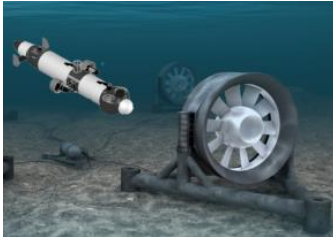


1-Présentation du système



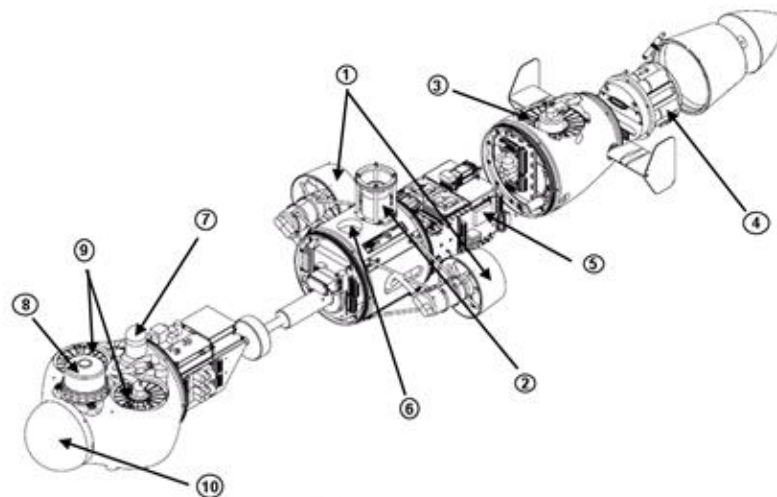
Extrait du bac « vidéo-surveillance d'un parc hydrolien », 2013

Les hydroliennes permettent de convertir l'énergie des courants marins en énergie électrique. Cette énergie électrique est acheminée vers la terre par des câbles sous-marins fixés au sol.

Il est nécessaire de pouvoir, périodiquement, inspecter ces câbles pour vérifier qu'ils sont toujours bien accrochés au fond de l'eau.

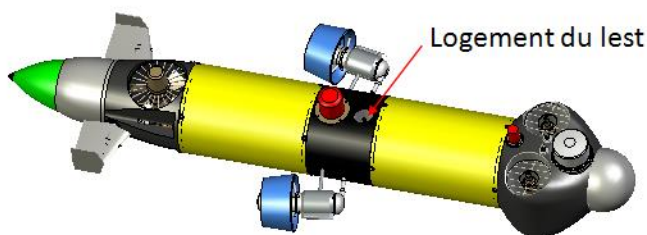
L'objet de l'étude est un engin sous-marin autonome composé des éléments suivants :

- | | | |
|--------------------------|------------------------|----------------------------|
| ① propulseurs axiaux | ④ pack batterie | ⑦ pinger de positionnement |
| ② modem acoustique | ⑤ carte unité centrale | ⑧ sonar |
| ③, ⑨ propulseurs radiaux | ⑥ puits du lest | ⑩ caméra + spots à leds |



2-Application du principe fondamental de la dynamique

Étude de la stabilité verticale de l'engin

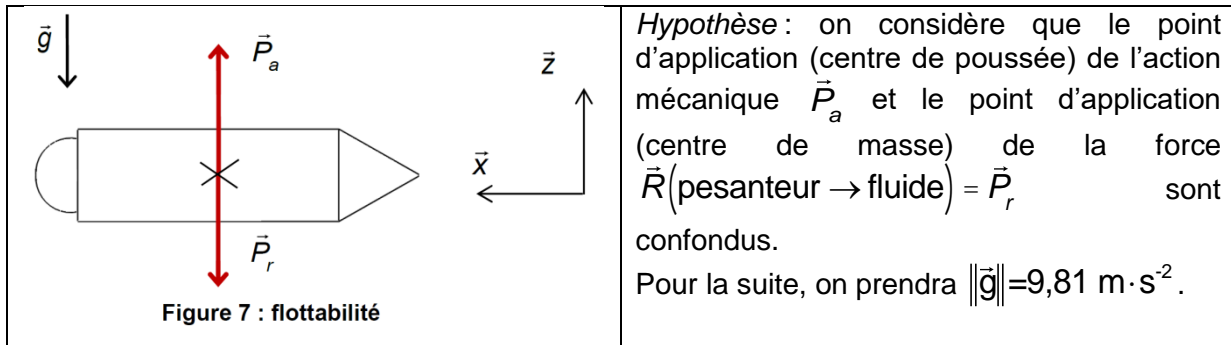


L'engin ne possède pas de ballast (possibilité de remplir de fluide des compartiments). Le réglage de la flottabilité de l'appareil à une profondeur donnée est réalisé grâce à l'insertion d'une masse (lest) dans un logement prévu à cet effet. Un dispositif de largage de cette masse

a été prévu avec son alimentation dédiée.

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.



La flottabilité est définie comme étant la différence entre les normes de \vec{P}_a et de \vec{P}_r (figure 7).
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 $\|\vec{P}_r\| = \|\vec{P}_a\|$.

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

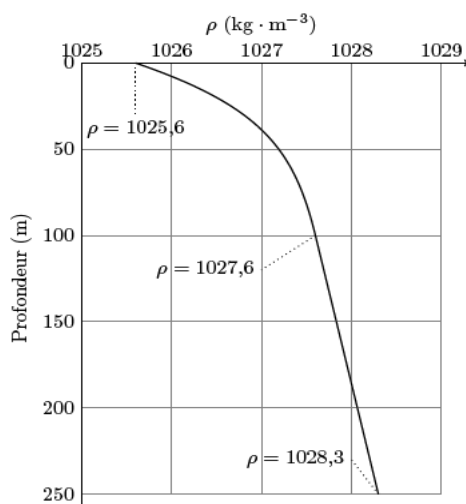
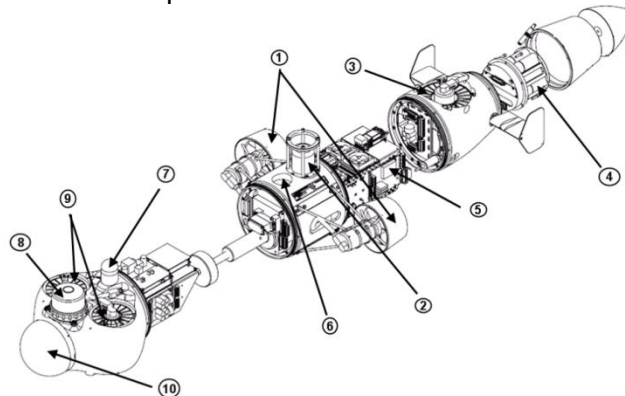


Figure 8 : masse volumique de l'eau de mer

Q1. À l'aide de la définition de la flottabilité, du principe fondamental de la dynamique, des figures 7 et 8 et du document technique ci-dessous, **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.

| | |
|---|---|
| Masse (kg) | 65 sans le lest |
| Masse du lest maxi (kg) | 10 |
| Longueur (m) | 1,76 |
| Diamètre (m) | 0,24 |
| Vitesse maximale relative de l'engin par rapport à l'eau (m·s ⁻¹) | 2 |
| Batterie | Pack LifePO ₄ |
| Profondeur maximale (m) | 200 |
| Profondeur de travail (m) | 30 |
| État de la mer | Mer peu agitée (déploiement, récupération) |
| Données embarquées | Position géographique du chemin de câble |
| Distance maximale de la plate-forme pour communication (m) | 500 |
| Lancement et récupération | Bateau Unité de Liaison |
| Propulsion | 3 propulseurs radiaux, 2 propulseurs axiaux |
| Coefficient de traînée | C _x = 0,4 |
| Détection et visualisation | Sonar + caméra LCD |
| Mode de fonctionnement | Autonome |
| Stockage des données | Carte SD |

- ① propulseurs axiaux
- ② modem acoustique
- ③, ⑨ propulseurs radiaux
- ④ pack batterie
- ⑤ carte unité centrale
- ⑥ puits du lest
- ⑦ pinger de positionnement
- ⑧ sonar
- ⑩ caméra + spots à leds



3- Etude d'un torseur d'efforts transmissibles

Étude du dispositif de la propulsion axiale de l'engin

À présent, il faut vérifier le dimensionnement de la propulsion axiale.

Un dispositif expérimental (figure 11) de mesure des efforts subis par l'engin a été utilisé. Dans un bassin, l'engin a été maintenu immobile (à une profondeur de 1 m) dans un courant de vitesse $\vec{V}(\text{fluide/engin})$. Le courant est supposé constant et non-perturbé.

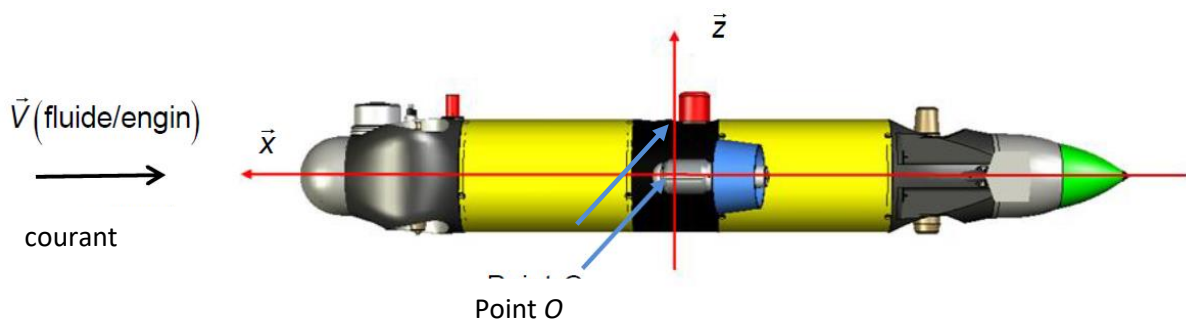


Figure 11 : principe expérimental de la mesure des efforts subit par l'engin immobilisé dans un courant

Le dispositif de mesure fait l'acquisition au point O des valeurs des efforts que l'engin subit. Le résultat de ces mesures est donné ci-dessous pour une vitesse de courant de $\|\vec{V}(\text{fluide/engin})\| = 0,507 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$:

$$T(\text{fluide} \rightarrow \text{engin}) = \begin{Bmatrix} -6,62 & 0 \\ 0 & 7,2 \\ -0,117 & 0 \end{Bmatrix} \text{ exprimé dans la base } (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$$

unités utilisées : N et N·m

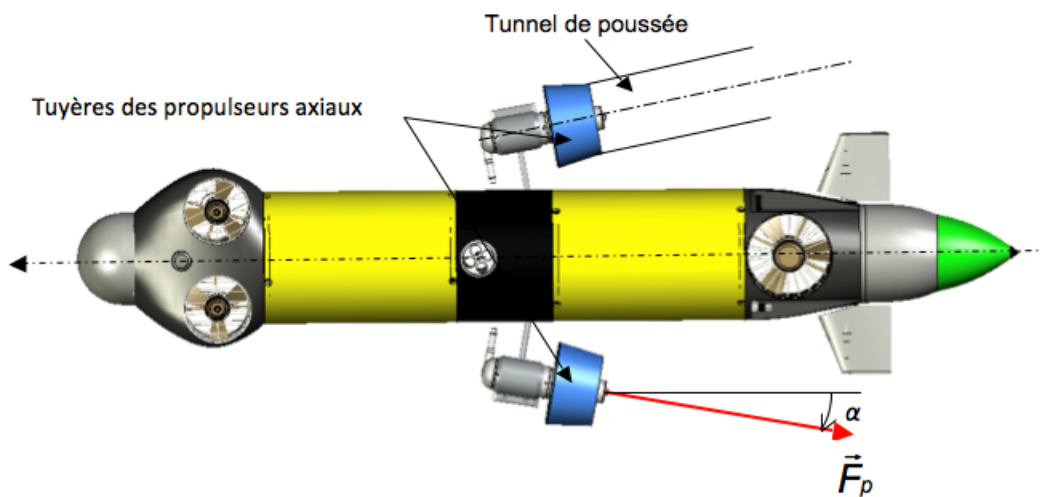
Par la suite, la force de trainée (effort nécessaire pour vaincre la résistance de l'eau à une certaine vitesse) sera notée \vec{F}_t . C'est cette trainée que doit vaincre l'effort propulsif axial (ou force de poussée axiale) de l'engin obtenu par ses deux propulseurs axiaux.

Q2. Interpréter les composantes de ce torseur. **Donner** la norme de la force de trainée \vec{F}_t pour déplacer l'engin supposé en translation rectiligne uniforme à la vitesse relative $\|\vec{V}(\text{engin/fluide})\| = 0,507 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4-Calcul de l'effort de poussée

La figure suivante (figure 14) propose une modélisation de l'effort obtenu par les propulseurs axiaux, ces derniers sont inclinés par rapport à l'axe longitudinal de l'engin d'un angle : $\alpha = 11^\circ$. L'effort de trainée est de 100N.

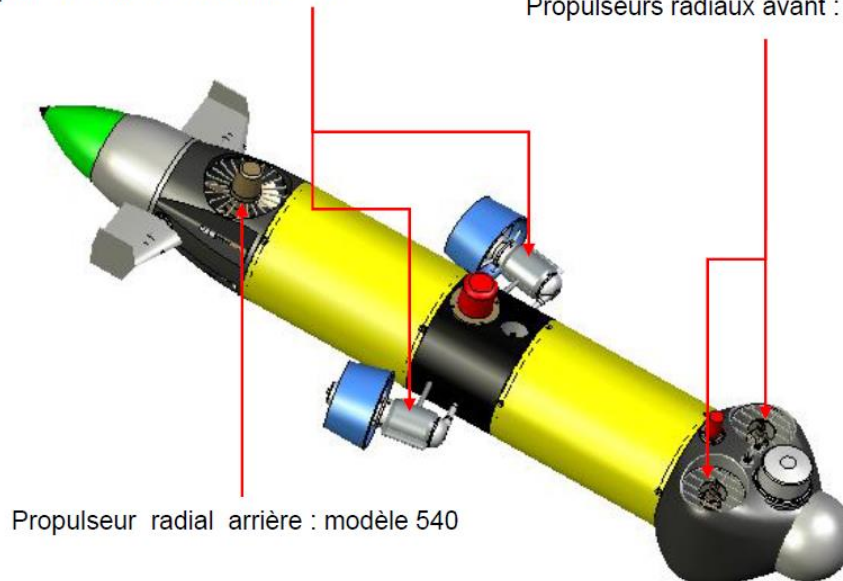
Figure 14 : modélisation de l'effort






Q3. Les propulseurs axiaux sont inclinés par rapport à l'axe de l'engin afin de limiter les perturbations. **Déterminer** la force de poussée (dans l'axe de l'engin) $\|\vec{F}_P\|$ d'un propulseur. En consultant la documentation technique du constructeur (DT3), **évaluer** et **commenter** l'écart entre cette force de poussée et celle annoncée par le constructeur.

Propulseurs axiaux : modèle 520

Propulseurs radiaux avant : modèle 280



Extrait documentation constructeur :

| | | | | |
|--|-------------------|---|--|--------------------------------------|
|  | Modèle 520 | Poussée avant : 102 N Poussée inverse : 58 N | Poids dans l'air : 17,7 N Poids dans l'eau : 13,7 N | Alimentation possible : 24 à 330 Vdc |
|  | Modèle 540 | Poussée avant : 98 N Poussée inverse : 98 N | Poids dans l'air : 16,7 N Poids dans l'eau : 13,7 N | Alimentation possible : 24 à 330 Vdc |
|  | Modèle 280 | Poussée avant : 53 N Poussée inverse : 53 N | Poids dans l'air : 9,8 N Poids dans l'eau : 7,9 N | Alimentation possible : 24 à 330 Vdc |

Ayant validé le choix des propulseurs axiaux et afin de préparer l'étude du dimensionnement des batteries (partie 3 du sujet) nous voulons connaître la puissance développée par l'engin.

En négligeant les effets d'inertie, compte tenu des faibles masses en jeu et des variations de mouvements peu prononcées, dans les conditions normales de la mission de l'engin, on a égalité entre la force de poussée axiale et la force de traînée : $\vec{F}_{p\text{ axiale}} = \vec{F}_t = 100\text{N}$.

Q4. Calculer la puissance mécanique développée par l'engin dans les conditions normales de sa mission, pour laquelle $\|\vec{V}_{(\text{engin}/\text{fluide})}\| = 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.