

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

I. Question (4 points)

1) Expliquer le principe du poumon ballast ; quelles lois fait-il intervenir ? (1 point)

Le poumon ballast est une technique qui influe sur la flottabilité du plongeur. Elle lui permet en faisant varier la quantité d'air dans ses poumons de monter (inspiration) ou descendre (expiration) selon le cas sans utiliser son gilet.

Ce procédé influence la poussée d'Archimède directement liée à la variation de volume du plongeur (si le volume augmente, la poussée augmente et inversement) \AE loi de Mariotte et principe d'Archimède

2) En quoi une bonne maîtrise de cette technique est un avantage en plongée ? (2 points)

Une bonne maîtrise de cette technique permet donc de profiter au maximum de la plongée en contrôlant parfaitement son niveau d'immersion.

Elle permet de faire des économies d'air car le plongeur n'est pas sans arrêt en train de mettre ou d'enlever de l'air de son gilet.

Cette technique peut servir lors d'exercice technique pour contre balancer le mouvement d'inertie amorcé par un volume d'air un peu trop important introduit dans le gilet (remontée un peu rapide) ou au contraire un plongeur qui purgerait un peu trop (amorce de descente).

3) Cette technique est-elle encore applicable avec des appareils à circuits fermés ? (1 point)

La technique n'est pas applicable en cas d'utilisation d'un circuit fermé, car le volume d'air reste constant.

II. Question (4 points)

Un boîtier étanche de 5 dm³ a un poids apparent nul en lac ($d=1$).

Quel lestage devra-t-on introduire à l'intérieur pour lui donner le même poids apparent en mer ($d=1,03$) ?

(1 point)

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{archi}}$$

$$\text{En lac ; } P_{\text{app}} = 0 \quad \text{donc} \quad P_{\text{réel}} = P_{\text{archi}} = 5 \times 1 = 5 \text{ kg.}$$

(3 points)

$$\text{En mer ; } P_{\text{archi}} = 5 \times 1,03 = 5,15 \text{ kg}$$

Pour avoir de nouveau un poids apparent nul, le poids réel doit être de 5,15 kg.

Il manque donc 0,15 kg soit 150 g.

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

III. Question (4 points)

Nous allons comparer la flottabilité entre 1 plongeur en recycleur et 1 plongeur en bouteille.

Quand Brice plonge en bouteille 15 litres en carrière il ne met pas de plombs à sa ceinture (il a une masse de 80 kg pour un volume de 80 litres). Equipé de son recycleur, il met 4 kg de plomb. Il doit faire un séjour en méditerranée avec son club. (Masse volumique de l'eau de mer 1,03 kg/litre)

Remarque : vous négligerez le volume des plombs dans vos calculs

1) Quelle sera la quantité de plomb à rajouter quand il plongera en bouteille ? (2 points)

Le volume déplacé par Brice est 80 litres

Poids app = Poids réel - Poussée d'Archimède

Poussée d'Archimède = Volume d'eau déplacé x masse volumique

Donc

Poids app = $80 - 80 \times 1,03 = -2,4$ kg

Brice devra rajouter au moins 2,4 kg à sa ceinture

2) Quelle sera la quantité de plomb à rajouter quand il sera en recycleur ? (2 points)

Le volume déplacé par Brice est 84 litres

Poids app = Poids réel - Poussée d'Archimède

Poussée d'Archimède = Volume d'eau déplacé x masse volumique

Donc

Poids app = $80 - 84 \times 1,03 = -6,52$ kg

Brice devra rajouter au moins 6,52 kg à sa ceinture

Autre méthode : $P_{app} = 84 - 84 \times 1,03 = -2,52$ kg

Auquel il faut rajouter 4 kg donc $2,52 + 4 = 6,52$ kg

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

IV. Question (6 points)

Un plongeur veut remonter une ancre de 200 kg, de densité 10 par rapport à l'eau (densité 1), immergée à 40 m.

1) Quel doit être le volume minimum du ballon de remontée ? (2 points)

$$P_{\text{réel}} - P_{\text{archi}} = P_{\text{app}}$$

$$V_{\text{ancre}} = 200 / 10 = 20 \text{ l donc } P_{\text{archi}} = 20 \text{ kg, donc } P_{\text{app}} = 180 \text{ kg}$$

$$\text{En négligeant le poids de l'air et du parachute : } V_{\text{min}} = 180 \text{ l}$$

2) De combien de bouteilles de 10 l, gonflées à 200 b, aura-t-il besoin ? (2 points)

$$180 \text{ l à } 40 \text{ m, soit } 180 \times 5 = 900 \text{ l d'air à mettre dans le ballon.}$$

$$10 \text{ l à } 200 \text{ bar, soit } 2000 \text{ l d'air disponibles, donc une bouteille suffit.}$$

3) Quelle sera la pression restant dans les bouteilles utilisées ? (2 points)

$$\text{Pression restante : } (2000 - 900) / 10 = 110 \text{ bar.}$$

V. Question (6 points)

Un photographe subaquatique dispose :

- d'un caisson de poids 1,5 kg et de volume de 3,5 décimètre cube,
- d'un appareil photo de 0,6 kg,
- des plombs d'un kg et de 0,5 kg.

Il plonge dans une eau salée de densité 1,03. Il veut régler le poids apparent de son appareil quasiment nul en mettant des plombs à l'intérieur du caisson.

Combien devra-t-il mettre de plombs ?

$$\text{Poussée d'Archimède sur le caisson : } 3,5 \times 1,03 = 3,605 \text{ kg}$$

$$\text{Poids réel du caisson et de l'appareil photo : } 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ kg}$$

$$\text{Pour obtenir un poids apparent nul, il manque donc dans le caisson : } 3,605 - 2,1 = 1,505 \text{ kg}$$

En mettant 1,5 kg de plomb dans le caisson, le poids apparent de l'ensemble sera quasiment neutre.

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - \text{Poussée Arch} = (2,1 + 1,5) - 3,605 = 3,6 - 3,605 = -0,005 \text{ kg}$$

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

VI. Question (6 points)

Un plongeur pesant 92 kilos tout équipé porte en mer, 5 kg de plomb sur sa ceinture. Il est alors parfaitement équilibré à 3 mètres en fin de plongée.

Données : masse volumétrique de l'eau de mer = 1.03 kg/l et volume du lestage négligeable

1) Quel est son volume (au litre près) à 3 mètres ? (1 point)

Intensité de la poussée d'Archimède en eau de mer :

$$92 \text{ kg}$$

Volume du plongeur à 3 mètres :

$$92 / 1.03 = 89 \text{ l}$$

2) Ce plongeur désire plonger en lac. Devra-t-il modifier son lestage pour rester équilibré à 3 mètres ? Si oui, quel sera ce nouveau lestage (au kilogramme près) ? (1 point)

Intensité de la poussée d'Archimède en eau douce :

$$89 \times 1.00 = 89 \text{ kg}$$

Masse du plongeur sans son lest :

$$92 - 5 = 87 \text{ kg}$$

Lest nécessaire au plongeur pour être équilibré à 3 mètres en eau douce :

$$89 - 87 = 2 \text{ kg}$$

3) Au cours de sa plongée en lac, il retrouve à 25 m un corps mort qu'il désire remonter en surface. Celui-ci pèse 47 kg et occupe un volume de 10 l. Il dispose pour cela d'un parachute de 100 l dans lequel il insuffle 30 l d'air. Quel sera alors le poids apparent de l'ensemble parachute/corps mort ? (2 points)

Poussée d'Archimède : 1 l \rightarrow 1 kg (densité = 1)

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{Archi}} = 47 - 10 - 30 = 7 \text{ kg}$$

4) A partir de quelle profondeur ne sera-t-il plus nécessaire de palmer pour remonter l'ensemble? Justifiez vos réponses. (2 points)

Equilibre atteint pour :

$$P_{\text{app}} = 0$$

$$P_{\text{réel}} = P_{\text{Archi}}$$

$$P_{\text{Archi parachute}} = 37 \text{ kg}$$

$$\text{Volume d'air dans parachute : } V = 37 \text{ l}$$

$$\text{Pression dans parachute : } P = (30 \times 3.5) / 37 \approx 2,84 \text{ b}$$

Soit une profondeur d'environ 18 mètres.

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

VII. Question (6 points)

Un plongeur N3 s'immerge en mer (densité de l'eau de mer 1,03). Il sait qu'il pèse 98 Kg tout équipé et a un volume (toujours tout équipé) de 101 dm³. Il est équipé d'un bloc de 15 l gonflé à 230 b.

On considère que le poids volumique des différents gaz est équivalent à celui de l'air soit 1,23 g/l et l'on arrondira chaque résultat à la première décimale.

1) Quel lestage, dont on négligera le volume a-t-il besoin pour être parfaitement équilibré ? (2 points)

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch} = 0$$

$$P_{arch} = 101 \times 1,03 = 104,03 \text{ Kg soit environ } 104 \text{ Kg}$$

$$P_{réel} = 98 + \text{Lestage} = P_{arch}$$

$$\text{Lestage} = P_{arch} - 98 = 104 - 98 = 6 \text{ Kg}$$

2) Sachant que lorsqu'il remonte, il lui reste 35 b dans son bloc. Quelle sera sa flottabilité à ce moment ? (2 points)

Quantité d'air consommée :

$$15 \times (230 - 35) = 2925 \text{ L}$$

$$\text{Poids de l'air consommé} : 2925 \times 1,23 = 3598 \text{ g soit } 3,6 \text{ Kg}$$

Sa flottabilité sera alors :

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch} = (98 + 6 - 3,6) - (104) = - 3,6 \text{ Kg}$$

Le plongeur aura donc une flottabilité positive de 3,6 kg.

3) Ce plongeur débute une formation au Trimix et va devoir s'équiper en plus d'un bloc déco de 9 L à 200 b (volume extérieur 10 dm³) d'un poids de 11 kg. Quel sera son nouveau lestage en début de plongée ? (2 points)

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch}$$

$$\text{Poids apparent du bloc vide} : 11 - 10 = 1 \text{ kg}$$

$$\text{Poids du gaz emporté dans la déco} : 9 \times 200 \times 1,23 = 2,214 \text{ Kg soit } 2,2 \text{ kg environ}$$

$$\text{Poids apparent de la déco gonflée} : 3,2 \text{ kg}$$

Le plongeur devra donc modifier son lestage pour tenir compte de ce poids apparent supplémentaire.

$$\text{Poids nouveau lestage} = \text{Poids ancien lestage} - P_{app} \text{ Déco} = 6 - 3,2 = 2,8 \text{ kg}$$

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

VIII. Question (6 points)

- 1) On propose souvent pour vérifier le lestage des plongeurs de votre palanquée, la méthode suivante : en surface avec une ventilation sur le volume courant, le niveau d'eau se trouve au milieu du masque.

Que se passe-t-il ? Donnez l'explication physique (flottabilité, descente) (2 points)

Le plongeur est en légère flottabilité positive en surface.

Lorsqu'il expirera d'un litre ou deux cela lui permettra de passer en flottabilité négative et de descendre sans trop d'effort

Quel est l'intérêt de cette méthode ? (sécurité, simplicité) (1point)

Intérêt :

- Les ajustements sont faciles en surface
- Sécu, le plongeur flotte en surface
- Il faut expirer à la descente
- Tenir un palier sans effort puisque équilibré à 3 m

- 2) L'un de ces plongeurs vous demande comment il doit modifier son lestage s'il décide de prendre un 15 l plutôt qu'un 12 l (blocs gonflé à 200 b).

12 l volume extérieur de 14 l et poids de 16 kg

15 l volume extérieur de 16 l et poids de 18 kg

Note 1 : 1 l d'air a 1 b pèse 1,3 g, et 1 l d'eau pèse 1 kg.

Note 2 : pour arrondir vos résultats au kilo, ajoutez 1 si le chiffre après la virgule est supérieur à 5, supprimez le chiffre après virgule sinon. (exemple : 2,8 devient 3 et 2,2 devient 2)

Calculez le poids apparent de chacun des blocs au début de plongée (2 points)

12 l

Poussée d'Archimède = 14 l / 14 kg

Poids de l'air à 200 b = $12 \cdot 200 \cdot 1,3 = 3120 \text{ g} = 3,12 \text{ kg} / 3 \text{ kg}$

Poids total du bloc = $16 + 3,12 = 19,12 \text{ kg} / 19 \text{ kg}$

Poids apparent = $19,12 - 14 = 5,12 \text{ kg} / 5 \text{ kg}$

15 l

Poussée d'Archimède = 16 l / 16 kg

Poids de l'air à 200 b = $15 \cdot 200 \cdot 1,3 = 3900 \text{ g} = 3,9 \text{ kg} / 4 \text{ kg}$

Poids total du bloc = $18 + 3,9 = 21,9 \text{ kg} / 22 \text{ kg}$

Poids apparent = $21,9 - 16 = 5,9 \text{ kg} / 6 \text{ kg}$

Qu'en concluez-vous ? (1point)

Le plongeur peut retirer un kilo

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

IX. Question (6 points)

On veut remonter un bateau coulé, posé à l'envers sur un fond de 30m. Son poids réel est de 3 tonnes, son volume est de 500 litres (*il s'agit du volume du matériau de la coque – bois, fer etc...*). On considère que la densité de l'eau de mer est de 1.

1) Quel est le poids apparent de l'épave ? (1 point)

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch} = 3000 - 500 = 2500 \text{ kg}$$

2) On y vide un bloc de 12 l gonflé en surface à 200 b (lu au mano). Quel est le nouveau poids apparent ? (1 point)

$$\text{Volume d'air disponible : } 12 \text{ l} \times (200 - 3) = 12 \times 197 = 2364 \text{ litres détendus}$$

$$\text{Soit à 4 b de pression : } 2364/4 = 591 \text{ litres}$$

$$P_{app} = P_{réel} - (P_{arch}(\text{coque}) + P_{arch}(\text{air})) = 3000 - (500 + 591) = 1909 \text{ kg}$$

3) L'entreprise de relevage, dispose d'un parachute (*de poids et volume négligeables*) pour remonter l'épave. Ce parachute est fixé sur la coque à la profondeur de 30 m. Sachant que l'air disponible pour le gonflage du parachute est stocké dans 2 blocs de 15 L gonflés à 230 b (*lu au mano*), pourra-t-on remonter l'épave ? Pourquoi ? (2 points)

Pour remonter l'épave, il faut un volume d'air de 1909 L dans le parachute à 4 b. Le volume d'air détendu nécessaire est donc de : $1909 \times 4 = 7636$ litres

$$\text{Volume disponible dans les blocs : } 30 \times (231-4) = 30 \times 227 = 6810 \text{ litres}$$

On ne pourra donc pas remonter l'épave avec ce dispositif

4) Le chef de chantier dispose d'un cordage, et il lui vient une idée qui lui permettra de remonter le bateau coulé. Quelle est cette idée ? De combien doit-être au minimum la longueur du cordage pour réaliser l'opération prévue ? On néglige la longueur nécessaire aux amarrages. Le poids et le volume du cordage sont négligeables. (2 points)

La technique consiste à remonter le parachute pour que l'on puisse le gonfler davantage.

Il faut un volume d'air de 1909 L dans le parachute pour remonter le bateau.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$P_2 = (1 \times 6810) / 1909 = 3,57 \text{ b}$$

Le ballon sera donc suffisamment gonflé avec le stock d'air disponible lorsque la P amb sera de 3,57 b soit une profondeur de 25,7 m. La longueur minimale du bout sera donc $30 - 25,7 = 4,3$ m

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

X. Question (6 points)

Un caisson photographique indéformable pèse 3 Kg et a un volume extérieur de 3 L.
Un plongeur s'immerge avec ce caisson en carrière à une profondeur de 20 m : on précise que la densité de l'eau de la carrière est égale à 1.

- 1) Lors d'une manipulation, il lâche le caisson. Que se passe-t-il ? Justifier votre réponse ?

Le caisson reste en équilibre. (0,5 point)

Poussée d'Archimède = 3 Kg et Poids = 3 Kg sont égaux donc le caisson est à l'équilibre. (1 point)

- 2) Que se passe-t-il lorsque le caisson est lâché en mer à cette profondeur de 20 m : la densité de l'eau de mer est de 1,03. Justifier votre réponse ?

Le caisson remonte. (0.5 point)

La poussée d'Archimède augmente car la densité de l'eau augmente donc Poussée d'Arch > 3 kg et poids = 3 kg. Donc Poussée d'Arch > Poids et le caisson remonte. (1 point)

- 3) Que doit faire le plongeur en eau de mer pour que le caisson ait le même comportement qu'en eau douce ? Donner une réponse chiffrée ? (3 points)

Calcul de la poussée d'Archimède dans l'eau de mer.

$$P_{\text{Arch}} = 3 \times 1,03 = 3,09 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{Arch}} = 0$$

$$\text{Donc } P_{\text{Arch}} = P_{\text{réel}}$$

Il faut rajouter 0.09 Kg à l'intérieur du caisson.

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

XI. Question (6 points)

Vous allez encadrer en expo (en mer densité de 1,03) 1 plongeur N2. Vous vous préoccupez de son lestage. Ce plongeur, Kevin, tout équipé avec un bloc de 12 litres a un poids (masse totale) de 94 kg et un volume global de 97 litres (tout équipé).

1) Quel lestage doit-il prendre ? (2 points)

flottabilité / Archimède

Poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède

$$= \text{poids réel} - [\text{volume d'eau déplacé (plongeur + équipement)} \times \text{densité eau}]$$

le plongeur Kevin :

poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède

$$= 94 - (97 \times 1,03) = 94 - 99,91 = - 5,91 \text{ kg}$$

il a besoin de 6 kg de lestage.

2) De retour de plongée, il vous dit qu'en carrière avec le même équipement, il met 4 kg de lestage. Que lui expliquez-vous ? (2 points)

En carrière son poids apparent est : $94 - (97 \times 1) = - 3 \text{ kg}$

Donc s'il met 4 kg, il est sur lesté, donc il coule, c'est donc dangereux.

3) En tant que guide de palanquée, quels sont les éléments que vous prenez en compte pour votre variation de flottabilité et celle de vos plongeurs ? (2 points)

Les éléments faisant varier la flottabilité :

- milieu : eau de mer (+ salinité plus ou moins différente) ou eau douce
 - le plongeur lui-même : les poumons
 - le matériel : combinaison (épaisseur)
 - stab (volumes différents selon modèle)
 - bloc (selon modèle + si 12 ou 15 litres + si début de plongée ou fin)
 - lestage
-

Corrigé physique ARCHI MARIOTTE

XII. Question (6 points)

Le DP du bateau vous charge de remonter en fin de plongée l'ancre du mouillage à l'aide d'un parachute spécialement dédié. Mais vous vous immergez sans ce parachute.

Vous décidez de remonter l'ancre avec le parachute de palier d'un de vos équipiers.

Données :

Ancre : 30kg, 5 litres

Parachute de palier : 13l et pds réel est nul

Eau de mer : masse volumique =1,03 kg/l

1) Calculez le poids apparent de l'ancre (1 point)

Poids apparent ancre : pds réel – (vol X masse volumique) = $30 - (5 \times 1,03) = 24,85$ kg

2) Calculez le poids apparent du parachute (1 point)

Poids apparent parachute : pds réel – (vol X masse volumique) = $0 - (13 \times 1,03) = -13,39$ kg

3) Calculez le poids apparent de l'ensemble (1 point)

Poids apparent parachute + ancre : $24,85 - 13,39 = 11,46$ kg

4) Que se passe-t-il ? (1 point)

L'ensemble ne remonte pas.