'ACTIVITE

Durée : 1h30 – Coef. 3

## REFERENTIEL DE CORRECTION

### Evaluation stagiaire pédagogique (8 points)

En qualité de MF2, vous profitez d'une plongée sur épave en mer (étrave à 28m - hélice à 45m), pour former, à la fonction de Directeur de Plongée, votre Stagiaire Pédagogique MF1. Vous lui demandez :

- de préparer un briefing de DP pour 4 plongeurs autonomes 40m (PA40), et 2 plongeurs Niveau 3.
- de déterminer des critères d'évaluation sur l'aptitude à évaluer en autonomie pour ce type de plongée.

Correction :

Quels sont vos critères d'évaluation pour un briefing de DP ? (4 pts) :

- **Organisation générale de la sécurité**
  - Rappel prérogatives et équipement de plongeur obligatoire
  - Désignation et composition des palanquées (CDS)
  - Paramètres prévus de plongée : temps, profondeur, temps de palier, ...
  - Consignes de mise à l'eau
  - Consignes de descente
    - Pleine eau, amarrage, bout, vitesse, etc.
  - Consignes d'évolution :
    - Règles de non-pénétration de l'épave,
    - Risques de blessure sur les tôles coupantes,
    - Particularités du site (ex. : présence de courant, visibilité, ...)
  - Consignes de remontée
    - Remontée au mouillage ou sur parachute
    - Procédure de récupération des plongeurs
  - Consignes en cas d'incident de plongée
    - perte de plongeur
    - problème d'autonomie en air
- **Description du site de plongée :**
  - Orientation générale, profondeur mini/max,
  - Intérêts et points particuliers de l'épave (Faune, flore, visuel, etc.)
  - Chemin conseillé
  - Histoire du site
- **Respect de l'environnement**
  - Ne pas endommager l'épave elle même
  - Respecter la faune et la flore
  - Consignes spécifiques au site (ex. : si le site appartient à un espace naturel protégé, ...).

Concernant l'aptitude à évoluer en autonomie sur ce type de plongée, quels sont les critères d'évaluation que devrait vous proposer le SP MF1 ? (4 pts)

Remarque des correcteurs : telle que formulée, cette question peut être vue de 2 manières différentes à savoir : (i) comme les points à évaluer, en tant que DP, pour pouvoir considérer ces plongeurs comme autonomes sur cette plongée ou, (ii) comme les critères d'évaluation des compétences 1 et 2 des plongeurs PA40 et N3. Bien que la 1<sup>ère</sup> manière de voir soit la plus cohérente avec le contexte du sujet, la 2<sup>nd</sup> option a été acceptée.

Option 1	<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Vérifications administratives</b><ul style="list-style-type: none"><li>• des diplômes (N3, PA40, ...)</li><li>• du certificat médical</li><li>• de la licence ou de l'assurance</li></ul></li></ul>
----------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Expérience des plongeurs (par analyse du carnet de plongée et/ou discussion avec les plongeurs) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre total de plongées,</li> <li>• Nombre de plongées dans la zone des 40 mètres (pour la PA40) et/ou au-delà (pour les N3),</li> <li>• Nombre de plongées en autonomie,</li> <li>• Dates et profondeurs des dernières plongées,</li> <li>• Niveau d'expérience sur des sites comparables au site prévu.</li> </ul> </li> <li>○ <b>Connaissance du site de plongée prévu,</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les plongeurs connaissent-ils ce site ?</li> </ul> </li> </ul>
Option 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Discussion et harmonisation en surface (1,5 pts) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vécu (expérience de plongée, date de dernière plongée, etc.)</li> <li>• Contrôle réciproque des équipements et du stock d'air</li> <li>• Homogénéisation des procédures de décompression (vitesses de remontée, palier profond, cohésion de la palanquée)</li> <li>• Planification de la plongée (durée, paliers, consommation, signes, DTR ...)</li> <li>• Mise en place communication (mano, paliers)</li> <li>• Déroulement de la plongée (vitesse et organisation de la descente, profondeur de retournement, chemin prévu, ...) en cohérence avec les directives du DP.</li> </ul> </li> <li>○ <b>Rôles et comportements pendant la plongée (2 pt) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auto contrôle réciproque en début d'immersion (ex. : fuite, ...)</li> <li>• Auto surveillance pendant la descente</li> <li>• Respect des consignes de prévention de l'essoufflement et de la narcose</li> <li>• Respect des paramètres fixés par le DP</li> <li>• Communication et surveillance mutuelle (comportement, consommation, paliers, etc.)</li> <li>• Position et distance entre plongeurs</li> <li>• Orientation sur l'épave (si mouillage)</li> <li>• Gestion de la désaturation (profil de plongée avec la profondeur la plus importante en début de plongée, respect du protocole de désaturation le plus sécurisant (vitesse, profondeur des paliers)).</li> <li>• Adaptation de la plongée aux variables environnementales (courant, visibilité, température)</li> </ul> </li> <li>○ <b>Après la plongée (0,5 pt) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Annonce des paramètres réalisés au DP</li> <li>• Discussion sur la plongée</li> <li>• Surveillance réciproque</li> <li>• Hygiène de vie (hydratation, rinçage oreilles, protection du soleil, du vent, etc.)</li> <li>• Ne pas faire d'effort (relevage ancre, gonflage gilet à la bouche, etc.)</li> </ul> </li> </ul>



## Levage et flottabilité (5 pts)

Afin d'aménager un site pour réaliser des ateliers verticaux, vous souhaitez déplacer un bloc d'ancrage de volume  $V = 50$  litres et d'une masse volumique  $M_v = 6$  Kg/l sur un fond de 33 mètres, densité de l'eau = 1. Vous utiliserez un parachute de levage qui une fois installé se situera à 30 m avec une flottabilité nulle. Pour gonfler ce parachute, vous disposez d'un bloc de 10 litres dans lequel il reste 94 bars.

Correction :

- **Quel est le volume du parachute nécessaire pour cette action ? (2 pts)**

*Masse du bloc :  $M_b = V \times M_v = 50 \times 6 = 300$  Kg*

*Poussée d'Archimède appliquée au Bloc :  $P_a = 50 \times 1 = 50$  Kg . Ne pas oublier la poussée d'archimède du bloc d'ancrage.*

*Poids Apparent du Bloc =  $300 - 50 = 250$  Kg*

*Le volume du parachute doit faire plus de 250 litres.*

- **Est-ce que cet ensemble est en flottabilité positive ? (2 pts)**

*A 30 m,  $P$  ambiante = 4 bars (Donc on ne pourra vide le bloc que jusqu'à 4 bar)  $\rightarrow V$  parachute =  $(94b - 4b \times 10 l) / 4 b = 225$  litres*

*A trente mètres :  $\rightarrow$  poids apparent de l'ensemble bloc + parachute*

*$250 - 225 \rightarrow$  Poids apparent = 25 Kg donc en flottabilité négative*

- **S'il est en flottabilité négative, quelle longueur de bout devez-vous prévoir pour vous aider ? (2 pts)**

*Variation de profondeur pour que les 225 litres d'air dans le parachute à 30 mètres deviennent 250 litres.*

*$225 \times 4 = P_2 \times 250 \rightarrow P_2 = 900 / 250 = 3.6 \rightarrow$  Profondeur = 26 m*

*Il faudra laisser remonter le parachute de la profondeur initiale de 30 m à 26 m  $\rightarrow$  soit 4 mètres de bout*

## Organisation examen Niveau 4 - GP (7 points)

Votre président de club vous demande d'organiser l'examen N4 - GP pour 6 candidats sur un week-end, sachant que les candidats ont déjà réalisé, la veille, les 6 épreuves théoriques par écrit.

Pour vous aider dans votre organisation, vous numéroterez les candidats de 1 à 6, les jurys 2<sup>ème</sup> degré ou Instructeur (A, B, C,...) et les jurys 1<sup>er</sup> degré (a, b, c,...).

### Correction :

#### **Quelle est la composition de votre jury (réaliste et opérationnel) ? (1 pt)**

*Nécessaire : 3 MF2 et/ou BEES2 ou DEJEPS licenciés dont 1 sera président du jury et 1 délégué CTR, responsable de l'examen qui ne sont pas de la même structure.*

*Souhaitable : 3 MF1 e/ou BEES1 ou DEJEPS licenciés pour effectuer les binômes jurys*

*Le nombre de jury proposé doit être cohérent et tenir compte de la sécurité dans l'organisation du planning et des ateliers verticaux.*

*Nb : la présence d'un IR n'est plus obligatoire.*

#### **Quel planning d'examen proposez-vous ? (4 pts) :**

- *Présentation du jury et de l'organisation de l'examen.*
- *Tirage au sort de l'épreuve de surface (capelé ou 800 PMT).*
- *l'ensemble des épreuves de l'examen pratique doit apparaître conformément au MFT*
- *s'assurer qu'il n'y a pas plus de 2 plongées par jour, sachant que si un jury a 2 candidats à l'épreuve de conduite de palanquée , il y a 2 plongées pour le jury car on réalise la totalité de l'épreuve pour le premier candidat (briefing, plongée, débriefing) avant de faire passer le second.*
- *s'assurer qu'il n'y a pas d'effort après la plongée, ni d'apnée,*
- *s'assurer qu'il y a au moins un intervalle suffisamment long entre 2 plongées (4H00 mini),*
- *s'assurer que les créneaux réservés pour chaque épreuve sont réalistes (ex. : 1h30 au moins par créneau),*
- *s'assurer qu'il n'y a pas de profil inversé,*
- *s'assurer que les candidats GP n'ont pas le même jury aux épreuves d'IPD et GP,*
- *s'assurer que l'épreuve de matelotage est prévue (car elle fait partie du groupe d'épreuve « plongée scaphandre »),*
- *s'assurer que le candidat a prévu une solution en cas de problème météo,*
- *s'assurer de la cohérence, de l'enchaînement des épreuves et de la sécurité.*
- *privilégier les jurys à 2 moniteurs (1 MF2 et 1 MF1)*

#### **Expliquez en détail l'organisation de l'épreuve Guide de palanquée dans le sous-groupe A (2 pts) :**

- *Plusieurs possibilités peuvent être proposées mais doivent être en cohérence avec les conditions d'organisation et de sécurité générales de l'examen.*
- *Tous les candidats doivent avoir les mêmes conditions de plongée et les mêmes chances de sujet lors du tirage (donc on n'impose pas une profondeur pour une demi-journée et une autre profondeur l'autre demi-journée)*
- *Le candidat doit faire ressortir plusieurs éléments pour cette épreuve :*
  - *Le tirage au sort d'un panel de sujets PE12 à PE40.*
  - *Une gestion de la durée de l'épreuve : Un candidat prépare un sujet pendant que l'autre réalise sa plongée (équité des temps de préparation et des temps de passage).*
  - *On ne fait pas semblant (ex : pas de plongée à 40 mètres simulée sur un fond de 20 mètres)*
  - *On n'enchaîne pas 2 candidats en parallèle ; par n'exemple, n'est pas accepté ; avec un même jury 2 candidats font leur briefing, chacun fait sa plongée, les 2 candidats débriefent)*
  - *Il peut également proposer, pour les sujets PE40, l'utilisation du Nitrox pour les jurys.*

## Aspects théoriques de l'activité

### Durée 1h 30 Coefficient 3

#### Question 1. L'Organisation d'un examen MF1 (9 points)

Durant un stage final MF1, le président de la CTR vous confie l'organisation et la conception du planning de l'examen sur une journée, pour 8 candidats, tous présents lors du stage final.

L'encadrement du stage final se compose d'un Instructeur Régional, de vous 2<sup>ème</sup> degré, et d'un stagiaire MF2. Pour vous aider, il vous précise que l'épreuve de pédagogie pratique se déroulera depuis une embarcation de 20 plongeurs et sur un site permettant d'évoluer de 2 m à 20 m maximum.

- Combien de 2<sup>èmes</sup> degrés (instructeurs ou non) prévoyez-vous en plus des encadrants du stage final ?
- Quel planning détaillé proposeriez-vous pour garantir de bonnes conditions d'examen aux candidats et de rentabiliser la durée ?

#### Question 2. Flottabilité (5 points)

Vous souhaitez expliquer à des plongeurs en formation de Guide de palanquée comment veiller à la précision du lestage. Pour vous aider dans votre explication, vous utiliserez les éléments suivants :

- Un plongeur est équipé d'un bloc (15 litres gonflé à 200 bars), détendeurs, gilet avec des poches à lestage intégrées, d'une combinaison, et du petit matériel. Le poids de ce matériel est de 24.5 kg pour un volume de 26 dm<sup>3</sup>.
- Ce plongeur pèse 82,4 kg. Son poids apparent en mer sans équipement est nul.
- Le lestage doit permettre d'être en flottabilité nulle au palier de 3 mètres avec 50 bars dans le bloc. (1 dm<sup>3</sup> d'air = 1,2 g). Vous ne tiendrez pas compte de la poussée d'Archimède sur le lestage

Pour vos résultats concernant la poussée d'Archimède, vous arrondirez si besoin à la décimale supérieure.

- Quel sera le lestage du plongeur en mer ? (D = 1.03)
- Ce plongeur conserve le même équipement pour une plongée en lac (altitude 850 mètres, Densité = 1), De combien de kg devra-t-il faire varier son lestage pour rester équilibrer au palier de 3 m avec 50 bars dans le bloc ?
- A 40 m, dans ce même lac, on considère que sa combinaison perdra un volume de 2 dm<sup>3</sup>. Quelle quantité d'air devra-t-il mettre dans son gilet pour être en flottabilité nulle en début de plongée (la consommation d'air à la descente sera négligée) ?

#### Question 3 : Valeurs de la moyenne pression (6 points)

Un stagiaire Guide de Palanquée vous demande de lui expliquer les variations de la valeur de la moyenne pression d'un détendeur et la différence entre un détendeur compensé et un détendeur surcompensé en fonction de la pression ambiante.

Pour la lui expliquer, vous vous appuyez sur le type de matériel suivant :

- Détendeur de secours : 1<sup>er</sup> étage à piston compensé, valeur de réglage de la moyenne pression (MP) = 9.5 bars en surface.
- Détendeur principal : 1<sup>er</sup> étage à membrane surcompensée, valeur de réglage de la moyenne pression (MP) = 9.5 bars en surface, coefficient de surcompensation 1,35

- Exprimez la valeur de réglage de la MP en surface dans le premier étage d'un détendeur en fonction de la pression atmosphérique ? Donnez la valeur de la surpression fournie par le ressort taré.
- Déterminer la valeur de la MP pour une profondeur de 40 m. (densité de l'eau = 1), pour chacun des deux détendeurs.
- Un détendeur à membrane surcompensée doit toujours être équipé d'un Octopus dont le deuxième étage est compensé, sinon, une fuite se produira à partir d'une certaine profondeur. Calculer cette profondeur si ce 2<sup>ème</sup> étage non compensé possède une valeur de tarage du ressort de 9.8 bars. (Densité de l'eau = 1)

## Référentiel de correction

### Question 1. L'Organisation d'un examen MF1 (9 points)

Durant un stage final MF1, le président de la CTR vous confie l'organisation et la conception du planning de l'examen sur une journée, pour 8 candidats, tous présents lors du stage final. L'encadrement du stage final se compose d'un Instructeur Régional, de vous 2<sup>ème</sup> degré et d'un stagiaire MF2. Pour vous aider, il vous précise que l'épreuve de pédagogie pratique se déroulera depuis une embarcation de 20 plongeurs et sur un site permettant d'évoluer de 2 m à 20 m maximum.

#### **a) Combien de 2<sup>èmes</sup> degrés (instructeurs ou non) prévoyez-vous en plus des encadrants du stage final ?**

- *Le nombre proposé par le candidat doit être optimum. (1 pt)*
- *Il doit tenir compte d'un ratio (évaluateurs/candidats), du coût (frais de déplacement, restauration) etc.*
- *6 est le nombre optimum, 7 deuxièmes degrés peuvent être possible.*
- *En deçà et au-delà ce n'est pas très réaliste.*

#### **b) Quel planning détaillé proposeriez-vous pour garantir de bonnes conditions d'examen aux candidats et de rentabiliser la durée ?**

- **Généralités au sujet de l'organisation :**
  - *Vu le contexte, il est possible que le candidat considère que la vérification des documents administratifs (licence, AIA, certificat médical, livret pédagogique, permis bateau, RIFAP) s'est faite durant le stage final ou le matin de l'examen ; dans tous les cas le candidat doit le mentionner. (0,5 pt)*
  - *4 jurys x 2<sup>ème</sup> degré (0,5 pt)*
  - *Le stagiaire MF2, en observateur, doit participer dans chaque atelier de l'examen. (0,5 pt)*
  - *Les candidats MF1 peuvent retrouver leur jury de RTM à l'une des épreuves de pédagogie (0,5 pt)*
  - *Les candidats MF1 doivent changer de jury pour chaque épreuve de pédagogie (0,5 pt)*
  - *L'optimisation de la rotation bateau devrait être privilégiée pour une seule sortie (0,5 pt).*
- **Le planning d'examen doit tenir compte :**
  - *d'un laps de temps (1h00 environ), le matin (1 pt)*
    - *Présentation du jury*
    - *45 mn pour l'épreuve écrite de réglementation durant laquelle le jury se réunit*
      - *Composition des jurys,*
      - *Rappel, consignes de jury,*
      - *Vérification du corrigé de réglementation*
  - *d'un laps de temps (0h15 environ) (0,5 pt)*
    - *Préparation de l'équipement personnel, départ du port*
  - *d'un laps de temps (0h45 environ) (0,5 pt)*
    - *Trajet*
    - *Rappel des critères d'évaluation de l'épreuve de RTM de 25 m.*
    - *Répartition des jurys et des candidats*
    - *Déroulement de l'épreuve*
  - *d'un laps de temps (2h00 à 2h15 environ) pour toute l'épreuve de pédagogie pratique (1 pt)*
    - *Tirage sujet, 30 mn de préparation*
    - *Tirage du sujet pour les autres candidats, présentation des 4 premiers candidats*
    - *Chaque jury ne passe que 2 candidats*
    - *d'un laps de temps (3h00 environ) pour toutes les épreuves de pédagogie théorique et d'organisation et sécurité (1 pt)*
    - *2 jurys en pédagogie théorique et 2 jurys en organisation et sécurité*
    - *Tirage sujet pour 4 candidats, 30 mn de préparation*
    - *Pendant ce temps, correction du sujet de réglementation*
    - *Tirage du sujet pour les autres candidats, présentation des 4 premiers candidats,*

- Les candidats MF1 qui sortent de l'épreuve de pédagogie théorique vont attendre leur tour à l'épreuve d'organisation et de sécurité et vice et versa.
- d'un laps de temps (1h00 environ) (1 pt)
- Le premier jury disponible = collation des notes, remplissage du bordereau
- Réunion et délibération du jury
- Remplissage (brevet, livret, etc.)
- Proclamation des résultats

## Question 2. Flottabilité (5 points)

Vous souhaitez expliquer à des plongeurs en formation de Guide de palanquée comment veiller à la précision du lestage. Pour vous aider dans votre explication, vous utiliserez les éléments suivants :

- Un plongeur est équipé d'un bloc (15 litres gonflé à 200 bars), détendeurs, gilet avec des poches à lestage intégrées, d'une combinaison, et du petit matériel. Le poids de ce matériel est de 24.5 kg pour un volume de 26 dm<sup>3</sup>.
  - Le plongeur pèse 82,4 kg. Son poids apparent en mer sans équipement est nul.
  - Le lestage doit permettre d'être en flottabilité nulle au palier de 3m avec 50 bars dans le bloc. (1 dm<sup>3</sup> d'air = 1,2 g). Vous ne tiendrez pas compte de la poussée d'Archimède sur le lestage
- Pour vos résultats concernant la poussée d'Archimède, vous arrondirez si besoin à la décimale supérieure.

### a) Quel sera le lestage du plongeur en mer ? (D = 1.03) (2 pts)

- *Volume d'air consommé :  $15 \times 150 = 2250$  litres*
- *Poids de l'air perdu dans la bouteille :  $2250 \times 1.2 = 2700$  g soit 2,7 Kg*
- *L'équipement au palier aura un poids réel de  $24,5 - 2,7 = 21,8$  kg*
- *Poids apparent du plongeur sans équipement = 0*
- *Poids apparent du matériel = Poids réel - Volume x Densité du liquide*
- *Soit  $21,8 - (26 \times 1.03) = 21,8 - 26,8 = - 5$  Kg*
- *Il lui faudra donc une ceinture de 5 Kg*
- *NOTA : Le lest étant intégré au gilet, le volume du lest n'est pas pris en compte*

### b) Ce plongeur conserve le même équipement pour une plongée en lac (altitude 850 mètres, Densité = 1), De combien de kg devra-t-il faire varier son lestage pour rester équilibrer au palier de 3 m avec 50 bars dans le bloc ? (2 pts)

- *Il faut calculer le poids apparent du plongeur sans équipement dans le lac*
- *Il déplace un volume d'eau de  $82,4/1,03 = 80$  litres*
- *Son poids apparent est de  $82,4 - 80 \times 1 = 2,4$  kg*
- *Il faut calculer le nouveau poids apparent du matériel.*
- *Poids apparent = Poids réel - Volume x Densité du liquide*
- *$21,8 - 26 \times 1 = -4,3$  kg*
- *Le poids apparent du plongeur équipé en lac est donc de  $2,4 - 4,3 = -1,9$  kg.*
- *Il retirera donc 3,1 kg (en réalité 3) sur sa ceinture de 5 kg.*

### c) A 40 m, dans ce même lac, on considère que sa combinaison perdra un volume de 2 dm<sup>3</sup>. Quelle quantité d'air devra-t-il mettre dans son gilet pour être en flottabilité nulle en début de plongée (la consommation d'air à la descente sera négligée) ? (1 pt)

- *Le matériel avec le bloc plein pèse 24,5 kg et non 21,8 => il a donc un sur lest de 2,7 kg (cf. 1ère question)*
- *L'écrasement de la combinaison fait diminuer le volume de 2 litres, donc le poids apparent augmente de 2kg*
- *Il devra mettre 4,7 litres d'air dans son gilet.*

### Question 3 : Valeurs de la moyenne pression (6 points)

Un stagiaire Guide de Palanquée vous demande de lui expliquer les variations de la valeur de la moyenne pression d'un détendeur et la différence entre un détendeur compensé et un détendeur surcompensé en fonction de la pression ambiante.

Pour la lui expliquer, vous vous appuyez sur le type de matériel suivant :

- Détendeur de secours : 1<sup>er</sup> étage à piston compensé, valeur de réglage de la moyenne pression (MP) = 9.5 bars en surface.
- Détendeur principal : 1<sup>er</sup> étage à membrane surcompensée, valeur de réglage de la moyenne pression (MP) = 9.5 bars en surface, coefficient de surcompensation 1,35

a) Exprimez la valeur de réglage de la MP en surface dans le premier étage d'un détendeur en fonction de la pression atmosphérique ? Donnez la valeur de la surpression fournie par le ressort taré (1pt)

- *La valeur de réglage de la MP à 9.5 bars s'obtient en additionnant la pression de tarage du ressort et la pression atmosphérique*
- *MP = 8.5 bars + 1 bar*

b) Déterminer la valeur de la MP pour une profondeur de 40 m. (densité de l'eau = 1), pour chacun des deux détendeurs

• Valeur de la MP du détendeur de secours ? (1 pt)

- *Valeur de la MP à 40 m, pour un détendeur à piston compensé :*  
→ *Valeur de réglage + Pression relative = 9.5 bars + 4 bars*
- *Donc MP = 13,5 bars*

• Valeur de la MP du détendeur principal ? (2 pts)

- *Valeur de la MP à 40 m, pour un détendeur à membrane surcompensée :*  
→ *Valeur de réglage + Pression relative x 1.35 = 9.5 bars + 4 bars x 1.35*
- *Donc MP = 14,9 bars*

c) Un détendeur à membrane surcompensée doit toujours être équipé d'un Octopus dont le deuxième étage est compensé, sinon, une fuite se produira à partir d'une certaine profondeur. Calculer cette profondeur si ce 2<sup>ème</sup> étage non compensé possède une valeur de tarage du ressort de 9.8 bars. (Densité d l'eau = 1) (2 pts)

- *Tarage du ressort + P Rel = MP + (1.35 x P Rel)*
- *9,8 + X = 9,5 + (1.35 \* X) → 9,8 - 9,5 = (1.35 \* X) - (1 \* X) → 0,3 = (0.35 \* X) → X = 0,3 / 0.35*
- *X = P. Rel. = 0,875 bar*
- *D'où profondeur = 8,75 m*



## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### 1. Conception d'une station de gonflage (9 pts)

Le comité directeur de votre club de bord de mer désire investir dans une station de gonflage. L'activité du club s'effectue aussi bien l'hiver en piscine que l'été en mer.

Généralement, 12 blocs de 12 litres sont utilisés lors des entraînements piscine dans lesquels il reste 85 bars à la fin de la séance. Lors des plongées d'été en mer 6 blocs de 12 litres (pression finale 50 bars) et 12 blocs de 15 litres (pression finale 65 bars) sont utilisés. Tous les blocs ont une pression de service de 230 bars.

La station de gonflage disposera d'une rampe de distribution de 6 sorties, divisée en deux racks distincts et d'un compresseur de 36 m<sup>3</sup>/h. Le 1<sup>er</sup> rack de tampons comprends 3 bouteilles tampons de 50 litres et le second 2 bouteilles de 50 litres. L'ensemble des tampons est gonflé à 300 bars.

- On vous demande si la configuration envisagée est suffisante pour pouvoir gonfler tous les blocs seulement avec les tampons en saison estivale ? Vous justifierez votre réponse par les calculs.
  - Quelles sont les pressions finales de chacun des racks tampons (été)
  - Si ce n'est pas le cas, combien de temps devra tourner le compresseur ?
    - pour le gonflage des bouteilles de plongée
    - pour atteindre la pression de service des bouteilles tampons après équilibrage des pressions.
- Pour l'ensemble des calculs, vous ferez abstraction de l'influence de la température ; pour faciliter les calculs vous arrondirez systématiquement au bar le plus proche en fonction de la première décimale trouvée ( $< 0,5$  ou  $\geq 0,5$ ).
- Au vu de vos résultats sur la période estivale, pensez-vous que la station sera suffisamment dimensionnée pour la période hivernale et pourquoi ?

### 2. Organisation et calculs de consommation (9 pts)

Avec votre club FFESSM, vous souhaitez organiser une plongée sur l'épave « L'hirondelle » (Suisse) qui repose à une profondeur moyenne de 50 m dans le lac Léman (Altitude 372 m) température de l'eau en surface est de 20 °C et au fond 4,5 °C. Pour vos calculs vous utiliserez une pression atmosphérique de 1 bar.

Vous êtes directeur de plongée et tous vos plongeurs disposent de blocs de 15 L gonflés à 225 bars à une température de 25 °C.

- Sachant qu'au cours de la descente les plongeurs consomment 10 bars.  
Qu'elle sera la pression du bloc à 50 m ? (Vous arrondirez le résultat final à l'entier le plus proche en fonction de la première décimale + ou - 0.5). (1,5 pts)
- Au bout de 12 mn de plongée, le manomètre d'un des plongeurs indique 80 bars.  
Quelle a été sa consommation moyenne ? (1,5 pts)
- Son modèle de décompression indique des paliers de 2 mn à 6 m et de 9 mn à 3 m pour une vitesse de remontée constante de 16 m/mn.  
Si on considère une consommation à 25 L/mn, quel sera le volume d'air total consommé au cours de la remontée ? (Vous négligerez la consommation inter paliers) (2 pts)  
Quelle sera la pression du bloc en fin de plongée ? (1 pt)
- Quelles consignes donneriez-vous à vos plongeurs et à vos guides de palanquée pour réaliser cette plongée ? (3 pts)

### 3. Calcul de relevage d'objet (2 pts)

Durant une plongée dans la faille d'Arue à Tahiti (densité de l'eau = 1.03), vous découvrez une ancre avec 10 m de chaîne par 40 m de fond. Vous estimez son volume à 5 dm<sup>3</sup> et sa densité à 9,03. Pour la remonter vous attachez à l'ancre un parachute de 50 dm<sup>3</sup> dont le poids apparent dans l'eau est nul. Quelle quantité d'air sera-t-il nécessaire d'injecter dans le parachute pour que l'ancre remonte seule ?



# Référentiel de correction

## 1. Conception d'une station de gonflage (9 pts)

### a. La station est-elle suffisante en période estivale (3 pts)

Non les tampons ne permettent pas de gonfler tous les blocs durant la période estivale car la dernière série de blocs n'est gonflée qu'à 180 bars.

$$1^{\text{ère}} \text{ gonflage de blocs avec le premier rack (R1)} : (6 \times 12 \times 50) + (3 \times 50 \times 300) / (3 \times 50 + 6 \times 12) = 218,92 \text{ b} \rightarrow \mathbf{219 \text{ b}}$$

$$3\ 600 \quad + \quad 45\ 000 \quad / \quad 222$$

1<sup>er</sup> gonflage de blocs avec le second rack (R2), reste dans R2 :

$$(6 \times 12 \times 219) + (2 \times 50 \times 300) - (6 \times 12 \times 230) / (2 \times 50) = 292,08 \text{ b} \rightarrow \mathbf{292 \text{ b}}$$

$$15\ 768 \quad + \quad 30\ 000 \quad - \quad 16\ 560 \quad / \quad 100$$

2<sup>ème</sup> gonflage de blocs avec R1 :

$$(6 \times 15 \times 65) + (3 \times 50 \times 219) / (3 \times 50 + 6 \times 15) = 161,25 \text{ b} \rightarrow \mathbf{161 \text{ b}}$$

$$5\ 850 \quad + \quad 32\ 850 \quad / \quad 240$$

2<sup>ème</sup> gonflage de blocs avec R2, reste dans R2 :

$$(6 \times 15 \times 161) + (2 \times 50 \times 292) / (2 \times 50 + 6 \times 15) = 229,95 \text{ b} \rightarrow \mathbf{230 \text{ b}}$$

$$14\ 490 \quad + \quad 29\ 200 \quad / \quad 190$$

3<sup>ème</sup> gonflage de blocs avec R1 :

$$(6 \times 15 \times 65) + (3 \times 50 \times 161) / (3 \times 50 + 6 \times 15) = \mathbf{125 \text{ b}}$$

$$5\ 850 \quad + \quad 24\ 150 \quad / \quad 240$$

3<sup>ème</sup> gonflage de blocs avec R2 :

$$(6 \times 15 \times 125) + (2 \times 50 \times 230) / (2 \times 50 + 6 \times 15) = 180,26 \text{ b} \rightarrow \mathbf{180 \text{ b}}$$

$$11\ 250 \quad + \quad 23\ 000 \quad / \quad 190$$

### b. Pression finale des racks de tampons (1 pt)

Rack n° 1 = 125 bars

Rack n° 2 = 180 bars

### c. c.1 Temps de gonflage des blocs avec le compresseur : (1,5 pts)

$$230 - 180 = 50 \text{ bars}$$

$$(50 \times 90) / (36\ 000/60)$$

$$(4500 / 36000) \times 60 =$$

$$0,125 \times 60 = 7,5 \text{ soit } 7 \text{ minutes } 30 \text{ secondes}$$

### c.2 Temps de gonflage des tampons avec le compresseur : (2 pts)

c.21 - mise à l'équilibre des racks :

$$(3 \times 50 \times 125) + (2 \times 50 \times 180) / (5 \times 50) = 147,00 \text{ b}$$

$$18\ 750 \quad + \quad 18\ 000 \quad / \quad 250$$

c.22 - temps de gonflage compresseur :

$$300 - 147 = 153 \text{ bars}$$

$$(153 \times 250) / (36\ 000/60)$$

$$(38\ 250 / 36\ 000) \times 60 =$$

$$1,06 \times 0,60 = 63,75 \text{ soit } 1 \text{ heure } 03 \text{ minutes } 45 \text{ secondes}$$

### d. Période hivernale (1,5 pts)

Vu que le nombre et le volume (12 l) des blocs utilisés est inférieur à l'été

Vu que la pression restante dans ces blocs est supérieure à l'été

Les 2 séries de blocs seront gonflés uniquement avec les tampons.

Le compresseur ne servira qu'à regonfler les tampons

Les calculs ci-dessous ne sont pas obligatoires mais peut servir de justification

$$1^{\text{ère}} \text{ gonflage de blocs R1} : (6 \times 12 \times 85) + (3 \times 50 \times 300) / (3 \times 50 + 6 \times 12) = 230,27 \text{ b}$$

$$6\ 120 \quad + \quad 45\ 000 \quad / \quad 222$$

2<sup>ème</sup> gonflage de blocs avec R1 :

$$(6 \times 12 \times 85) + (3 \times 50 \times 230) / (3 \times 50 + 6 \times 12) = 182,97 \text{ b}$$

$$6\ 120 \quad + \quad 34\ 500 \quad / \quad 222$$

2<sup>ème</sup> gonflage de blocs avec R2 et pression finale du rack n° 2 :

$$(6 \times 12 \times 183) + (2 \times 50 \times 300) - (6 \times 12 \times 230) / (2 \times 50) = 266,16 \text{ b}$$

$$13\ 176 \quad + \quad 30\ 000 \quad - \quad 16\ 560 \quad / \quad 100$$

2. Organisation et calculs de consommation (9 pts)

a) *Qu'elle sera la pression du bloc à 50 m ?*

$225\text{ b} - 10\text{ b} = 215\text{ b}$ $215 * (277 + 4.5) / (277 + 25) = 200,40\text{ b}$	$225 * (277 + 4.5) / (277 + 25) = 209,73\text{ b}$ $209,73\text{ b} - 10\text{ b} = 199,73\text{ b}$
--	--

➤ **200 bars**

b) **Consommation moyenne**

$$200\text{ b} - 80\text{ b} = 120\text{ b}$$
$$120 * 15\text{ L} / 6\text{ b} = 300\text{ L}$$
$$300\text{ L} / 12\text{ mn} = \mathbf{25\text{ L/mn}}$$

c) *Distance à parcourir jusqu'au premier palier*

$$50 - 6 = 44\text{ m}$$

*Durée de la remontée*

$$44\text{ m} / 16\text{ m/mn} = 2.75\text{ mn}$$

*Pression absolue moyenne de la remontée*

$$44\text{ m} / 2 = 22\text{ m soit } 3.2\text{ bars}$$

*Volume consommé durant la remontée*

$$25\text{ L/mn} * 2.75\text{ mn} * 3.2\text{ b} = 220\text{ L}$$

*Volume consommé au palier de 6 m*

$$2\text{ mn} * 1.6\text{ b} * 25\text{ L/mn} = 80\text{ L}$$

*Volume consommé au palier de 3 m*

$$6\text{ mn} * 1.3\text{ b} * 25\text{ L/mn} = 292.5\text{ L}$$

**Volume total consommé**

$$220 + 80 + 292.5 = 592.5\text{ L} \rightarrow 592.5/15 = \mathbf{39,5\text{ bars}}$$

**Pression restante dans le bloc**

$$80\text{ b} - 39,5\text{ b} = \mathbf{40,5\text{ b}}$$

d) *Quelles consignes donneriez-vous aux plongeurs et aux guides de palanquée pour réaliser cette plongée ?*

- **Pour l'ensemble des plongeurs.**
  - Même si la plongée se déroule sur le territoire Suisse, le Code du Sport français s'applique car l'établissement d'APS organisateur est français, et ne concerne que des ressortissants français.
  - Imposer un 2<sup>ème</sup> détendeur de secours complet aux plongeurs (même si non obligatoire dans le Cd Sport)
  - Utiliser uniquement des détendeurs certifiés « eaux froides ».
  - Utiliser des combinaisons adaptées au milieu (étanche, semi étanche).
  - Porter des gants.
  - Avoir un éclairage individuel
  - Rappeler la conduite à tenir en prévention d'un givrage (ventilation lente et régulière, séparation des flexibles sur les détendeurs, utilisation des directs systèmes en opposition avec l'inspiration)
  - Plier le tuyau de moyenne pression du détendeur en cas de givrage, utiliser le détendeur de secours et fermer le robinet détendeur en débit continu.
- **Pour les plongeurs en autonomie et les guides de palanquée.**
  - Repérer les volants de fermeture des robinets où sont montés les détendeurs principaux.
  - Descendre lentement.
  - Rester à proximité des membres de la palanquée durant toute la plongée.
  - Surveiller régulièrement la ventilation.
  - Surveiller attentivement le comportement des autres plongeurs et les signes extérieurs de refroidissement.
  - Réduire le temps d'immersion (plongée et paliers).

3. Calcul de relevage d'objet (2 pts)

*Quelle quantité d'air sera-t-il nécessaire d'injecter dans le parachute pour que l'ancre remonte seule ?*

$$\text{Poids réel} = 5 * 9,03 = 45,15\text{ Kg.}$$

$$\text{Poussée d'Archimède} = 5 * 1,03 = 5,15\text{ dm}^3$$

$$\text{Donc poids apparent} = 45,15 - 5,15 = 40,00\text{ kg}$$

$$\text{Volume d'air nécessaire au fond pour que l'ancre remonte} : 40,00 / 1,03 = 38,84\text{ dm}^3 \rightarrow \mathbf{39\text{ dm}^3}$$

## Aspects théoriques de l'activité

Durée 1h30 Coefficient 3

### 1. Conception d'une plongée dérivante (7 pts)

Les statistiques des CROSS mettent en évidence une augmentation des actions de recherche en mer pour des plongeurs disparus.

- Donner des conseils à des stagiaires MF1 pour organiser une plongée dérivante aussi bien sur le plan organisationnel, que de direction de plongée, de conduite de palanquée et de pilotage d'embarcation.

### 2. Gonflage Nitrox (6 pts)

Vous devez gonfler 4 blocs de 12L à 200 bars avec un mélange Nitrox 40/60.

Pour cela vous disposez de : 1 compresseur d'air

1 bouteille B50 d'O<sub>2</sub> gonflée à 150 bars

2 blocs de 12 L gonflés à 40 bars contenant un Nitrox 32/68

2 blocs de 12 L gonflés à 35 bars contenant un Nitrox 39/61

(On prendra la composition de l'air 20% O<sub>2</sub> 80% N<sub>2</sub>)

- Quelles techniques de fabrications pouvez-vous utiliser ? Décrivez-les en citant pour chacune d'elle ses avantages et inconvénients.
- Vous décidez d'utiliser une lyre de transfert. Détaillez par les calculs les différentes étapes du gonflage.

### 3- Optique et acoustique (7 pts)

- Citez et définissez les modifications des rayons lumineux pénétrant dans l'eau. Donnez un exemple pratique en rapport avec chaque phénomène défini.
- En plongée, pour voir nettement, le port du masque est obligatoire, pourquoi ?
- Dans quelle mesure notre appréciation sous-marine des tailles et des distances va-t-elle être modifiée ?
- En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine des sons. Pourquoi ?

## Référentiel de correction

### 1. Conception d'une plongée dérivante (7 pts)

Les statistiques des CROSS mettent en évidence une augmentation des actions de recherche en mer pour des plongeurs disparus.

- Donner des conseils à des stagiaires MF1 pour organiser une plongée dérivante aussi bien sur le plan organisationnel, que de direction de plongée, de conduite de palanquée et de pilotage d'embarcation.

*Nous avons soit :*

*Plongée dérivante le long d'un tombant*

*Plongée dérivante dans un chenal autorisé.*

*Plongée dérivante en pleine mer.*

#### Conseils pour le DP (3 pts)

*Connaître les courants :*

➤ *Changement de marée.*

➤ *Changement de courant avec les profondeurs.*

➤ *Courant sortant dans une passe (fin de plongée avec fort courant vers le large, risque d'aspiration vers le bas sur le tombant immergé en sortie de passe ou dérive vers le large plongée à éviter)*

➤ *Courant rentrant dans une passe (fin de plongée, faible courant avec faible fond)*

*Le site doit se prêter à ce type d'exploration.*

*Les fonds doivent être connus en fonction du courant.*

*Même sens de progression pour toutes les palanquées*

*Pour avoir une zone approximative de récupération et faciliter la montée des plongeurs sur le bateau*

*Espacer les mises à l'eau des palanquées*

*Fixer les paramètres (profondeurs et durées) et des courants.*

*Limiter l'effectif au sein des palanquées si possible.*

*Mise à l'eau simultanée de tous les membres d'une palanquée.*

*Définir les consignes pour la descente (le long d'un pendeur / groupé en pleine eau)*

*Définir les consignes pour la remontée (mise en place de parachute / en fonction du vent et de la houle s'écarter du tombant)*

*Définir les consignes de remontée dans le bateau (rester grouper autour du parachute / attendre le signal du pilote : moteur est arrêté / utilisation d'un bout avec une bouée pour que les plongeurs s'accrochent)*

*Définir précisément le lieu de remontée pour les GP et le pilote afin d'effectuer une récupération groupée.*

#### Organisation matérielle (1,5 pts)

*En fonction des courants et profil de la dérivante avoir de préférence :*

*Parachute de palier avec un dévidoir.*

*Sifflet de signalisation.*

*Miroir de signalisation.*

*Possibilité d'avoir un fumigène, un sachet de fluorescéine.*

*Pendeur lesté pour la descente (en fonction des conditions)*

*Matériel individuel bien vérifié.*

*Bout de traîne pour le ramassage des plongeurs.*

### **Conseils pour les GP (1 pt)**

*Sensibiliser les GP sur les risques d'espacements des plongeurs et donc de l'essoufflement.*

*Descente groupée.*

*Toujours rester devant les plongeurs.*

*Vérifier le bon rangement du matériel des plongeurs (par exemple détendeurs de secours qui s'accroche)*

*Consignes en cas de perte.*

*Ne jamais chercher à remonter le courant.*

### **Conseils pour le pilote du bateau (1,5 pts)**

*Larguer les plongeurs en amont du site en fonction du courant.*

*Etre attentif aux bulles, si besoin mettre un surveillant surface en plus du pilote. Sinon se déplacer à l'estime comme les plongeurs (sécurité surface)*

*Repérer le parachute de palier le plus tôt possible*

*Protéger avec le bateau les plongeurs du courant ou du vent dominant lors du ramassage.*

*En cas de perte : Estimer en fonction du courant fond et de la dérive surface le point de sortie des plongeurs.*

*Si plongée en pleine mer ou courant sortant dans une passe effectuer une recherche circulaire centrée sur le point estimé de sortie*

*Si plongée le long d'un tombant effectuer une recherche en lacet à partir du point d'immersion.*

### **Question 2 Gonflage Nitrox (6 pts)**

Vous devez gonfler 4 blocs de 12L à 200 bars avec un mélange Nitrox 40/60.

Pour cela vous disposez de :

- 1 compresseur d'air
- 1 bouteille B50 d'O<sub>2</sub> gonflée à 150 bars
- 2 blocs de 12 L gonflés à 40 bars au Nitrox 32/68
- 2 blocs de 12 L gonflés à 35 bars au Nitrox 39/61

(On prendra la composition de l'air 20% O<sub>2</sub> 80% N<sub>2</sub>)

- *Quelles techniques de fabrications pouvez-vous utiliser ? Décrivez-les en citant pour chacune d'elle ses avantages et inconvénients (4 points)*
- *Vous décidez d'utiliser une lyre de transfert. Détaillez par les calculs les différentes étapes du gonflage (2 points)*

**Fabrication par pression partielle (2 pt) :** *Le mélange est réalisé à l'aide d'une lyre de transfert.*

#### **Avantages :**

➤ *Possibilité de fabriquer des mélanges supérieurs à 40% avec du matériel compatible O<sub>2</sub>.*

#### **Inconvénients :**

➤ *A l'équilibre des pressions, le transvasement n'est plus possible, les bouteilles d'O<sub>2</sub> sont rendues avec un certain volume résiduel.*

➤ *Fabrication demande beaucoup d'attention, précision des pressions partielles et du temps de remplissage (5b/mn) utilisation d'une vanne de laminage.*

➤ *Air ajouté par le compresseur exempt de toute particule d'huile.*

**Mélange à flux continu ou injection directe (2 pt) :** *Injection d'O<sub>2</sub> pur directement à l'aspiration du compresseur (Nx limité à 40%)*

### Avantages :

- Utilisation de matériel standard
- Possibilité de consommer entièrement la bouteille d'O<sub>2</sub>.

### Inconvénients :

- Attention particulière au gonflage pour maintenir une concentration O<sub>2</sub> inférieure à 40% pour ne pas risquer une auto-inflammation.

### Détails de la méthode de fabrication :(2 pts)

Equilibrer les 4 blocs sur la rampe de gonflage

- Volume d'O<sub>2</sub> dans les 4 bouteilles  $(12 \times 0,32 \times 40 \times 2) + (12 \times 0,39 \times 35 \times 2) = 634,8L$  à 1bar
- Volume d'N<sub>2</sub> dans les 4 bouteilles  $(12 \times 0,68 \times 40 \times 2) + (12 \times 0,61 \times 35 \times 2) = 1165,2L$  à 1bar
- On veut  $4 \times 12 \times 0,4 \times 200 = 3840L$  d'oxygène à 1 bar
- On veut  $4 \times 12 \times 0,6 \times 200 = 5760L$  d'azote à 1 bar

Il manque donc  $5760 - 1165,2 = 4594,8L$  d'azote rajouté à 1 bar grâce au compresseur

Le compresseur devra injecter  $4594,8 / 0,8 = 5743,5L$  d'air à 1bar dans les 4 bouteilles.

Dont  $5743,5 \times 0,2 = 1148,7L$  d'oxygène à 1 bar

Il faudra donc admettre au B50  $3840 - (634,8 + 1148,7) = 2056,5L$  d'O<sub>2</sub> à 1bar

Il restera une pression dans la B50  $((50 \times 150) - 2056,5) / 50 = 108,87$  bars

La pression dans les 12L étant de  $(2056,5 + (2 \times 12 \times 40) + (2 \times 35 \times 12)) / 48 = 80,34$  bars

Le reste du gonflage se faisant au compresseur

### Question 3 Optique et acoustique (7 pts)

- **Citez et définissez les modifications des rayons lumineux pénétrant dans l'eau. Donnez un exemple pratique en rapport avec chaque phénomène défini.**  
*Les rayons lumineux pénétrant un liquide (milieu d'indice différent) subissent des phénomènes physiques.*
  - **Réflexion** : les rayons lumineux sont réfléchis sur la surface de l'eau selon l'angle d'incidence.  
*En plongée : Pour profiter au maximum de la lumière du jour, il faut plonger quand le soleil est au zénith, pas de réflexion : les rayons pénétreront dans l'eau perpendiculairement à la surface. Ex : Réflexion moindre si surface sans clapot.*
  - **Réfraction** : en rentrant dans l'eau, la partie du rayon lumineux qui n'est pas réfléchi va changer d'angle de direction (variable selon de l'indice de réfraction). La luminosité sera moins importante  
*Ex : On retrouve ce phénomène avec le port du masque. Voir « Vision sous-marine »*
  - **Absorption** : atténuation par le milieu aquatique des rayonnements en fonction de leur longueur d'onde et de la profondeur. Transformés en chaleur  
*En plongée : L'intensité lumineuse diminue avec la profondeur ; de jour, les couleurs disparaissent plus ou moins rapidement. Besoin d'apport de lumière artificielle pour restituer les bonnes couleurs en immersion.*
  - **Diffusion** : Phénomène d'atténuation des rayons lumineux par réflexions et réfractions successives dans le milieu aquatique.  
*En plongée : Phénomène lié aux particules en suspension sur lesquels les rayons lumineux vont se réfléchir et être absorbés en se réfractant.*

- En plongée, pour voir nettement, le port du masque est obligatoire, pourquoi ?**  
*En vision aérienne, l'œil (le cristallin) accommode en faisant converger les rayons lumineux sur la rétine (fond de l'œil) : l'image est nette. Dans l'eau, sans masque, le cristallin est inopérant et l'image se forme en arrière de la rétine → l'image est floue. Pour retrouver une image nette, il faut intercaler une couche d'air (vision aérienne) → rôle du masque.*
- Dans quelle mesure notre appréciation sous-marine des tailles et des distances va-t-elle être modifiée ?**  
*Les rayons lumineux qui passent de l'eau à l'air vont être déviés par réfraction divergente. L'angle sous lequel nous voyons les objets est donc plus grand → nous voyons les objets plus gros (facteur 4/3) et plus proches (facteur 3/4)*
- En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine de ces sons. Pourquoi ?**  
*Sur terre, la vitesse de propagation du son est de ~330 mètres/seconde. A cette vitesse, grâce au système auditif humain et par l'écartement des 2 oreilles, il nous est permis d'entendre mais aussi de localiser, dans l'espace, la direction de la source sonore. En effet, une des deux oreilles est stimulée avant l'autre*  
*Sous l'eau, la vitesse de propagation du son, est près de 5 fois plus rapide que dans l'air (~1500 mètres /seconde) → délai de perception raccourci de 5 fois.*  
*Mais le son se déplace trop vite, l'espace entre les 2 oreilles n'est pas assez important et la boîte crânienne joue le rôle de caisse de résonance qui amplifie la réception → d'où détermination de l'origine de la source sonore impossible.*



## Aspects théoriques de l'activité

### Durée 1h30 Coefficient 3

#### **Organisation d'un stage de formation (8 points)**

Le président de votre club, vous demande de concevoir une formation pour 4 plongeurs niveau 2 qui souhaitent obtenir la qualification de Plongeur Autonome 40 mètres (PA 40) sur une période courte et bloquée.

Quelles conditions exigerez-vous pour pouvoir débiter cette formation ? (2 pt)

En combien de jours et/ou de plongées envisagez-vous cette formation ? (1 pt)

A l'aide d'un tableau, définissez un programme par demi-journée : (Objectif de formation, profondeur d'évolution, encadrement, capacités ou connaissances travaillées, etc.) (5 pt)

#### **Physique appliquée (12 points)**

**1 - Un ingénieur en habitat sous-marin envisage de créer un village immergé dans des eaux tropicales. Déterminez par le calcul quelle sera la profondeur maximale d'implantation, de sorte que les plongeurs puissent y séjourner indéfiniment sans décompression pour regagner la surface. (3 points)**

Nota : l'air se compose de 20 % d'oxygène et de 80 % d'azote Pour vos calculs, vous utiliserez parmi les compartiments mathématiques suivants celui que vous jugerez utile. :

Période	5	20	30	40	60	120
Sc	2,72	2,04	1,82	1,68	1,58	1,54

**2 - Il est couramment enseigné qu'il est dangereux d'exposer un bloc de plongée dans une voiture en plein soleil sous peine d'un risque d'explosion. (3 points)**

Pour vos calculs vous utiliserez un bloc de 200 bars gonflé à 15°C dont la pression de requalification est de 300 bars.

Quelle est la pression dans ce bloc s'il est exposé à 40°C ? (1 pt)

A partir de quelle température, on obtiendra une pression de 300 bars ? (2 pt)

**3 - La norme EN 13319 : 2000 relative aux « accessoires de plongée » : profondimètre et instruments de mesure associant profondeur et temps ne s'intéresse qu'au fonctionnement électronique de la mesure de profondeur. Aussi, les capteurs de pression de nos ordinateurs sont étalonnés soit en eau douce, soit en eau de mer. (6 points)**

Cette différence d'étalonnage aura-t-elle une incidence sur la profondeur affichée en fonction du lieu de pratique et/ou du type d'ordinateur utilisé (étalonnage) ? (4 pt)

Pour vos calculs, vous considérerez que :

- La profondeur est de 50 m (sondeur)
- Lieux de plongée : Eau douce - Lac St Cassien (Var Alt. 147 m) et en mer - Les Issambres (Var).
- Pression Atmosphérique : 1 bar dans les deux cas.
- Densité eau douce = 1 – Densité eau de mer d = 1.03
- Utilisation des 2 types d'ordinateurs dans chaque lieu.

En mer (d = 1.03) - Les Issambres		En eau douce (d = 1) – Lac St Cassien	
Etalonnage d = 1.03	Etalonnage d = 1	Etalonnage d = 1.03	Etalonnage d = 1

En fonction de vos résultats que pouvez-vous en conclure ? (2 pt)

**Aspects théoriques de l'activité**  
**Référentiel de correction**

**Organisation d'un stage de formation (8 points)**

Le président de votre club, vous demande de concevoir une formation pour 4 plongeurs niveau 2 qui souhaitent obtenir la qualification de Plongeur Autonome 40 mètres (PA 40) sur une période courte et bloquée.

Quelles conditions exigerez-vous pour pouvoir débiter cette formation ? (2 pt)

En combien de jours et/ou de plongées envisagez-vous cette formation ? (1 pt)

A l'aide d'un tableau, définissez un programme par demi-journée : (Objectif de formation, profondeur d'évolution, encadrement, capacités ou connaissances travaillées, etc.) (5 pt)

*Quelles conditions exigerez-vous pour pouvoir débiter cette formation ? (2 pt)*

*Etre licencié à la FFESSM.*

*Etre titulaire du brevet de plongeur Niveau 2 de la FFESSM ou du brevet de Niveau 1 associées à la qualification PA20 (ou titre admis en équivalence).*

*Etre âgé de 18 ans minimum.*

*Présenter un certificat médical de non contre-indication à la préparation et à la délivrance de ce brevet, de moins d'un an délivré par un médecin généraliste tel que défini dans l'annexe 1 du Règlement Médical. Ce certificat devra être présenté dès l'entrée en formation.*

*Toutes autres contraintes seraient contraires aux directives de la CTN et à la promotion de la pratique.*

*En combien de jours et/ou de plongées envisagez-vous cette formation ? (1 pt)*

*De ce qui se pratique généralement dans les structures fédérales, cette formation s'échelonne entre 3 et 4 jours soit 6 à 8 plongées*

*A l'aide d'un tableau, définissez un programme par demi-journée : (Objectif de formation, profondeur d'évolution, encadrement, capacités ou connaissances travaillées, etc.) (5 pt)*

*Les points attendus lors de la correction sont les suivants :*

- *Contenu du stage en cohérence avec les règles de sécurité et le MFT :  
Non-respect manifeste d'une règle de sécurité élémentaire (ex. : profil inversée, nombre de remontée supérieur aux préconisations CTN, ...) → noter 0 pour l'ensemble de la question.*
- *La 1<sup>ère</sup> plongée doit faire apparaître les compétences suivantes :*
  - ✓ *Evaluer les acquis du N2 (autonomie en particulier).*
  - ✓ *Réadapter les élèves à la profondeur : 30 mètres max.*
- *Globalement respecter le contenu du MFT dans un programme technique permettant de faire travailler toutes les compétences et capacités traitées dans le MFT.*
  - ✓ *Planifier et organiser la plongée (Comprendre les directives du DP, prendre en compte le profil des équipiers, chercher un consensus de pratique, et organiser la plongée)*
  - ✓ *Maîtriser et adapter l'évolution en immersion (évaluer les conditions, adaptation, gestion de l'orientation, de l'autonomie et de la décompression)*
  - ✓ *Participer à la sécurité des équipiers (prévention avant plongée, analyse et intervention in situ)*
  - ✓ *Connaitre et respecter l'environnement marin (rappels théoriques + application in situ)*
  - ✓ *Connaissances en appuis des compétences (accidents liés en à la profondeur,*

*réglementation, procédures de décompression, notions de physique simple)*

✓ *Les capacités proposées sont cohérentes avec ce qui doit être acquis et vont dans le sens d'un apprentissage efficace pour les élèves.*

➤ *Valider la qualification de préférence en contrôle continu.*

### **Physique appliquée (12 points)**

1 - Un ingénieur en habitat sous-marin envisage de créer un village immergé dans des eaux tropicales. Déterminez par le calcul quelle sera la profondeur maximale d'implantation, de sorte que les plongeurs puissent y séjourner indéfiniment sans décompression pour regagner la surface. **(3 points)**

Nota : l'air se compose de 20 % d'oxygène et de 80 % d'azote Pour vos calculs, vous utiliserez parmi les compartiments mathématiques suivants celui que vous jugerez utile. :

Période	5	20	30	40	60	120
Sc	2,72	2,04	1,82	1,68	1,58	1,54

*Le temps de plongée indéfini permettant de remonter sans faire de palier équivaut à une saturation à 100 % du C 120 qui est le tissu directeur.*

*Donc la TN2 sera égale à 1,54*

*La profondeur maximale atteinte sera de :*

$$TN2 = To + (TF - To) \% \Rightarrow TN2 = To + [(PpN2 \times P Abs) - To] \times \%$$

$$\Rightarrow 1,54 = 0,8 + [0,8 \times P Abs) - 0,8] \times 1$$

$$\Rightarrow 1,54 = 0,8 \times P Abs$$

$$\Rightarrow 1,54 / 0,8 = P Abs$$

$$\Rightarrow 1,925 = P Abs$$

$$\Rightarrow 9,25 m$$

2 - Il est couramment enseigné qu'il est dangereux d'exposer un bloc de plongée dans une voiture en plein soleil sous peine d'un risque d'explosion. **(3 points)**

Pour vos calculs vous utiliserez un bloc de 200 bars gonflé à 15°C dont la pression de requalification est de 300 bars.

Quelle est la pression dans ce bloc s'il est exposé à 40°C ? (1 pt)

A partir de quelle température, on obtiendra une pression de 300 bars ? (2 pt)

*Détermination de la pression à une température de 40°C,*

$$\Rightarrow 200 / (15 + 273) = X b / (40 + 273)$$

$$\Rightarrow 200 / 288 = X b / 313$$

$$\Rightarrow 200 \times 313 / X b \times 288$$

$$\Rightarrow X = 62600 / 288$$

$$\Rightarrow X = 217,36 \text{ bars}$$

*Détermination de la température en degré Celsius pour arriver au 300 b de la pression de requalification*

$$\Rightarrow 200 b / (15 + 273) = 300 b / (X + 273)$$

$$\Rightarrow 200 b / 288 = 300 b / (X + 273)$$

$$\Rightarrow 200 b \times X + 200 \times 273 = 300 b \times 288$$

$$\Rightarrow 200 b \times X = 86400 - 54600$$

$$\Rightarrow X = 31800 / 200$$

$$\Rightarrow X = 159 \text{ °C}$$

3 - La norme EN 13319 : 2000 relative aux « accessoires de plongée » : profondimètre et instruments de mesure associant profondeur et temps ne s'intéresse qu'au fonctionnement électronique de la mesure de profondeur. Aussi, les capteurs de pression de nos ordinateurs sont étalonnés soit en eau douce, soit en eau de mer. **(6 points)**

Cette différence d'étalonnage aura-t-elle une incidence sur la profondeur affichée en fonction du lieu de pratique et/ou du type d'ordinateur utilisé (étalonnage) ? (4 pt)

Pour vos calculs, vous considérerez que :

- La profondeur est de 50 m (sondeur)
- Lieux de plongée : Eau douce - Lac St Cassien (Var Alt. 147 m) et en mer - Les Issambres (Var).
- Pression Atmosphérique : 1 bar dans les deux cas.
- Densité eau douce = 1 – Densité eau de mer = 1,03
- Utilisation des 2 types d'ordinateurs dans chaque lieu.

Les ordinateurs de plongée n'utilisent que la Pression Relative pour déterminer la profondeur (intérêt de l'étalonnage du capteur).

La pression atmosphérique n'intervient que dans le calcul de la décompression suivant le modèle intégré.

Définition de la Pression Relative : (prof en m \* densité liquide) / 10

D'où Prof affichée par l'ordinateur = Prof en m + (Prof en m x (Densité du liquide – Densité étalonnage)) / 10

En mer (d=1.03) - Les Issambres		En eau douce (d=1) – Lac St Cassien	
Etalonnage Eau de mer d = 1.03	Etalonnage Eau douce d = 1	Etalonnage Eau de mer d = 1.03	Etalonnage Eau douce d = 1
$1.03 - 1.03 = 0$	$1.03 - 1 = 0.03$	$1 - 1.03 = -0.03$	$1 - 1 = 0$
$50 + 50 \times (0) =$ $50 + (0) = 50 \text{ m}$	$50 + 50 \times (0.03) =$ $50 + 1.5 = 51,50 \text{ m}$	$50 + 50 \times (-0.03) =$ $50 + (-1.5) =$ $48.50 \text{ m}$	$50 + 50 \times (0) =$ $50 + (0) = 50 \text{ m}$

En fonction de vos résultats que pouvez-vous en conclure ? (2 pt)

Un ordinateur étalonné en eau douce (d = 1) utilisé en mer affiche une profondeur supérieure à la profondeur atteinte.

Un ordinateur étalonné en eau de mer (d = 1,03) utilisé en plongée lac affiche une profondeur inférieure à celle atteinte.

Ce constat n'est cependant aucunement gênant car les calculs de désaturation sont effectués en fonction des pressions mesurées par l'ordinateur (en surface et en immersion) et donc conduisent à un calcul correct de la désaturation. Par contre le calcul de la profondeur est faussé et la profondeur affichée incorrecte.

### Aspects théoriques de l'activité

Durée : 1h30, Coefficient 3

#### QUESTION N°1. Levage et flottabilité (5 points)

Suite à un entraînement organisé en lac (densité de l'eau = 1), vous êtes chargé de relever l'ancre du bateau posée sur un fond de 40 mètres. Elle a un volume de 10 dm<sup>3</sup> pour une densité de 3,5.

- Combien de litres d'air pouvez-vous mettre dans le parachute de levage en sachant que vous n'utiliserez pas plus de 5 bars de votre bi 2x10 litres ? (2 pts)
- L'ancre peut-elle remonter ? (1 pt)
- Vous avez l'idée d'utiliser un bout entre l'ancre et le parachute de levage. Quelle doit être sa longueur pour que l'ancre remonte ? (2 pts)

#### QUESTION N°2. Gonflage Nitrox (9 points)

Dans le cadre d'une sortie club, vous devez préparer 4 bouteilles de 15 litres de Nitrox 36 (36 % d'O<sub>2</sub> et 64% de N<sub>2</sub>), à une pression de 200 bars. Les bouteilles sont vides avant le gonflage.

Pour tous les calculs :

- On fera volontairement abstraction de l'influence de la température,
- On considèrera que l'air est composé de 20 % d'oxygène et de 80 % d'azote.
- On n'utilisera que les pressions lues au manomètre (pression relative) et non les pressions absolues. Ainsi une bouteille vide contient 0 bar de gaz.

- Définissez la procédure de gonflage (chiffrée) en sachant que le Nitrox sera fabriqué par transvasement à partir d'une bouteille d'O<sub>2</sub> de 50 litres (B50) gonflée à 200 bars. (1 pt)
- Détaillez la méthode de gonflage de ces bouteilles. (1 pt)
- Quelle pression restera-t-il dans la B50 après l'opération ? (0,5 pt)
- Donnez les avantages et les inconvénients de cette procédure (1,5 pt)
- Une seconde plongée est prévue, mais cette fois, avec un Nitrox 32% à 200 bars. Pour ne pas gaspiller de mélange, vous décidez de compléter les bouteilles. En équilibrant les blocs vous trouvez une pression résiduelle de 50 bars. Établissez la nouvelle procédure de gonflage. (2 pts)
- Une fois le remplissage terminé, vous constatez que les blocs sont chauds. Expliquez-en la raison et décrivez la nature des échanges thermiques qui vont s'opérer (1 pt)
- Vous laissez passer 6 heures entre la fin du gonflage et l'analyse des mélanges. Vous constatez que votre mélange contient 35% d'O<sub>2</sub> au lieu de 32% demandés. Quelles

solutions proposez-vous afin d'obtenir 32% d'O<sub>2</sub> dans les blocs gonflés à 200 bars ? (2 pts)

**QUESTION N°3. Échanges thermiques (3 points)**

- a) La thermocline trouble notre vision en plongée, Définissez et expliquez-en les raisons (1 pt)
- b) Il est très fréquent que les stagiaires vous demandent pourquoi la pression mesurée dans leur bloc est de 180 bars alors que la valeur affichée sur le manomètre de la rampe de gonflage indiquait de 200 bars la veille. Donnez-leur une explication chiffrée de ce phénomène sachant que la température ambiante était de 25 °Celsius lors du gonflage (1pt)
- d) Proposez-leur de refaire le calcul en tenant compte de la température finale (valeur calculée précédemment) et en supposant que la température ambiante était de 20°C (1pt)

**QUESTION N°4. Autonomie (3 points)**

Lors d'un entraînement aux épreuves à 50 mètres, votre inspiration est devenue difficile au bout de 5 minutes, ce qui vous a contraint à amorcer votre remontée sans avoir pu réaliser la totalité de l'acte d'enseignement prévu.

(La moyenne pression de votre premier étage est réglée à 10 bars et votre consommation habituelle en surface est de 20 l/mn)

- a) Quelle a été votre consommation pendant la plongée, en sachant que la pression de votre bloc de 15 litres était de 200 bars avant la plongée et qu'il n'y avait aucune fuite apparente ? (2 pts)
- b) Quelle conclusion pouvez-vous tirer de cette situation ? (1 pt)



PROPOSITION DE CORRECTION

**QUESTION N°1. Levage et flottabilité (5 points)**

Suite à un entraînement organisé en lac (densité de l'eau = 1), vous êtes chargé de relever l'ancre du bateau posée sur un fond de 40 mètres. Elle a un volume de  $10 \text{ dm}^3$  pour une densité de 3,5.

a) Combien de litre d'air pouvez-vous mettre dans le parachute de levage en sachant que vous n'utiliserez pas plus de 5 bars de votre bi 2x10 litres ? (2 pts)

- *Quantité d'air utilisable pour le parachute :  $5 \times 20 = 100$  litres (en équivalent surface).*
- *A 40 m le volume équivalent sera égal à  $P1 \times V1 = P2 \times V2$*
- *Soit  $1 \text{ bar} \times 100 \text{ litres} = 5 \text{ bars} \times V2$  d'où  $V2 = 100 / 5 = 20$  litres*

b) L'ancre peut-elle remonter ? (1 pt)

- *Poids réel de l'ancre =  $10 \text{ dm}^3 \times 3,5 = 35 \text{ kg}$*
- *Volume de l'ancre + parachute =  $10 \text{ litres} + 20 \text{ litres} = 30 \text{ litres}$*
- *Poids réel de l'ancre > poids du volume d'eau ( $35 \text{ kg} > 30 \text{ kg}$ )*
- *flottabilité négative → l'ancre reste au fond*

c) Vous avez l'idée d'utiliser un bout entre l'ancre et le parachute de levage. Quelle doit être sa longueur pour que l'ancre remonte ? (2 pts)

- *Pour que l'ancre remonte il faudra que le volume d'air dans le parachute atteigne :  $35 \text{ litres} - 10 \text{ litres} = 25 \text{ litres}$*
- *$P1 \times V1 = P2 \times V2$  soit  $5 \times 20 = P2 \times 25$  d'où  $P2 = 100/25 = 4$  bars donc profondeur = 30 m*
- *En mettant 10 mètres de bout l'ancre sera relevée (2 pts)*

## QUESTION N°2. Gonflage Nitrox (9 points)

Dans le cadre d'une sortie club, vous devez préparer 4 bouteilles de 15 litres de Nitrox 36

(36 % d'O<sub>2</sub> et 64% de N<sub>2</sub>), à une pression de 200 bars. Les bouteilles sont vides avant le gonflage.

Pour tous les calculs :

- On fera volontairement abstraction de l'influence de la température,
- On considèrera que l'air est composé de 20 % d'oxygène et de 80 % d'azote.
- On n'utilisera que les pressions lues au manomètre (pression relative) et non les pressions absolues. Ainsi une bouteille vide contient 0 bar de gaz.

a) Définissez la procédure de gonflage (chiffrée) en sachant que le Nitrox sera fabriqué par transvasement à partir d'une bouteille d'O<sub>2</sub> de 50 litres (B50) gonflée à 200 bars. Détaillez la méthode de gonflage de ces bouteilles. (2 pts)

- *Fabrication par la méthode des pressions partielles (1 pt). Le mélange se réalise à l'aide d'une lyre de transfert.*
- *Détails de la procédure de gonflage*
  - *On a 0 bar d'azote*
  - *On veut 200 bars à 64% :  $200 \times 0,64 = 128$  bars de N<sub>2</sub>*
  - *On doit rajouter en air :  $128 / 0,80 = 160$  bars d'air*
  - *Pour la fabrication du Nitrox, il faut transvaser d'abord 40 bars d'O<sub>2</sub> pur puis compléter avec 160 bars d'air à l'aide du compresseur (1 pt)*

b) Quelle pression restera-t-il dans la B50 après l'opération ? (0,5 pt)

- *Pression résiduelle d'O<sub>2</sub> dans la B50 :  $((50 \times 200) - (40 \times 4 \times 15)) / 50 = 152$  b*

c) Donnez les avantages et les inconvénients de cette procédure (1,5 pt)

- *Avantages : (0,5 pt)*
  - *Possibilité de réaliser des mélanges supérieurs à 40% d'O<sub>2</sub> avec du matériel approprié et compatible O<sub>2</sub>. à un faible coût*
- *Inconvénients : (1 pt)*

- *L'air ajouté par le compresseur doit-être exempt de toute particule d'huile, utilisation d'un sur filtre évitant de « polluer »*
  - *La fabrication demande beaucoup d'attention, de précision dans les pressions partielles et du temps de remplissage (5 b/mn)*
  - *Utilisation d'une vanne de laminage*
  - *A l'équilibre des pressions, le transvasement n'est plus possible, les bouteilles d'O<sub>2</sub> ne sont pas utilisées dans leur capacité maximum (volume résiduel).*
  - *Pour les vider, il faut utiliser un surpresseur, ou bien vider les bouteilles de Nitrox mais on perd 5 à 10 bars d'O<sub>2</sub> dans la B50.*
- d) Une seconde plongée est prévue, mais cette fois, avec un Nitrox 32% à 200 bars. Pour ne pas gaspiller de mélange, vous décidez de compléter les bouteilles. En équilibrant les blocs vous trouvez une pression résiduelle de 50 bars. Établissez la nouvelle procédure de gonflage. (2 pts)
- *On équilibre les blocs sur la rampe et on trouve 50 bars.*
  - *Etat initial : on a 50 bars x 64% de N<sub>2</sub> :  $50 \times 0,64 = 32$  bars de N<sub>2</sub>  
Il reste dans les blocs 50 bars de Nitrox 36 soit :  $50 \times 0,36 = 18$  bars d'O<sub>2</sub>*
  - *Etat final : on veut 200 bars x 68% de N<sub>2</sub> :  $200 \times 0,68 = 136$  bars de N<sub>2</sub>*
  - *On doit rajouter  $136 - 32 = 104$  bars de N<sub>2</sub>*
  - *On doit rajouter  $104 / 0,80 = 130$  bars d'air à l'aide du compresseur*
  - *Pour la préparation de ces seconds Nitrox, on apporte 130 bars d'air donc  $130 \times 0,2 = 26$  bars d'O<sub>2</sub>. Au final, on veut  $200 \times 0,32 = 64$  bars d'O<sub>2</sub>. Donc il faut transvaser  $(64-26)-18 = 20$  bars d'O<sub>2</sub> à la lyre.*
  - *Pour des raisons de sécurité, on commencera par transvaser l'O<sub>2</sub> puis on complètera le gonflage à l'aide du compresseur*
- e) Une fois le remplissage terminé, vous constatez que les blocs sont chauds. Expliquez-en la raison et décrivez la nature des échanges thermiques qui vont s'opérer (1 pt)
- *La compression des gaz augmente l'agitation des molécules qui les composent.*
  - *Ce phénomène entraîne l'élévation de leur température, ce qui entraîne un réchauffement des bouteilles de plongées. « Loi de Charles »*
  - *Les échanges thermiques vont s'opérer du milieu le plus chaud (air dans les blocs - enveloppe métallique des blocs) vers le plus froid (air ambiant). La transmission des calories va s'effectuer jusqu'à l'équilibre thermique.*
  - *Ce phénomène va s'opérer par :*

- *Rayonnement : Perte de chaleur par rayonnement infra rouge depuis l'enveloppe métallique des blocs. Phénomène d'importance mineure dans ce cas*
  - *Conduction : échange de calories entre 2 milieux solides.*
  - *Convection : échange entre 2 gaz ou entre un liquide et un gaz. La chaleur arrivant à la surface des blocs métalliques va réchauffer les molécules d'air en contact avec celles-ci. Ces dernières vont s'élever et être remplacées par des molécules plus froides.*
- f) Vous laissez passer 6 heures entre la fin du gonflage et l'analyse des mélanges. Vous constatez que votre mélange contient 35% d'O<sub>2</sub> au lieu de 32% demandés. Quelles solutions proposez-vous afin d'obtenir 32% d'O<sub>2</sub> dans les blocs gonflés à 200 bars ? (2 pts)
- *Vider un peu les blocs jusqu'à une pression définie (P) et les regonfler ensuite à l'air jusqu'à une pression de 200 bars.*
  - *Détermination de l'équation pour un Nitrox 32*
    - *Calcul de la pression de N<sub>2</sub> final : On obtiendra en final (0,68 x 200) bars de N<sub>2</sub>, soit 136 bars de N<sub>2</sub>.*
    - *On dispose initialement d'une pression (P) de 65% de N<sub>2</sub> lorsque les bouteilles sont vidées partiellement avant d'être regonflées d'air.*
    - *On va rajouter de l'air : 0,80 x (200 - P) bars de N<sub>2</sub>*
    - *D'où l'équation : 0,65 x P + 0,80 x (200 - P) = 136 bars*
    - *Soit P x (0,65 - 0,8) + 160 = 136 bars ⇔ 0,15 x P = 160 - 136*  
*ce qui donne une pression P = 24 / 0,15 = 160 bars. (2 pts)*
    - *Les autres solutions nous donnent une pression des blocs supérieure à la pression de service (200 bars) ou un mélange encore trop riche.*

### QUESTION N°3. Échanges thermiques (3 points)

- a) La thermocline trouble notre vision en plongée, Définissez et expliquez-en les raisons (1 pt)
- *On nomme thermocline la zone d'échange thermique entre la zone d'eau froide et la zone d'eau chaude. (0,5 pt)*
  - *Le fait que l'on voie trouble dépend de l'indice de réfraction de l'eau qui varie en fonction de la température. On voit ainsi apparaître des turbulences à la rencontre des eaux chaudes et froides. (0,5 pt)*

b) Il est très fréquent que les stagiaires vous demandent pourquoi la pression mesurée dans leur bloc est de 180 bars alors que la valeur affichée sur le manomètre de la rampe de gonflage indiquait 200 bars la veille. Donnez-leur une explication chiffrée de ce phénomène sachant que la température ambiante était de 25 °Celsius lors du gonflage (1pt)

- *Afin de pouvoir définir les raisons de cette baisse de température, il faut se rappeler que la chute de pression est directement liée à la température.*
- *C'est la loi de Charles qui définit l'équation suivante :  $P_1/T_1 = P_2/T_2$  en n'oubliant pas que l'unité de température n'est pas le Celsius mais le Kelvin.*
- *Ce qui donne :  $200 \text{ b} / X = 180 / (273 + 25) \rightarrow X = 331,11 \text{ Kelvin soit } 58,11^\circ\text{C}$*

c) Proposez-leur de refaire le calcul en tenant compte de la température finale (valeur calculée précédemment) et en supposant que la température ambiante était de 20°C (1pt)

- *Lorsque la valeur de température finale est de :  $58,11^\circ\text{C}$*
- *Cela donne :  $200 \text{ b} / (273 + 58,11) = X / (273 + 20) \rightarrow 176,98 \text{ b dans le bloc}$*

#### QUESTION N°4. Autonomie (3 points)

Lors d'un entraînement aux épreuves à 50 mètres, votre inspiration est devenue difficile au bout de 5 minutes, ce qui vous a contraint à amorcer votre remontée sans avoir pu réaliser la totalité de l'acte d'enseignement prévu.

(La moyenne pression de votre premier étage est réglée à 10 bars et votre consommation habituelle en surface est de 20 l/mn)

a) Quelle a été votre consommation pendant la plongée, en sachant que la pression de votre bloc de 15 litres était de 200 bars avant la plongée et qu'il n'y avait aucune fuite apparente ? (2 pts)

- *Si la respiration devient difficile, c'est qu'il ne reste plus que 16 b de pression dans le bloc. (La MP est réglée à 10 b en surface et on se trouve à 50 mètres de profondeur  $\rightarrow MP = 16 \text{ b}$ )*
- *La consommation à 50 m devrait être :  $6 \text{ b} \times 20 \text{ l/min} = 120 \text{ l/min}$*
- *La quantité d'air effectivement consommé(e) est de  $200 - 16 = 184 \text{ b} \times 15 \text{ l} = 2760 \text{ litres}$*

- *La durée de la plongée pour consommer ce volume à 50 m est de  $2\ 760 / 120 = 23$  minutes, or il a été consommé en 5 minutes*
- *Durée calculée/durée réelle =  $23/5 = 4,6$ .*
- *Donc la consommation réelle à 50 m est 4,6 fois plus élevée que la consommation calculée*

b) Quelle conclusion pouvez-vous tirer de cette situation ? (1 pt)

*Etat de stress et/ou essoufflement*

## Aspects théoriques de l'activité

Durée : 1h30, Coefficient 3

### Question 1 (8 points)

Vos stagiaires MF1 ont des difficultés à élaborer une méthode de résolution concernant les exercices sur les plongées aux mélanges. En vous basant sur cet exercice mettez en évidence une logique pour les aider lors de leur enseignement Guide de Palanquée - Niveau 4  
Vous disposez d'un bloc de 10 litres à 10 bar contenant de l'air, et d'un tampon de 50 litres à 220 bar contenant un mélange Nitrox 40/60

- Quelle sera la pression finale du mélange dans le bloc après équilibrage des pressions ? (1pt)
- Quelle est la composition du mélange réalisé ? (2 pts)
- Finalement le complément du bloc à une pression finale de 200 b est effectué à l'aide du compresseur air. Quelle sera la composition finale du mélange dans le bloc ? (2 pts)
- A quelle profondeur pourra-t-on plonger avec ce dernier ? (1 pt)
- Explicititez la démarche proposée à vos élèves. (2 pts)

Nota : pour l'exercice on supposera que l'air se compose d'O<sub>2</sub> = 20% et N<sub>2</sub> = 80%, et que le seuil de toxicité de l'O<sub>2</sub> = 1,6 bar.

### Question 2 (6 points)

Une plongée de nuit est organisée au sein d'une structure en Manche et vous profitez de l'occasion pour mettre votre stagiaire MF1 en situation de directeur de plongée.  
Elaborez une fiche pour l'aider à organiser cette plongée

### Question 3 (6 pts)

Vous disposez dans le local gonflage de tampons Air de 50 litres à 300 b ainsi que des tampons de 50 litres à 300 b contenant un mélange composé de 32% d'oxygène et 68% d'azote.

(composition de l'air : O<sub>2</sub> = 20% et N<sub>2</sub> = 80%)

Vous avez sur votre rampe de gonflage 5 blocs en équipression à 25 bars. Ces blocs contiennent tous un Nitrox de 40% d'oxygène et 60% d'azote.

Lors de tous les gonflages, il est fait volontairement abstraction de l'influence de la température.

- Quelle rampe de tampons utiliserez-vous pour obtenir dans les blocs de plongée un mélange à 33% d'oxygène ? Justifiez votre réponse par le calcul. (2 pts)
- A partir de votre bloc Nitrox 33/67 précédemment rempli à 200 b (Nx : 33% d'oxygène 67% d'azote), vous désirez en faire un Trimix contenant 36 % d'hélium. L'oxygène est utilisée à une PpO<sub>2</sub> maximale admissible de 1.6 b.
  - Comment procédez-vous ? (1 pts)
  - Est-ce que le mélange obtenu est normoxique. (1 pts)
- Déterminez la composition de ce mélange, quelle est sa limite d'utilisation ? (1 pt)
- Déterminez la profondeur équivalente narcose du mélange. (1 pt)



## Proposition de réponses

### Question 1 (8 points)

Vos stagiaires MF1 ont des difficultés à élaborer une méthode de résolution concernant les exercices sur les plongées aux mélanges. En vous basant sur cet exercice mettez en évidence une logique pour les aider lors de leur enseignement Guide de Palanquée - Niveau 4

Vous disposez d'un bloc de 10 litres à 10 bar contenant de l'air, et d'un tampon de 50 litres à 220 bar contenant un mélange Nitrox 40/60

- Quelle sera la pression finale du mélange dans le bloc après équilibrage des pressions ?
- Quelle est la composition du mélange réalisé ?
- Finalement le complément du bloc à une pression finale de 200 b est effectué à l'aide du compresseur Air. Quelle sera la composition finale du mélange dans le bloc ?
- A quelle profondeur pourra-t-on plonger avec ce dernier ?
- Explicititez la démarche proposée à vos élèves.

**Nota** : pour l'exercice on suppose que l'air se compose d'O<sub>2</sub> = 20% et N<sub>2</sub> = 80%, et que le seuil de toxicité de l'O<sub>2</sub> = 1,6 bar

Equipression du bloc et du tampon (attention, il ne s'agit que d'un équilibrage des pressions, pas des compositions en gaz)	$[(10 \times 10) + (50 \times 220)] / 60$ <b>185 b (1 pt)</b>
Pression transférée du tampon vers le bloc	$220 - 185 = 35 \text{ b}$
Quantité d'O <sub>2</sub> et N <sub>2</sub> à l'origine dans le bloc	O <sub>2</sub> $10 \times 10 \times 0,2 = 20 \text{ l}$ N <sub>2</sub> $10 \times 10 \times 0,8 = 80 \text{ l}$
Quantités d'O <sub>2</sub> et N <sub>2</sub> transférées au moment de l'équilibrage des pressions	O <sub>2</sub> $35 \times 50 \times 0,4 = 700 \text{ l}$ N <sub>2</sub> $35 \times 50 \times 0,6 = 1050 \text{ l}$
Quantité finale d'O <sub>2</sub> et N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> $700 + 20 = 720 \text{ l}$ N <sub>2</sub> $1050 + 80 = 1130 \text{ l}$
Nouveau mélange dans le bloc	$185 \times 10 = 1850 \text{ l}$ O <sub>2</sub> $720 / 1850 = 0,39$ soit <b>39% (1pt)</b> N <sub>2</sub> $1130 / 1850 = 0,61$ soit <b>61% (1 pt)</b>
Rajout de pression par le compresseur pour aller jusqu'à 200 b	$200 - 185 = 15 \text{ b}$
Quantités d'O <sub>2</sub> et N <sub>2</sub> apportées par le compresseur (air)	O <sub>2</sub> $15 \times 10 \times 0,2 = 30 \text{ l}$ N <sub>2</sub> $15 \times 10 \times 0,8 = 120 \text{ l}$
Quantités totales d'O <sub>2</sub> et N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> $720 + 30 = 750 \text{ l}$ N <sub>2</sub> $1130 + 120 = 1250 \text{ l}$
Nouveau mélange dans le bloc	O <sub>2</sub> $750 / 2000 = 0,375$ soit <b>37,5% (1 pt)</b> N <sub>2</sub> $1250 / 2000 = 0,625$ soit <b>62,5% (1 pt)</b>
Pabs = $1,6 / 0,375 = 4,27 \text{ b}$ Prof = $42,7 - 10$	soit une prof. max. arrondie à <b>32m (1 pt)</b>

La démarche proposée ici est une démarche pas à pas où la quantité de chaque gaz (exprimée en volume normobar) est calculée pour chaque opération et additionnée au fur et à mesure.

Une seconde façon de faire est de travailler uniquement avec les pressions partielles sans calculer les quantités en volume normobar. C'est probablement moins intuitif (on somme des pressions partielles et on calcule des proportions entre pressions) mais plus proche de la pratique car dans les transferts réels, c'est bien les variations de pressions que l'on mesure et non les quantités en volume normobar.

**Question 2 (6 points)**

Une plongée de nuit est organisée au sein d'une structure en Manche et vous profitez de l'occasion pour mettre votre stagiaire MF1 en situation de directeur de plongée.

Elaborez une fiche pour l'aider à organiser cette plongée

La fiche ci-dessous n'est pas exhaustive. Certains éléments non spécifiques à la plongée de nuit sont en rappel mais non détaillés. D'autres organisations de la fiche étaient possibles.

<p><b>Site (1 pt)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Profondeur adaptée au niveau des plongeurs</li> <li>- Abrisé (en fonction de la météo), peu étendu, peu profond,</li> <li>- Facilité pour s'orienter, repères caractéristiques</li> <li>- Suffisamment riche en faune et en flore</li> <li>- Déterminer l'horaire des marées et vérifier les courants, la météo</li> </ul>
<p><b>Matériel (1,5 pt)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateau : feux de navigation et feux de capacité de manœuvre restreinte (rouge blanc rouge), moyen de communication (VHF).</li> <li>- Matériels spécifiques à la plongée scaphandre (non détaillés ici)</li> <li>- <u>A prévoir pour la plongée de nuit</u> : lampes supplémentaires, piles et batteries de rechange, cyalume, lampes à éclat</li> <li>- Matériel spécifiques des plongeurs :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guide de palanquée : 1 lampe (ou 1 phare) + parachute de paliers</li> <li>- Les plongeurs ont une lampe chacun.</li> <li>- Palanquées équipées de cyalumes ou de systèmes réfléchissants de couleurs différentes permettant un repérage plus facile</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Hommes (1 pt)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DP ayant une expérience de la plongée de nuit</li> <li>- Sécu surface : titulaire du RIFAP, capable de manœuvrer le bateau (permis) et capable de déclencher les secours</li> <li>- Plongeurs avec un minimum d'expérience (N2 ou N1 expérimenté).</li> <li>- Vérifications administratives, Certif. Médical, etc (rappel)</li> <li>- Equilibrer les palanquées avec des plongeurs expérimentés la nuit et d'autres moins expérimentés</li> <li>- Réduction de l'effectif des palanquées en fonction de la visibilité</li> </ul>
<p><b>Briefing (2,5 pts)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Consignes à respecter</u> : profondeur maximum autorisée et temps maximum à ne pas dépasser (rappel fiche de sécurité).             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plongée restant dans la courbe de sécurité</li> <li>- Garder une distance plus réduite qu'en plongée de jour</li> <li>- Définir la procédure en cas de perte au sein de la palanquée</li> <li>- Si non retour au mouillage, utiliser le parachute de palier et y mettre sa lampe à l'intérieur                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Echelonner le départ des palanquées à 5 mn d'intervalle afin d'éviter les pertes et mélange de palanquée</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- <u>Explications sur la faune et de la flore spécifique à la plongée de nuit</u>, dangers éventuels du milieu.</li> <li>- <u>Communication</u> : éclairage des signes avec la lampe au fond. Signes spécifiques en surface la nuit pour le signal de détresse ou le signe OK. Utiliser les capacités réfléchissantes des instruments (manomètres, ordinateurs)</li> </ul>

**Question 3 : Mélanges (6 pts)**

Vous disposez dans le local gonflage de tampons Air de 50 litres à 300b ainsi que des tampons de 50 litres à 300 b contenant un mélange composé de 32% d'oxygène et 68% d'azote. (Air :  $O_2 = 20\%$   $N_2 = 80\%$ )

Vous avez sur votre rampe de gonflage 5 blocs en équipression à 25 bars. Ces blocs contiennent tous un Nitrox de 40% d'oxygène et 60% d'azote.

Lors de tous les gonflages, il est fait volontairement abstraction de l'influence de la température.

- a) Quelle rampe de tampons utiliserez-vous pour obtenir dans les blocs de plongée un mélange à 33% d'oxygène ? Justifiez votre réponse par le calcul. (2 pts)

Utilisation des tampons de Nitrox 32 :

*Pp résiduelles :  $PpO_2 = 25 * 0.4 = 10 \text{ b}$  ;  $Pp N_2 = 25 * 0.6 = 15 \text{ b}$*

*Pp finales recherchées :  $PpO_2 = 200 * 0.33 = 66 \text{ b}$  ;  $Pp N_2 = 200 * 0.67 = 134 \text{ b}$*

*Il faut ajouter 56 b d' $O_2$  et il faut ajouter 119 b d' $N_2$*

*Nous allons faire le complément en Nitrox 32 de 25 à 200 b*

*$PpO_2 = 175 * 0.32 = 56 \text{ b}$  ;  $Pp N_2 = 175 * 0.68 = 119 \text{ b}$ , ce qui correspond.*

Commentaire : on ne connaît pas le volume des 5 blocs, mais ce n'est pas nécessaire si les calculs sont menés en pressions partielles. Cependant, on fait l'hypothèse que les tampons de la rampe nitrox sont en nombre suffisant pour arriver à 200b dans les blocs par simple transfert.

- b) A partir de votre bloc Nitrox 33/67 précédemment rempli à 200 b ( $Nx$  : 33% d'oxygène 67% d'azote), vous désirez en faire un Trimix contenant 36 % d'hélium. L'oxygène est utilisé à une  $PpO_2$  maximale admissible de 1.6 b.
- Comment procédez-vous ? (1 pts)
  - Est-ce que le mélange obtenu est normoxique ? (1 pts)

*La pression partielle d'hélium dans un bloc à 200 b avec 36% d'hélium est  $200 * 0.36 = 72 \text{ b}$*

*Il faudra purger le bloc Nitrox 33/67 de 72 b (simple mais pas vraiment optimal !).*

*Il reste donc  $200 - 72 = 128 \text{ b}$  de Nitrox 33/67 ce qui correspond à une  $PpO_2$  de 42.24 b*

*Pourcentage d'Oxygène dans le mélange*

*$42.24 / 200 = 0.2112$  soit 21%  $O_2$  donc normoxique.*

- c) Déterminez la composition de ce mélange, quelle est sa limite d'utilisation ? (1 pt)

*Pp  $O_2$ : 42 b oxygène : 21%*

*Pp  $N_2$ : 86 b azote : 43%*

*Pp He: 72 b hélium : 36%*

*Pour une Pp  $O_2$  max de 1,6 b :  $1,6 / 0,21 = 7,619$*

*soit Profondeur max. : 66.19 mètres, donc 66 mètres*

a) Déterminez la profondeur équivalente narcose du mélange. (1 pt)

$$PpN^2 \text{ Mélange} = Pabs * \% N^2$$

$$PpN^2 \text{ mélange} = 7.6 * 0.43 = 3.268 \text{ b}$$

$$Pabs \text{ Air} = PpN^2 \text{ Mélanges} / \% N^2 \text{ Air}$$

$$Pabs \text{ Air} = 3.268 \text{ b} / 0.8 \text{ b}$$

$$Pabs \text{ Air} = 4,085 \text{ b soit } 30,8 \text{ mètres}$$

$$PEN : 30.8 \text{ mètres}$$

### Aspects théoriques de l'activité. (Coefficient 3 : 1 h 30)

Le responsable technique d'un petit club est confronté, dans son activité journalière, à différents problèmes à résoudre : en voici quelques uns pour lesquels vous devrez fournir une réponse.

1°- Le club a décidé d'investir dans une nouvelle station de gonflage qui respecte un cahier des charges bien précis et le Président demande à son responsable les critères de choix. (8

Pts)

- La plongée estivale du matin fait utiliser habituellement 10 blocs de 12 L à 200 b dans lesquels il reste en moyenne 30 b et 5 blocs de 15 L à 200 b dans lesquels il reste 70 b.
- Le local de gonflage, sera équipé de 4 tampons de 50 L à 250 b utilisés en une seule série.
- On disposera d'une rampe de gonflage avec laquelle on gonflera les blocs par série de 5 en commençant par les blocs 15L.
- Compte tenu du temps de manipulation des blocs et du faible temps disponible après la plongée du matin, on souhaite que l'utilisation obligatoire du compresseur pour monter les bouteilles à 200 b soit limitée à 30 minutes. On utilisera donc les tampons au maximum.

a) Déterminez la caractéristique du compresseur souhaité. Vous argumenterez votre choix par le calcul et vous arrondirez votre résultat à une valeur qui vous paraîtra pertinente, compte tenu des types de compresseurs qui existent sur le marché.

b) Combien de temps le compresseur devra-t-il tourner pour remettre les tampons à leur valeur initiale pour préparer la plongée de l'après-midi.

c) Quels sont les avantages et les inconvénients respectifs des compresseurs à refroidissement à air ou à eau : quel est votre choix ?

d) Votre président vous suggère d'optimiser la station en utilisant des tampons à 350 b au lieu de ceux initialement prévus à 250 b. Donnez les arguments qui démontrent que cette solution, en apparence séduisante, présente peut être plus d'inconvénients que d'avantages.

2° Dans le cadre du suivi du matériel du club, un protocole a été institué.

Sur un cahier, chaque moniteur qui constate un dysfonctionnement du matériel collectif est prié de noter la référence de l'appareil incriminé et d'indiquer la nature de ce problème.

Ci dessous les indications découvertes par notre responsable :

Etablissez le diagnostic pour chaque problème évoqué en le justifiant brièvement. (7

Pts)

Détendeur N° 7 : Piston non compensé : Des petites bulles sortent par les trous du premier étage.

Détendeur N° 2 : Piston non compensé : Le détendeur fuse. Quand on purge le deuxième étage, cette fuite ne se remet en place qu'après quelques secondes.

Détendeur N° 3 : Piston non compensé : Le plongeur qui fait une descente dans le bleu se plaint de boire de l'eau.

Détendeur N° 5 : Piston non compensé : Le détendeur fuse dès qu'il est mis en pression.

Détendeur N° 8 : Piston non compensé : Le détendeur est anormalement dur

Bloc N° 3 : Même quand le robinet est serré, le bloc fuit doucement.

Gilet N° 5 : Le gilet ne tient pas le gonflage et la soupape sur l'épaule fuit.

Gilet N° 3 : L'inflateur gonfle en permanence.

3° Vous êtes DP, E4 et vous devez rédiger la fiche de sécurité qui correspond aux différents inscrits. Le document vous est fourni. Vous disposez d'un site idéal multi profondeurs.

**(5 Pts)**

- a) Quels sont les éléments que vous prenez en compte pour organiser votre sortie Justifiez succinctement vos choix.
- b) Décrivez votre organisation

## Aspects théoriques de l'activité Proposition de correction

1°- **8 Pts**

a) **5 Pts**

- ✓ Gonflage des 15 L :
 

Volume d'air nécessaire :	$130 \times 5 \times 15$	= 9750 L (prélevé)
Air restant dans les tampons :	$(200 \times 250) - 9750$	= 40250 L
Pression tampons	$40250 / 200$	= 201,25 b
  
- ✓ Gonflage des 5 premiers 12 L :
 

Volume d'air disponible bloc :	$5 \times 12 \times 30$	= 1800 L
Volume d'air tampons :	$200 \times 201,25$	= 40250 L
Pression dans blocs et tampons :	$(40250 + 1800) / 260$	= 161.7 b
Complément compresseur :	$(200 - 161.7) \times 60$	= <b>2296 L</b>
  
- ✓ Gonflage des 5 derniers Blocs
 

Air total :	$1800 + (200 \times 161.7)$	= 34140 L
Pression dans blocs et tampons :	$34140 / 260$	= 131.3 b
Complément compresseur :	$(200 - 131.3) \times 60$	= <b>4121.5 L</b>
  
- ✓ Besoins pour compléter les blocs à 200 b
 

$2296 \text{ L} + 4121,5 \text{ L}$	= 6417,5 L
-------------------------------------	------------

=> Ce volume est à fournir en 30 min maximum, soit en une heure : 12, 835 m<sup>3</sup>  
 Un compresseur de 12 m<sup>3</sup> est donc insuffisant, on choisira un 15 m<sup>3</sup> / h

**Si on avait commencé le gonflage par les 12 l en premier**

- ✓ Gonflage des 5 premiers 12 L :
 

Volume d'air nécessaire :	$5 \times 12 \times 170$	= 10200 L (prélevé)
Volume d'air dans les blocs	$5 \times 12 \times 30$	= 1800 L
Air total blocs et tampons :	$(200 \times 250) + 1800$	= 51800 L
Pression dans blocs et tampons :	$51800 / 260$	= 199,2 b
Complément compresseur :	$(200 - 199,2) \times 60$	= <b>48 L</b>
  
- ✓ Gonflage des 5 derniers Blocs 12 L
 

Volume d'air disponible bloc :	$5 \times 12 \times 30$	= 1800 L
Air total :	$1800 + (200 \times 199,2)$	= 41646 L
Pression dans blocs et tampons :	$41646 / 260$	= 160,18 b
Complément compresseur :	$(200 - 160,18) \times 60$	= <b>2389 L</b>
  
- ✓ Gonflage des 15 L :
 

Volume d'air nécessaire :	$130 \times 5 \times 15$	= 9750 L (prélevé)
Air total blocs et tampons	$70 \times 5 \times 15 + 160,18 \times 200$	= 37286 L
Pression dans blocs et tampons	$37286 / (200 + 75)$	= 135,58 b
Complément compresseur :	$(200 - 135,58) \times 5 \times 15$	= <b>4831,1 L</b>
  
- ✓ Besoins pour compléter les blocs à 200 b
 

$48 \text{ L} + 2389 \text{ L} + 4831,1 \text{ L}$	= 7268,1 L
--	------------



=> Ce volume est à fournir en 30 min maximum, soit en une heure :  $14,536 \text{ m}^3$   
Un compresseur de  $12 \text{ m}^3$  est donc insuffisant, on aurait choisi un  $15 \text{ m}^3 / \text{h}$

- b) **1 Pt** : Pour rétablir les tampons à 250 b (évidemment, on admettra le calcul bon si le calcul est correct alors que le candidat a choisi un autre compresseur que ce  $15 \text{ m}^3 / \text{h}$ )  
Volume nécessaire :  $(250 - 131,3) \times 200 = 23740 \text{ L}$   
Temps de gonflage  $15 \text{ m}^3 / \text{h}$  :  $23740 / 15000 = 1,58 \text{ h}$  soit 1 h 35 min
- c) **1 Pt** : Fiabilité supérieure du compresseur à refroidissement à eau et moins d'effets de la température (qui n'ont pas été pris en compte dans ce problème).  
Problème : consommation d'eau et prix d'achat supérieur.
- d) **1 Pt** : On attend du candidat qu'il évoque la règle de Van der Waals en affirmant que dans les 4 tampons à 350 b l'air disponible est inférieur à ce que la simple loi de Mariotte laissait prévoir.  
Par ailleurs, un compresseur qui doit monter à 350 b sera largement plus sollicité qu'à 250 b, avec pour conséquence une fiabilité moins bonne.  
En dernier lieu, la mise en place de l'installation sera beaucoup plus exigeante.  
On n'attend pas du candidat qu'il connaisse avec précision des valeurs pour la déperdition en air (qui est importante à ces pressions, environ 25 %), ni qu'il connaisse avec précision les exigences technologiques d'une telle installation.

2°- **7 Pts : 0,5 pt pour chacune des 2 premières pannes et 1 Pt par item suivant**

Détendeur 7 : Joint du pison détérioré

Détendeur 2 : Fuite différée = Fuite clapet siège du premier étage

Détendeur 3 : Soupape d'expiration mal positionnée sur son siège, ou détériorée

Détendeur 5 : Fuite instantanée donc fuite clapet siège du second étage

Détendeur 8 : Soit un mauvais réglage de la fourchette, soit plus vraisemblablement un bronze poreux encrassé

Bloc 3 : Le clapet du robinet est détérioré suite à des fermetures du bloc trop violentes

Gilet 5 : Le ressort de la soupape de surpression est détendu.

Gilet 3 : La valve de Schroeder du DS est détériorée.

3°- Impossibilité de produire un corrigé : solutions multiples, mais difficulté, le DP n'a pas beaucoup d'encadrants à sa disposition

On veillera à évaluer la pertinence des solutions qui doivent évidemment respecter en premier lieu le code du sport. Une erreur sur ce point devra être considérée comme rédhitoire. Il convient également de respecter le « bon sens technique » : ex peut-on envoyer en autonomie des N2 inconnus ?

Par ailleurs, il convient de proposer à chaque plongeur un programme qui correspond à ses souhaits et présente pour lui un intérêt soit technique, soit pédagogique. Il convient également de sauvegarder la sécurité des encadrants.

- c) **Quels sont les éléments que vous prenez en compte pour organiser votre sortie Justifiez succinctement vos choix. (2 Pts)**
- d) **Décrivez votre organisation (3 Pts)**

**Théorie de l'activité.** Durée : 1h30 coefficient 3

**Sujet 1 - Gestion du parc matériel**

1/ Vous faites le point des matériels pour lesquels on vous a signalé des dysfonctionnements. Etablissez pour chaque situation un diagnostic en précisant les causes possibles de la panne. (3 points)

- ✓ détendeur 1 le détendeur est dur à l'inspiration
- ✓ détendeur 2 le plongeur se plaint de boire de l'eau quand il descend dans le bleu
- ✓ détendeur 3 des bulles sortent légèrement par les ouvertures du premier étage.
- ✓ détendeur 4 une fuite d'air apparaît immédiatement par l'embout à l'ouverture de la bouteille
- ✓ inflateur gilet l'inflateur gonfle en permanence après une première injection d'air
- ✓ gilet le gilet ne tient pas le gonflage dans la durée

2/ Vous décidez de sensibiliser les plongeurs de votre club aux principes d'entretien préventif des matériels collectifs. Quels sont les points sur lesquels vous souhaitez attirer leur attention. (1 point)

3/ Un stagiaire pédagogique vous sollicite pour une explication du phénomène de givrage des détendeurs en eau froide. Détaillez les différents éléments qui entrent en jeu et décrivez le phénomène. Vous préciserez les dispositifs de prévention et la conduite à tenir pour limiter les risques de givrage en plongée. (3 points)

**Sujet 2 - Stage Niveau 4**

Votre comité départemental organise un stage de préparation au niveau 4 en mer durant dix jours pour 10 plongeurs qui se présenteront à l'examen à l'issue du stage de 10 jours. Des cours théoriques ont été réalisés durant la période hivernale, toutefois les stagiaires ne se sont pas présentés à un examen de théorie anticipée.

Vous êtes chargé de conduire la préparation des stagiaires N4 et vous profitez de ce stage pour mettre en situation 2 stagiaires pédagogiques MF1 en fin de formation que vous suivez depuis la fin de leur stage initial. L'équipe d'encadrement qui vous accompagne est composée de 4 autres moniteurs, 3 MF1 et 1 MF2.

1/ Etablissez les grandes lignes d'un planning du stage de préparation à l'examen du niveau 4 en précisant et justifiant les choix d'organisation que vous retenez. (3 points)

2/ Définissez les compétences que vous souhaitez développer chez vos stagiaires MF1 et établissez ensuite le programme de travail que vous leur proposez en relation avec le planning des stagiaires N4. (3 points)

**Sujet 3 - Gonflage et plongée NITROX**

Dans votre club en bord de mer, durant la période d'été, on fait en moyenne 40 plongées par demi-journée.

Vous avez estimé que votre équipement utile se compose de 10 bouteilles de 15 litres, 25 bouteilles de 12 litres et 4 bouteilles de 6 litres pour les enfants. Après chaque plongée, les 15 litres reviennent en moyenne avec 70 bars d'air, les 12 litres avec 50 bars, les 6 litres avec 80 bars. Toutes les pressions indiquées sont lues au manomètre.

Vous disposez d'un compresseur qui débite 28 m<sup>3</sup> / heure.

1/ Les bouteilles étant gonflées à 200 bars, calculez le temps de gonflage en fin de demi-journée sans utilisation de tampons. (1 point)

A la suite d'une panne de compresseur, vous souhaitez gonfler à 200 bars en une seule opération, 2 bouteilles de 15 litres dans lesquelles il reste respectivement 60 et 40 bars ainsi que 2 bouteilles de 12 litres dans lesquelles il reste 50 et 75 bars. Vous utilisez uniquement une réserve d'air contenue dans 5 tampons de 50 litres gonflés à 230 bars.

2/ Pouvez-vous gonfler vos bouteilles comme vous le souhaitiez ? Quelle sera la pression résiduelle dans les tampons à l'équilibre ? (1 point)

Pour plonger au NITROX, vous disposez d'une B50 d'oxygène. La bouteille de 50 litres est à 180 bars. Vous souhaitez utiliser un NITROX 40. Vous souhaitez gonfler à 200 bars avec ce mélange une bouteille de 15 litres dans laquelle il reste 70 bars d'un NITROX 32.

On convient que la composition de l'air est simplifiée à 20% oxygène et 80% d'azote, et que les calculs seront effectués en Pression relative (bien suffisante compte tenu des approximations diverses)

3/ Donnez la pression résiduelle dans la B50 d'oxygène et expliquez précisément votre procédure dans ses aspects techniques et réglementaires. (3 points)

Cette plongée NITROX se déroule dans un lac d'altitude situé à 2000m. La lecture de l'analyseur avant l'immersion donne 39% d'oxygène dans le mélange.

4/ Calculez la profondeur maximale autorisée par ce mélange suroxygéné lorsqu'on utilise une pression partielle maximale d'oxygène de 1,4 bar. (1 point)

A cette profondeur maximale, quelle est la profondeur équivalente table air au niveau de la mer? (1 point)

## **Théorie de l'activité - Référentiel de correction-NIOLON Septembre 2013**

### **Sujet 1 - Gestion du parc matériel (7 points)**

*1/ Vous faites le point des matériels pour lesquels on vous a signalé des dysfonctionnements. Etablissez pour chaque situation un diagnostic en précisant les causes possibles de la panne. (3 points)*

- ✓ détendeur 1 le détendeur est dur à l'inspiration
- ✓ détendeur 2 le plongeur se plaint de boire de l'eau quand il descend dans le bleu
- ✓ détendeur 3 des bulles sortent légèrement par les ouvertures du premier étage.
- ✓ détendeur 4 une fuite d'air apparaît immédiatement par l'embout à l'ouverture de la bouteille
- ✓ inflateur gilet l'inflateur gonfle en permanence après une première injection d'air
- ✓ gilet le gilet ne tient pas le gonflage dans la durée

Diagnostic des pannes courantes (0,5 point par cas)

- ✓ détendeur 1 : le détendeur est dur à l'inspiration  
robinet de conservation mal ouvert, filtre du 1<sup>er</sup> étage encrassé, 1<sup>er</sup> étage dérégulé, moyenne pression faible, 2<sup>ème</sup> étage dérégulé
- ✓ détendeur 2 : le plongeur se plaint de boire de l'eau quand il descend dans le bleu  
soupape d'expiration détériorée, corps étranger, membrane du 2<sup>ème</sup> étage détériorée
- ✓ détendeur 3 : des bulles sortent légèrement par les ouvertures du premier étage  
membrane du 1<sup>er</sup> étage détériorée, joint du piston détérioré
- ✓ détendeur 4 : une fuite d'air apparaît immédiatement par l'embout à l'ouverture de la bouteille  
blocage de la fourchette du 2<sup>ème</sup> étage, détérioration du siège/clapet du deuxième étage
- ✓ inflateur gilet : l'inflateur gonfle en permanence après une première injection d'air  
détérioration du système de ressort, encrassement du clapet
- ✓ gilet : le gilet ne tient pas le gonflage dans la durée  
détérioration d'une membrane de soupape, détérioration du tuyau annelé, percement du gilet, détérioration du joint de la purge lente

*2/ Vous décidez de sensibiliser les plongeurs de votre club aux principes d'entretien préventif des matériels collectifs. Quels sont les points sur lesquels vous souhaitez attirer leur attention. (1 point)*

Entretien préventif des matériels collectifs (1 point)

Rinçage à l'eau douce, séchage à l'abri du soleil, éviter les sources de chaleur et les chocs. Changer le filtre HP du 1<sup>er</sup> étage du détendeur régulièrement.

Maintenance spécialisée

*3/ Un stagiaire pédagogique vous sollicite pour une explication du phénomène de givrage des détendeurs en eau froide. Détaillez les différents éléments qui entrent en jeu et décrivez le phénomène. Vous préciserez les dispositifs de prévention et la conduite à tenir pour limiter les risques de givrage en plongée. (3 points)*

Phénomène de givrage (3 points)

Le phénomène est lié à l'abaissement de la température lors de la détente de l'air. La production de froid, en plus de l'abaissement de la température due au milieu extérieur, est proportionnelle au rapport de détente et au débit d'air. Le 1<sup>er</sup> étage est le lieu privilégié du givrage, autour du siège/clapet, au niveau de la membrane ou autour du joint torique du piston. Le givrage d'un élément positionne le détendeur en débit continu qui entretient le givrage. La vapeur d'eau de l'air de la bouteille ou l'air expiré dans le 2<sup>ème</sup> étage peuvent, sous l'action du froid, former des cristaux qui bloquent les mécanismes.

Prévention

Privilégier les détendeurs équipés de systèmes antigivre. Privilégier les détendeurs dont la conception favorise les échanges thermiques et permet le réchauffement des pièces froides. N'utiliser qu'une seule fonction à la fois (injecter l'air dans le gilet lors de la phase d'expiration et non pas simultanément à l'inspiration). Monter de préférence son DS sur son détendeur principal que l'on gardera en bouche car on contrôle plus facilement le moment de l'expiration pour injecter l'air dans le gilet. Si le DS est sur le 1<sup>er</sup> étage alimentant l'octopus il vous faudra si vous donnez l'octopus à un autre plongeur surveiller soigneusement le moment où il expire pour injecter l'air dans le gilet.

Etre attentif à limiter les débits continus, ne pas gonfler son gilet en inspirant, ventiler calmement, limiter les efforts sous l'eau, limiter la profondeur.

## Sujet 2 – Stage Niveau 4 (6 points)

Votre comité départemental organise un stage de préparation au niveau 4 en mer durant dix jours pour 10 plongeurs qui se présenteront à l'examen à l'issue du stage de 10 jours. Des cours théoriques ont été réalisés durant la période hivernale, toutefois les stagiaires ne se sont pas présentés à un examen de théorie anticipée.

Vous êtes chargé de conduire la préparation des stagiaires N4 et vous profitez de ce stage pour mettre en situation 2 stagiaires pédagogiques MF1 en fin de formation que vous suivez depuis la fin de leur stage initial. L'équipe d'encadrement qui vous accompagne est composée de 4 autres moniteurs, 3 MF1 et 1 MF2.

1/ Etablissez les grandes lignes d'un planning du stage de préparation à l'examen du niveau 4 en précisant et justifiant les choix d'organisation que vous retenez. (3 points)

Planning de préparation à l'examen du N4 (3 points)

Le planning proposé devra prévoir :

- l'entraînement à l'ensemble des épreuves de l'examen N4
- des temps pour des révisions des connaissances théoriques
- une répartition et une progression des efforts physiques
- une répartition adaptée des plongées techniques.

Le planning devra également respecter les préconisations fédérales et les règles élémentaires de prévention des accidents (décompression, apnée, efforts physiques).

Nota : Prévoir les épreuves nécessitant un effort physique et ou des apnées avant les plongées bouteilles ou avec un intervalle suffisant pour prévenir un accident de décompression.

2/ Définissez les compétences que vous souhaitez développer chez vos stagiaires MF1 et établissez ensuite le programme de travail que vous leur proposez en relation avec le planning des stagiaires N4. (3 points)

Compétences développées chez les stagiaires MF1 (1,5 point)

Les compétences doivent prendre en compte le positionnement des stagiaires dans le cursus de formation (fin de formation).

A titre d'exemple, on pourra retenir :

- enseigner un geste technique
- organiser un atelier sécurisé en mer
- proposer des actions de remédiation techniques
- évaluer une performance physique
- évaluer une prestation technique
- réaliser un cours théorique de synthèse
- enseigner le matelotage en situation
- fonction de DP

Programme de travail pour les stagiaires MF1 (1,5 point)

Le programme proposé devra être cohérent avec les compétences énoncées et les activités prévues dans le planning des stagiaires N4. Le réalisme et la mise en œuvre de la sécurité devront être manifestes.

### Sujet 3 – Gonflage et plongée nitrox (7 points)

Dans votre club en bord de mer, durant la période d'été, on fait en moyenne 40 plongées par demi-journée. Vous avez estimé que votre équipement utile se compose de 10 bouteilles de 15 litres, 25 bouteilles de 12 litres et 4 bouteilles de 6 litres pour les enfants. Après chaque plongée, les 15 litres reviennent en moyenne avec 70 bars d'air, les 12 litres avec 50 bars, les 6 litres avec 80 bars. Toutes les pressions indiquées sont lues au manomètre. Vous disposez d'un compresseur qui débite  $28 \text{ m}^3 / \text{heure}$ .  
1/ Les bouteilles étant gonflées à 200 bars, calculez le temps de gonflage en fin de demi-journée sans utilisation de tampons. (1 point).

Temps de gonflage sans utilisation des tampons. (1 point)

Quantité d'air nécessaire : 67 380 l

Durée de gonflage :  $67,38 / 28 = 2,40 \text{ h}$  soit **2h24 min**

A la suite d'une panne de compresseur, vous souhaitez gonfler à 200 bars en une seule opération, 2 bouteilles de 15 litres dans lesquelles il reste respectivement 60 et 40 bars ainsi que 2 bouteilles de 12 litres dans lesquelles il reste 50 et 75 bars. Vous utilisez uniquement une réserve d'air contenue dans 5 tampons de 50 litres gonflés à 230 bars.

2/ Pouvez-vous gonfler vos bouteilles comme vous le souhaitiez ? Quelle sera la pression résiduelle dans les tampons à l'équilibre ? (1 point).

Pression résiduelle dans les tampons ? (1 point)

Quantité d'air disponible :  $57\,500 + 3\,000 = 60\,500 \text{ L}$

Volume en eau :  $250 + 54 = 304 \text{ L}$

Pression résiduelle à l'équilibre : **199 bars**

On ne peut pas gonfler à 200 b en une seule opération, car en équilibrant tout on a 199 b

Pour plonger au NITROX, vous disposez d'une B50 d'oxygène. La bouteille de 50 litres est à 180 bars. Vous souhaitez utiliser un NITROX 40. Vous souhaitez gonfler à 200 bars avec ce mélange une bouteille de 15 litres dans laquelle il reste 70 bars d'un NITROX 32.

On convient que la composition de l'air est simplifiée à 20% oxygène et 80% d'azote, et que les calculs seront effectués en pression relative (bien suffisante compte tenu des approximations diverses)

3/ Donnez la pression résiduelle dans la B50 d'oxygène et expliquez précisément votre procédure dans ses aspects techniques et réglementaires. (3 points).

Pression résiduelle dans la B50 d'oxygène. (1 point)

Pressions partielles dans le 15 L gonflé au N32

O<sub>2</sub>  $70 \times 0,32 = 22,4 \text{ bars}$

N<sub>2</sub>  $70 \times 0,68 = 47,6 \text{ bars}$

Pressions partielles attendues N40

O<sub>2</sub>  $200 \times 0,40 = 80 \text{ bars}$

N<sub>2</sub>  $200 \times 0,60 = 120 \text{ bars}$

PP d'azote à ajouter

$120 - 47,6 = 72,4 \text{ bars}$

Pression d'air à ajouter

$72,4 \times 100 / 80 = 90,5 \text{ bar}$

Ajout d'oxygène lors du gonflage à l'air

$90,5 \times 0,20 = 18,1 \text{ bar}$

Ajout d'oxygène par transfert

$80 - 22,4 - 18,1 = 39,5 \text{ bars}$

Volume initial O<sub>2</sub> dans B50

$180 \times 50 = 9000 \text{ litres}$

Volume O<sub>2</sub> transféré dans le bloc de 15 litres

$39,5 \times 15 = 592,5$

Volume restant dans B50 après transfert

$9000 - 592,5 = 8407,5$

Pression résiduelle B50

$8407,5 / 50 = 168,15 \text{ bar}$

Procédure de gonflage.

Transfert d'oxygène (5 bars / minute maxi) depuis la B50 jusqu'à 168,15 bars lu sur le mano de la B50 puis gonflage au compresseur avec surfiltration pour ajout d'air jusqu'à 200 bars. Analyse du mélange et renseignement du registre et de l'étiquette de la bouteille.

Cette plongée NITROX se déroule dans un lac d'altitude situé à 2000m. La lecture de l'analyseur avant l'immersion donne 39% d'oxygène dans le mélange.

4/ Calculez la profondeur maximale autorisée par ce mélange suroxygéné lorsqu'on utilise une pression partielle maximale d'oxygène de 1,4 bar. (1 point)

A cette profondeur maximale, quelle est la profondeur équivalente table air au niveau de la mer? (1 point)

Profondeur maximale en altitude. (1 point)

Pression absolue maxi autorisée par le mélange

Pabs =  $1,4 / 0,39 = 3,59 \text{ bars}$

Pression relative autorisée :  $3,59 - 0,8 = 2,79$  bar soit une profondeur réelle de 27,9m en lac

Quelle est la profondeur équivalente table air au niveau de la mer? (1 point)

Correspondance altitude -> mer : Profondeur equiv mer =  $27,9 * 1/0,8 = 34,67$  m soit 4,467 b Pabs

Correspondance nitrox -> mer : Prof equiv table mer :  $4,467 \text{ b} * 0,61/0,8 = 3,4$  b soit 24 m



**Epreuve d'aspects théoriques de l'activité Durée 1h 30 Coefficient x 3**

**Question 1 : Lois physiques (7 points)**

Aujourd'hui le record du monde d'apnée en « no limit » est détenu par l'autrichien Herbert Nitsch depuis le 14 juin 2007 avec -214 m réalisé sur l'île de Spetses en Grèce, et par la française Audrey Mestre depuis le 4 octobre 2002, avec -166 m réalisé au large de la plage de Bayahibe en République Dominicaine.

Dans le passé, on pensait qu'au-delà de 30 mètres, les poumons de l'apnéiste imploseraient. En fait, entre 30 et 40 mètres, les poumons atteignent un volume de 1,5 litre (Le volume résiduel ( $V_r$ )) contre 6 ou 7 litres en surface. Or, la cage thoracique ne peut pas se comprimer de façon illimitée. Il en résulte une dépression relative à l'intérieur de la cage thoracique. Cette dépression tend à être comblée par l'afflux de sang provenant des organes périphériques. Ce phénomène appelé bloodshift (ou érection pulmonaire) permet d'augmenter la résistance de la cage thoracique à la pression extérieure et évite les déchirements des muscles ou des tissus. Le risque majeur de la progression en profondeur lié à ces conditions physiologiques particulières est l'œdème aigu du poumon (OAP).

On considèrera, pour cet exercice qu'il n'y a pas de changement de température, ni de variation dans la quantité de matière, que la pression atmosphérique est de 1bar et que la densité de l'eau de Méditerranée est de 1.027.

Avant d'effectuer son apnée, notre plongeur inspire profondément. La quantité d'air contenue dans ses poumons occupe un volume de 7 litres.

- 1 - Après avoir rappelé les différents volumes pulmonaires, répondez aux questions suivantes : (1pt)
- 2 - Sous quelle pression  $P_1$  la quantité d'air contenu dans les poumons sera-t-elle réduite au volume résiduel ( $V_r$ ) ? (2pts : 1pt pour la formule, 1pt pour le résultat)
- 3 - A quelle profondeur  $Y_1$  cet apnéiste est-il soumis à la pression  $P_1$  ? (2pts : 1pt pour la formule, 1pt pour le résultat. Tenir compte du résultat de pression  $P_1$  de la question 2 pour le calcul)
- 4 - Quel volume occuperait l'air contenu dans les poumons à la profondeur record détenu par Herbert Nitsch ? (2pts : 0,5pts pour la formule du calcul de la pression à 214m, 0,5pts pour le résultat de la pression, 0,5 pts pour la formule Boyle Mariotte, 0,5 pts pour le résultat)

## Question 2 : "Activité de Directeur de Plongée" (7 points)

Dans le cadre d'un examen M.F. 1°, vous organisez une sortie bateau pour 8 candidats, destinée à valider l'épreuve de pédagogie pratique.

Un candidat (N°1) a « tiré » un sujet nécessitant un fond de 40 m.

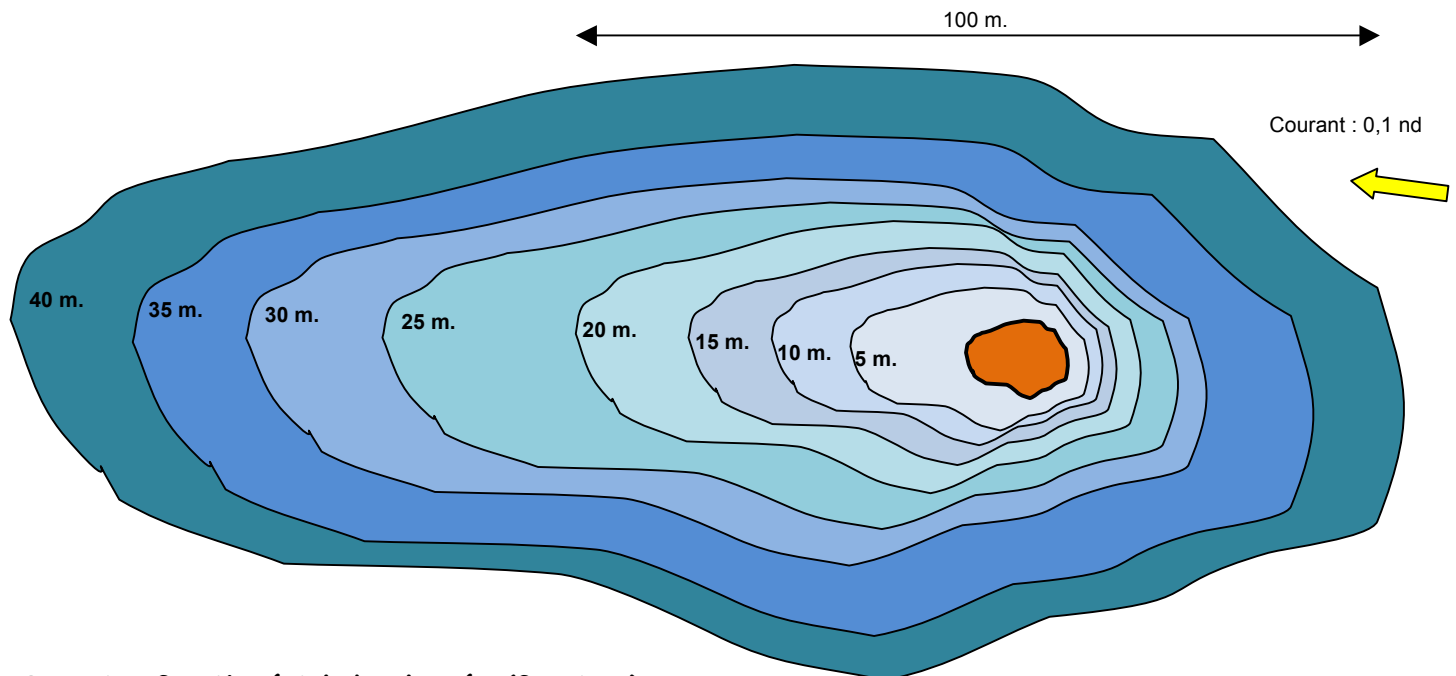
Trois d'entre eux (N°2, 3 et 4) ont « tiré » un sujet nécessitant un fond de 20 m maximum

Quatre d'entre eux (N° 5, 6, 7 et 8) ont « tiré » un sujet nécessitant un fond de 5 m maximum.

Vous disposez d'un bateau pour 25 plongeurs (plus une annexe rapide pour 6 plongeurs) et d'un pilote (non moniteur). Vous êtes le seul à bien connaître le lieu de la plongée (avec le pilote).

Choisissez le lieu de votre mouillage à partir du lieu proposé ci-dessous. Justifiez votre réponse.

Vous êtes 8 moniteurs M.F. 2° à bord (avec vous et l'IN responsable de l'examen). A titre d'exercice, l'I.N vous propose de lui soumettre un plan d'organisation des palanquées et de lui décrire les consignes que vous donneriez aux différents jurys.



## Question 3 : Matériel de plongée (3 points)

Les différentes réglementations applicables en plongée catégorisent les détendeurs de plongée et les masques de plongée dans les équipements de protection individuelle.

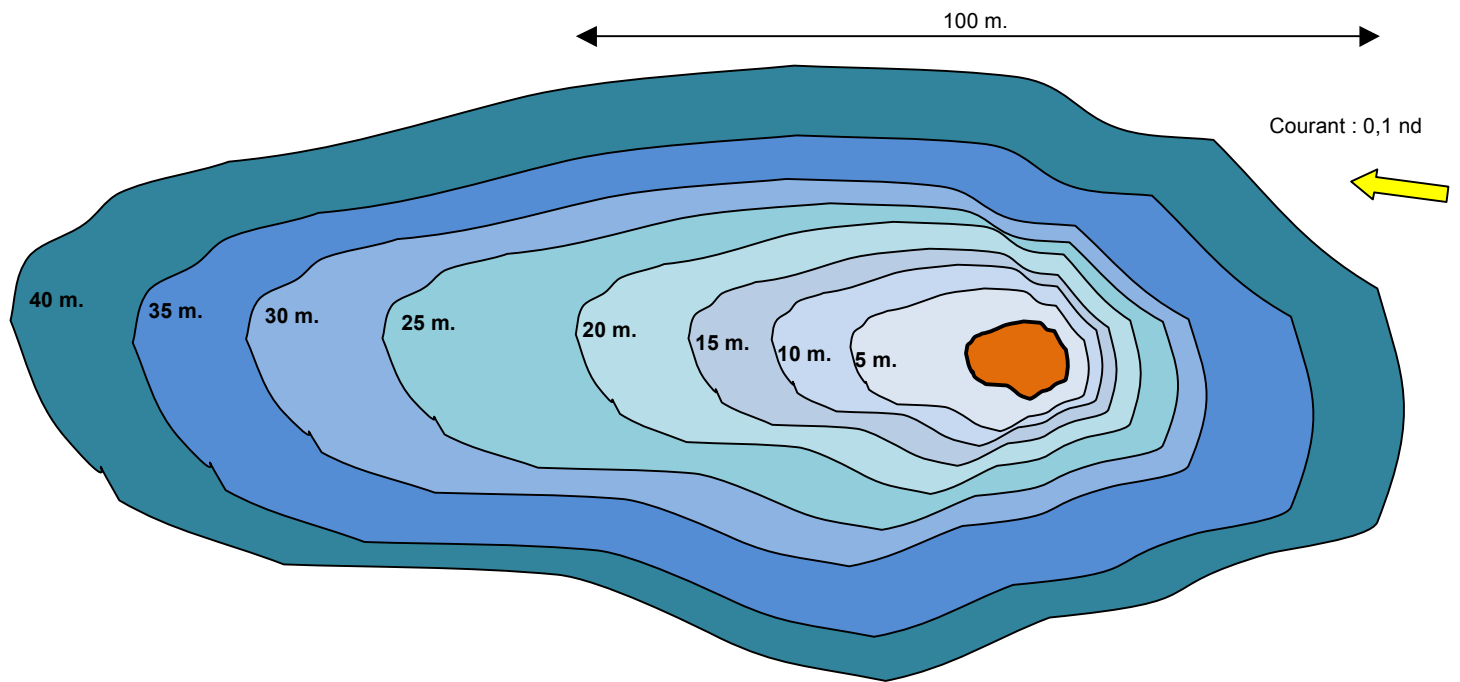
En vous appuyant sur l'objectif que l'on assigne à un équipement de protection individuel et sur la réglementation s'appliquant aux établissements d'activités physiques et sportives (code du sport) pour ces matériels :

- développez et argumentez les modalités d'entretien que vous mettriez en place (pour ces matériels) au sein de votre club, en votre qualité de responsable technique.

## Question 4 : Connaissance sur l'optique en milieu marin (3 points)

Après avoir décrit les 4 phénomènes que la lumière subit dans l'eau, vous déterminerez pour deux d'entre eux des liens et/ou des conséquences pour un comportement adapté en plongée.

Question 2 : "Activité de Directeur de Plongée" (7 points)



### Question 1 : (7 points)

Aujourd'hui le record du monde d'apnée en « no limit » est détenu par l'autrichien Herbert Nitsch depuis le 14 juin 2007 avec -214 m réalisé sur l'île de Spetses en Grèce, et par la française Audrey Mestre depuis le 4 octobre 2002 avec -166 m réalisé au large de la plage de Bayahibe en République Dominicaine.

Dans le passé, on pensait qu'au-delà de 30 mètres, les poumons de l'apnéiste imploreraient. En fait, entre 30 et 40 mètres, les poumons atteignent un volume de 1,5 litre (le volume résiduel ( $V_r$ )) contre 6 ou 7 litres en surface. Or, la cage thoracique ne peut pas se comprimer de façon illimitée. Il en résulte une dépression relative à l'intérieur de la cage thoracique. Cette dépression tend à être comblée par l'afflux de sang provenant des organes périphériques. Ce phénomène appelé bloodshift (ou érection pulmonaire) permet d'augmenter la résistance de la cage thoracique à la pression extérieure et évite les déchirements des muscles ou des tissus. Le risque majeur de la progression en profondeur lié à ces conditions physiologiques particulières est l'œdème aigu du poumon (OAP).

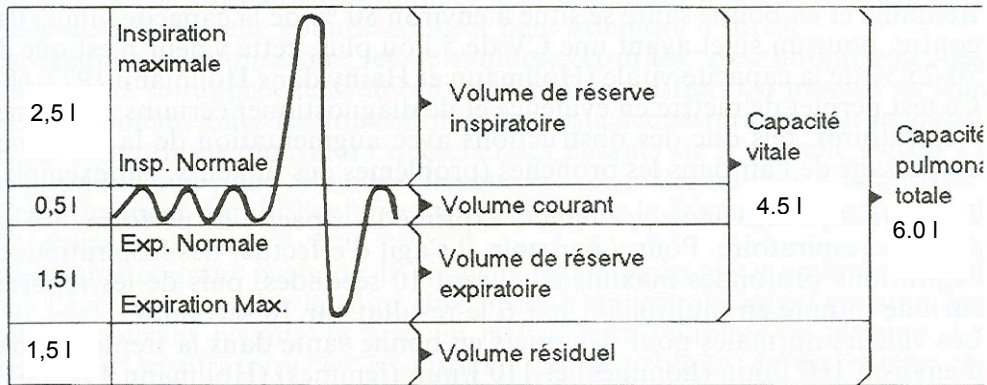
On considèrera, pour cet exercice qu'il n'y a pas de changement de température, ni de variation dans la quantité de matière, que la pression atmosphérique est de 1bar et que la masse volumique de l'eau de Méditerranée de 1.027

Avant d'effectuer son apnée, notre plongeur inspire profondément. La quantité d'air contenue dans ses poumons occupe un volume de 7 litres.

- 1 - Après avoir rappelé les différents volumes pulmonaires, répondez aux questions suivantes :
- 2 - Sous quelle pression  $P_1$  la quantité d'air contenu dans les poumons sera-t-elle réduite au volume résiduel ( $V_r$ ) ?
- 3 - A quelle profondeur  $Y_1$  cet apnéiste est-il soumis à la pression  $P_1$  ? *Tenir compte du résultat de pression  $P_1$  de la question 2 pour le calcul*
- 4 - Quel volume occuperait l'air contenu dans les poumons à la profondeur record détenu par Herbert Nitsch ?

### La correction :

1 - Schéma des différents volumes pulmonaires (2 pt : 1 pt pour les volumes et 1 pt pour les capacités)



Remarque aux correcteurs : les valeurs annoncées par les candidats peuvent être légèrement différentes. Le correcteur s'attachera à vérifier qu'elles sont comprises dans une fourchette correcte

## 2 - La pression $P_1$ :

Rappel de la loi Boyle Mariotte  $P.V = Cste$

Donc :  $P_1 V_1 = P_2 V_2 \Leftrightarrow P_{atm} \cdot V_t = P_2 \cdot V_r = cste$  (0.5 pt pour la formule)

$$P_2 = \frac{V_t}{V_r} \cdot P_{atm}$$

$$P_2 = 7/1,5 \times 1 = \underline{4.66 \text{ bar}} \text{ (0.5 pt pour le résultat)}$$

## 3 - La profondeur $Y_1$ :

$$P_{rel} = \frac{P_{abs} - P_{atm}}{\rho_{liq}} \quad (0.5 \text{ pt pour la formule})$$

$$P_{rel} = \frac{4.66 - 1}{1.027}$$

$$P_{rel} = \underline{3.564} \text{ soit } \underline{35,64 \text{ m}} \text{ (0.5 pt pour le résultat)}$$

## 4 - Le volume occupé par la quantité d'air à -214 mètres pour une eau de densité 1.027:

Valeur de la pression absolue :

$$P_{abs} = P_{atm} + (P_{rel} \times \rho_{liq}) \text{ (0,5pt pour la formule)}$$

$$P_{abs} = 1 + (21.4 \times 1.027)$$

$$P_{abs} = \underline{22.98 \text{ b}} \text{ (1 pt pour le résultat)}$$

En surface on retrouve :  $P_{atm} = 1 \text{ b}$  et  $V_t = 7,0 \text{ L}$

A -214 mètres on retrouve :  $P_2 = 22.98$  et  $V_2 = ? \text{ L}$

La loi de Boyle-Mariotte permet d'écrire :

$$P_{atm} \cdot V_t = P_2 \cdot V_2 = cste \text{ (0,5 pt pour la formule)}$$

$$V_2 = \frac{P_{atm}}{P_2} \cdot V_t$$

$$V_2 = \frac{1,0}{22,98} \times 7$$

$$\underline{V_2 = 0,305 \text{ L}} \text{ (1 pt pour le résultat)}$$

## Question 2 : "Activité de Directeur de Plongée" (7 points)

Dans le cadre d'un examen M.F. 1°, vous organisez une sortie bateau pour 8 candidats, destinée à valider l'épreuve de pédagogie pratique.

Un candidat (N° 1) a « tiré » un sujet nécessitant un fond de 40 m.

Trois d'entre eux (N° 2, 3 et 4) ont « tiré » un sujet nécessitant un fond de 20 m maximum.

Quatre d'entre eux (N° 5, 6, 7 et 8) ont « tiré » un sujet nécessitant un fond de 5 m maximum.

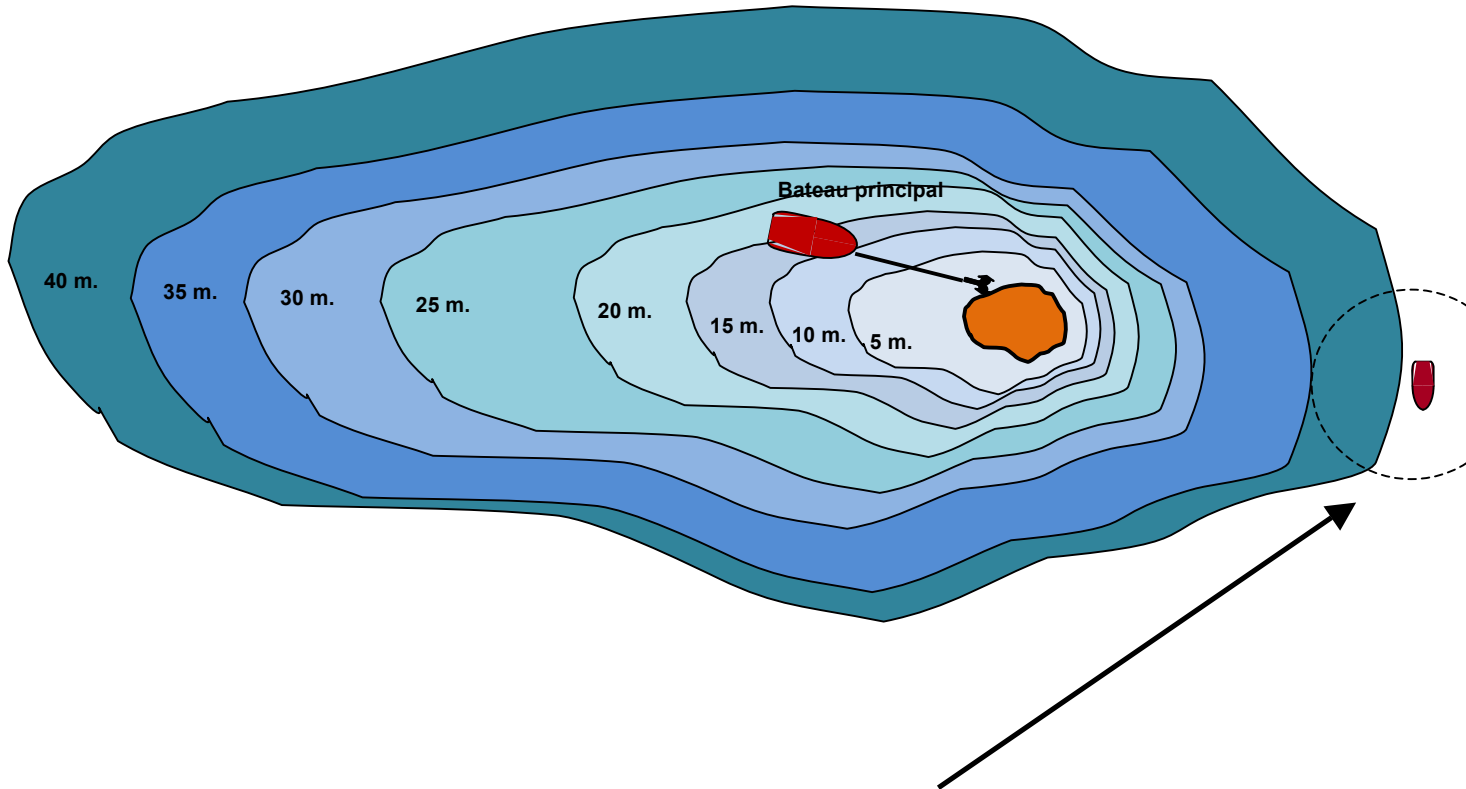
Vous disposez d'un bateau pour 25 plongeurs (plus une annexe rapide pour 6 plongeurs) et d'un pilote (non moniteur). Vous êtes le seul à bien connaître le lieu de la plongée (avec le pilote).

Choisissez le lieu de votre mouillage à partir du lieu proposé ci-dessous. Justifiez votre réponse.

Vous êtes 8 moniteurs M.F. 2° à bord (avec vous et l'IN responsable de l'examen). A titre d'exercice, l'IN vous propose de lui soumettre un plan d'organisation des palanquées et de lui décrire les consignes que vous donneriez aux différents jurys.

**La correction :**

Choix du mouillage du bateau principal :



Zone de largage pour le candidat à 40 m.  
Sécu surface à partir de l'annexe.

Le candidat devra situer son mouillage de telle sorte que le bateau principal soit à l'abri de l'ilot (courant) et qu'il y est la zone de travail des 5 m à l'ancre et sous le bateau la zone des 20 m. (1 pt)

Un candidat (N° 1) a « tiré » un sujet nécessitant un fond de 40 m

Trois d'entre eux (N° 2, 3 et 4) ont « tiré » un sujet nécessitant un fond de 20 m maximum

Quatre d'entre eux (N° 5, 6, 7 et 8) ont « tiré » un sujet nécessitant un fond de 5 m maximum

Exemple de planning :

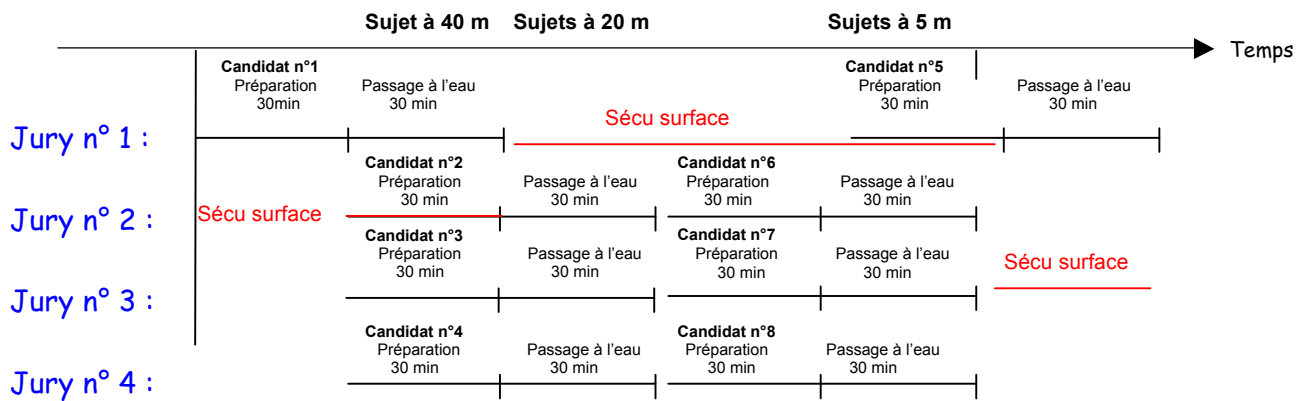
8 moniteurs = 4 jurys.

Jury 1 : candidat 1 et 5, Jury 2 : candidat 2 et 6,

Jury 3 : candidat 3 et 7, Jury 4 : candidat 4 et 8

Nota: Le candidat n° 1 prépare sur le bateau principal.





Remarque au correcteurs : d'autres types d'organisation sont possibles, on veillera à ce que :

- que la répartition des candidats et des jurys soient équilibrés (1.5 pt)
- que les jurys et les candidats ne fassent pas de « profil inversés » (1.5 pt)
- qu'un jury au moins soit toujours en surface pour assurer la sécurité (1.5 pt)

Consignes à donner aux différents jurys :

Topographies de la zone de plongée, tenir compte de l'influence du courant, les consignes à respecter en cas de dérive de la palanquée. (0.5 pt)

Pour le Jury N° 1 avec le candidat N° 1, le suivi surface des bulles de la palanquée, si descente dans le bleu, anticiper le courant (0,1 nœud = 0,05 m/s.). (1 pt)

### Question 3 : Matériel de plongée (3 points)

Les différentes réglementations applicables en plongée catégorisent les détendeurs de plongée et les masques de plongée dans les équipements de protection individuelle.

En vous appuyant sur l'objectif que l'on assigne à un équipement de protection individuel et sur la réglementation s'appliquant aux établissements d'activités physiques et sportives (code du sport) pour ces matériels :

- développez et argumentez les modalités d'entretien que vous mettriez en place (pour ces matériels) au sein de votre club en votre qualité de responsable technique.

### La correction :

Les équipements de protection individuelle, pour la plongée subaquatique, ont vocation à assurer une protection adéquate contre les risques encourus. Ils doivent être compatibles entre eux. Le code du sport désigne le masque de plongée comme un article de protection des yeux et détermine dans son article A322-81 l'obligation de procéder à la désinfection des détendeurs « les tubas et les

détendeurs mis à disposition des plongeurs par les établissements sont désinfectés avant chaque plongée en cas de changement s'utilisateurs ». **1 point**

Les modalités d'entretien proposées : 2 points

- dans un premier temps, nécessité de se conformer aux instructions de stockage, d'emploi, de nettoyage, d'entretien, de révision et de désinfection préconisée par le fabricant. Au minimum, les produits de nettoyage, d'entretien ou de désinfection préconisés par le fabricant n'ont dans le cadre de leur mode d'emploi aucun effet nocif sur les matériels définis en qualité d'EPI, ni sur les utilisateurs ;
- sur un plan strictement opérationnel :
  - o la validation du bon état des masques peut-être assurée par une « inspection visuelle » et une assurance de la cohésion de ses différentes parties (étanchéité entre la vitre et la jupe de silicone...) ;
  - o pour les détendeurs, il y a nécessité d'une vérification régulière (se conformer aux préconisations du fabricant et au minimum une fois par an) :
    - changement du kit joint
    - élaboration d'un PV de vérification ;
      - cette opération de maintenance doit être effectuée par un revendeur agréé ou par un technicien du club ayant été agréée par le fabricant des détendeurs concernés ;

**Question 4 : Connaissance sur l'optique en milieu marin (3 points)**

Après avoir décrit les 4 phénomènes que la lumière subit dans l'eau, vous déterminerez pour deux d'entre eux des liens et/ou des conséquences pour un comportement adapté en plongée.

La correction :

1. La lumière dans l'eau subit un phénomène de diffusion (exemple : si l'eau est pleine de particules, la lumière se réfléchit sur toutes ces particules) **(0,5 pt)**;

Comportement adapté : plonger en eaux claires, calme. Ne pas remuer le fond.

2. L'absorption : il s'agit d'une perte progressive de lumière due au milieu. La lumière est absorbée et transformée en chaleur. L'absorption est inégale, les grandes longueurs d'onde disparaissent en premier (infrarouges, rouges, oranges, jaunes, verts, bleus, indigos, violets, UV) **(0,5 pt)**;

Comportement adapté : Utiliser une lampe et un éclairage additionnel pour les photographes

3. La réfraction : chaque milieu a son propre indice de réfraction. L'indice de l'eau est de 1,33 soit  $\frac{4}{3}$ . Chaque rayon lumineux lorsqu'il frappe l'eau subit 2 phénomènes **(0,5 pt)** :

- a. Une partie du rayon est réfléchié ;
- b. Une partie du rayon est réfractée ;

Comportement adapté : plonger vers midi : lorsque le soleil est au Zénith, les rayons du soleil frappent perpendiculairement la surface et ne sont pas diffractés → la luminosité est plus grande.

4. La réflexion : toute la lumière ne traverse pas la surface de l'eau. Une partie est réfléchie (0,5 pt);

Lorsque l'on passe d'un milieu à un autre, on constate une déviation du rayon lumineux en fonction de l'indice de réfraction. En plongée l'image se forme en arrière de la rétine, la vision est floue. Le masque (dioptré plan) permet de rétablir une vision nette mais modifiée, le rayon changeant d'indice de réfraction :

- L'image est grossie, taille imaginaire = taille réelle  $\times \frac{4}{3}$  (0,5pt)
- L'image est rapprochée, distance apparente = distance réelle  $\times \frac{3}{4}$  (0,5pt)



**Monitorat fédéral 2<sup>ème</sup> degré  
NIOLON MAI 2013**

## **Aspects théoriques de l'activité : Durée 1h30, Coefficient 3**

### **Question 1 (8 points) : Organisation d'un examen Niveau 4**

Vous êtes chargé d'organiser l'examen N4 (parties théorique et pratique) de votre département dans une S.C.A. de votre région en vous basant sur le manuel de formation technique (le règlement et la charte des examens). Vous êtes responsable de l'élaboration du planning, et vous souhaitez intégrer des E3 dans le jury qui devra être minimal et réaliste pour des raisons budgétaires. La SCA vous propose son bateau 30 plongeurs avec sécurité surface tous les matins de 8h à 10 heures et l'après midi de 15h à 17h. Vous avez également l'autorisation de la capitainerie pour effectuer les natations dans l'avant-port en balisant le parcours. Par ailleurs, deux stagiaires MF1 seront intégrés dans cet examen pour valider leur UC

Durée 2,5 jours (vendredi PM au dimanche PM) - 8 candidats

- a) **Donnez la composition optimale du jury.**
- b) **Etablissez le programme de cette session, sous la forme d'un tableau à afficher.**
- c) **Citez les règles de sécurité qui vous guident dans la construction de ce programme.**
- d) **Comment intégrez-vous les 2 stagiaires MF1 dans votre organisation : justifiez vos choix pédagogiques.**

### **Question 2 (7 points) : Gonflage**

Au sein de votre structure, vous êtes chargé d'optimiser la gestion du gonflage pour deux plongées par jour. Vous disposez d'un compresseur débitant  $16\text{m}^3/\text{h}$ . Vous envisagez d'équiper votre station de gonflage en installant des bouteilles tampons de 50 litres d'une pression de service de 250 bars.

Vos huit stagiaires sortent de la plongée avec 4 blocs à 30 bars, 1 avec une pression résiduelle de 60 bars et 3 avec 100 bars.

- a) **Combien de temps faut-il pour gonfler, uniquement au compresseur, les 8 blocs de 12 L à 200 bars ?**
- b) **En récupérant son bloc, un de vos stagiaires s'étonne de n'avoir plus que 180 b mesuré alors que la veille, vous lui avez montré, que ce même manomètre de la rampe affichait 200 b juste après le gonflage. Vous en profitez alors pour lui faire calculer la température de l'air dans le bloc au moment du gonflage, la température ambiante étant de  $20\text{ }^\circ\text{C}$ .**
- c) **Combien de bouteilles tampons doit-on installer, pour diviser au moins par 2 le temps de gonflage du lot précédent en utilisant la rampe (8 sorties) en une seule manipulation ?**
- d) **En répartissant ces tampons en deux séries, quelle est l'amélioration apportée en termes de temps de gonflage des blocs.**
- e) **Donnez les raisons pour lesquelles l'utilisation réelle de cette station ne donnera pas exactement les résultats obtenus par le calcul.**

### **Question 3 (5 points) : Levage et flottabilité**

Afin de baliser un site pour des ateliers verticaux, vous souhaitez déplacer un bloc d'ancrage de volume  $V = 50$  litres et de masse volumique  $M_v = 6$  Kg/l sur un fond de 33 mètres. Vous utilisez un parachute de levage, de sorte que ce dernier posé avec ses sangles se situe à 30 mètres. Densité de l'eau = 1. Pour gonfler ce parachute, vous disposez uniquement d'un bloc de 12 litres gonflé à 54 bars.

- a) Quel est le volume du parachute nécessaire pour cette action ?
- b) Quel est le poids apparent de l'ensemble bloc + parachute gonflé ?
- c) Quelle longueur de bout devez-vous prévoir pour vous aider ?

Monitorat fédéral 2<sup>ème</sup> degré :

**PROPOSITION DE REPONSES :**

**Aspects théoriques de l'activité**

Durée 1h30, Coefficient x3

**Question 1 (8 points) : Organisation d'un Examen Niveau 4**

Vous êtes chargé d'organiser l'examen N4 (parties théorique et pratique) de votre département dans une S.C.A. de votre région en vous basant sur le manuel de formation technique (le règlement et la charte des examens). Vous êtes responsable de l'élaboration du planning et vous souhaitez intégrer des E3 dans le jury qui devra être minimal et réaliste pour des raisons budgétaires. La SCA vous propose son bateau 30 plongeurs avec sécurité surface tous les matins de 8h à 10 heures et l'après midi de 15h à 17h. Vous avez également l'autorisation de la capitainerie pour effectuer les natations dans l'avant-port en balisant le parcours.

Durée = 2,5 jours (vendredi PM au dimanche PM)

Candidats = 8

Justifiez brièvement vos choix.

**a) Listez la composition du jury.**

Composition du jury : 1 E4 pour 1 E3, 1 jury pour 2 candidats, Pas plus de 50% de E3 soit pour 8 candidats :

1 IR nommé par la CTR ; 3 E4 ; 4 E3

**b) Etablissez le planning de l'organisation, présenté sous forme d'un tableau destiné à être affiché.**

On appréciera l'argumentation de ses choix ainsi que :

- Les réunions de jurys pour préciser les critères d'évaluation, les recommandations C.T.R
- Le créneau horaire pour la correction des écrits.
- Séparer la 30m et la 40m.
- Le respect du nombre d'épreuves et leur timing.

HEURES	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
8h	Arrivée pour le repas	Sortie bateau à 30m	Sortie bateau à 40m
10h 30		Oral Matelotage sur le quai	Oral Matériel en salle
REPAS MIDI			
14h	13h30 : Présentation planning candidats. 14h à 17h : Ecrit (avec législation) 14h à 16h : Réunion du jury	800m PMT (avant-port)	500m Capelé (avant-port)  14h 30 : Délibération jury  16h : Résultats
	17h : E4 : Correction écrit 18h : E3 : Mannequin (avant-port)	15h : Sortie bateau avec Apnée à 10m 20m (RSE + DTH)	Fin tôt pour retour
	Suite éventuelle de la correction des écrits		

**c) Citez les règles de sécurité qui vous guident dans la construction du planning.**

- Pas d'effort après les plongées.
- Pas d'apnée après une plongée profonde (natation en aérobie).
- 1 plongée profonde maximum par jour.
- 1 natation maximum par jour ou demi-journée.
- Pas de mannequin la même demi-journée que la DTH.
- Pas de noria pour les ateliers verticaux.
- Pas de profil de plongée inversé dans la même journée (plongée profonde le matin)
- Temps de récupération et de désaturation = 4 heures entre 2 plongées
- Prise en compte des conditions météorologiques (température, visibilité, etc. ...) pour programmer la durée et l'ordre des épreuves.
- Respecter le nombre de « yoyos » maximum par plongée de la CTN (4 à 20m, 3 à 30m et 2 à 40m).
- Adaptation aux conditions météo (solution de repli ...) et natations dans l'avant-port.
- Etc. ...

**d) ) Comment intégrez-vous les 2 stagiaires MF1 dans votre organisation : justifiez vos choix pédagogiques**

Question ouverte à 'l'appréciation du jury.

**Question 2 (7 points) : Gonflage**

Au sein de votre structure, vous êtes chargé d'optimiser la gestion du gonflage pour deux plongées par jour afin de passer plus de temps auprès de vos stagiaires pédagogiques. Vous disposez d'un compresseur débitant 16m<sup>3</sup>/h. Vos huit stagiaires sortent de la plongée avec 4 blocs à 30 bars, 1 avec une pression résiduelle de 60 bars et 3 avec 100 bars. Vous envisagez par la suite d'optimiser votre station de gonflage en installant des bouteilles tampons de 50 litres d'une pression de service de 250 bars.



**a) Combien de temps pour gonfler, uniquement au compresseur, simultanément les 8 blocs de 12 l à 200 bars ? (2 points)**

Volume résiduel détendu =  $(4 \times 12 \times 30) + (12 \times 60) + (3 \times 12 \times 100) = 5760$  l

Volume final total détendu =  $8 \times 12 \times 200 = 19200$  l

Volume utile total détendu à fournir =  $19200 - 5760 = 13440$  l

Durée du gonflage =  $13440/16000 = 0,84$  heure  $\rightarrow$  soit 50 min environ (50min 24s)

**b) En récupérant son bloc l'après midi, un de vos stagiaires vous demande de lui démontrer la chute de la pression de son bloc entre la sortie de la station de gonflage et l'arrivée sur le site de plongée (1 point).**

Cohérence du calcul de la loi de Charles ( $P_1/T_1 = P_2/T_2$  avec T en kelvin).

$200 \text{ b} / x = 180 / (273 + 20)$  donc  $x = 325.55 \text{ K}^\circ$  soit  $52.55 \text{ C}^\circ$

**c) Combien de bouteilles tampons utilisées en une fois, au minimum, pour diviser par 2 le temps de gonflage du lot précédent (2 points) ?**

Si on diminue par deux le temps de gonflage compresseur =  $0,84/2 = 0,42$  (on suppose que le temps de gonflage par tampon est instantané) :

On gonfle au compresseur en premier  $\rightarrow 0,42 \times 16000 = 6720$  litres

Contenu des blocs après cette opération  $6720 + 5760 = 12480$  l soit une pression de  $12480/96$

= 130 bars et sur les 13440 litres à fournir, les tampons devront assurer  $\rightarrow 13440 - 6720 =$

6720 litres représentant 70 b manquants.

Un tampon peut fournir  $(250 - 130) \times 50 = 6000$  l seulement pour 6720 l nécessaires (ou 192,5

b), donc il faut 2 bouteilles tampons

Ou autre calcul possible  $6720 / (250 - 130) = 56$  l pour seulement 50 l de volume tampon  $\rightarrow$

1,12 tampons, soit deux bouteilles tampons

**d) En répartissant ces tampons en deux séries, quelle est l'amélioration apportée en termes de temps de gonflage des blocs. (1 point)**

1) Equilibrer les 8 blocs :  $5760 \text{ L} / 8 \times 12 = 60$  b

2) utilisation du premier tampon :  $8 \times 60 \text{ b} \times 12 = 5760$   
 $1 \times 250 \times 50 \text{ L} = 12500$   
 $18260 / 146 = 125$  b

3) Utilisation du second tampon  $8 \times 125 \times 12 = 12000$   
 $1 \times 250 \times 50 \text{ L} = 12500$   
 $24500 / 146 = 168$  b

4) Utilisation des deux tampons en même temps :  $5760 + (2 \times 250 \times 50 \text{ L}) = 30760$   
 $P = 30760 / 196 = 157$  b  
Volume à gonfler :  $(200 - 157) \times 96 =$

4128 L

Temps :  $4128 \text{ L} / 16000 = 0.25$  h soit 15

min 30 s

5) Temps de gonflage au compresseur :  $200 - 168 = 32$  b  
 $32 \text{ b} \times 96 \text{ L} = 3072 \text{ L}$

Temps de gonflage  $3096 \text{ L} / 16000 = 0.1935$  h soit 13 min 30 s

2 minutes de gonflage en moins.

**e) Donnez les raisons pour lesquelles l'utilisation réelle de cette station ne donnera pas exactement les résultats obtenus par le calcul (1 point).**

Deux raisons : la température (loi de Charles) et le correctif de la loi de Mariotte, (équations de Van der Waals).  $P_1 \times V_1$  n'est pas strictement égal à  $P_2 \times V_2$  : il y a moins d'air que prévu !

**Question 3 (5 points) : Levage et flottabilité**

Afin de baliser un site pour des ateliers verticaux, vous souhaitez déplacer un bloc d'encrage de volume  $V = 50$  litres et de masse volumique  $M_v = 6$  Kg/l sur un fond de 33 mètres. Vous utilisez un parachute de levage, de sorte que ce dernier posé avec ses sangles se situe à 30 mètres. Densité de l'eau = 1. Pour gonfler ce parachute, vous disposez uniquement d'un bloc de 12 litres gonflé à 54 bars.

**a) Quel est le volume du parachute nécessaire pour cette action (2 points) ?**

Masse du bloc :  $M_b = V_b \times M_v = 50 \times 6 = 300$  Kg

Poussée d'Archimède appliquée au Bloc :  $P_a = 50 \times 1 = 50$  Kg

Poids Apparent du Bloc =  $300 - 50 = 250$  Kg

Il faut que l'air contenu dans le parachute subisse une poussée d'Archimède de 250 Kg, pour l'équilibre → le volume du parachute doit faire plus de 250 litres.

**b) Quel est le poids apparent de l'ensemble bloc + parachute gonflé (2 points) ?**

A 30 m,  $P_{\text{ambiante}} = 4$  bars →  $V_{\text{parachute}} = (50 \text{ b} \times 12 \text{ l}) / 4 \text{ b} = 150$  litres

A trente mètres → poids apparent du bloc = masse bloc – poussée Archi sur bloc – poussée Archi sur parachute =  $300 - 50 - 150$  → Poids apparent restant = 100 Kg

**c) Quelle longueur de bout devez-vous prévoir pour vous aider (1 point) ?**

Variation de profondeur pour que les 150 litres d'air dans le parachute à 30 mètres deviennent 250 litres.

$150 \times 4 = P_2 \times 250$  →  $P_2 = 600/250 = 2,4$  → Profondeur = 14 m

Le bout devra donc permettre d'amener le parachute de la profondeur initiale de 30 m, à la profondeur calculée de 14 m → soit 16 mètres (plus la longueur nécessaire à l'attache !)

## Aspects théoriques de l'activité Durée : 1H30 - Coefficient 3

### I. Calcul de tampons (8 pts)

Vous possédez un compresseur de  $20 \text{ m}^3 / \text{heure}$  avec 3 tampons de 50 litres à 300 b indissociables. La rampe de gonflage permet de remplir 10 blocs en simultané.

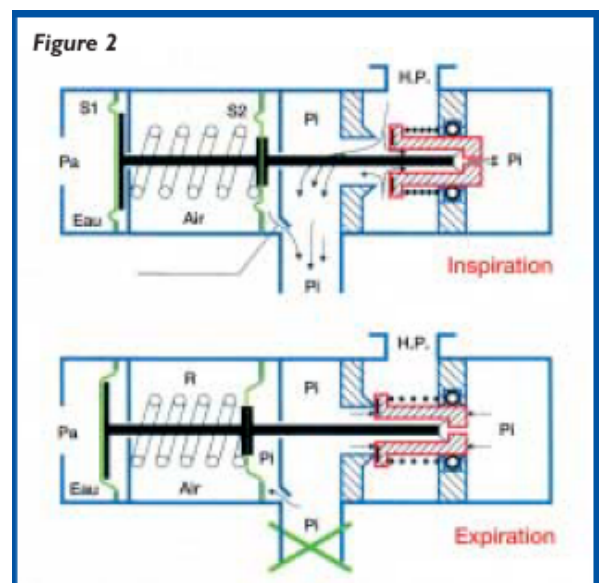
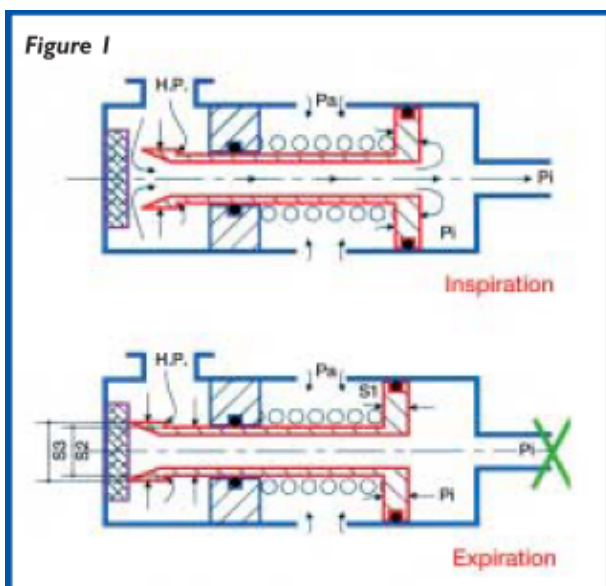
En moyenne, 20 plongeurs sont comptabilisés par sortie sur le bateau du centre, soit 5 blocs de 15 litres et 15 blocs de 12 litres. Tous les blocs ont une pression de service de 200 bars. Lorsqu'ils reviennent au gonflage, les blocs contiennent en moyenne une pression résiduelle de 50 bars.

Toutes les pressions sont lues au manomètre et vous ne tiendrez pas compte des variations dues à la température.

- Combien de temps le compresseur doit-il fonctionner pour gonfler tous les blocs sans utiliser les tampons ?
- En utilisant uniquement les tampons, quelle sera la pression dans les 20 blocs sachant que les 15 litres seront remplis en priorité lors du premier tour (en même temps que cinq 12l) ?
- Combien de temps le compresseur devra-t-il tourner pour compléter les bouteilles-tampon à 300 b après avoir gonflé les blocs de plongée ?
- Combien de bouteilles tampon doit-on rajouter pour regonfler les 20 blocs sans utiliser le compresseur ?
- Malgré ces savants calculs, les pressions obtenues dans les blocs seront toujours significativement inférieures aux prévisions théoriques. Comment expliquez-vous ce fait ?

### II. La compensation au premier étage d'un détendeur (6 pts)

- Définissez la compensation et précisez ses avantages pratiques.
- En vous aidant des deux schémas ci-dessous. Expliquez la surcompensation au premier étage d'un détendeur à piston et celle d'un détendeur à membrane. Vous préciserez comparativement les avantages de chacun des deux mécanismes ?
- Quel type de second étage doit-on monter sur ces premiers étages ? Pourquoi ?



### III. Organisation de stage (6 pts)

Votre président de club vous confie l'organisation d'un examen niveau IV complet (y compris la théorie) pour huit candidats, prévu pour se dérouler sur deux jours, en prévoyant l'annonce des résultats en fin d'examen le dernier jour.

- a) Donnez le nombre, qualifications et fonctions des membres de jury dont vous avez besoin pour assurer une qualité optimale de l'évaluation ?
- b) Proposez votre organisation de l'examen : Construisez le tableau qui sera affiché en début d'examen à destination des candidats en indiquant le nombre des membres de jurys prévus pour chaque épreuve. Afin de faciliter la rédaction de cet emploi du temps, vous identifierez les candidats de 1 à 8 et les jurys de A à ...
- c) Justifiez les choix qui, à votre sens, méritent de l'être, particulièrement en matière de sécurité des candidats et des jurys.

## Éléments de Correction Aspects théoriques Polynésie

### I. Calcul de tampons (8 pts)

a.  $PV = 150 * (5 * 15 + 15 * 12) = 38250 \text{ dm}^3 = 38,250 \text{ m}^3$   
 $38,250 \text{ m}^3 / (20 \text{ m}^3 / \text{heure}) = 38,250/20 \text{ heures} = 1 \text{ h } 54' 45''$  (2pts)

b. Utilisation des tampons.

D'abord : 5x15 et 5x12

Constante initiale dans les blocs =  $(5 \times 15 + 5 \times 12) \times 50$   
= **6 750**

Constante finale espérée =  $(5 \times 15 + 5 \times 12) \times 200$   
= **27 000**

Constante à ajouter =  $27\ 000 - 6\ 750$   
= **20 250**

Or les tampons ne peuvent fournir qu'une constante de **15 000** (au-dessus de 200 bars)

Nous allons donc équilibrer les 10 premiers blocs et les tampons

La constante des tampons est de  $3 \times 50 \times 300$  soit **45 000**

La constante de l'ensemble est donc de  $6\ 750 + 45\ 000$  soit **51 750**

Pour un volume total de  $5 \times 15 + 5 \times 12 + 3 \times 50$  soit **285 l**

Il en résulte une pression de  $51\ 750 / 285$  soit **181,6 bars**

Il reste dans les tampons une constante de  $3 \times 50 \times 181,6$  soit **27 236,8 (27 240)**

Les autres blocs ont une constante initiale de  $10 \times 12 \times 50$  soit **6 000**

La constante de l'ensemble est donc de  $27\ 236,8 + 6\ 000 = 33\ 236,8$

Pour un volume total de  $10 \times 12 + 3 \times 50$  soit **270 l**

Il en résulte une pression de  $33\ 236,8 / 270$  soit **123,1 bars** (2pts)

c. Temps pour terminer de remplir les blocs à l'aide du compresseur

Le compresseur devra rajouter  $(200 - 181,6)$  soit 18,4 bars dans  $(5 \times 15 + 5 \times 12)$  135 l pour la première série soit une constante de **2484**

Le compresseur devra rajouter  $(200 - 123,1)$  soit 76,9 bars dans  $(10 \times 12)$  120 l pour la première série soit une constante de **9228**

La constante totale que doit fournir le compresseur est de  $2484 + 9228$  soit **11 712**

Ce qui représente un temps de gonflage de  $11\ 712 / 20\ 000$  soit **35 min 8,16 s (0,586 h)**  
(2pts)

d. Temps pour terminer de remplir les tampons à l'aide du compresseur

$1 \text{ h } 54' 45'' - 35 \text{ min } 8,16 \text{ s}$  soit environ **1 h 19 min 37 s**  
(2pts)

e. Nombre de tampons à rajouter pour optimiser station gonflage

Constante nécessaire 38 250, or chaque tampon peut fournir  $50 \times (300 - 200)$  soit une constante de **5 000**

$38\ 250 / 5\ 000 = 7,65$  soit **8 tampons**

Nous avons déjà **3** tampons il en manque donc **5**

Cinq tampons 50L/300 bar supplémentaires sont donc nécessaires pour monter les blocs à 200b.

f. Les résultats inférieurs aux prévisions s'expliquent par le fait que la formule  $P_1V_1 = P_2V_2$  doit recevoir des correctifs pour les pressions supérieures à 176 b. (Dans la pratique, au-delà de 200 b).

C'est l'application de la formule de Wan der Waals. En d'autres termes, dans un tampon de 50 L à 300 b, il y a moins de 15 000 L d'air détendu.

## II- La compensation au premier étage d'un détendeur (6 pts)

- a) La compensation permet d'annuler la force de la HP sur le clapet. La MP peut ainsi être maintenue théoriquement constante. Lorsque la HP baisse dans le bloc, le débit d'un détendeur compensé diminue donc moins que dans un 1<sup>er</sup> étage non compensé.
- b) En vous aidant des deux schémas ci-dessous. Expliquez la surcompensation au premier étage d'un détendeur piston et d'un détendeur membrane.

Sur le premier étage à piston (type MK25 Scubapro) (figure 1), la tige du piston n'est pas cylindrique, une légère augmentation du diamètre de celle-ci à proximité du siège HP expose une très petite surface à la HP, cette poussée (donc une force de fermeture) s'additionne à celle du ressort pour générer la légère élévation de la MP en fin de plongée.

Le fait de maintenir la MP constante à la sortie d'un premier étage ne suffit pas à maintenir constantes les performances du deuxième étage. En effet lorsque la profondeur augmente, la viscosité de l'air augmente et des pertes de charges se produisent dans différentes parties du détendeur et notamment dans le tuyau MP. Pour éviter cela, il faut augmenter la MP en fonction de la pression ambiante. Mais comment obtenir ce résultat? Sur le premier étage à membrane type Legend Aqualung (figure 2) la surface de la membrane S1 qui reçoit la pression ambiante  $P_a$  est plus grande que la surface de la membrane S2 qui reçoit la pression intermédiaire  $P_i$ . (Les pressions sont des pressions absolues). La pression entre les deux membranes reste à la pression atmosphérique et n'intervient pas dans le calcul. La MP augmente donc en fonction de la pression ambiante.

- c) De quels avantages bénéficiez-vous avec le premier et le second mécanisme de surcompensation ?

Sur le détendeur piston surcompensé, lorsque la HP diminue, la baisse du débit est limitée par le principe de la surcompensation.

Sur le détendeur membrane surcompensé, l'effet de la profondeur (viscosité du gaz) sur la baisse des performances est limité par le procédé.

- d) Quel type de second étage doit-on monter sur ces premiers étages ? Pourquoi ?

Ces deux systèmes ne peuvent fonctionner correctement qu'avec des deuxièmes étages compensés. Si ce n'est pas le cas, l'augmentation de MP pourra provoquer un débit continu.

## III- Organisation de stage (6pts)

Les organisations proposées par les candidats seront multiples.

Le jury évaluera la pertinence des propositions sur le plan de la sécurité, particulièrement respect des préconisations de la CTN.

La cohérence et la faisabilité de l'examen, ainsi que la qualité de l'évaluation seront prises en compte. On pourra rechercher si les propositions permettent une rotation correcte des candidats dans les différents jurys.

**Aspects théoriques de l'activité : 1h30 - Coefficient : 3**

**Question n°1 : "Culture générale plongée"**

**(10 points)**

***Optique :***

- A) L'un des dangers des grottes sous-marines est lié à la perte de visibilité par la mise en suspension de fines particules de sable et de boue. Expliquer comment cela est possible malgré l'utilisation de phares puissants. (1 pt)
- B) Expliquer ce qu'est une thermocline sous l'eau et expliquer pourquoi, lorsqu'on en rencontre une sous l'eau, on voit trouble. (1 pt)

***Consommation d'air :***

- C) A 50 mètres de profondeur, un plongeur de votre palanquée s'essouffle et consomme alors 5 fois plus d'air que d'habitude. En considérant qu'il a un bloc de 15 litres dans lequel il reste 156 bars, calculer le temps qui lui reste à cette profondeur avant que l'inspiration ne devienne difficile (consommation habituelle en surface : 20 L/min ; MP de son premier étage mesurée à la surface : 11 bar).  
Lorsque cette situation survient, son gilet peut-il encore être gonflé avec le Direct-system ? (2 pts)

***Flottabilité :***

- D) Certains blocs en aluminium pèsent, à vide, 13kg, ont un volume intérieur de 11,1 litres et un volume extérieur de 13,7 litres. En sachant que l'air a une masse volumique de 1,3 g/L, répondez à la question suivante : Dans une eau de densité 1,06 à partir de quelle pression ce bloc se met-il à flotter ? (2 pts)

***Echanges thermiques en plongée :***

- E) Enoncer et définir (à l'aide d'exemples si nécessaire) les 4 phénomènes physiques qui interviennent dans les échanges thermiques (càd les 4 manières possibles d'échanger de la chaleur). (1 pt)
- F) Pour chacune des propositions suivantes, dites si vous pensez qu'elle est vraie ou fausse et justifiez votre réponse (vous pourrez vous aider des éléments de la question précédente) :
- Une combinaison étanche protège mieux du froid qu'une combinaison humide. (1 pt)
  - Une combinaison étanche en toile protège mieux du froid que celle en néoprène. (1 pt)
  - Une combinaison mono-pièce de 7mm protège mieux du froid qu'une combinaison « classique » (composée d'une salopette et d'une veste) de 7mm. (1 pt)



## Aspects théoriques de l'activité : suite

### Question n°2 : Réalisation d'un mélange trimix

**(5 points)**

2 plongeurs souhaitent réaliser un trimix afin de plonger en circuit ouvert à - 70 mètres, avec une pression partielle d'oxygène de 1,6 bar, tout en ayant une profondeur narcotique équivalente à - 40 mètres.

a) Calculez la composition du mélange Trimix

(1 pt)

Ils plongent chacun avec un bloc de 18 litres vide qu'ils souhaitent gonfler à 200 bars.

Pour réaliser ce mélange ils disposent de 2 bouteilles tampon de 50 litres à 200 bars. L'une contient de l'hélium pur et l'autre de l'oxygène pur. Pour le remplissage de leurs blocs ils procèdent comme suit :

1. L'oxygène est ajouté en premier par transvasement.
2. De l'air est ajouté avec un compresseur.
3. Les blocs sont ensuite complétés avec de l'hélium grâce à un surpresseur.

b) Pour chaque étape, précisez les quantités de gaz ajoutées dans leurs blocs ainsi que les pressions des blocs et des bouteilles tampons. Tous les calculs doivent être présentés.

(4 pts)

➤ Cet exercice est un cas de figure théorique.

- Tous les gaz sont supposés parfaits.
- Les 2 blocs de 18 litres sont gonflés en même temps.
- L'air est composé de 80% d'azote et 20% d'oxygène.
- Les calculs seront effectués en P relative (bien suffisante compte tenu des approximations diverses, en considérant les blocs strictement vides initialement)

### Question n°3 : Organisation d'un stage de formation

**(5 points)**

4 plongeurs niveau 2 de votre club souhaitent pouvoir plonger en autonomie jusqu'à 40 mètres, mais sans vouloir devenir plongeur niveau 3.

Après analyse de leur expérience vous décidez d'opter pour une formation « Plongeur autonome 40m ».

Compte-tenu des contraintes personnelles de chacun vous décidez d'organiser cette formation sur 4 jours (7 plongées).

Pour chaque plongée, exposez vos objectifs de formation, la profondeur de travail, les exercices que vous prévoyez, ainsi que l'encadrement minimum nécessaire

(5 points)

1h30 - Coefficient : 3 : Aspects théoriques de l'activité

**Question n°1 : "Culture générale plongée"**

**(10 points)**

**Optique :**

- G) L'un des dangers des grottes sous-marines est lié à la perte de visibilité par la mise en suspension de fines particules de sable et de boue. Expliquer comment cela est possible malgré l'utilisation de phares puissants. (1 pt)

*Éléments de réponse et référentiel de correction*

Les particules en suspension vont réfléchir et diffracter les rayons lumineux émis par les phares ainsi que ceux venant de l'extérieur (lumière du jour). (0,5 pts)

Cela empêche la pénétration des rayons lumineux sur une grande distance (ce qui est le cas dans une eau limpide). (0,5 pts)

On risque donc, si on se trouve trop éloigné de la source lumineuse (ex. : la lumière du jour provenant de la sortie de la grotte, une lampe flash, ...), de ne plus la voir, et donc de ne plus pouvoir retrouver la sortie.

- H) Expliquer ce qu'est une thermocline sous l'eau et expliquer pourquoi, lorsqu'on en rencontre une sous l'eau, on voit trouble. (1 pt)

*Éléments de réponse et référentiel de correction*

Thermocline : zone qui sépare une couche d'eau « chaude » avec une couche d'eau « froide ». (0,5 pts)

L'indice de réfraction de l'eau dépend de sa température. Les propriétés optiques de la couche d'eau chaude et froide sont donc différentes. (0,5 pts)

Lorsqu'on est dans l'une des deux couches, l'autre couche apparaît donc trouble. Cela est renforcé par le fait que les 2 couches d'eau glissent l'une sur l'autre ce qui provoque, à l'interface, des turbulences.

**Consommation d'air :**

- I) A 50 mètres de profondeur, un plongeur de votre palanquée s'essouffle et consomme alors 5 fois plus d'air que d'habitude. En considérant qu'il a un bloc de 15 litres dans lequel il reste 156 bars, calculer le temps qui lui reste à cette profondeur avant que l'inspiration ne devienne difficile (consommation habituelle en surface : 20 L/min, MP de son premier étage réglée à 10 bar).

Lorsque cette situation survient, son gilet peut-il encore être gonflé avec le Direct-system ? (2 pts)

*Éléments de réponse et référentiel de correction*

- A 50 mètres, la pression absolue est de 6 bar. La consommation normale du plongeur, ramenée à la surface, est alors de 120 L/min (=6 x 20). (0,5 pts)
- « 5 fois plus d'air que d'habitude » veut donc dire qu'il consomme 600 L/min (=5 x 120) en surface.
- A 50 mètres de profondeur et avec un détendeur dont la MP est réglée à 10 bar, l'inspiration devient difficile lorsque la pression dans le bloc est égale à 16 bar. Avant que cela n'arrive, le plongeur peut donc consommer 2100 litres d'air (=15 x (156 - 16)). (0,5 pts)
- Compte-tenu de sa consommation il vide donc le bloc en 3,5 minutes (=2100 / 600), soit 3 minutes et 30 secondes. (0,5 pts)
- Ce plongeur peut gonfler son gilet avec son direct-system tant qu'il reste plus de 6 bar dans son bloc (ce qui est le cas ici). Néanmoins, le débit de gonflage sera de plus en plus faible à mesure que la pression dans le bloc diminue et se rapproche de ces 6 bar). (0,5 pts)

**Flottabilité :**

- J) Certains blocs en aluminium pèsent, à vide, 13kg, ont un volume intérieur de 11,1 litres et un volume extérieur de 13,7 litres. En sachant que l'air a une masse volumique de 1,3 g/L, répondez à la question suivante : Dans une eau de densité 1,06 à partir de quelle pression ce bloc se met-il à flotter ? (2 pts)

*Éléments de réponse et référentiel de correction*

Pour répondre à la question il faut calculer la quantité d'air à partir de laquelle le poids apparent du bloc (avec son air) devient négatif. Pour faciliter les calculs on regarde la pression à partir de laquelle

ce poids apparent devient nul.

Le poids apparent du bloc est :

$$P_{\text{Apparent}} = P_{\text{Réel}} - P_{\text{Poussée Archimède}}$$
$$\Rightarrow P_{\text{Apparent}} = (P_{\text{Bloc}} + P_{\text{Air}}) - Vol_{\text{extérieur}} \cdot Densité_{\text{Eau}}$$
$$\Rightarrow P_{\text{Apparent}} = (13 + P \times 11,1 \times 0,0013) - 13,7 \times Densité_{\text{Eau}}$$

Donc, pour que le poids apparent soit nul il faut que :

$$P_{\text{Apparent}} = 0$$
$$\Rightarrow (13 + P \times 11,1 \times 0,0013) - 13,7 \times Densité_{\text{Eau}} = 0$$
$$\Rightarrow P = \frac{13,7 \times Densité_{\text{Eau}} - 13}{0,0013 \times 11,1}$$

L'application numérique donne alors :

$$P = \frac{13,7 \times 1,06 - 13}{0,0013 \times 11,1}$$
$$\Rightarrow P = 105,5 \text{ bars}$$

Donc, dans une eau de densité 1,06, ce bloc commence à flotter à partir de 105,5 bars. (2 pts)

### Echanges thermiques en plongée :

K) Enoncer et définir (à l'aide d'exemples si nécessaire) les 4 phénomènes physiques qui interviennent dans les échanges thermiques (càd les 4 manières possibles d'échanger de la chaleur).

(1 pt)

#### Eléments de réponse et référentiel de correction

Ces phénomènes sont :

- Conduction : Echange de chaleur par contact direct. Par exemple, si on chauffe un métal à l'une de ses extrémités, la chaleur est conduite « de proche en proche » à l'autre extrémité de ce bout de métal. En plongée, la conduction intervient dans le transfert de chaleur du corps humain vers l'eau à travers la combinaison de néoprène par exemple. (0,25 pts)
- Convection : Echange de chaleur via un fluide qui se réchauffe au contact d'un corps « chaud » et est renouvelé en permanence par du fluide « froid ». Ce renouvellement peut être naturel (convection naturelle comme c'est le cas par exemple pour les radiateurs d'une pièce) ou forcé (convection forcée comme c'est le cas par exemple avec un ventilateur). En plongée, la convection intervient, par exemple, lorsqu'on nage dans l'eau. (0,25 pts)
- Rayonnement : Transfert de chaleur par émission d'ondes lumineuses (mais non visibles). C'est le cas du Soleil qui nous réchauffe grâce à son rayonnement. (0,25 pts)
- Changement de phase : Transfert de chaleur par transition d'une phase (ex. : solide, liquide ou gaz) à une autre. Dans le domaine de la plongée on rencontre principalement l'évaporation qui induit un refroidissement par la respiration d'air sec, ou qui est responsable d'un refroidissement important lorsqu'on est mouillé après la plongée. (0,25 pts)

L) Pour chacune des propositions suivantes, dites si vous pensez qu'elle est vraie ou fausse et justifiez votre réponse (vous pourrez vous aider des éléments de la question précédente) :

- Une combinaison étanche protège mieux du froid qu'une combinaison humide. (1 pt)
- Une combinaison étanche en toile protège mieux du froid que celle en néoprène. (1 pt)
- Une combinaison mono-pièce de 7mm protège mieux du froid qu'une combinaison « classique » (composée d'une salopette et d'une veste) de 7mm. (1 pt)

#### Eléments de réponse et référentiel de correction

- a)
- Vrai. (0,5 pts)
  - Une combinaison étanche remplace la couche d'eau en contact avec la peau par une couche de gaz (air en général). Or, les gaz conduisent moins bien la chaleur que les liquides. La combinaison étanche protège donc mieux du froid. (0,5 pts)
- b)
- Faux. (0,5 pts)

- Le néoprène conduit moins bien la chaleur que la toile car il est plus épais et qu'il contient des bulles d'air (gaz très isolant thermiquement). (0,5 pts)

c)

- Faux... en règle générale (cf. remarque ci-dessous). (0,5 pts)
- Avec une combinaison classique, on a une double épaisseur de néoprène au niveau du torse. Cela conduit donc moins bien la chaleur que sur une combinaison monopièce où l'on a qu'une seule épaisseur à ce niveau. (0,5 pts)

Remarque : Cela peut être vrai si la combinaison classique est particulièrement mal ajustée (trop large) car alors, à chaque mouvement du plongeur (ex. : mouvement de bras ; mouvement ventilatoire, ...), une grande quantité d'eau chaude (car réchauffée par le plongeur) sort de la combinaison et est ensuite remplacée par de l'eau froide. Les combinaisons « semi-étanche » diminuent cet effet (même si la coupe est trop large) par l'ajout de manchons d'étanchéité.

### Question n°2 : Réalisation d'un mélange trimix

(5 points)

2 plongeurs souhaitent réaliser un trimix afin de plonger en circuit ouvert à - 70 mètres, avec une pression partielle d'oxygène de 1,6 bar, tout en ayant une profondeur narcotique équivalente à - 40 mètres.

a) Calculez la composition du mélange Trimix

(1 pt)

Ils plongent chacun avec un bloc de 18 litres vide qu'ils souhaitent gonfler à 200 bars.

Pour réaliser ce mélange ils disposent de 2 bouteilles tampon de 50 litres à 200 bars. L'une contient de l'hélium pur et l'autre de l'oxygène pur. Pour le remplissage de leurs blocs ils procèdent comme suit :

4. L'oxygène est ajouté en premier par transvasement.
5. De l'air est ajouté avec un compresseur.
6. Les blocs sont ensuite complétés avec de l'hélium grâce à un surpresseur.

b) Pour chaque étape, précisez les quantités de gaz ajoutées dans leurs blocs ainsi que les pressions des blocs et des bouteilles tampons. Tous les calculs doivent être présentés. (4 pts)

➤ Cet exercice est un cas de figure théorique.

- Tous les gaz sont supposés parfaits.
- Les 2 blocs de 18 litres sont gonflés en même temps.
- L'air est composé de 80% d'azote et 20% d'oxygène.
- Les calculs seront effectués en P relative (bien suffisante compte tenu des approximations diverses)

### Référentiel de notation :

a) Composition du mélange (1pt)

$$P_{O_2} = 1,6 \text{ bar} \text{ à } P_{abs} = 8 \text{ bar}, \text{ soit } \%O_2 = 1,6/8 = 20\%$$

$$P_{N_2} = 0,8 \times 5 \text{ (} P_{abs} \text{ équivalente à 40m)} = 4 \text{ bar}, \text{ à } 8 \text{ bar } P_{abs} \text{ réel, soit } \%N_2 = 4/8 = 50\%$$

$$\%He = 30\%$$

b) Les blocs sont supposés strictement vides initialement (approximation), on calcule en pression relative à partir de 0

A la fin, on veut dans les 2 blocs de 18l à 200b :

- 100b N<sub>2</sub> (50%)
- 40b O<sub>2</sub> (20%)
- 60b He (30%)

3 étapes :		Etape 3		Etape 2		Etape 1		Initial
	Final	Helium		Air		O <sub>2</sub>		
O <sub>2</sub> :	40	= 0	+	25	+	15	+	0
N <sub>2</sub> :	100	= 0	+	100	+	0	+	0
He :	60	= 60	+	0	+	0	+	0
P :	200	= 60	+	125	+	15	+	0

On rajoute en dernier l'hélium, soit  $60b \times 2 \times 18 \text{ l} = 2160 \text{ l}$

$2160/50 = 43,2b$  du tampon à 50l. Il reste dans le tampon 156.8b (200- 43,2) (1pt)

On a donc avant l'ajout d'Hélium 140 b dans les blocs, dont 100b N2 et 40b O2

Pour cela, on a ajouté de l'air composé de 80%N2, 20% O2

Pour avoir 100b N2, on aura donc aussi rajouté  $20\% \times 100/0,8 \text{ b}$ , soit 25b O2, soit un ajout de 125b d'air, soit  $(125 \times 2 \times 18) = 4500$  litres de volume d'air. (1.5pt)

La pression à avoir initialement d'oxygène pur est donc de  $40-25 = 15b \text{ d'O}_2$ , soit  $15 \times 2 \times 18 = 540 \text{ l d'O}_2$ , soit 10,8 b du tampon de 50l. Il reste dans le tampon  $200-10,8=189,2b$  (1.5pt)

**Question n°3 : Organisation d'un stage de formation** (5 points)

4 plongeurs niveau 2 de votre club souhaitent pouvoir plonger en autonomie jusqu'à 40 mètres, mais sans vouloir devenir plongeur niveau 3.

Après analyse de leur expérience vous décidez d'opter pour une formation « Plongeur autonome 40m ».

Compte-tenu des contraintes personnelles de chacun vous décidez d'organiser cette formation sur 4 jours (7 plongées).

Pour chaque plongée, exposez vos objectifs de formation, la profondeur de travail, les exercices que vous prévoyez, ainsi que l'encadrement minimum nécessaire

(5 points)

*Eléments de réponse et référentiel de correction*

Les points attendus lors de la correction sont les suivants :

- Contenu du stage en cohérence avec les règles de sécurité et le MFT : (0,5 pts)
  - Non respect manifeste d'une règle de sécurité élémentaire (ex. : nombre de remontée supérieur aux préconisations CTN, ...) → noter 0 pour l'ensemble de l'exercice.
  - La 1<sup>ère</sup> plongée a les caractéristiques suivantes (1 pts) :
    - Objectifs : Réadaptation pour les élèves, évaluation des acquis du N2 (autonomie en particulier) pour le formateur.
    - Profondeur : 30 mètres environ.
  - Le respect du contenu du MFT avec un programme technique permettant de travailler correctement et suffisamment les compétences suivantes :
    - Autonomie des plongeurs dans la planification et l'organisation de leur plongée avant celle-ci. (0,5 pts)
    - Autonomie des plongeurs dans la gestion de leur immersion (équipement, immersion, évolution et orientation). (0,5 pts)
    - Capacité de réaction face à un problème sur un coéquipier. (1 pt).
    - La connaissance et le respect de l'environnement sous-marin. (0,5 pts)
    - Maîtrise des connaissances nécessaires (matériel, accidents, gestion de la décompression, réglementation, ...). (0,5 pts)
- Les exercices proposés sont cohérents avec ce qui doit être acquis et vont dans le sens d'un apprentissage efficace pour les élèves. (0,5 pts)



**Monitorat fédéral 2<sup>ème</sup> degré  
Hendaye Juillet 2012**

**Aspects théoriques de l'activité**

**Durée : 1H30**

SUJET N°1 : Gonflage des blocs avec un mélange Nitrox

(7 pts)

Votre club organise un stage de formation à la plongée au Nitrox. Vous êtes chargé de fabriquer un mélange Nitrox 40/60. Vous disposez pour cela de blocs de 15 litres « compatibles oxygène », d'une bouteille de 50 litres d'O<sub>2</sub> pur (B50) d'une lyre de transfert, et du compresseur de votre club muni d'un sur-filtre.

- a) Dans quel ordre allez-vous introduire les gaz dans les bouteilles ? Justifiez votre réponse
- b) Quel est le rôle du sur-filtre situé à la sortie du compresseur ?
- c) Votre B50 d'O<sub>2</sub> est gonflée à 200 bars.
  - Combien de blocs de 15 litres à 230 bars pouvez-vous remplir avec du Nitrox 40/60 ?
  - Quelle sera la pression résiduelle dans la B50 à l'issue de ce gonflage ?

*Remarque : on suppose que les blocs sont vides avant le gonflage (on négligera leur pression résiduelle) et que l'air est composé de 20% d'O<sub>2</sub> et de 80% de N<sub>2</sub>.*

- d) Que peut-on faire pour utiliser la B50 en totalité ?
- e) - A quelle profondeur maximum, lue sur un ordinateur de plongée, peuvent évoluer les plongeurs avec ce mélange dans un lac de montagne situé à 2 000 mètres d'altitude ? (on considère que la limite maximale admissible de PpO<sub>2</sub> est de 1,6 bars)
  - A quelle profondeur équivalente en mer correspond cette valeur ?

SUJET N°2 : La vision sous l'eau

(6 pts)

- a) Décrivez les principales modifications qui perturbent notre vision sous l'eau et leur incidence au cours de la plongée.
- b) Un photographe sous marin observe un poisson dont il estime la taille à 60 cm et la distance par rapport à l'objectif de son appareil à 1,50 mètre. Quelles sont les valeurs réelles correspondant à ces estimations ?
- c) En vous appuyant sur des schémas simples, vous expliquerez les phénomènes suivants :
  - La luminosité en plongée maximale au zénith
  - En immersion nocturne, les plongeurs équipés d'une lampe ne sont pas toujours exactement situés à l'endroit que l'on peut estimer depuis la surface(Nb aucun calcul d'angle n'est nécessaire).

SUJET N°3 : l'activité de directeur de plongée

(7pts)

Vous êtes MF2 (Jean Louis) et directeur de plongée du club associatif des Parlementaires Européens. Vous organisez une plongée en mer le long d'un tombant situé entre 10 et 63 mètres de profondeur. Les conditions météo sont idéales, la mer calme et sans courant. Le bateau de plongée, que vous pilotez est amarré au sommet du tombant. L'immersion de la première palanquée à lieu à 9h00, et la dernière doit être de retour à bord à 10h45.

Le reste de l'effectif est indiqué sur la fiche de sécurité fournie en annexe.

Tous les plongeurs sont licenciés à la FFESSM, à jour de certificat médical. Les encadrants étrangers sont titulaires du permis côtier, connaissent le site et sont tous francophones.

- a) Remplissez la fiche de sécurité (que bien évidemment, vous archiverez soigneusement...) en utilisant le document fourni.
- b) Justifiez brièvement vos choix de la question a).
- c) Quelles consignes donnez-vous en tant que DP avant l'immersion ?

L'effectif se compose de :

- 1 moniteur 3\* CMAS belge, titulaire de la qualification de moniteur associé 2<sup>ème</sup> degré FFESSM  
Pierre Pierre
- 1 plongeur 3\* CMAS allemand, titulaire de la qualification de Guide de Palanquée Associé FFESSM  
Hans Hans
- 2 stagiaires pédagogiques en préparation du MF1 de la FFESSM  
Patrick Patrick  
Jean Jean
- 1 plongeur 2\* CMAS espagnol  
Miguel Miguel
- 1 plongeurs N2 de la FFESSM  
Michel Michel
- 1 plongeur anglais titulaire de l'Advanced Open Water de SSI.  
Tom Tom
- 1 plongeur italien titulaire du Rescue Diver de PADI.  
Umberto Umberto
- 1 plongeur titulaire du N3 de la FSGT  
Yvon Yvon
- 1 plongeur 3\* CMAS autrichien  
Hans Hans
- 1 plongeur N3 de la FFESSM  
Claude Claude
- 1 plongeur N1 de la FFESSM titulaire de la qualification PE 40m  
Christian Christian
- 2 plongeurs débutants ayant validé les aptitudes 1, 2, 3 et 4 du N1 de la FFESSM  
Eric Eric  
Louis louis

## ASPECTS THEORIQUES : Eléments de réponse

### SUJET N°1 : Gonflage des blocs avec un mélange Nitrox (7 pts)

Votre club organise un stage de formation à la plongée au Nitrox. Vous êtes chargé de fabriquer un mélange Nitrox 40/60. Vous disposez pour cela de blocs de 15 litres « compatibles oxygène », d'une bouteille de 50 litres d'O<sub>2</sub> pur (B50) d'une lyre de transfert, et du compresseur de votre club muni d'un surfiltre.

a) Dans quel ordre allez-vous introduire les gaz dans les bouteilles ? Justifiez votre réponse **(1 pt)**

*On introduit l'O<sub>2</sub> en premier, à un débit de 5 à 10 bars / minute, car le transfert des gaz dans les blocs produit un échauffement, qui pourrait entraîner une inflammation de l'O<sub>2</sub>. Ensuite on complète avec l'air du compresseur.*

b) Quel est le rôle du surfiltre situé à la sortie du compresseur ? **(0.5 pt)**

*Eliminer les traces d'huile qui pourraient contaminer les blocs Nitrox et entraîner un risque d'inflammation de l'O<sub>2</sub>.*

c) Vous disposez d'une B50 d'O<sub>2</sub> pur gonflée à 200 bars.

- Combien de blocs de 15 litres à 230 bars pouvez-vous remplir avec du Nitrox 40/60 ? **(2 pts)**
- Quelle sera la pression résiduelle dans la B50 à l'issue de ce gonflage ? **(2 pts)**

*(Remarque : on suppose que les blocs sont vides avant le gonflage et que l'air est composé de 20% d'O<sub>2</sub> et de 80% de N<sub>2</sub>. Tous les calculs seront effectués en pression relative, on néglige la pression résiduelle dans les blocs vides)*

• **Pour fabriquer du Nitrox 40/60** : Il faut  $230 \times 0,6 = 138$  bars de N<sub>2</sub> et  $230 \times 0,4 = 92$  bars d'O<sub>2</sub>

- Les 138 bars de N<sub>2</sub> correspondent à  $138 / 0,8 = 172,5$  bars d'air

- Ces 172,5 bars d'air apportent  $172,5 \times 0,2 = 34,5$  bars d'O<sub>2</sub> qu'il faudra retirer de la quantité à ajouter.

- Donc  $92 - 34,5 = 57,5$  bars d'O<sub>2</sub> pur sont à introduire avec la B50.

- Pour un bloc de 15 l cela représente  $15 \times 57,5 = 862,5$  litres

• La B50 contient  $200 \times 50 = 10\ 000$  litres d'O<sub>2</sub>, mais tout ne sera pas utilisable, car il doit rester une pression minimale de 57,5 bars dans la B50 pour que le transfert d'O<sub>2</sub> puisse s'effectuer vers les blocs vides.

- La quantité d'O<sub>2</sub> pur utilisable est de  $10\ 000 - (50 \times 57,5) = 7\ 125$  litres

- On peut remplir  $7\ 125 / 862,5 = 8,3$  soit 8 blocs.

- Lorsque le 8<sup>ème</sup> bloc aura été rempli, il restera  $10\ 000 - (8 \times 862,5) = 3\ 100$  litres dans la B50, soit une pression résiduelle de  $3\ 100 / 50 = 62$  bars

d) Que peut-on faire pour utiliser la B50 en totalité ? **(0.5 pt)**

*Utiliser un stick mélangeur ou un surpresseur à O<sub>2</sub>*

e) - A quelle profondeur maximum, lue sur un ordinateur de plongée, peuvent évoluer les plongeurs avec ce mélange en plongeant dans un lac de montagne situé à 2 000 mètres d'altitude ? (on considère que la limite maximale admissible de PpO<sub>2</sub> est de 1,6 bars) **(0,5 pt)**

*PpO<sub>2</sub> = Pabs x (%O<sub>2</sub> dans le mélange/10) soit Pabs =  $1,6 / 0,4 = 4$  bars. A 2000 mètres d'altitude, P<sub>atm</sub> = 0,8 bar donc P relative =  $4 - 0,8 = 3,2$  bars. La profondeur maximale d'utilisation est donc de **32 m**, lue à l'ordinateur (qui donne la profondeur réelle).*

- A quelle profondeur équivalente en mer correspond cette valeur ?

*Profondeur équivalente mer = Profondeur réelle de la plongée en lac x (pression atm en mer / pression atm en lac)*

*=  $32 / 0,8 = 40$  m **(0,5 pt)***



## SUJET N°2 : la vision sous l'eau (6 pts)

a) Décrivez les principales modifications qui perturbent notre vision sous l'eau et leur incidence au cours de la plongée (3 pts)

□ **La réfraction des rayons lumineux** : le port du masque oblige la lumière à traverser deux milieux différents avant de parvenir à l'œil : l'eau puis l'air. Les rayons lumineux sont déviés car la vitesse de propagation de l'onde lumineuse est plus grande dans l'air que dans l'eau : c'est le phénomène de réfraction.

- **Conséquences** : les objets apparaissent plus grands d'un tiers de leur taille réelle et plus proches d'un quart de leur distance réelle par rapport à l'observateur.

□ **Le rétrécissement du champ visuel** dépend de la jupe du masque, de sa position par rapport à l'œil du plongeur, mais aussi de la taille et de la configuration du masque. Il peut dépasser 50 % des valeurs normales (environ 180°) et se produit dans toutes les directions.

- **Conséquences** : le plongeur doit tourner la tête ou pivoter le corps pour observer les autres plongeurs ou la surface. Les purges du gilet, le manomètre ou le détendeur de secours doivent pouvoir être trouvés et manipulés

sans les visualiser directement, ce qui peut poser des problèmes aux plongeurs débutants. Les signes de plongée doivent être amples et effectués en face du masque de l'observateur pour être correctement vus.

• **La luminosité diminue** au fur et à mesure que la couche d'eau, c'est-à-dire la profondeur augmente. En eau claire, la luminosité est diminuée de 40% à 1 m, 75% à 5 m, et de 93% à 20 m (valeurs indicatives non exigées dans la réponse). La présence de particules dans l'eau amplifie le phénomène en déviant les rayons lumineux : c'est le phénomène de diffusion.

- **Conséquences** :

- Lorsque la luminosité est faible, les membres d'une palanquée doivent être moins nombreux et plus proches les uns des autres pour éviter de se perdre.

- Un éclairage adapté doit être prévu tant pour les plongeurs que pour les vidéastes.

- Les zones proches de la surface, plus éclairées, sont plus riches en flore et en faune sous marine que les zones plus profondes où la vie va progressivement se raréfier.

• **L'absorption des couleurs** : la lumière blanche est constituée de plusieurs longueurs d'onde correspondant à toutes les couleurs du spectre visibles. Le rouge disparaît en premier, vers 5 m, puis l'orange vers 10 à 15 m, le jaune entre 15 et 25 m, le vert vers 40 m. Au delà de 40 m ne subsiste que le bleu. (Les valeurs chiffrées ne sont pas exigées dans la réponse).

- **Conséquences** :

- risque de confusion dans les palanquées si on se fie uniquement aux couleurs des palmes ou de la combinaison des coéquipiers.

- intérêt d'avoir une lampe qui restitue les vraies couleurs : exploration ou photographies.

b) Un photographe sous marin observe un poisson dont il estime la taille à 60 cm et la distance **par rapport à l'objectif de son appareil à 1,50 mètre**. Quelles sont les valeurs réelles correspondant à ces estimations ? (1 pt)

□ le poisson apparaît plus gros d'un tiers de sa taille réelle. **Taille apparente = Taille réelle x 4/3 donc Taille réelle = Taille apparente x 3/4. Le poisson mesure en réalité  $60 \times 3/4 = 45$  cm**

□ il apparaît plus près d'un quart de sa distance estimée par rapport à l'objectif. **Distance apparente = Distance réelle x 3/4. Donc distance réelle = Distance apparente x 4/3 donc il est à  $1,5 \times 4/3 = 2$  m de celui-ci**

c) En vous appuyant sur des schémas simples, vous expliquerez les phénomènes suivants

- en été, **sous nos latitudes**, la luminosité en plongée est maximale aux alentours de midi (1 pt)

- en plongée de nuit, les plongeurs équipés d'une lampe ne sont pas toujours exactement situés à l'endroit que l'on peut estimer depuis la surface (1 pt)

(Nb aucun calcul d'angle n'est nécessaire).

Lorsque les rayons du soleil touchent la surface de l'eau :

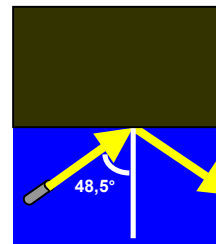
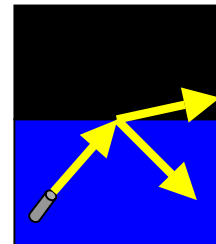
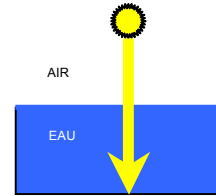
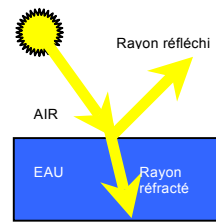
- une partie de la lumière est réfléchi par la surface de l'eau : c'est le phénomène de réflexion
- une autre partie pénètre dans l'eau en étant déviée : c'est le phénomène de réfraction

A midi en été, le soleil est au zénith. Les rayons pénètrent dans l'eau perpendiculairement à la surface. Le rayonnement n'est ni dévié, ni réfléchi, donc la luminosité est maximale.

En plongée de nuit, le rayonnement passe de l'eau à l'air. Les rayons qui sortent de l'eau sont déviés. L'observateur peut éprouver des difficultés à localiser les plongeurs avec précision.

Lorsque l'angle entre le rayonnement de la lampe et la perpendiculaire à la surface devient supérieur à une valeur particulière (=  $48^{\circ}5'$  valeur non exigée dans la réponse). Le rayonnement est entièrement réfléchi et le rayonnement réfracté disparaît.

Le plongeur n'est plus visible depuis la surface, sauf si l'observateur est situé directement au dessus de lui. Il verra dans ce cas un simple point lumineux.



### SUJET N°3 : l'activité de directeur de plongée (7pts)

Vous êtes MF2 et directeur de plongée du club associatif des Parlementaires Européens. Vous organisez une plongée en mer le long d'un tombant situé entre 10 et 63 mètres de profondeur. Les conditions météo sont idéales, la mer calme et sans courant. Le bateau de plongée, que vous pilotez est amarré au sommet du tombant. L'immersion de la première palanquée a lieu à 9h00, et la dernière doit être de retour à bord à 10h45.

L'effectif se compose de :

- 1 moniteur 3\* CMAS belge, titulaire de la qualification de moniteur associé 2<sup>ème</sup> degré FFESSM  
Pierre Pierre
- 1 plongeur 3\* CMAS allemand, titulaire de la qualification de Guide de Palanquée Associé FFESSM  
Hans Hans
- 2 stagiaires pédagogiques en préparation du MF1 de la FFESSM  
Patrick Patrick  
Jean Jean
- 1 plongeur 2\* CMAS espagnol  
Miguel Miguel
- 1 plongeurs N2 de la FFESSM  
Michel Michel

- 1 plongeur anglais titulaire de l'Advanced Open Water de SSI.  
Tom Tom
- 1 plongeur italien titulaire du Rescue Diver de PADI.  
Umberto Umberto
- 1 plongeur titulaire du N3 de la FSGT  
Yvon Yvon
- 1 plongeur 3\* CMAS autrichien  
Hans Hans
- 1 plongeur N3 de la FFESSM  
Claude Claude
- 1 plongeur N1 de la FFESSM titulaire de la qualification PE 40m  
Christian Christian
- 2 plongeurs débutants ayant validé les aptitudes 1, 2, 3 et 4 du N1 de la FFESSM  
Eric Eric  
Louis louis

*□ On veillera à ce que :*

- le code du sport soit respecté
- tout le monde plonge
- les palanquées soient cohérentes en termes de compétences
- les paramètres de profondeurs donnés aillent dans le sens de la sécurité, mais sans être exagérément restrictifs (bonnes conditions de plongée).
- les 2 moniteurs 2<sup>ème</sup> degré ne plongent pas en même temps
- les plongeurs SSI et PADI ne dépassent pas 40 m. Il paraît préférable d'appliquer aussi cette précaution aux plongeurs N3 en l'absence de renseignement sur leur expérience au delà de 40 m et compte tenu de l'hétérogénéité de cette palanquée.
- les deux stagiaires MF1 en situation soient encadrés par les moniteurs 2<sup>ème</sup> degré s'ils sont en situation d'enseignement, ce qui est une bonne occasion ici (NB : le moniteur associé 2<sup>ème</sup> degré belge a les mêmes prérogatives que le MF2 français dans ce domaine)

b) Justifiez brièvement vos choix de la question a). **(2 pts)**

*□ Les plongées sont limitées à 45 min palier compris de façon à :*

- respecter le timing global : il reste 5 minutes de marge lors de la sortie de la dernière palanquée
- éviter que les autonomes ne fassent des plongées trop saturantes.

*□ Les 2 moniteurs ne plongent pas ensemble : le second part lorsque le premier est remonté à bord.*

*□ Les palanquées partent en décalé à 5 minutes d'intervalle afin d'avoir une meilleure répartition des plongeurs sur le site.*

*□ Palanquée 1 : dans le cadre de son stage en situation, le stagiaire péda évalue les plongeurs tiers sous le contrôle du MF2, sans dépasser 20 m (recommandation CTN).*

*□ Palanquée 2 : palanquée plongeurs N3 hétérogène (nationalité, cursus, expérience inconnue). plongée d'exploration limitée à 40 m.*

*□ Palanquée 3 : Le stagiaire péda en situation N°2 encadre la première incursion à 20 m des débutants en fin de formation N1 sous le contrôle du Moniteur associé 2<sup>ème</sup> degré belge (ou du MF2 français).*

*□ Palanquée N°4 : LE GP associé allemand emmène les N2 en exploration. Profondeur maximale 40 m.*

c) Quelles consignes donnez-vous en tant que DP avant l'immersion ? **(2 pts)**

*□ Description du site, de ses points d'intérêt et de ses éventuels dangers*

*□ Conseils en terme de trajet pour les plongeurs en exploration.*

□ *Annonce de la constitution des palanquées, des profondeurs maximales autorisées, de la durée totale de la plongée et de l'ordre de mise à l'eau.*

□ *Rappel des consignes à appliquer en cas de :*

- *perte de palanquée*
- *sortie loin du bateau*
- *panne d'air*

□ *Consignes en cas d'accident :*

- *mode de rappel des plongeurs en immersion*
- *signaler toute situation anormale au moniteur resté en surface*
- *situation de la trousse de secours et de la valise d'oxygénothérapie*

□ *Les consignes spécifiques aux différentes palanquées sont données par leurs encadrants (N°1, 3 et 4)*

□ *Consignes aux autonomes : données devant le groupe, car bénéficieront aussi aux autres...*

- *rester groupés, ne pas dépasser 40 m, ne pas entrer dans d'éventuelles grottes, faire attention aux lignes et aux filets.*
- *ne pas faire de profil inversé*
- *planifier leur plongée de façon à gérer leur consommation d'air*
- *rappel des consignes en rapport avec la protection du milieu*



**Aspects théoriques de l'activité. Durée : 1 h 30 - Coefficient 3**

**Question 1 : La plongée aux mélanges Nitrox (8 pts)**

- a) Parmi les différents procédés existants, citez les 3 méthodes de fabrication d'un mélange Nitrox en précisant les avantages et les inconvénients pour chacune d'entre elles.
- b) Lors de la fabrication d'un Nitrox par transvasement d'O<sub>2</sub> pur vers les bouteilles à remplir, il faut absolument éviter un incident, lequel ? Comment l'expliquez-vous ? Comment l'évitez-vous ?
- c) Fabrication d'un mélange Nitrox 36/64. Vous ferez les calculs en pression relative (lecture manomètre), et en considérant la composition de l'air : 20 % O<sub>2</sub> et 80 % N<sub>2</sub>
- 1) Je veux remplir à 200 bars une bouteille de 15 L, "vide", avec du Nitrox 36/64. Donnez la procédure et la méthode de calcul.
  - 2) Je replonge avec cette bouteille. Mon manomètre affiche 40 bars. Je veux regonfler celle-ci avec un Nitrox 40/60. Même question que ci-dessus.

**Question 2 : Le compresseur (8 pts)**

- a) Bouteilles tampons  
Notre station de gonflage située au niveau de la mer est composée de 10 bouteilles tampons de 50 litres à 220 bars, montées en série. On veut gonfler simultanément, à 180 bars, six blocs de 12 litres chacun. Au départ, deux blocs sont vides, deux autres sont encore gonflés à 30 bars, les deux derniers affichent au manomètre 84 bars.  
Quelle sera la pression finale dans les tampons ?
- b) Pour gonfler les bouteilles tampons, et éventuellement les blocs en direct, on utilise un compresseur de 12 m<sup>3</sup> / h théorique ; Expliquez comment se définit cette notion de débit théorique.
- c) Il comporte 4 étages. On admettra par facilité que le taux de compression de 4 est identique pour chacun d'eux,  
La vitesse de rotation de celui-ci est de 1 300 tours / min
- 1) Que signifie : un taux de compression égal à 4 ?
  - 2) Quelle est la pression finale théorique que peut vous délivrer votre compresseur ?
  - 3) Quelle est la cylindrée (volume) du premier étage ?
- d) Comprimer de l'air de qualité dite « respirable » (norme EN.) à de hautes pressions, rend nécessaire un certain nombre de dispositifs de filtration : quels sont-ils et donnez le rôle de chacun d'eux ?
- e) Au niveau de la mer, ce compresseur est utilisé pour gonfler un bloc de 15 litres "vide" jusqu' à 230 bars. Calculez le temps de ce gonflage.  
Une station de gonflage identique se trouve à 2 000 mètres d'altitude. Comment le gonflage de ce même bloc sera-t-il modifié ?

**Question n°3 : Optique et acoustique (4 pts)**

- a) Citez et définissez les modifications des rayons lumineux pénétrant dans l'eau. Donnez un exemple pratique en rapport avec chaque phénomène défini.
- b) En plongée, pour voir nettement, le port du masque est obligatoire, pourquoi ?
- c) Dans quelle mesure notre appréciation sous-marine des tailles et des distances va-t-elle être modifiée ?
- d) En immersion, le plongeur entend, mais il lui est difficile de trouver l'origine de ces sons. Pourquoi ?

**Aspects théoriques de l'activité. Durée : 1 heure coefficient 3**

**Eléments de correction**

**Question n° 1 La plongée aux mélanges Nitrox**

**a) 3 procédés de confections des Nitrox**

- Mélange par pression partielle (lyre), le plus courant :

Avantages : pouvoir utiliser les tampons d'oxygène jusqu'à une basse pression (si emploi d'un supprimeur), obtention de mélanges de très bonne précision.

Inconvénients : nécessité d'avoir des blocs oxy-compatibles, double manipulation des blocs pour un gonflage (oxygène puis air), attendre 24 h pour l'homogénéisation. En l'absence de surpresseur, gâchis en  $O_2$ .

Remarque : cette méthode ne permet pas l'utilisation de bouteilles non spécifiques car, lors de leur remplissage en  $O_2$ , on dépasse la valeur limite de 40 %.

- Mélange par flux continu (ou injection par stick)

Avantages : pas nécessaire d'attendre 24 h pour l'homogénéisation, ajustement de la concentration en temps réel avec bonne précision du mélange final souhaité ; on peut utiliser les réserves d'  $O_2$  jusqu'au bout car on injecte à la pression atmosphérique, utilisation d'  $O_2$  liquide (faible coût), temps de fabrication identique que le gonflage à l'air sur grande série.

Inconvénients : Fabrication d'un mélange à 40 % max en oxygène.

- Fabrication par « dénitrogénéation » : membrane

Avantages : Le mélange se fait à la pression atmosphérique, commode quand approvisionnement en oxygène difficile, permet la production de grande quantité de Nitrox.

Inconvénients : Coût de l'installation et comme avec la méthode par flux continu, ne permet pas la confection de Nitrox à plus de 40 % d' $O_2$

**b) Avec la manipulation de l'oxygène, on veut éviter l'échauffement brutal** voire l'explosion violente qui peut brûler les circuits, les vannes et les détendeurs. Il s'agit du phénomène de compression adiabatique : lorsqu'un gaz est comprimé brutalement, sans échange de chaleur, sa température s'élève considérablement.

Dans notre cas, l'ouverture brutale d'une vanne rapide peut donner à l' $O_2$  une vitesse de circulation supersonique. Cette vitesse entraînera une compression rapide dès le premier ralentissement qui peut faire augmenter considérablement la température du gaz jusqu'à atteindre rapidement le point d'auto inflammation de l' $O_2$  (comburant par définition) et des matériaux utilisés (flexibles, joints, etc.).

Pour éviter cet incident : matériels en contact avec  $O_2$  bien dégraissés, locaux, mains et vêtements propres, pas de poussières.

Ouverture lente des bouteilles d'O<sub>2</sub>

Proscrire l'utilisation de vannes 1/4 de tour

Utilisation de limiteurs de débit (transfert < 5 bars/minute)

### c) Fabrication de mélange nitrox 36/64 : Procédure par pression partielle

1) En 2 temps : transvasement de x bars d'oxygène pur dans le bloc à gonfler puis ajouter de l'air comprimé pour obtenir la pression finale souhaitée.

La bouteille est considérée comme vide. On néglige les 15 litres d'air à 1 bar

Je veux 200 bars de Nitrox 36/64 :

- c.a.d:  $200 \times 64\% = 128$  bars d'azote
- pour cela, il me faut :  $128/0,80 = 160$  bars d'air
- Il me manque donc :  $200 - 160 = 40$  bars d'O<sub>2</sub> que je complète avec 160 bars d'air.

2) La bouteille n'est pas vide et je veux enrichir le mélange :

Même procédure que précédemment

Enrichissement du mélange initial

Il me reste 40 bars de Nitrox 36/64,

- soit :  $40 \times 64\% = 25,6$  bars d'azote

Je veux 200 bars de Nitrox 40/60 :

- c.a.d:  $200 \times 60\% = 120$  bars d'azote
- Il me manque donc :  $120 - 25,6 = 94,4$  bars d'azote
- pour cela, il me faut :  $94,4/0,80 = 118$  bars d'air
- Il me manque donc :  $200 - (118+40) = 42$  bars d'O<sub>2</sub> que je rajoute aux 40 bars restants du mélange Nitrox 36/64 et que je complète avec les 118 bars d'air.

## Question n°2

### a) Problème de bouteilles tampons

- Quantité d'air transférée prélevée dans les tampons

$$12( (2 \times 180) + 2 \times (180 - 30) + 2 \times (180 - 84) ) = 10224 \text{ litres}$$

- reste dans les tampons

$$110000 - 10224 = 99776$$

- Pression finale dans les tampons

$$99776 / 500 = 199,55 \text{ bars}$$

### b) Débit théorique

Le débit théorique d'un compresseur à piston est mesuré à l'aspiration, à la pression atmosphérique de 1b. Il est déterminé par la cylindrée du premier étage (le volume de son premier étage) et la vitesse de rotation. A la pression atm de 1 b, le débit d'aspiration est donc égal au débit de sortie.

Débit d'aspiration = Volume du 1<sup>er</sup> étage x Vitesse de rotation.

En altitude ( $P_{atm} < 1b$ ), il convient de considérer le débit à la sortie du compresseur à la place du débit théorique. Il faut donc introduire le facteur correctif habituel :  $P_{atm \text{ alt}} / P_{atm \text{ mer}}$

Le débit à la sortie du compresseur est donc : Débit = V 1<sup>er</sup> étage x Vitesse x  $P_{atm \text{ alt}} / P_{atm \text{ mer}}$

Le débit en air comprimé du compresseur diminue. Pour un même bloc avec une même pression finale au niveau de la mer et en montagne, le temps de gonflage sera plus long en altitude qu'au bord de la mer, dans le rapport  $P_{atm \text{ alt}} / P_{atm \text{ mer}}$ .



**c) Définitions :**

1) Définition du taux de compression

Le taux de compression pour un piston, est, en théorie, le rapport entre le volume maximum et minimum qui se trouve au-dessus du piston pendant son mouvement alternatif.

Pour le compresseur c'est le facteur multiplicateur que l'on incrémente, à chaque cycle, pour chaque étage de ce compresseur.

2) Pression finale théorique

Compresseur à 4 étages soit  $4 \times 4 \times 4 \times 4 = 256$  bars

3) Cylindrée du premier étage du compresseur

Débit d'air par minute :  $12\ 000 / 60 = 200$  litres

Volume d'air aspiré à chaque cycle dans premier étage =  $200 / 1\ 300 = 0.15$  litre soit 150 cm<sup>3</sup> = cylindrée du premier étage

**d) Dispositifs de filtration pour purification de l'air**

**En amont du bloc compresseur**

- Crépine d'aspiration (pas obligatoire) Placée à l'entrée de l'aspiration de la prise, permet un pré-filtrage des gros débris (feuilles, insectes ...)

- Filtre à l'aspiration : l'air atmosphérique aspiré par les compresseurs est chargé d'une quantité plus ou moins importante d'impuretés solides : poussière, fines particules de cendres, de sable...A l'aspiration du compresseur, il est nécessaire de placer une cartouche filtrante (papier plissé) pour éviter tous risques d'abrasion mécanique rapide et un grippage des segments.

**Inter étages**

Refroidissement de l'air → condensation → eau dans l'air + huile de lubrification dans air

Séparateurs → éliminent les condensats (émulsion eau-huile) par :

Soit séparateur centrifuge

Soit séparateur à choc

**En aval du bloc compresseur**

Les filtres

- Filtres mécaniques.

Une barrière mécanique est créée par un élément poreux. Le flux d'air le traversant, les particules solides heurtent l'élément filtrant et sont collectées dans les pores.

- Les filtres à action adsorbante.

Le processus est basé sur le pouvoir adsorbant c.a.d le pouvoir de pénétration superficielle d'un gaz ou d'un liquide vis-à-vis d'un solide. Selon le type d'adsorbant, on obtient une efficacité sélective sur :

- Les hydrocarbures, goûts et odeurs par le charbon activé ou actif.

- Les composés oxygénés (H<sub>2</sub>O) par le tamis moléculaire.

**e) Calculs des différents débits**

- Au niveau de la mer

Volume en air de la bouteille :  $15 \times 230 = 3450$  litres

Temps de gonflage :  $60 \times 3450 / 12\ 000 = 17.25$  minutes soit 17 minutes et 15 secondes

- En altitude

Pression atmosphérique = 0.8 bar

Débit horaire :  $12\ 000\ L \times 0.8 = 9600$  litres

Si bloc complètement vide et à la pression atmosphérique du lieu.

Temps de remplissage du bloc 15 litres : Vide, le bloc contient 15 litres à 0.8 bar soit 12 litres d'air à 1 bar. On néglige la différence de volume à la pression normobare.

Temps de gonflage :  $60 \times 3450 / 9\ 600 = 21,56$  minutes soit 21 minutes et 34 secondes

En altitude, il faut plus de 4 minutes supplémentaires pour gonfler la même bouteille (volume et pression) qu'à l'altitude « niveau de la mer »

### Question n°3 Optique et acoustique

a) Modification des rayons lumineux pénétrant dans l'eau

Les rayons lumineux pénétrant un liquide (milieu d'indice différent) subissent des phénomènes physiques.

- **Réflexion** : les rayons lumineux sont réfléchis sur la surface de l'eau selon l'angle d'incidence.

En plongée : Pour profiter le maximum de la lumière du jour, il faut plonger quand le soleil est au zénith, pas de réflexion. Ex : Réflexion moindre si surface sans clapot.

- **Réfraction** : en rentrant dans l'eau, la partie du rayon lumineux qui n'est pas réfléchi va changer d'angle de direction (variable selon de l'indice de réfraction)

Ex : On retrouve ce phénomène avec le port du masque. V. Vision sous marine

- **Absorption** : atténuation par le milieu aquatique des rayonnements en fonction de leur longueur d'onde et de la profondeur. Transformés en chaleur

En plongée : L'intensité lumineuse diminue avec la profondeur ; de jour, les couleurs disparaissent plus ou moins rapidement. Besoin d'apport de lumière artificielle pour restituer les bonnes couleurs en immersion.

- **Diffusion** : Phénomène d'atténuation des rayons lumineux par réflexions et réfractions successives dans le milieu aquatique.

En plongée : Phénomène lié aux particules en suspension sur lesquels les rayons lumineux vont se réfléchir et être absorbés en se réfractant.

b) Vision sous marine

En vision aérienne, l'œil (la cornée) accommode en faisant converger les rayons lumineux sur la rétine (fond de l'œil) : l'image est nette. Dans l'eau, sans masque, la cornée est inopérante et l'image se forme en arrière de la rétine → l'image est floue. Pour retrouver une image nette, il faut intercaler de l'air (vision aérienne) → rôle du masque.

c) Les rayons lumineux qui passent de l'eau à l'air vont être déviés par réfraction divergente. L'angle sous lequel nous voyons les objets est donc plus grand → nous voyons les objets plus gros (facteur 4/3) et plus proches (facteur 3/4)

d) Sur terre, la vitesse de propagation du son est de ~330 mètres/seconde. A cette vitesse, grâce au système auditif humain et par l'écartement des 2 oreilles, il nous est permis d'entendre mais aussi de localiser, dans l'espace, la direction de la source sonore.

Sous l'eau, la vitesse de propagation du son, est près de 5 fois plus rapide que dans l'air (~1500 mètres /seconde) → délai de perception raccourci de 5 fois.

Mais le son se déplace trop vite, l'espace entre les 2 oreilles n'est pas assez important et la boîte crânienne joue le rôle de caisse de résonance qui amplifie la réception → d'où détermination de la l'origine de la source sonore impossible.

## Aspects théoriques de l'activité (coefficient 3, 1h30)

### 1. Calcul de tampon et gonflage :

Vous disposez d'une rampe avec 4 sorties alimentée par 3 tampons pouvant être indépendants de 50 litres chacun, gonflés à 250 bars (lus manomètre) et vous désirez remplir sur la même rampe 4 blocs de 15 litres dans lesquels il reste 40 bars (\*) (PS = 230 bars)

a) Vous souhaitez gonfler les blocs de façon à obtenir la plus grande pression dans ces derniers. Vous utiliserez la méthode la plus rationnelle. Quelle sera la pression finale (Sans tenir compte de l'augmentation de la température)? (3 points)

b) A l'issue du gonflage, en réalité le manomètre indiquait 230 b. La température ambiante étant de 20°C, quelle était la température de l'air dans les blocs immédiatement à la fin du gonflage ? (2 points)

### 2. Notions sur le compresseur

Vous avez décidé de donner à vos stagiaires des notions sur l'entretien des compresseurs et les règles générales de fonctionnement des stations de gonflage.

a) Quels sont les risques potentiels liés au gonflage ? (1 point)

b) Quelles précautions devront-ils prendre avant, pendant et après le gonflage ? (2 points)

c) Légendez le schéma 1 (fiche jointe) puis expliquez le principe de la compression. (2 points)

d) Légendez le schéma 2 (2 points)

e) Légendez le schéma 3. Expliquez son mode de fonctionnement. Donnez les raisons pour lesquelles il est particulièrement indispensable. (2 points)

### 3. Organisation d'un stage de formation de plongeurs

A la suite de demandes de membres de votre club, vous concevez une évaluation formative pour accorder à ces plongeurs les aptitudes conformes au nouveau code du sport.

Ce stage concerne 6 plongeurs, 4 N2 et 2 N3 :

✓ 2 élèves N2 postulent pour l'aptitude PA40

✓ 2 élèves N2 postulent pour l'aptitude PE 4

✓ 2 N3 récemment certifiés par un E3 veulent parfaire leur formation afin de pouvoir évoluer sereinement en autonomie jusqu'à 60m.

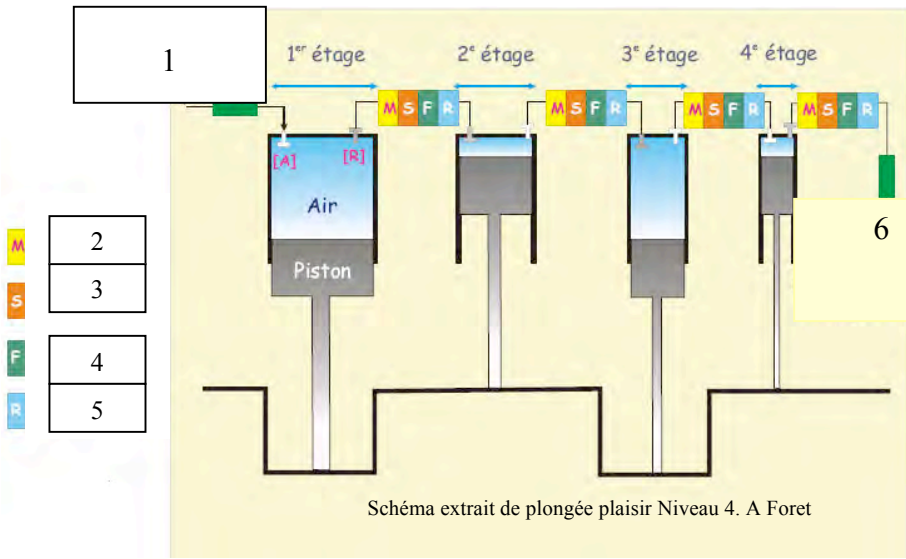
a) Fixez la durée de votre stage. (1 point)

b) Présentez le programme sous la forme d'un tableau (3 points)

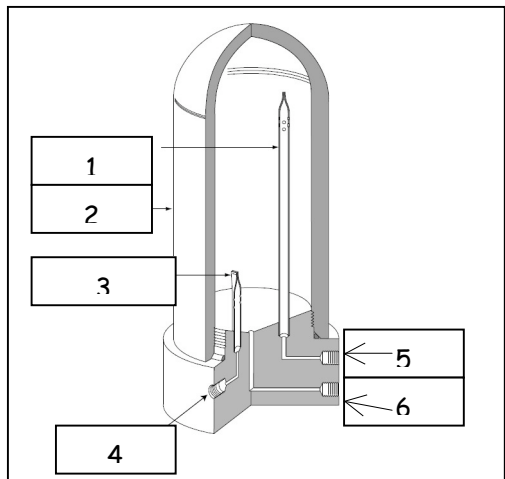
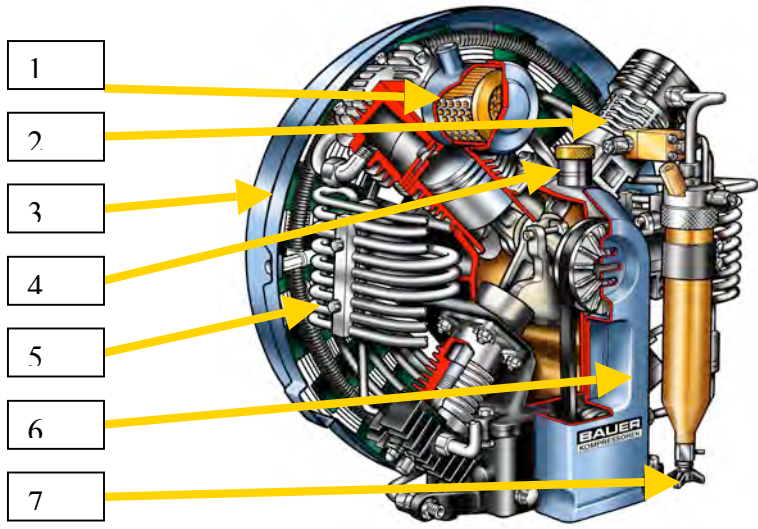
c) Précisez les moyens et l'encadrement que vous jugez nécessaires. (2 points)

## Schémas fournis pour la question 2.

Principe de fonctionnement d'un compresseur



Coupe d'un compresseur "Bauer"



7 : Titre : .....

**Aspects théoriques de l'activité (coefficient 3, 1h30)**  
*Eléments de correction*

**1. Calcul de tampon et gonflage :**

Vous disposez d'une rampe avec 4 sorties alimentée par 3 tampons de 50 litres chacun, gonflés à 250 bars (lus manomètre) et vous désirez remplir sur la même rampe 4 blocs de 15 litres dans lesquels il reste 40 bars (\*) (PS = 230 bars)

a) Vous souhaitez gonfler les blocs de façon à obtenir la plus grande pression dans ces derniers. Vous utiliserez la méthode la plus rationnelle. Quelle sera la pression finale (sans tenir compte de l'augmentation de la température)? (3 points)

b) A l'issue du gonflage, en réalité le manomètre indiquait 230 b. La température ambiante étant de 20°C, quelle était la température de l'air dans les blocs immédiatement à la fin du gonflage ? (2 points)

Eléments de correction :

1) Si on utilise les 3 tampons simultanément, la pression sera de :  $(3 \times 50 \times 250 + 4 \times 15 \times 40) / (3 \times 50 + 4 \times 15) = 190 \text{ b}$

Si on utilise les 3 tampons successivement, la pression évoluera comme suit :

1er tampon :  $(1 \times 50 \times 250 + 4 \times 15 \times 40) / (1 \times 50 + 4 \times 15) = 135,5 \text{ b}$

2ème tampon :  $(1 \times 50 \times 250 + 4 \times 15 \times 135,5) / (1 \times 50 + 4 \times 15) = 187,5 \text{ b}$

3ème tampon:  $(1 \times 50 \times 250 + 4 \times 15 \times 187,5) / (1 \times 50 + 4 \times 15) = 215,9 \text{ b}$

La seconde méthode est la plus rationnelle et permet d'obtenir la plus haute pression dans les blocs.

**(3 pts)**

2) T = Température AIR juste après le gonflage ; est l'inconnue recherchée

La pression relevée à 20° était de 215,9 b arrondi à 216 b

Pression à l'issue du gonflage = 230 b

$$230 \times (273 + 20) / (273 + T) = 216 \quad 67390 / (273 + T) = 216$$

$$67390 = 216 \times (273 + T) \quad 67390 = 58968 + 216 T \quad 67390 - 58968 = 216 T$$

$$216 T = 8422 \quad T = 8422 / 216 = 38,99$$

$$T = 38,99 \text{ SOIT } 39^\circ\text{C}$$

**(2 pts)**

## 2. Notions sur le compresseur

Vous avez décidé de donner à vos stagiaires des notions sur l'entretien des compresseurs et les règles générales de fonctionnement des stations de gonflage.

- a) Quels sont les risques potentiels liés au gonflage ? (1 point)
- b) Quelles précautions devront-ils prendre avant, pendant et après le gonflage ? (2 points)
- c) Légendez le schéma 1 (fiche jointe) puis expliquez le principe de la compression. (2 points)
- d) Légendez le schéma 2 (2 points)
- e) Légendez le schéma 3. Expliquez son mode de fonctionnement. Donnez les raisons pour lesquelles il est particulièrement indispensable. (2 points)

### Éléments de correction :

#### **a) Les risques potentiels :**

- Les risques électriques : électrocution et incendie
  - Les risques physiques : explosion, projection et fouettement des flexibles
- Intoxication, brûlure, glissade, écrasement de membre, atteinte du système auditif.  
(1 pt)

#### **b) Les précautions à prendre :**

Avant le gonflage, la personne qui est en chargé doit procéder à un examen de la station afin d'en repérer les éléments de sécurité ainsi que l'agencement général.

La personne chargée du gonflage doit se référer aux consignes d'entretien et de gonflage :

#### **En matière d'entretien :**

Lubrification

Nettoyage

Evacuation des condensats

#### **En matière de gonflage :**

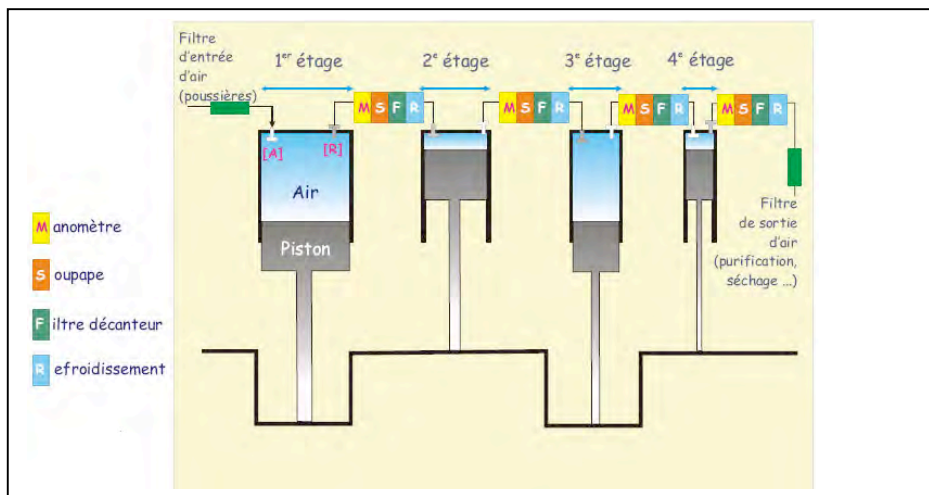
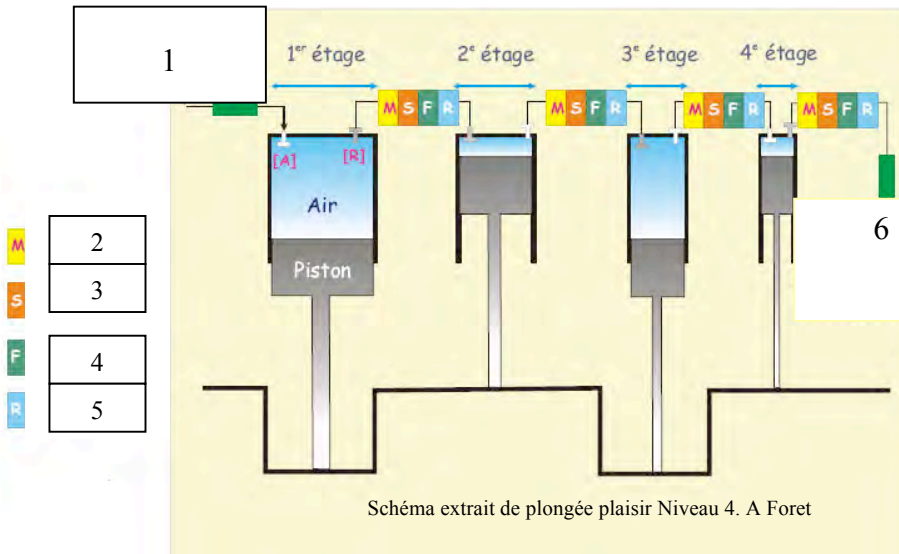
Chronologie des opérations depuis la mise en marche

Chronologie des opérations jusqu'à l'arrêt complet

La gestion administrative => pour les vidanges, le renouvellement des filtres, bref l'entretien, les contrôles divers...  
(2 pts)

## Schémas fournis pour la question 2.

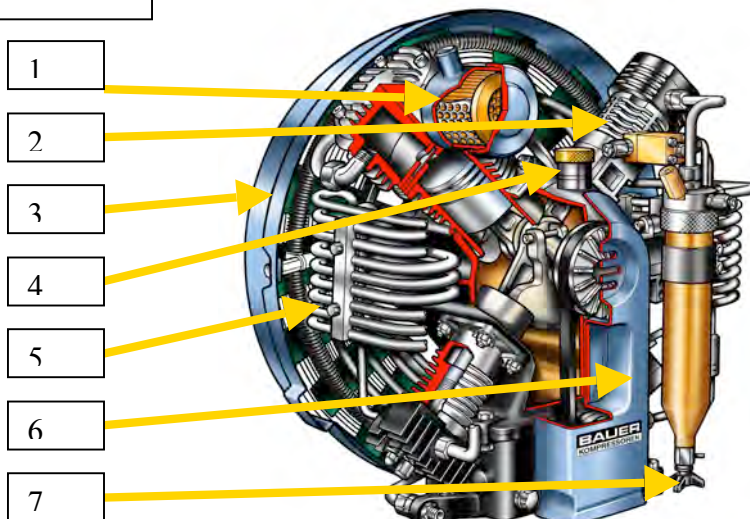
### Principe de fonctionnement d'un compresseur



(2 points)

### Coupe d'un compresseur "Bauer"

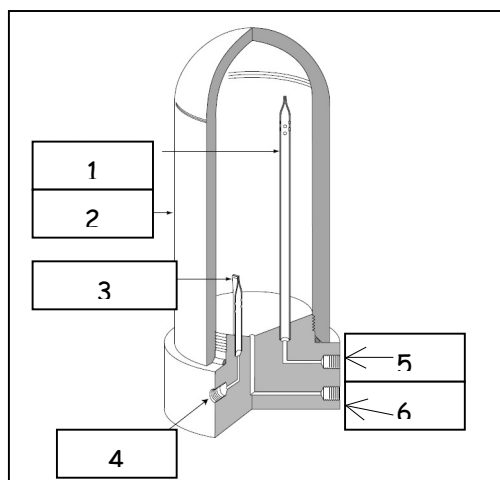
1. Filtre à air
2. Etage
3. Capot de protection
4. Bouchon de remplissage d'huile
5. Tubulure
6. Carter
7. Purge



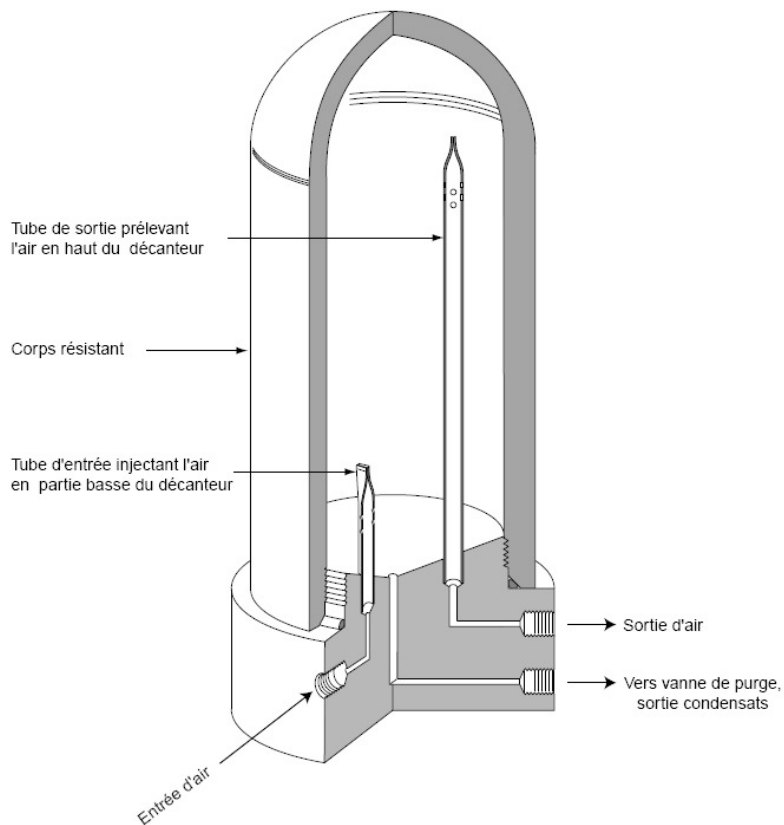


(2 points)

## Décanteur



**Commentaires : le décanteur permet de récupérer les résidus d'huile et d'eau encore présents dans le circuit d'air HP, avant entrée dans les bouteilles. Pièce essentielle pour éviter que ces résidus ne se retrouvent dans les blocs...Prévention de la corrosion pour les blocs et prévention du givrage des détendeurs utilisés en eau froide**



(2 points)



### 3. Organisation d'un stage de formation de plongeurs

A la suite de demandes de membres de votre club, vous concevez une évaluation formative pour accorder à ces plongeurs les aptitudes conformes au nouveau code du sport.

Ce stage concerne 6 plongeurs, 4 N2 et 2 N3 :

- ✓ 2 élèves N2 postulent pour l'aptitude PA40
- ✓ 2 élèves N2 postulent pour l'aptitude PE 4
- ✓ 2 N3 récemment certifiés par un E3 veulent parfaire leur formation afin de pouvoir évoluer sereinement en autonomie jusqu'à 60m.

- d) Fixez la durée de votre stage. (1 point)
- e) Présentez votre programme sous la forme d'un tableau (3 points)
- f) Précisez les moyens et l'encadrement que vous jugez nécessaires. (2 points)

Éléments de correction :

**Le cadre servant à délimiter cet exercice est celui prévu par le code du sport et le MFT.**

Le candidat devra mettre en avant sa connaissance du contexte défini par le code du sport et des diverses aptitudes auxquelles il y est fait référence. Les cursus fédéraux devront également être connus.

Le candidat devra exposer son programme qui devra comporter l'évaluation des 3 aptitudes prévues en conformité avec le code du sport, mais également le MFT.

## Aspects théoriques de l'activité : Durée 1h30 : Coefficient 3

### Question 1 - Installation d'une station de gonflage (8 points)

Vous êtes le seul moniteur 2<sup>ème</sup> degré d'un tout nouveau club qui vient de voir le jour. Votre président vous demande de le conseiller sur la création de la station de gonflage. Il vous donne les éléments suivants :

- Le club vient de commander 25 blocs 12 litres à 200 bars.
  - Il souhaite que le gonflage ne dure que 2 heures maximum en prenant comme référence le gonflage complet des blocs du club.
  - Il souhaite une proposition avec un compresseur qui puisse, le cas échéant, gonfler des blocs à 230 bars, dans la perspective d'optimiser le futur parc de blocs.
  - Il veut également une proposition avec des bouteilles tampons de 50 L à 300 bars.
1. Évaluez le débit nécessaire du compresseur (1,5 points)
  2. Calculez le nombre de bouteilles tampons à 300 b, en une seule série, qui devraient être utilisées pour gonfler tous les blocs de 12 L, sans démarrer le compresseur (1,5 points)
  3. Étant donnée l'installation que vous avez recommandée, avec les bouteilles tampons à 300 b, utilisez le graphique joint pour en tirer les conclusions qui s'imposent. (1,5 point).
  4. Compte tenu de ces différentes données, qu'allez-vous préconiser pour optimiser cette station de gonflage ? (1 point)
  5. Votre président vous pose des questions sur les différentes pannes d'un compresseur. Vous lui donnez les causes possibles. (2,5 points)  
Vous remplirez le tableau de la feuille jointe.

### Question 2 - Organisation (4 points)

Vous êtes MF2, responsable d'un club dans lequel deux N3 nouvellement diplômés par un MF1 souhaitent suivre une formation complémentaire afin de pouvoir jouir en toute sécurité de leurs prérogatives de PA4. Par ailleurs, trois autres membres de ce même club, N1 très chevronnés, désirent obtenir la qualification PE40. Ces deux formations seront effectuées au cours d'un ou plusieurs stages de deux jours en fin de semaine.

1. Définissez vos objectifs de formation pour chacune de celles-ci (1 points)
2. Présentez votre projet d'organisation pour mener à bien ces deux tâches. Si vous le souhaitez, il vous est possible, de solliciter de l'aide, en minimisant néanmoins les coûts de formation pour vos élèves (3 points)

### Question 3 - Flottabilité du plongeur (8 points)

Un stagiaire niveau 4 est équipé d'une combinaison néoprène dont le volume total est de 5 L. Il a un lestage qui lui permet d'être équilibré à 5 mètres quand il reste dans son bloc 50 bars (1L d'air à Patm pèse 1,3 g).

On considère que l'équilibre est obtenu lorsque le plongeur est « au milieu » de son volume courant qui est de 1 L.

Vous calculerez vos résultats avec deux décimales.

1. On considère qu'à 40 mètres, la combinaison perd la moitié de son volume et la pression dans le bloc de 15 L est de 180 bars. Quelle est la quantité d'air qui doit être mise dans le gilet pour être équilibré à cette profondeur et donnez la baisse de pression dans le bloc ? (2 points)(\*)

Au cours de l'exercice du vidage du masque, il met plusieurs coups de palmes et se retrouve 5 mètres plus haut. Comment est modifié le volume d'air qui se trouve dans le gilet ? (2 points)

3. Refaites les mêmes calculs avec ce candidat qui est surlesté de 2 kg. (2 points)
4. Donnez votre conclusion sur cet exemple. (2 points)

(\*) Pour cet exercice on considère que la densité de l'eau de mer est de 1.

## Eléments de correction

### Aspects théoriques de l'activité : Durée 1h30 : Coefficient 3

#### Question 1 - Installation d'une station de gonflage (8 points)

Vous êtes le seul moniteur 2<sup>ème</sup> degré d'un tout nouveau club qui vient de voir le jour. Votre président vous demande de le conseiller sur la création de la station de gonflage. Il vous donne les éléments suivants :

- Le club vient de commander 25 blocs 12 litres à 200 bars.
- Il souhaite que le gonflage ne dure que 2 heures maximum en prenant comme référence le gonflage complet des blocs du club.
- Il souhaite une proposition avec un compresseur qui puisse, le cas échéant, gonfler des blocs à 230 bars, dans la perspective d'optimiser le futur parc de blocs.
- Il veut également une proposition avec des bouteilles tampons de 50 L à 300 bars.

#### 6. Évaluez le débit nécessaire du compresseur (1,5 points)

$25 \times 12 \times 200 = 60000$  litres comme nous disposons de 2 h pour réaliser le gonflage, le débit horaire du compresseur doit être de :

$$60:2 = 30 \text{ M}^3/\text{h}$$

#### 7. Calculez le nombre de bouteilles tampons à 300 b, en une seule série, qui devraient être utilisées pour gonfler tous les blocs de 12 L, sans démarrer le compresseur (1,5 points)

$$(x \times 50 \times 200) + (25 \times 12 \times 200) = x \times 50 \times 300$$

$$x = 60000/5000 = 12 \text{ tampons}$$

Autre solution: le surplus de pression de 200 à 300b doit permettre de tout gonfler.

$$x \times 100 \times 50 = 60000$$

$$x = 60000/5000 = 12 \text{ tampons}$$

#### 8. Étant donnée l'installation que vous avez recommandée, avec les bouteilles tampons à 300 b, utilisez le graphique joint pour en tirer les conclusions qui s'imposent. (1,5 point).

C'est l'équation de Van der Waals.

Notre loi de Mariotte suppose que les gaz sont parfaits. Les molécules entre en collision et plus on comprime, plus il y a collision des molécules de gaz.

Nous pouvons avoir 12 tampons de 50 L. On peut lire la courbe et si on mesure effectivement 300 b, en réalité, c'est comme si on avait seulement 275 b en appliquant Mariotte. Donc dans les tampons il manque  $25 \times 600 = 15000$  L par rapport aux prévisions. Si on désire vraiment

avoir le volume d'air correspondant réellement à 300 b (Mariotte), il faut donc augmenter le nombre de tampon.

Nombre de tampons supplémentaires:

$$75 \times 50 \times X = 15\,000 \text{ L}$$

$$X = 15000 / (75 \times 50) = 4 \text{ Tampons}$$

Le nombre total de tampons à prévoir est donc de  $12 + 4 = 16$  Tampons

- Dans la correction, on tiendra compte de l'approximation du relevé du graphique qui doit rester cohérent avec le calcul prévisionnel.
9. Compte tenu de ces différentes données, qu'allez-vous préconiser pour optimiser cette station de gonflage ? (1 point)
- Ne pas brancher les tampons en une seule série mais en 2 voire 3 séries.
  - Il faut deux rampes car le club possède des bouteilles 200 b et souhaite des 230 b.
  - Les rampes doivent avoir au minimum 4 tuyaux de chargement et de soupapes de sécurité compte tenu du nombre de bouteille dans le club.
10. Votre président vous pose des questions sur les différentes pannes d'un compresseur. Vous lui donnez les causes possibles. (2,5 points)  
Vous remplirez le tableau de la feuille jointe.

Panne possible	Cause possible
Excès de pression inter étages	Défaut de clapet d'aspiration (0,5 pt)
Pression/débit insuffisant	Courroie détendue, fuite d'air dans le circuit, fuite au flexible, fuite sur une vanne, dysfonctionnement d'un clapet d'admission (0,5 pt)
Echauffement anormal	Circuit de refroidissement, sens de rotation (0,5 pt)
Bruit anormal - Claquement	Manque d'huile, transmission non alignée (0,5 pt)
Démarrage impossible	Panne moteur, manque d'essence ou d'électricité, pressio-stat enclenché (0,5 pt)

### Question 2 - Organisation (4 points)

Vous êtes MF2, responsable d'un club dans lequel deux N3 nouvellement diplômés par un MF1 souhaitent suivre une formation complémentaire afin de pouvoir jouir en toute sécurité de leurs prérogatives de PA4. Par ailleurs, trois autres membres de ce même club, N1 très chevronnés, désirent obtenir la qualification PE40. Ces deux formations seront effectuées au cours d'un ou plusieurs stages de deux jours en fin de semaine.

3. Définissez vos objectifs de formation pour chacune de celles-ci (1 point).

- Les deux N3 ont la compétence PA4 mais n'ont pas été formés à évoluer entre 40 et 60 mètres

- Il s'agit d'une prérogative du MF2
  - Il ne faut pas confondre PA4 du code du sport et formation à 60 mètres
  - Les objectifs de formation sont ceux du N3 afin d'obtenir les prérogatives complètes attachées à ce niveau en spécifiant l'espace d'évolution 40 à 60 mètres
  - On peut estimer normalement que l'autonomie dans l'espace 0-40 mètres est acquis pour les N3.
- 
- Pour les trois N1, ils souhaitent la compétence PE40m qui correspond à PE3 du code du sport
  - Ils sont chevronnés donc la qualification est possible
  - Les objectifs de formations se rapprocheront de :
    - Maîtrise des aptitudes PE-2
    - Maîtrise de la vitesse de descente lors de l'immersion
    - Maintien d'un palier avec utilisation d'un parachute
    - Connaissance des signes spécifiques à cette profondeur et maîtrise de la rapidité d'exécution dans les réponses
    - Maîtrise d'une remontée en sécurité en cas de perte de palanquée
4. Présentez votre projet d'organisation pour mener à bien ces deux tâches (vous pouvez présenter votre réponse sous forme d'un tableau). Si vous le souhaitez, il vous est possible, de solliciter de l'aide, en minimisant néanmoins les coûts de formation pour vos élèves (3 points).
- Le MF2 doit proposer l'aide d'un E3 pour rester dans l'esprit de la question
  - L'organisation devra prendre en compte les compétences des différents niveaux et précisera les objectifs de séance.
  - La progression fera apparaître un nombre de week-end cohérent et réaliste
  - La sécurité et le choix du site seront abordés

### Question 3 - Flottabilité du plongeur (8 points)

Un stagiaire niveau 4 est équipé d'une combinaison néoprène dont le volume total est de 5 L. Il a un lestage qui lui permet d'être équilibré à 5 mètres alors que dans son bloc il reste 50 bars (1L d'air à Patm pèse 1,3 g).

On considère que l'équilibre est obtenu lorsque le plongeur est « au milieu » de son volume courant qui est de 1 L.

Vous calculerez vos résultats avec deux décimales.

2. On considère qu'à 40 mètres, la combinaison perd la moitié de son volume et la pression dans le bloc de 15 L est de 180 bars. Quelle est la quantité d'air qui doit être mise dans le gilet pour être équilibré à cette profondeur et donnez la baisse de pression dans le bloc ? (2 points).(\*)

Si la combinaison perd la moitié de son volume on a :

5 l/2 donc on a un surpoids de 2,5 L

L'air =  $(180-50) \times 15 \times 1,3 = 2,53 \text{ kg}$

Le volume d'air à introduire dans le gilet sera donc de  $2,5 + 2,53 = 5,03 \text{ L}$  à 40 mètres.

La pression dans le bloc sera :  $(180 \times 15) - (5,03 \times 5) / 15 = 178,32 \text{ bars}$

La baisse de pression est donc de  $180 \text{ bars} - 178,32 \text{ bars} = 1,68 \text{ bar}$ .

Au cours de l'exercice du vidage du masque, il met plusieurs coups de palmes et se retrouve 5 mètres plus haut.

3. Comment est modifié le volume d'air qui se trouve dans le gilet ? (2 points)

Donc pression passe à 4,5 bars

Le volume d'air à 35 mètres :  $5 \times 5,03 / 4,5 = 5,59$

$5,59 - 5,03 = 0,56$  L d'augmentation du volume dans le gilet.

4. Refaites les mêmes calculs avec candidat qui est surlesté de 2 kg. (2 points)

Surpoids =  $5,03 + 2 = 7,03$  L

Volume d'air à 35 mètres =  $5 \times 7,03 / 4,5 = 7,81$  L

Pour le gilet on a :  $7,81 - 7,03 = 0,78$  L

5. Donnez votre conclusion sur cet exemple. (2 points)

On rencontre une difficulté de stabilisation évidente à cause du dépassement de la capacité de compensation du poumon ballast qui est à cette profondeur de 0,5 L. Le surlestage entraîne de facto une difficulté de stabilisation pouvant être très dangereuse à toute profondeur mais amplifiée dans un exercice à 35/40 mètres (essoufflement).

(\*) Pour cet exercice on considère que la densité de l'eau de mer est de 1.

Nom :

Prénom :

N° :

Panne possible	Cause possible
Excès de pression inter étages	
Pression/débit insuffisant	
Echauffement anormal	
Bruit anormal - Claquement	
Démarrage impossible	



### Comportement réel de l'air comprimé

