

Afin de mener à bien une mission d'inspection de câbles électriques en haute mer, la surveillance étant difficilement réalisable par un plongeur compte tenu des contraintes, il a été fait appel à un engin sous-marin.

### Étude de la stabilité verticale de l'engin

L'engin ne possède pas de ballast (possibilité de remplir de fluide des compartiments). Le réglage de la flottabilité de l'appareil à une profondeur donnée est réalisé grâce à l'insertion d'une masse (lest) dans un logement prévu à cet effet (figure 1). Un dispositif de largage de cette masse a été prévu avec son alimentation dédiée.

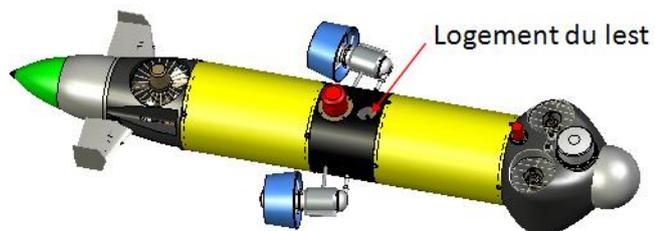


Figure 1 : localisation du logement du lest

### Principe de flottabilité

Tout solide plongé dans un fluide subit de la part de ce fluide une action mécanique verticale  $\vec{R}(\text{fluide} \rightarrow \text{engin}) = \vec{P}_a$ , dirigée du bas vers le haut et dont la norme est égale au poids du volume de fluide occupé par ce solide.

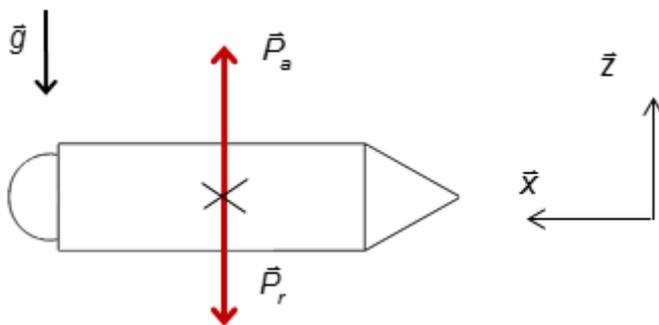


Figure 2 : flottabilité

*Hypothèse* : on considère que le point d'application (centre de poussée) de l'action mécanique  $\vec{P}_a$  et le point d'application (centre de masse) de la force  $\vec{R}(\text{pesanteur} \rightarrow \text{fluide}) = \vec{P}_r$  sont confondus.

Pour la suite, on prendra  $\|\vec{g}\| = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

La flottabilité est définie comme étant la différence entre les normes de  $\vec{P}_a$  et de  $\vec{P}_r$  (figure 2).

Lorsque la flottabilité est :

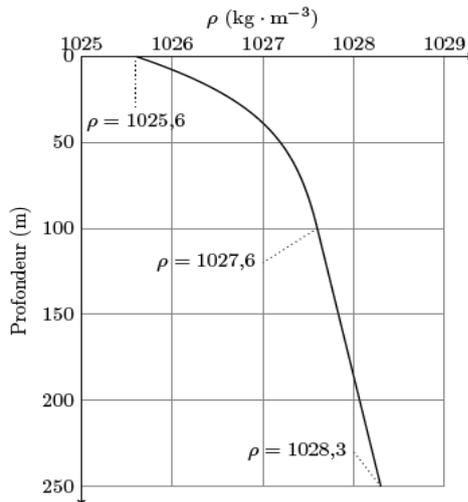
- positive, l'objet remonte vers la surface et  $\|\vec{P}_r\| < \|\vec{P}_a\|$  ;
- négative, l'objet coule vers le fond et  $\|\vec{P}_r\| > \|\vec{P}_a\|$  ;
- nulle, l'objet reste à une profondeur constante et  $\|\vec{P}_r\| = \|\vec{P}_a\|$ .

**Q1.** On donne, sur la figure 2, un modèle simplifié de l'engin composé de trois volumes élémentaires. Par ailleurs, le volume des deux propulseurs axiaux est

estimé à  $9160 \text{ cm}^3$ . À l'aide de ces informations délimitant les hypothèses simplificatrices et des données du document technique (dimensions des volumes élémentaires), calculer le volume de l'engin.

Un logiciel de conception assistée par ordinateur donne le volume de l'engin :  $V_{vol} = 72010 \text{ cm}^3$ . Pour les questions suivantes on tiendra compte de cette valeur.

**Q2. Évaluer** en pourcentage et **interpréter** l'écart entre le volume calculé avec le logiciel et celui calculé à la question précédente.



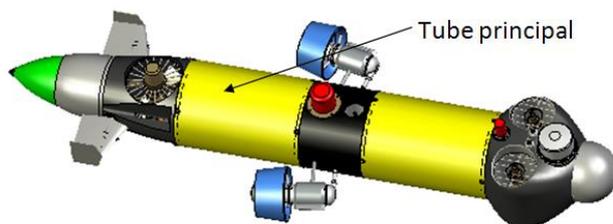
Sous l'effet de la pression et de la salinité, la masse volumique de l'eau de mer augmente en fonction de la profondeur.

**Figure 3 : évolution de la masse volumique de l'eau de mer en fonction de la profondeur d'immersion**

**Q3.** À l'aide de la définition de la flottabilité, du principe fondamental de la dynamique, des figures 2 et 3 et du document technique, **déterminer** la masse du lest  $m_{lest}$  à utiliser afin d'obtenir une flottabilité nulle à la profondeur définie pour la mission (30 mètres). **Conclure** en indiquant si la stabilité verticale est possible. **Décrire** l'intérêt du dispositif de largage de cette masse.

### Étude de la résistance de l'engin

Après l'étude de la flottabilité de l'engin à une certaine profondeur, il est intéressant de vérifier sa résistance à la pression lorsqu'il est immergé.



**Figure 4 : tube principal**

Pour les tubes constituant le corps de l'engin, un alliage d'aluminium a été retenu.

- Le cahier des charges est le suivant :
- valeur minimale du coefficient de sécurité pour la contrainte supportée par le tube, 3 ;
  - déformation radiale relative maximale sur le rayon, 0,3 % ;
  - bonne résistance à la corrosion ;
  - coût maîtrisé.

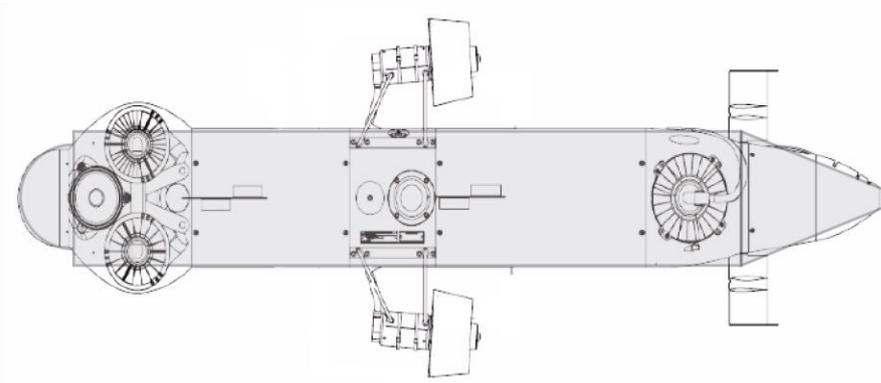
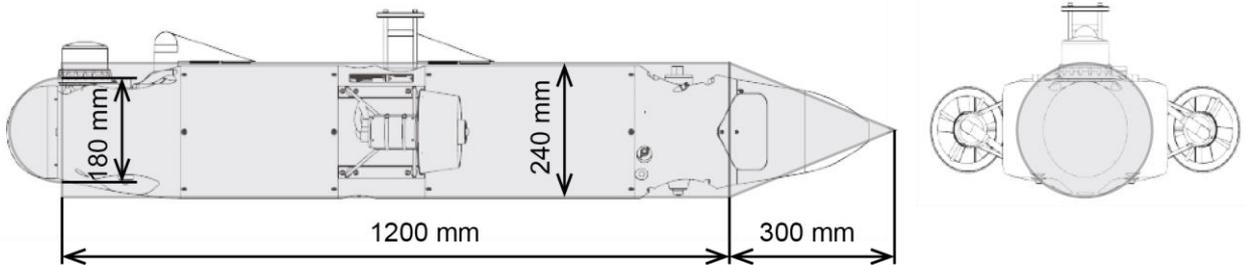
La pression due au fluide à une certaine profondeur s'évalue avec la relation suivante :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

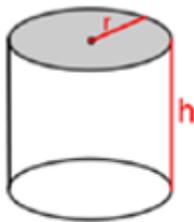
- $P$  : pression (Pa) ;
- $h$  : profondeur (m) ;
- $\rho$  : masse volumique de l'eau ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

**Q4.** Estimer la pression que subit l'engin à la profondeur maximale à laquelle il peut intervenir. Préciser la nature de la sollicitation qu'il subit.

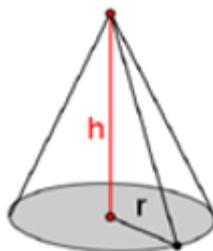
**Document technique : description géométrique de l'engin sous-marin**



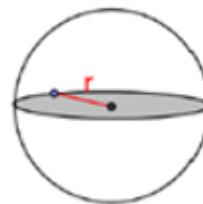
La masse de l'engin sans lest est de 65 kg.



$$\text{Volume} = \pi r^2 h$$



$$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$$



$$\text{Volume} = \frac{4}{3} \pi r^3$$