**Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur**

Durée 1h30 Coefficient 4

**Question 1 (8 points) Des éléments souvent négligés**

1. On évoque volontiers le stress comme étant un facteur pouvant être générateur de problèmes chez un plongeur. Une anxiété avérée avant une évaluation ou une plongée dans des conditions difficiles ou inhabituelles peut être génératrice de stress chez certains plongeurs.
2. Listez les manifestations physiologiques générées par le stress. (3 points)
3. Quelles peuvent en être les conséquences accidentelles chez le plongeur ? (1 point)
4. Les médecins conseillent fortement de boire régulièrement de l’eau avant et après la plongée. Justifiez ce conseil en répondant aux questions suivantes :
5. Précisez les causes de la perte hydrique de l’organisme d’un plongeur dans le cadre de son activité. (2 points)
6. Décrivez les mécanismes physiologiques mis en cause. (2 points)

**Question 2 (6 points) la nécessité de s’échauffer**

1. Un sportif, quelle que soit sa discipline, s’échauffe avant l’entraînement. Dans l’activité de plongée, on peut remarquer que certains candidats aux examens, avant les épreuves physiques négligent à tort cette phase préparatoire.
2. Définissez l’échauffement et précisez son objectif. (0,5 point)
3. Quelles sont ses répercussions sur l’organisme ? (2 points)
4. Quel serait la méthodologie d’un échauffement aux épreuves physiques du MF2 ou du GP-N4 ?

(1 point)

1. Quelle préparation physique pourriez-vous proposer à des candidats au MF2 ou au GP-N4 durant la saison hivernale ? (2,5 points)

**Question 3 (6 points) Le froid en plongée : comment le comprendre, comment sensibiliser ?**

Vous organisez un stage à la fin de l’hiver, en carrière en métropole, auquel participeront des stagiaires pédagogiques et des plongeurs de tous âges. En cette saison et en ce lieu, l’eau est particulièrement froide et la température de l’air plutôt fraîche.

1. Par quels mécanismes l’organisme lutte-t-il contre le froid ? (1 point)
2. Expliquer en quoi l’adaptation physiologique d’un enfant au froid est différente de celle d’un adulte ? (1 point)
3. En quoi le froid est-il un facteur favorisant d’autres accidents ? Quels sont ces accidents et par quels mécanismes sont-ils déclenchés ? (2 points)
4. Quels conseils donneriez-vous aux stagiaires pédagogiques, afin de limiter les risques liés au refroidissement ? (2 points)

**Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur**

**REFERENTIEL DE CORRECTION**

**Question 1 (8 points) Des éléments souvent négligés**

1. On évoque volontiers le stress comme étant un facteur pouvant être générateur de problèmes chez un plongeur. Une anxiété avérée avant une évaluation ou une plongée dans des conditions difficiles ou inhabituelles peut être génératrice de stress chez certains plongeurs.
   1. Listez les manifestations physiologiques générées par le stress. (3 points)

Le stress génère une série de manifestations physiologiques générées par la sécrétion de différentes hormones (adrénaline et noradrénaline). La libération de ces hormones va avoir un certain nombre d’impact sur l’organisme :

* Augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle,
* Amplification de la ventilation,
* Elévation de la glycémie,
* Modifications de la vasomotricité (donc de la répartition du sang) : vasodilatation dans certaines zones et vasoconstriction dans d'autres,
* Hypersensibilité aux bruits, aux odeurs, au contact,
* Irritabilité émotionnelle, anxiété, déprime,
* Sueurs abondantes,
* Dilatation des pupilles,
* Déséquilibre hormonal.

A plus ou moins long terme :

* Fatigue de l’organisme (surmenage) qui entraîne : Insomnie, irritabilité, agressivité,
* Difficultés de récupération
* Diminution de capacité de performance physique

1. Quelles peuvent en être les conséquences accidentelles chez le plongeur ? (1 point)

Difficultés à réagir calmement face à une situation improbable, un incident.

Perte de sa technicité, du contrôle respiratoire favorisant un essoufflement, une narcose, une panique éventuelle, une noyade, une surpression pulmonaire à la remontée ou un ADD.

1. Les médecins conseillent fortement de boire régulièrement de l’eau avant et après la plongée. Justifiez ce conseil en répondant aux questions suivantes :
   1. Précisez les causes de la perte hydrique de l’organisme d’un plongeur dans le cadre de son activité. (2 points)

* L’exposition au soleil, avoir chaud ou faire de l’exercice physique avant une plongée favorise la sudation ;
* Les gaz respirés en plongée sont secs et plus froid que l’air ambiant ;
* L’immersion entraîne une redistribution des masses sanguines du plongeur en faveur des régions centrales et au détriment des régions périphériques (*bloodshift*) favorisant la diurèse d’immersion ;
* L’immersion dans une eau à température inférieure à celle de la peau, entraîne également une redistribution sanguine vers le tronc favorisant aussi la diurèse d'immersion.
  1. Décrivez les mécanismes physiologiques mis en cause. (2 points)
* L’exposition à une température ambiante plus élevée que la température cutanée, comme l’exercice physique favorise la sudation donc la déshydratation.
* Les gaz secs respirés assèchent les bronches et celles-ci sont réhydratées par le sang qui les irrigue.
* Mécanisme de la diurèse d'immersion : le phénomène de *bloodshift* crée une hypervolémie cardiaque, stimulant les volorécepteurs. Le SNC entraîne une diminution de la sécrétion de l'hormone antidiurétique et donc une augmentation de l’activité rénale, entraînant une envie d’uriner. Lors du retour à bord, il y a redistribution des masses sanguines dans tout le corps, le sang est en général plus concentré et moins fluide qu’avant la plongée.
* Mécanisme de lutte contre le froid : les récepteurs thermiques cutanés renseignent l’hypothalamus de la température ambiante et celui-ci commande une vasoconstriction périphérique. Les organes centraux sont principalement irrigués, ce qui augmente l’hypervolémie cardiaque et donc la diurèse d’immersion.

**Question 2 (6 points) la nécessité de s’échauffer**

1. Un sportif, quelle que soit sa discipline, s’échauffe avant l’entraînement. Dans l’activité de plongée, on peut remarquer que certains candidats aux examens, avant les épreuves physiques négligent à tort cette phase préparatoire.
   1. Définissez l’échauffement et précisez son objectif. (0,5 point)

L’échauffement est la phase préparatoire de toute séance d’entraînement. Il est de durée plus ou moins longue et d’intensité plus ou moins importante.

Il a pour objectif d’établir un état optimal de préparation à la performance tant au plan physiologique que psychologique.

* 1. Quelles sont ses répercussions sur l’organisme ? (2 points)
* **Amélioration des possibilités organiques :**
  + Augmentation de la température corporelle ;
  + Stimulation progressive des fonctions respiratoire et circulatoire 🡪Augmentation du débit sanguin et de l’irrigation musculaire (dilatation des vaisseaux sanguins) ;
  + Augmentation de la vitesse de contraction musculaire ;
  + Meilleure utilisation de l’O2 (transport et diffusion tissulaire).
* **Amélioration de la coordination :**
  + Meilleure transmission de l’influx nerveux ;
  + Plus grande sensibilité proprioceptive ;
  + Economie d’énergie.
* **Optimisation psychologique à la réalisation de l’épreuve par une augmentation de l’attention et de la concentration.**
* **Prévention des blessures :**
  + Augmentation de la température des articulations ;
  + Baisse de la viscosité de la synovie ;
  + Baisse des frottements aux niveaux articulaire et musculaire ;
  + Réduction du risque de claquage, élongation, tendinite, etc.
  1. Quel serait la méthodologie d’un échauffement aux épreuves physiques du MF2 ou du GP-N4 ?

(1 point)

Il n’y a pas d’échauffement type. Cependant, il peut comprendre deux parties :

* Un échauffement généralisé permettant la mise en route de tous les systèmes (exercices légers, sautillements, course ou nage modérée, étirements actifs) ;
* Un échauffement spécifique par des exercices techniques et/ou exercices de concentration : visualisation des exercices de l’entraînement ou de l’épreuve à suivre, tenue du mannequin.

L’échauffement reste adapté à l’épreuve, progressif et dosé. Il ne doit pas entamer les réserves énergétiques, entraîner de fatigue superflue et amener une dispersion psychologique.

Exemple : épreuve 1500 m avec PMT, départ à 8h00.

7h30 : début échauffement

6 min de trottinement

6 min d’étirement actifs (rotation du tronc, du bassin, de la tête, des chevilles, lever de jambes, écartement des bras, moulinets souples, etc.)

8 min de relaxation et de mise en route psychologique

7h50 : mise à l’eau. 200 à 300m de nage souple coupée ou non d’apnées peu profondes de 10 à 20 secondes.

1. Quelle préparation physique pourriez-vous proposer à des candidats au MF2 ou au GP-N4 durant la saison hivernale ? (2,5 points)

Elle doit être au service des plongeurs et des épreuves préparées.

L’entraîneur doit donc au préalable analyser les caractéristiques des plongeurs et leur niveau de maîtrise au regard des exercices.

Elle peut se dérouler sur trois phases successives (Michel Pradet – *La préparation physique*) :

* Préparation générale (2 à 3 mois) : développement et harmonisation des diverses qualités physiques par des efforts aérobies de 60 à 80% d’intensité maximale sur des durées progressives prolongées : séances de nage en piscine, de course à pieds ou à vélo d’une heure et plus.
* Préparation auxiliaire (2 à 3 mois) : en piscine, développement des qualités physiques en rapport avec les épreuves par des efforts anaérobies d’intensité maximale sur des durées plus courtes correspondant à la limite du processus énergétique engagé, soit : de 3 à 15 s pour le processus alactique concerné lors des départs et arrivées en sprint des épreuves de nage, et de 45 s à 3 min pour le processus glycolytique (ou lactique) principalement utilisé lors du remorquage du mannequin.
* Préparation spécifique (1 mois) : maintien des qualités physiques à leur meilleur niveau pour être performant le jour de l’examen. Elle s’opère par des exercices en mer de nage, des tests aux épreuves dans des conditions si possible voisines de celles de l’examen.

Lors de chaque entraînement, la charge de travail doit créer un état de désordre physiologique (fatigue) nécessitant une adaptation de l’organisme. Celui-ci, stimulé, récupère en reconstituant son potentiel énergétique à un niveau supérieur au niveau initial : la **surcompensation**. Pour optimiser ce principe, il faut réitérer de nouveaux efforts lorsque l’organisme est en phase de surcompensation. Ces états fonctionnels successifs permettent une adaptation supérieure aux efforts, une meilleure récupération et l’amélioration des performances.

Lors de chaque séance d’entraînement auxiliaire, il faut associer aux phases de travail, des phases de récupération si possible active (nage souple) :

* Après chaque effort alactique (3x5m ou 2x8m ou 1x10m) d’intensité maximale : 100 % de la VMA (vitesse maximale aérobie) : 1 à 3 minutes de nage souple ;
* Après chaque effort glycolytique (1x45s, 1x60x,1x45s,1x80s) d’intensité submaximale : 80 à 90% de la VMA : 2 à 8 minutes de nage souple.

Enfin, il faut terminer chaque entraînement par un retour au calme : 2 ou 3 fois 100 m de nage souple et associer à cette préparation physique :

* + Une alimentation équilibrée, une hydratation abondante et régulière entre et pendant les séances d’entraînement.
  + Des nuits de 7 à 8 heures de sommeil, favorisant la récupération et la surcompensation.

**Question 3 (6 points) Le froid en plongée : comment le comprendre, comment sensibiliser ?**

Vous organisez un stage à la fin de l’hiver, en carrière en métropole, auquel participeront des stagiaires pédagogiques et des plongeurs de tous âges. En cette saison et en ce lieu, l’eau est particulièrement froide et la température de l’air plutôt fraîche.

1. Par quels mécanismes l’organisme lutte-t-il contre le froid ? (1 point)

* **Par limitation des pertes**
* Vasoconstriction périphérique pour limiter la circulation du sang dans les zones périphériques et retarder le refroidissement des organes vitaux (coeur, cerveau) 🡪 Coloration bleutée des extrémités.
* En association avec la chair de poule, érection des poils cutanés pour emprisonner la couche d’air au contact de la peau et l’empêcher de circuler.
* Hémoconcentration du sang.
* **Par augmentation de la production de chaleur**
  + Augmentation du métabolisme cellulaire,
  + Augmentation des apports énergétiques aux tissus par accélération de la fréquence cardiaque et de la fréquence ventilatoire.
* Tremblements, frissons : contractions musculaires saccadées et indépendantes de la volonté pour produire de la chaleur.

1. Expliquez en quoi l’adaptation physiologique d’un enfant au froid est différente de celle d’un adulte ? (1 point)

* La composition corporelle est différente (moins de graisses) et le rapport surface corporelle / poids est plus grand chez l’enfant explique que l’enfant se refroidit plus vite.
* La zone de déperdition maximale de chaleur chez l’enfant se situe au niveau de la tête et du cou d’où la nécessité d’une protection thermique adaptée.
* Le refroidissement est compensé par une thermogenèse plus élevée et une réaction vaso-constrictrice plus rapide et plus importante, mais lorsque la température de l’eau est inférieure à 34°, le bilan thermique devient défavorable, surtout avant 7 ans. Le refroidissement survient moins vite lorsque l’enfant grandit.

1. En quoi le froid est-il un facteur favorisant d’autres accidents ? Quels sont ces accidents et par quels mécanismes sont-ils déclenchés ? (2 points)

* Essoufflement : les tremblements et frissons augmentent la production de CO2 et donc la fréquence ventilatoire avec risque d’essoufflement.
* ADD :
  + La vasoconstriction au niveau de certains tissus modifie leur taux de perfusion, et donc, leur comportement réel vis-à-vis de la saturation/désaturation par rapport à ce que prévoit le moyen de décompression choisi. Cela favorise l’apparition d’un ADD de type I (puces et moutons).
  + Dans une moindre mesure, l’augmentation du rythme cardiaque modifie également la vitesse de saturation/désaturation et, en phase de décompression favorise la formation de bulles et donc le risque d’un ADD.
* Infarctus du myocarde : la vasoconstriction périphérique augmente la volémie sanguine dans le cœur et donc il dit fournir un travail plus important. Cela augmente le risque de crise cardiaque sur des sujets à risques.
* Œdème pulmonaire d’immersion : de même, les pressions cardiaques augmentent, et par conséquent la pression artérielle pulmonaire ce qui favorise l’œdème pulmonaire chez les sujets à risques : personnes âgées, sédentaires, etc.).
* Syncope hypoglycémique, surtout chez le diabétique.

1. Quels conseils donneriez-vous à vos stagiaires pédagogiques, afin de limiter les risques liés au refroidissement ? (2 points)

* **Bien s’alimenter :**
  + Alimentation riche en sucres lents avant la plongée.
  + Bonne hydratation des plongeurs avant et après la plongée ;
  + Boisson chaude, sucrée et biscuits après la plongée (pas d’alcool qui favorise la vasodilatation et augmente la déshydratation en stimulant la diurèse) ;
* **Choisir un matériel adéquat :**
  + Détendeurs conçus pour plonger en eau froide (dispositifs antigivre, 1er étage à membrane, etc.) ;
  + Deux détendeurs complets montés sur deux sorties distinctes ;
  + Gonfler les bouteilles sur un compresseur ayant une filtration terminale correctement entretenue 🡪 pas ou peu d’eau dans les bouteilles (l’air humide détendu givre facilement) ;
  + Equipements adaptés à la température de l’eau, la susceptibilité des plongeurs et bien ajustés : combinaisons, cagoules, gants, chaussons ;
  + Vêtements secs et chauds, coupe vents par-dessus la combinaison avant et après la plongée.
* **Donner des conseils adaptés :**
  + Rappeler aux plongeurs de ne pas gonfler un gilet et/ou une combinaison étanche au moment de l’inspiration (ce qui augmente le débit d’air). Alterner inspiration et gonflage.
  + Rappeler le signe « j’ai froid » et les circonstances de son exécution ;
  + Rappeler la procédure à suivre en cas de givrage : plier le tuyau MP du détendeur mis en cause ou fermer le robinet correspondant.
  + Se mouiller la face et la nuque avant de pénétrer dans l’eau ;
  + S’immerger progressivement ;
  + Contrôler sa respiration et éviter les efforts inutiles ;
  + Limiter la durée de la plongée à des plongées sans paliers ;
* **Avoir un comportement adapté :**
  + Vérifier le bon lestage des plongeurs ;
  + Etre attentif à la respiration et aux comportements des plongeurs dès l’immersion ;
  + Au besoin, réduire la durée de la plongée et/ou la profondeur ;
  + Doubler de vigilance en fin de plongée ;
  + Dès les premiers symptômes ou le signalement d’un problème lié au froid, remonter normalement et faire les paliers calculés par les ordinateurs. En l’absence de palier obligatoire, faire surface sans réaliser le palier de sécurité de 3 min à 3 m.