

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

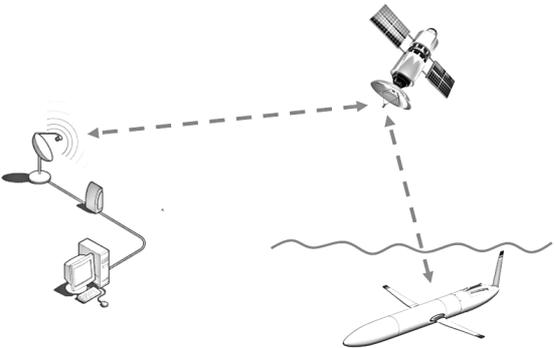
Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

 <p>Partie 1 Hydroplaneur Communication et Energétique d'un système pluri technique</p>	
---	--

- **Partie 1 (3 heures)** pages 2 à 11
- **Documents techniques (DT1 à DT2)** pages 12 à 13
- **Documents réponses (DR1)** page 14

Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Le document réponse DR1 sera à rendre (même vierge) agrafé aux copies.

Etude d'un système pluri technique

Les hydroplaneurs sont développés et utilisés par des équipes de scientifiques, comme celles de l'IFREMER (*Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*) pour mesurer certaines caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer, en surface et en profondeur. Pour capter et enregistrer ces caractéristiques, on peut utiliser différents systèmes, comme des bouées, des stations sous-marines fixes ou des bateaux. Les hydroplaneurs complètent ces systèmes classiques.

L'hydroplaneur étudié est conçu pour naviguer en plongée la majeure partie de son temps. Comme les planeurs aériens, ces engins ne sont pas équipés de système de propulsion et utilisent la portance de leurs ailes et les courants marins pour naviguer sous la mer.

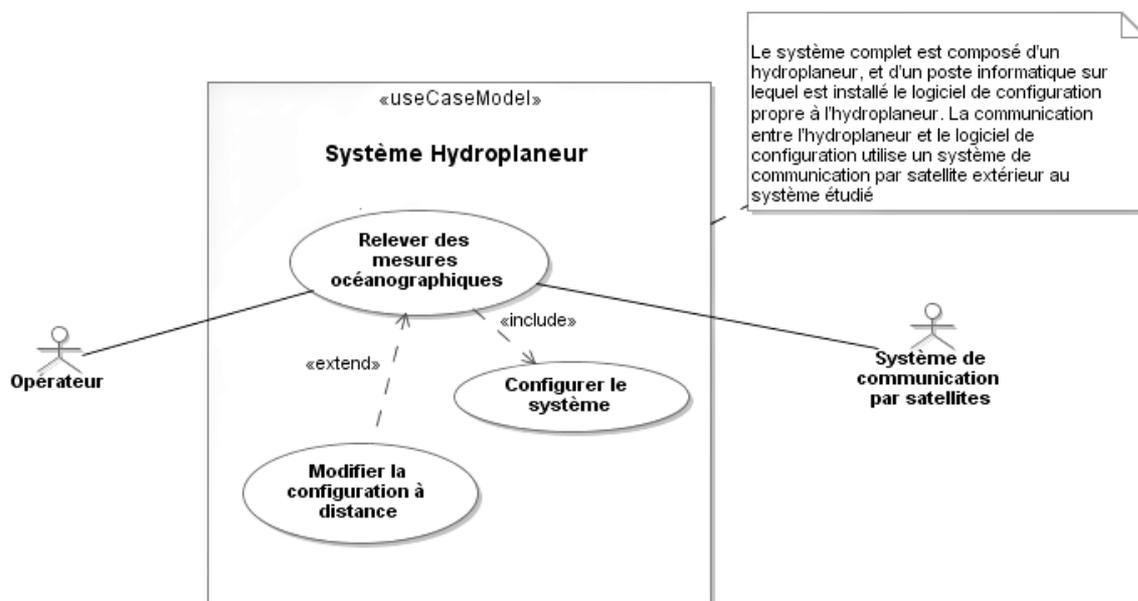
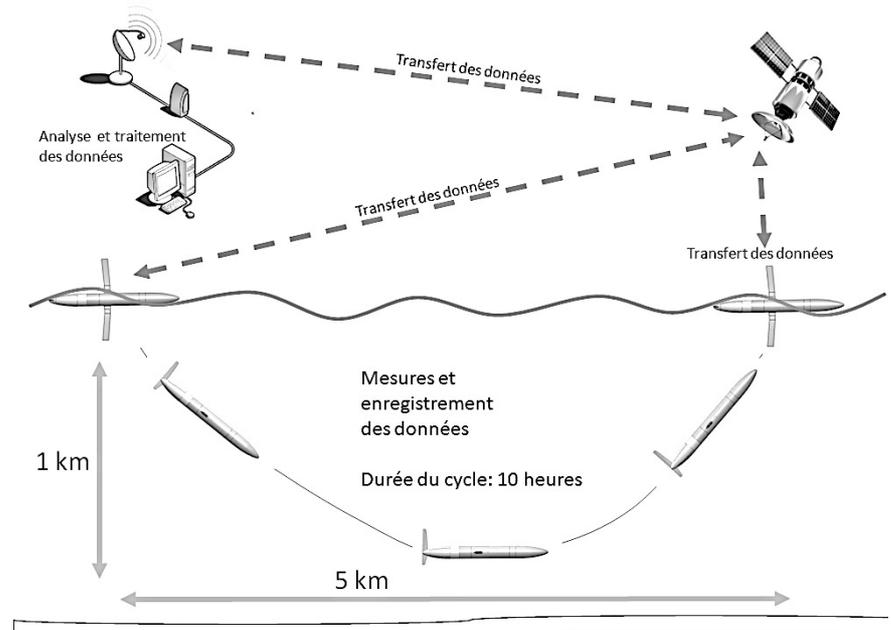
Pour transmettre l'ensemble des informations acquises durant la phase de plongée, il remonte régulièrement à la surface pour communiquer avec des bases terrestres spécialisées dans l'acquisition et le traitement de ces données.

L'hydroplaneur étudié embarque son énergie dans un nombre limité de batteries sans qu'il soit prévu de les recharger.

Ses concepteurs sont donc soumis à de fortes contraintes de

consommation et ils cherchent les solutions techniques les plus économiques pour permettre à l'appareil de passer plusieurs mois en mer avant d'être repêché.

L'autonomie de fonctionnement recherchée est de 140 jours de navigation, correspondant à 500 cycles de descente/montée (soit environ 3 000 km parcourus).



Principes de fonctionnement :

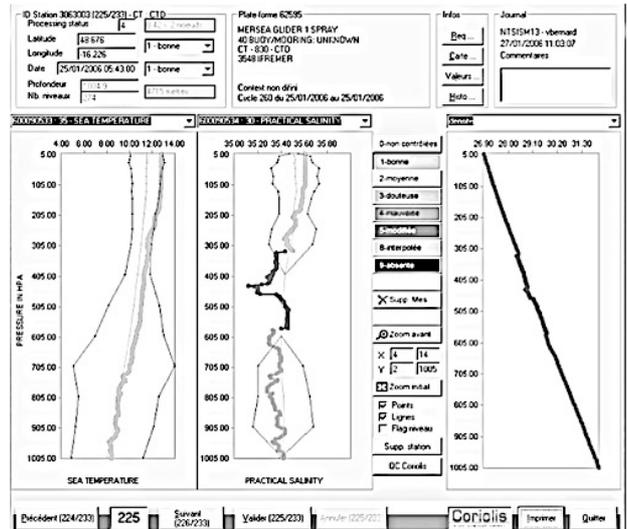
Acquisition des données océanographiques:

L'engin est muni de différents capteurs, comme le capteur CTD permettant d'acquérir en temps réel 3 grandeurs physiques : la température de l'eau, sa salinité et sa densité (*relevé type figure ci-contre*).

Dans la mer, les mouvements des masses d'eau sont régis par trois facteurs principaux :

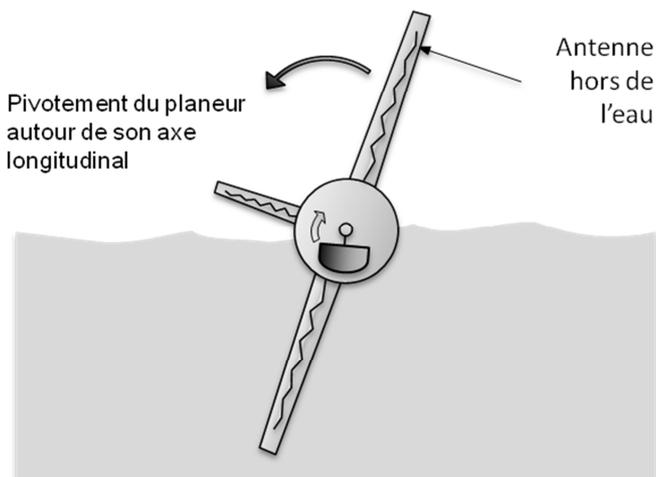
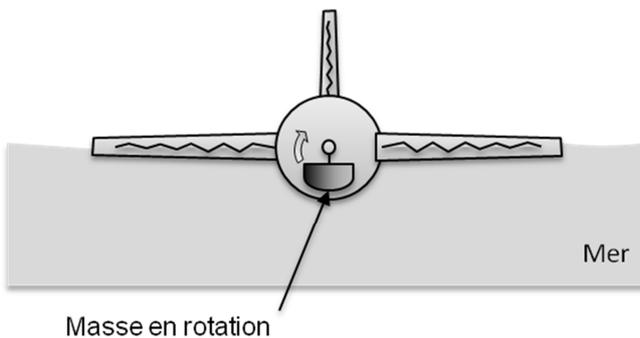
- les vents de surface
- la température
- la salinité

Une masse d'eau chaude est moins dense qu'une masse d'eau froide ce qui entraîne un mouvement ascendant de cette eau plus chaude. Une eau salée est plus dense qu'une eau douce ce qui entraîne un mouvement descendant de cette eau plus salée. Les mesures de salinité sont effectuées en mesurant la conductivité de l'eau, qui dépend directement de sa charge en sel, à une certaine température et pression.



Traitement et stockage des données:

PRINCIPE DE PIVOTEMENT DU PLANEUR



Les données analogiques sont recueillies converties, numérisées et stockées dans les mémoires actives de l'hydroplaneur.

Transmission des données :

A chaque remontée en surface, l'hydroplaneur se connecte à un réseau sans fil (IRIDIUM) afin de transmettre les données enregistrées.

Connexion de l'hydroplaneur aux réseaux sans fil :

L'hydroplaneur dispose de trois antennes logées dans la dérive et dans chaque aileron stabilisateur. Cette solution implique que, pour émettre en surface, l'engin pivote sur lui-même d'un quart de tour pour faire émerger une des deux antennes dédiées au réseau IRIDIUM.

Ce mouvement est obtenu par le déplacement d'une masse excentrée autour de l'axe longitudinal du planeur.

Récupération de l'hydroplaneur :

En fin de charge des batteries ou en cas de souci technique, l'hydroplaneur dispose d'une balise ARGOS (dont l'antenne est dans la dérive verticale) qui permet de le localiser et d'envoyer un navire pour le récupérer.

Déplacement sous-marin :

L'appareil utilise le principe de la poussée d'Archimède.

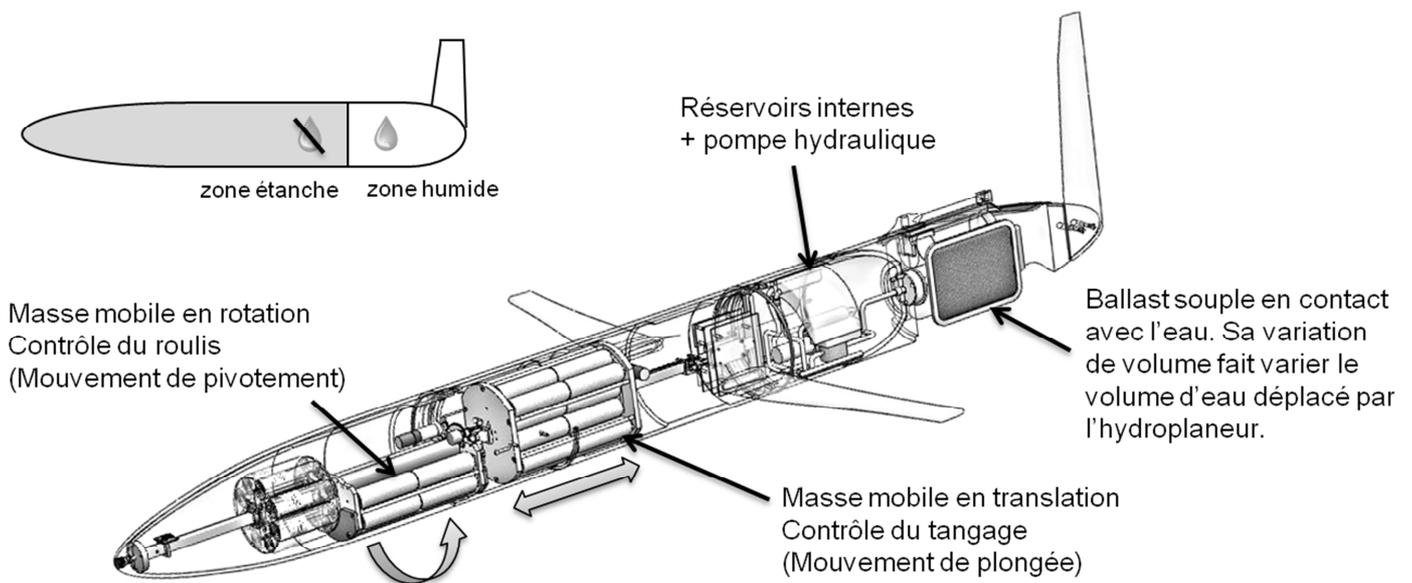
La poussée varie en fonction du volume de liquide déplacé. Elle s'applique au centre de poussée (centre de gravité du volume de liquide déplacé) et est dirigée du bas vers le haut.

Si le volume de l'hydroplaneur diminue, la poussée d'Archimède diminue et le planeur descend.

Si son volume augmente, la poussée d'Archimède augmente et le planeur remonte.

Cette variation de volume est obtenue en gonflant ou dégonflant des ballasts souples immergés, situés dans la partie arrière. La variation de volume du ballast souple s'obtient en injectant de l'huile à l'intérieur du ballast.

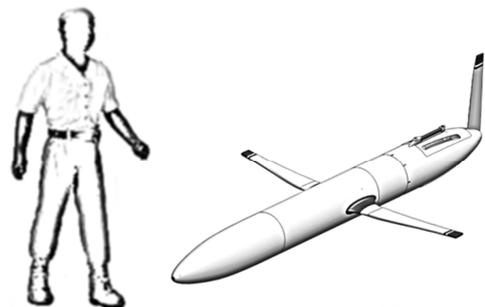
Cette huile est transférée par une pompe électro hydraulique à partir de réservoirs internes situés à l'intérieur du planeur (zone étanche).



Pour incliner l'engin lors des descentes et des remontées, le système technique permettant de faire varier le volume de l'appareil est complété par un système qui déplace le centre de gravité du planeur le long de son axe longitudinal par rapport à son centre de poussée. Selon les positions du centre de gravité par rapport au centre de poussée, le planeur s'inclinera vers le bas ou vers le haut. L'angle optimum est de 20°.

Dimensions de l'appareil :

Les hydroplaneurs ont des dimensions qui vont en général de 1 m à 2 m de longueur, une envergure de 1,5 m et un diamètre de 20 cm.

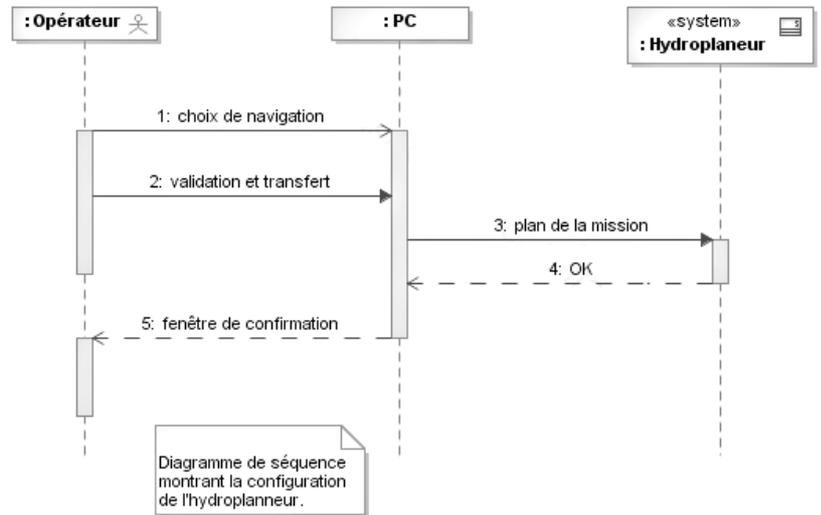


Etude du traitement embarqué et de la transmission des données

L'objectif de cette étude est de valider les systèmes d'échanges numériques entre l'appareil et sa base pour quantifier la masse d'information à stocker et à transmettre.

Etude du stockage des données

Les données récoltées durant les phases de plongée nécessitent d'être transmises à la base terrestre de l'hydroplaneur. La transmission de données et des informations utiles à la poursuite de la mission ne peuvent se faire que quand l'hydroplaneur fait surface. Les systèmes et technologies embarquées doivent permettre à l'appareil de plonger pour effectuer sa mission et de refaire surface pour transmettre ses données. Des procédures précises régissent les phases de communication.



Q1 À partir du diagramme de définition de blocs (*bdd*) donné sur le document DT2, **identifier**, puis **associer** les différents blocs du sous-système électronique aux cinq fonctions de la chaîne d'information: acquérir, traiter, restituer, stocker et communiquer.

Q2 **Identifier**, sur le diagramme de définition de blocs, les grandeurs acquises par l'hydroplaneur lors d'une plongée.

Volume de données associé à une acquisition

Q3 **Déterminer** la plage de mesure de conductivité de l'unité CTD ainsi que la résolution R_C de la mesure exprimée en $S.m^{-1}$?

Q4 **Déterminer** le nombre de bits nécessaire pour coder en binaire le nombre de valeurs de la page de mesure de la conductivité (en utilisant les puissances de 2 qui sont rappelées dans le tableau ci contre)

Q5 On utilise un nombre entier d'octets pour stocker chaque mesure effectuée, **calculer** le nombre d'octets nécessaires pour stocker une mesure de conductivité ?

$2^{10} = 1\ 024$
$2^{11} = 2\ 048$
$2^{12} = 4\ 096$
$2^{13} = 8\ 192$
$2^{14} = 16\ 384$
$2^{15} = 32\ 768$
$2^{16} = 65\ 536$
$2^{17} = 131\ 072$
$2^{18} = 262\ 144$
$2^{19} = 524\ 288$
$2^{20} = 1\ 048\ 576$

L'hydro planeur procède à une mesure de conductivité toutes les huit secondes.

- Q6** D'après la durée moyenne d'un cycle de plongée, **calculer** le nombre de mesures effectuées. **En déduire** la capacité mémoire, exprimée en octets, nécessaire pour stocker les données de conductivité recueillies lors d'un cycle de plongée.

Transmission des données acquises en plongée

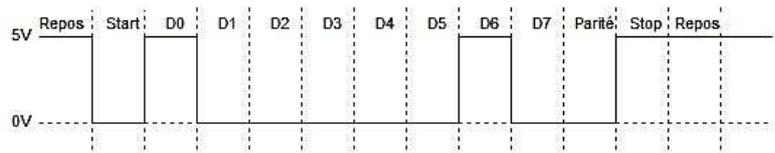
De retour à la surface, l'hydroplaneur doit transmettre une partie de ces données. L'unité de traitement doit récupérer chaque octet stocké dans la carte μ SD par une liaison série puis l'envoyer à l'émetteur Iridium par cette même liaison série.

Chacun des octets à émettre est donc à traiter deux fois par le microcontrôleur (une fois pour la récupérer et une fois pour l'envoyer). Le débit utilisé pour récupérer les données dans la mémoire de stockage étant 100 fois plus élevé que celui utilisé pour les transmettre au module Iridium, **on néglige le temps de lecture devant le temps d'émission et on ne s'intéressera qu'à ce dernier.**

Les paramètres utilisés pour la liaison série sont les suivants :

- Débit binaire = 1200 bit/s
- Format des données = 8 bits
- Parité paire
- 1 bit de stop

Le bit de poids faible est D0.



Pour assurer et fiabiliser le protocole d'échange, des données de contrôle sont ajoutées aux données brutes à transmettre pour former une donnée complète. On estime que la durée nécessaire pour transmettre une donnée complète (données brutes et données de contrôle) est de l'ordre de 10 ms.

- Q7** D'après le chronogramme donné ci-dessus, **déterminer** le nombre de bits nécessaires pour émettre chaque octet ? Justifier que la durée nécessaire pour transmettre une donnée complète est bien de l'ordre de 10 ms.

Pour la suite du problème, on estimera que l'ensemble des données recueillies lors d'un cycle de plongée (conductivité, température, pression,...) est au maximum de 60 000 octets. Toutes les données liées aux mesures sont stockées mais **on ne transmet qu'une série de mesure sur 10 à la base terrestre**. Toutes les autres données seront lues et exploitées à partir de la carte μ SD après la récupération de l'hydroplaneur.

- Q8** Quelle est la durée du cycle complet d'émission effectué par le microcontrôleur à destination du module Iridium ?

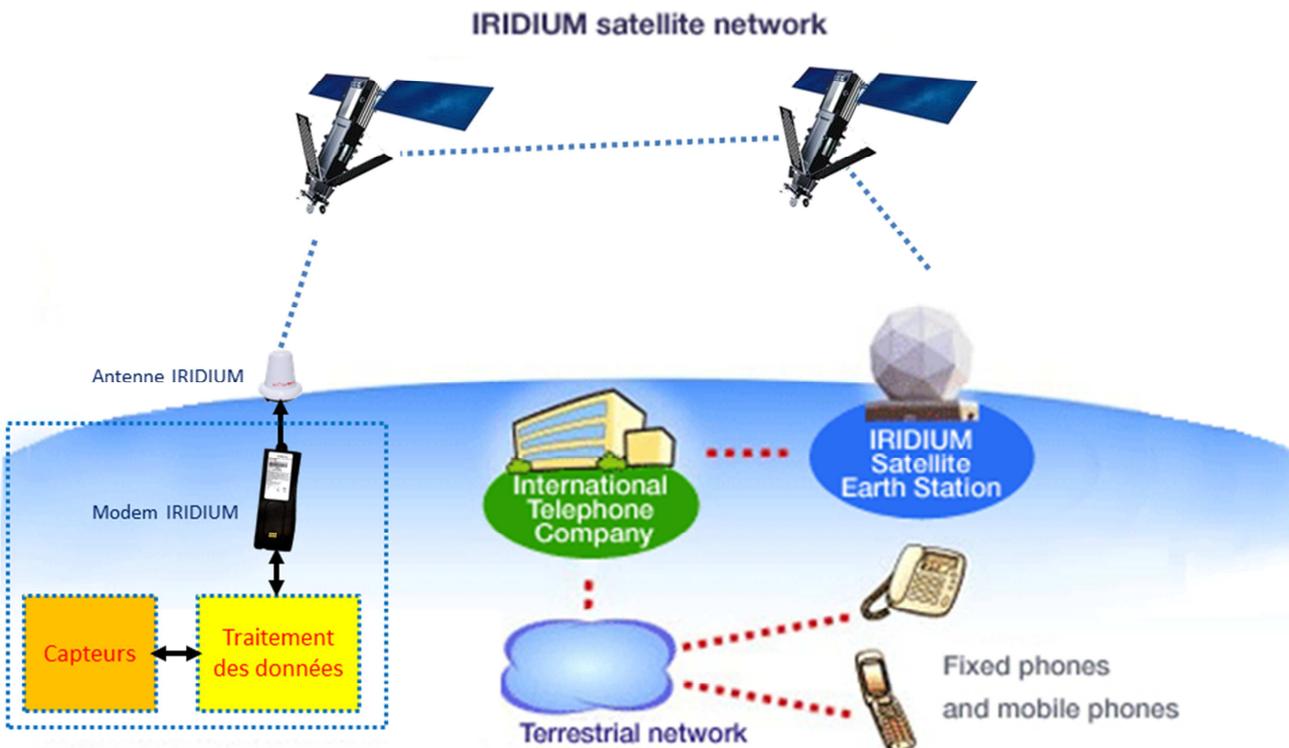
On rappelle dans le tableau donné ci-après les unités multiples de l'octet (normes SI).

Norme SI				Usage courant		
Notation		Quantités, en octets		Notation	Quantités, en octets	
Kio	Kibi-octet	2^{10}	1024	ko	10^3	1000
Mio	Mébi-octet	2^{20}	1 048 576	Mo	10^6	1 000 000
Gio	Gibi-octet	2^{30}	1 073 741 824	Go	10^9	1 000 000 000
Tio	Tébi-octet	2^{40}	1 099 511 627 776	To	10^{12}	1 000 000 000 000

- Q9** Déterminer la capacité totale utilisée dans la mémoire de stockage μ SD, pouvant stocker toutes les données acquises pour les 500 cycles de plongée prévus.
- Q10** Exprimer la capacité mémoire (CM) nécessaire au stockage de toutes les données recueillies pendant une mission. Exprimer le résultat en Mio.

Compression des données

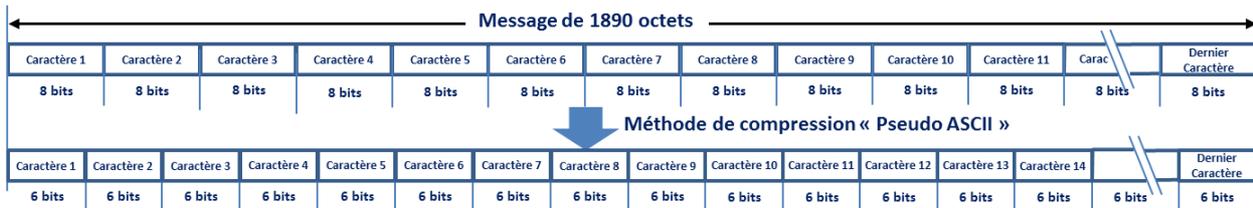
Afin de pouvoir transmettre ses informations, l'hydroplaneur embarque un modem utilisant le système Iridium. Ce dernier est composé d'un ensemble de satellites ainsi que d'une passerelle terrestre avec internet comme le montre le schéma ci-dessous.



Les données sont envoyées sous forme d'email avec une pièce attachée de 1 890 octets maximum (limite imposée par le système IRIDIUM). Chaque octet de cette pièce jointe est codée sous la forme de deux caractères ASCII afin d'être affichable et imprimable à la réception. Par exemple, l'octet de donnée brute « 4F » issu d'une mesure sera remplacé

par deux codes ASCII de 8 bits, celui du « 4 » et œlui du « F » afin d'être affichable et imprimable à la réception.

La transmission IRIDIUM possède un débit assez faible, et facture son service au nombre d'octets envoyés. Il est donc nécessaire de compresser les données avant émission afin de limiter le temps de transmission et le coût des messages. La méthode de compression utilisée est appelée Pseudo-ASCII. Elle consiste à encoder chaque caractère ASCII de 8 bits à 6 bits. Comme chaque octet émis est facturé 0.0015 €, et que le nombre de cycles effectué pendant la durée d'une mission est estimé à 500 plongées, on veut estimer l'économie possible.



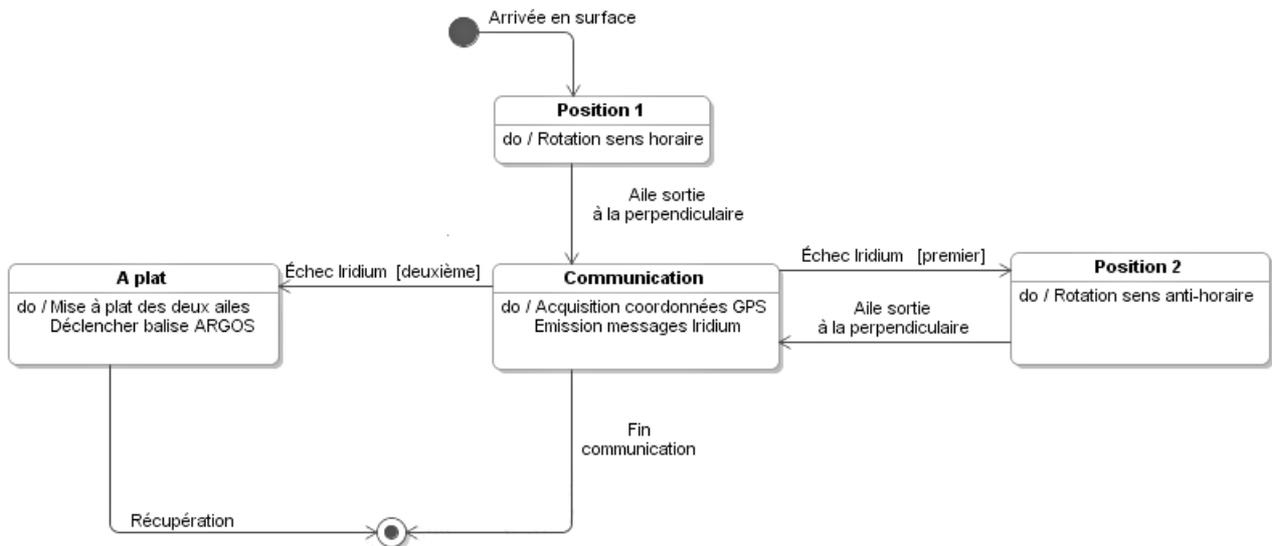
- Q11** A l'issue d'une plongée, **calculer** le nombre d'octets à transmettre :
- sans compression
 - après compression en codes Pseudo ASCII
- Calculer** le gain financier, apporté par cette compression des données, en fin de mission.

Analyse de l'énergie embarquée et de l'autonomie

L'objectif de cette partie est de valider la performance énergétique de l'appareil, c'est-à-dire de vérifier que son autonomie peut aller au-delà de 6 mois tout en parcourant des milliers de kilomètres.

Procédure d'alerte en cas de panne

Le calcul de la consommation de l'hydroplaneur doit tenir compte des différentes procédures de fonctionnement prévues, comme celle d'alerte en cas de panne de la transmission des données, qui impose d'émettre un signal de détresse permettant de venir repêcher l'hydroplaneur.



Dans ce cas de dysfonctionnement, l'hydroplaneur adopte le comportement décrit par le diagramme d'état ci-dessus :

Q12 **Compléter** les chronogrammes du document DR1 qui correspondent à la séquence des signaux de commande fournis par l'unité de traitement pour obtenir le fonctionnement souhaité dans le cas où la première et la deuxième transmission IRIDIUM échouent (lorsqu'un élément doit être activé, il sera représenté par un niveau haut).

Calcul de l'énergie embarquée

Les batteries embarquées dans l'appareil sont d'un type particulier.

Q13 En vous aidant du diagramme de définition de blocs, **déterminer** le nombre total de cellules lithium présentes dans chaque pack.

Donnée : L'énergie stockée dans une batterie est donnée par la relation suivante :

$$E = C \times Un$$

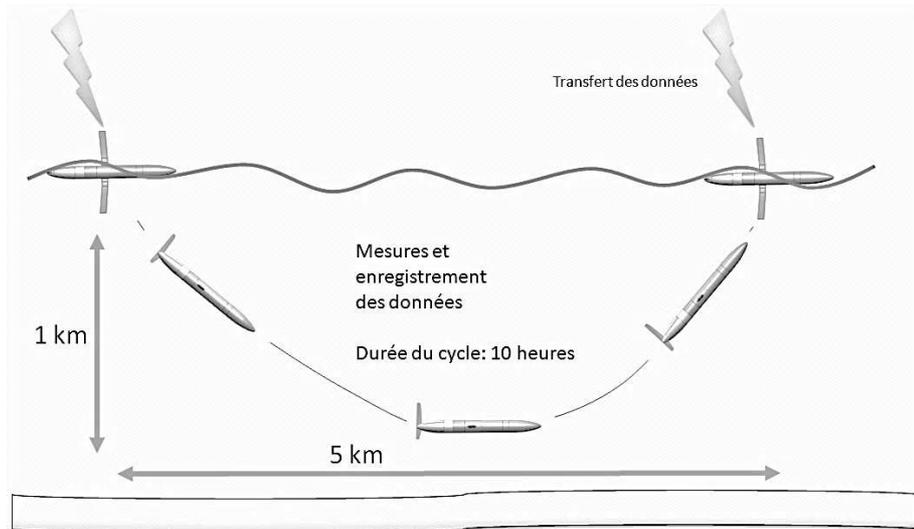
E = énergie en Watt.heure (W.h)
 C = Capacité en Ampères.heure (A.h)
 Un = Tension nominale de la batterie à vide en Volts (V)

Q14 A l'aide du bloc « Cellule » du diagramme de définition de blocs (bdd), **déterminer** en W.h l'énergie emmagasinée par une cellule.

Q15 En déduire l'énergie totale embarquée en Joules.
 Rappel: 1 W.h équivaut à 3600 Joules.

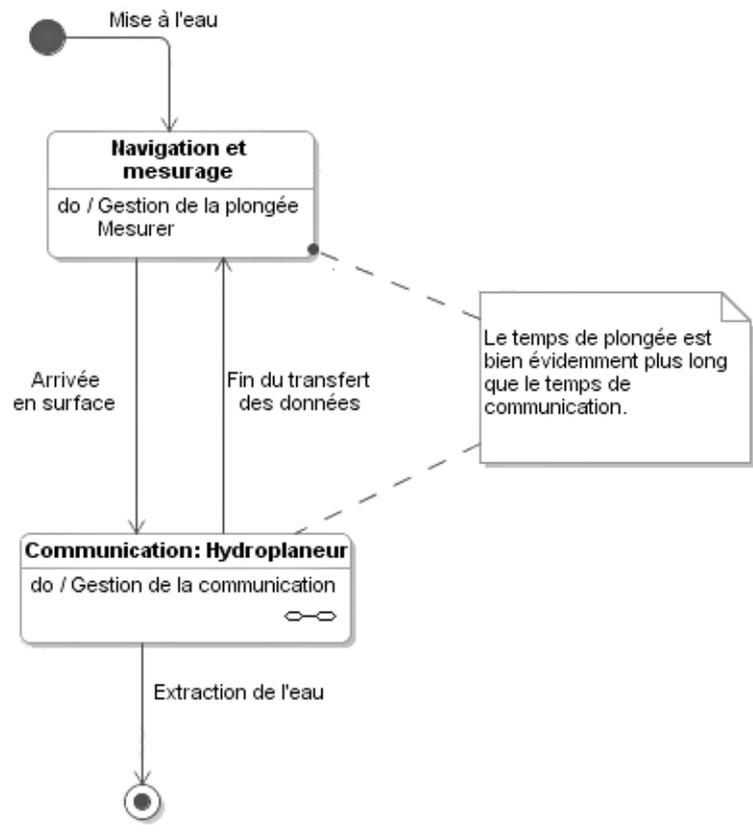
Estimation de l'autonomie de l'hydroplaneur

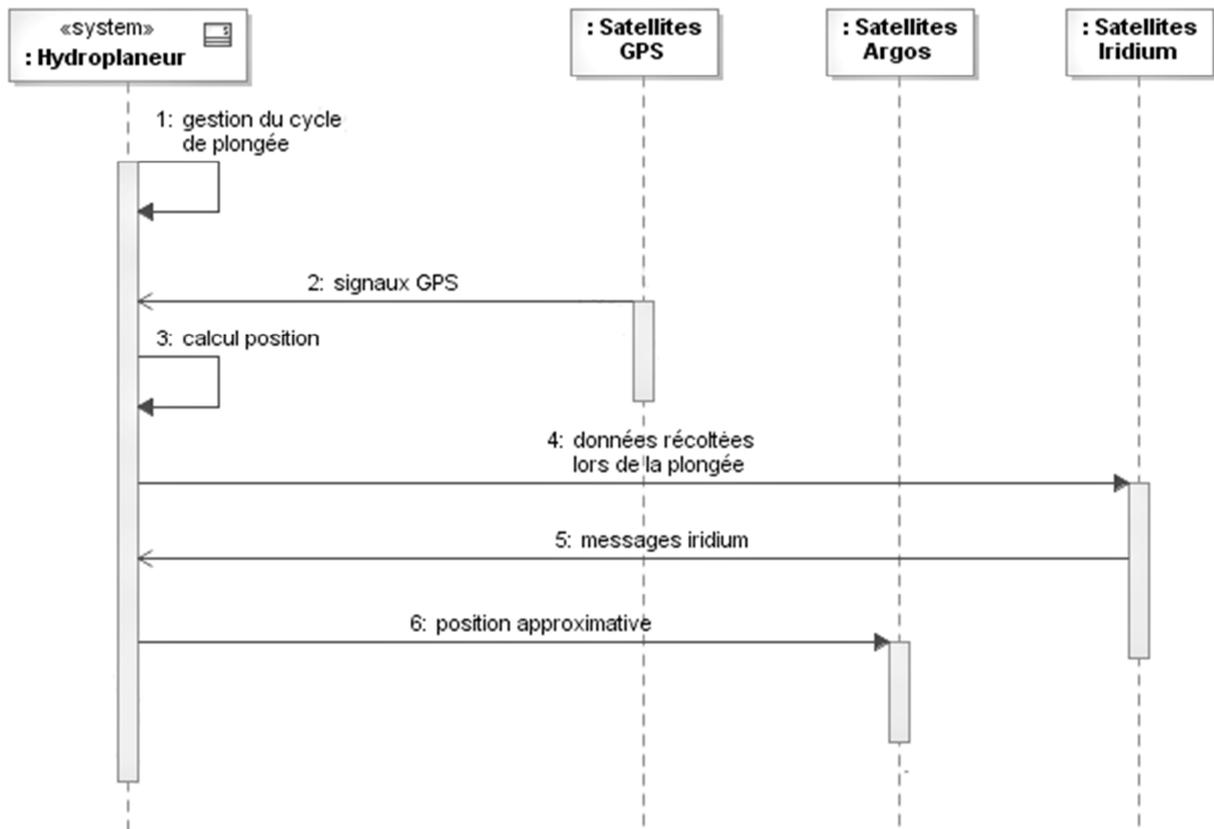
Pour estimer sa consommation globale, on procède d'abord à un calcul sur un cycle de fonctionnement.



Le diagramme d'états ci-contre résume les deux grandes phases de travail de l'hydroplaneur :

- **Phase d'immersion :** plongée puis remontée avec mesure et stockage de différentes caractéristiques.
- **Phase de surface :** mise en position pour émettre (basculer sur un côté), et émission des différentes informations avec la communication satellite (voir diagramme de séquence ci-dessous).





La consommation d'énergie se situe aux niveaux suivants :

- la consommation des moteurs déplaçant les masses mobiles (packs de batteries) d'inclinaison et de basculement de l'hydroplaneur ;
- la consommation des cartes électroniques d'acquisition, de traitement et de stockage ;
- la consommation due à la communication avec les satellites ;
- la consommation de la pompe hydraulique (remplissage et vidage des ballasts gérant les cycles de plongée).

La synthèse des différentes consommations d'énergie sur un cycle pour la configuration étudiée est proposée dans le tableau ci-dessous :

Postes de consommation d'énergie	Energie consommée
Déplacement des packs de batteries	199 J
Consommation de la carte électronique	7 000 J
Consommation communication	9 100 J
Consommation de la pompe hydraulique	<i>A déterminer</i>

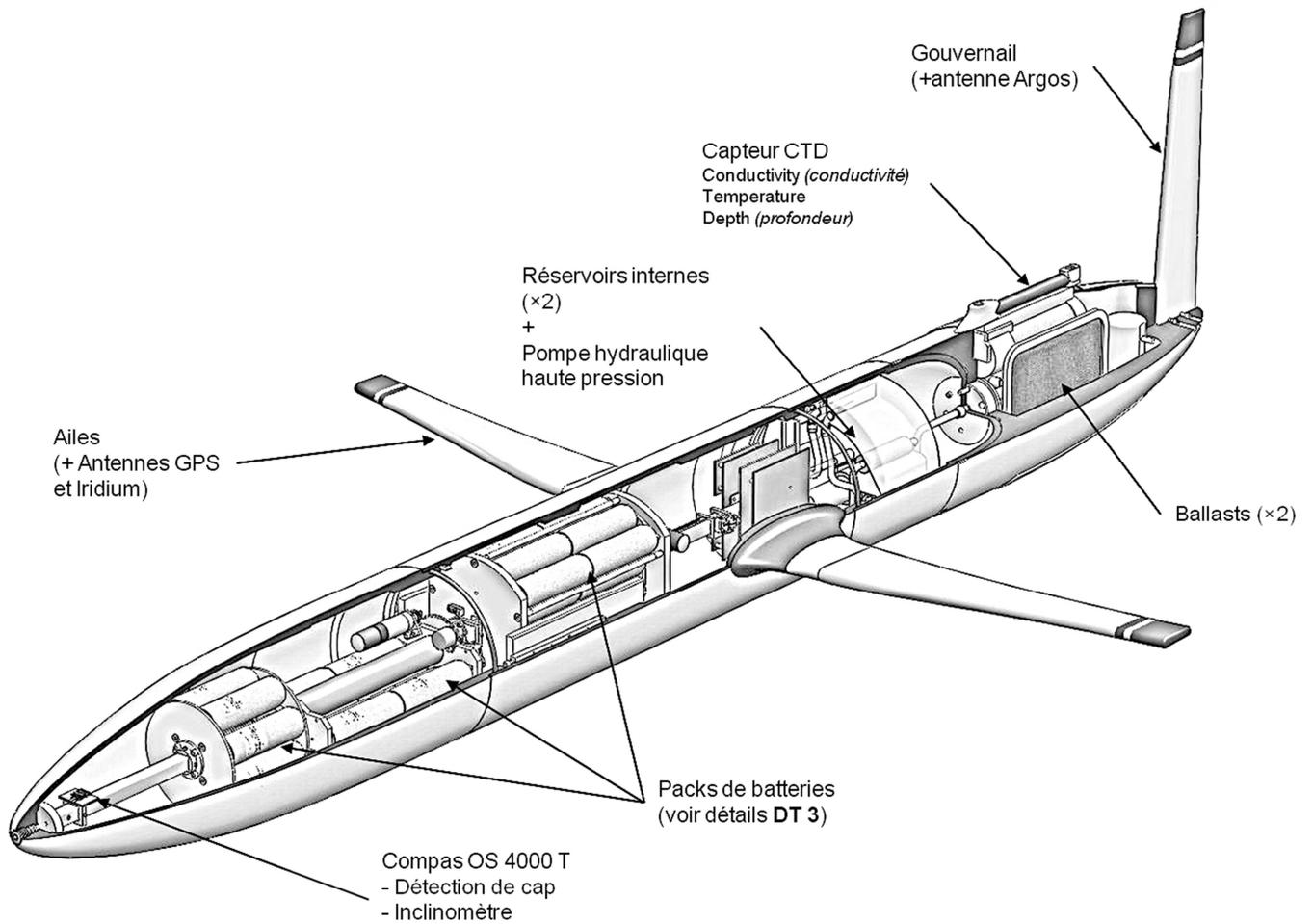
Le système d'entraînement de la pompe hydraulique servant à alimenter les ballasts consomme 72 W sur 2 minutes environ pendant un cycle.

Q16 Calculer l'énergie consommée par la pompe hydraulique en Joules.

- Q17** Calculer l'énergie totale dépensée pour un cycle, et donner le nombre de cycles ainsi réalisables (on arrondira l'énergie consommée par la pompe à 8 700 J).
- Q18** En déduire le temps resté en mer et la distance parcourue par l'hydroplaneur.

La solution de l'hydroplaneur n'est qu'un des systèmes mis en œuvre par les scientifiques pour acquérir les données sous marines (bouées fixes et dérivantes, bateaux) mais il est le seul système autonome à pouvoir plonger pour acquérir des données en profondeur, selon un parcours long et il conserve donc tout son intérêt.

- Q19** Dans le cadre d'une démarche d'amélioration de ce système, proposer un ou plusieurs principes de solutions techniques qui permettraient, à votre avis, d'augmenter l'autonomie d'un hydroplaneur

Architecture générale**Données techniques :****Matériaux :**

- Coque étanche ("*dry section*"):
Aluminium 6061 T6
- Partie arrière ("*wet section*"):
Polypropylène (solid propylen)
- Ailes et gouvernail:
Uréthane moulé

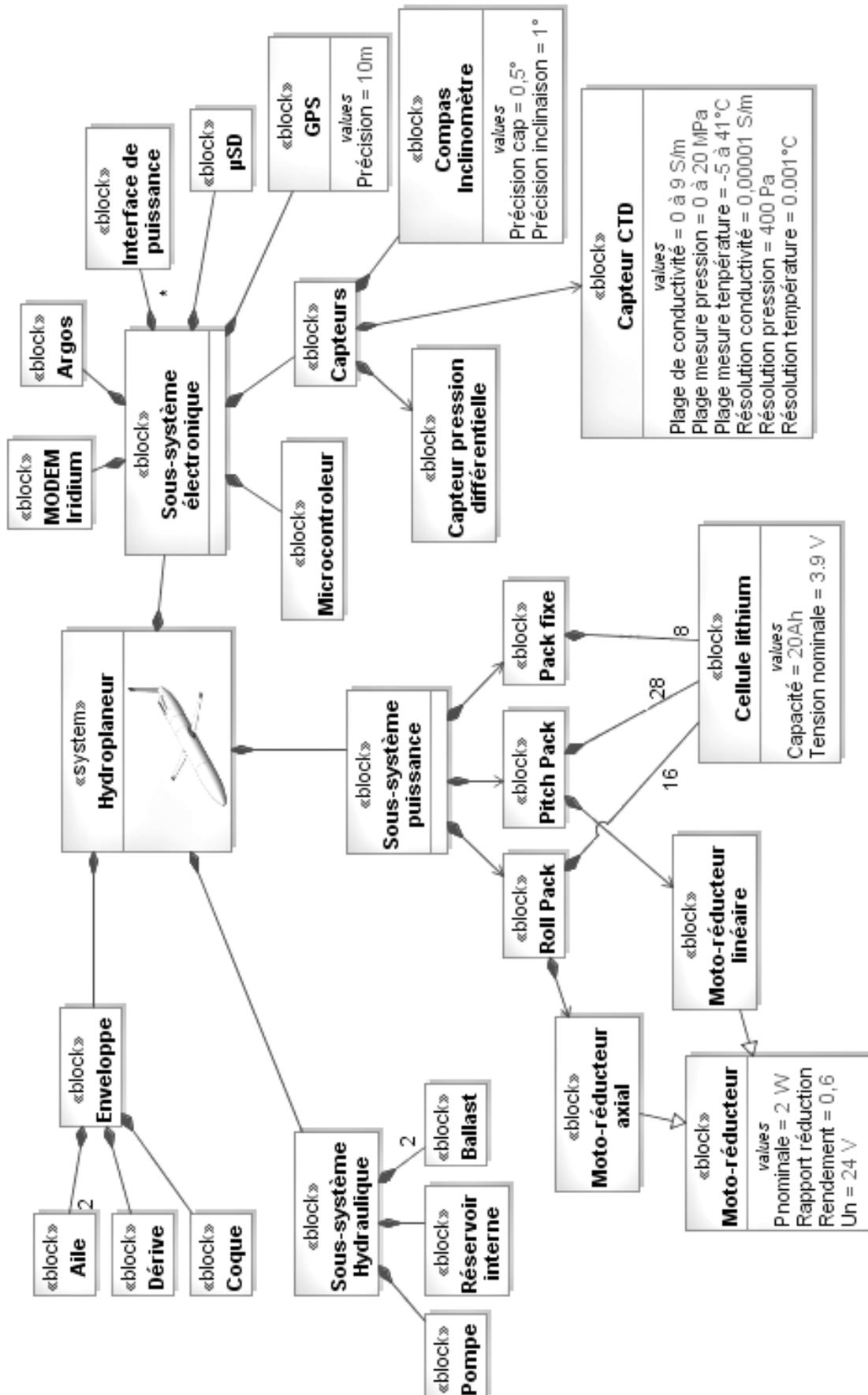
Dimensions et performances :

- Longueur: 2 000 mm
- Diamètre: 200 mm
- Envergure: 1 200 mm
- Masse totale: 52,150 kg
- Profondeur de plongée: 1 000 m

Endurance :

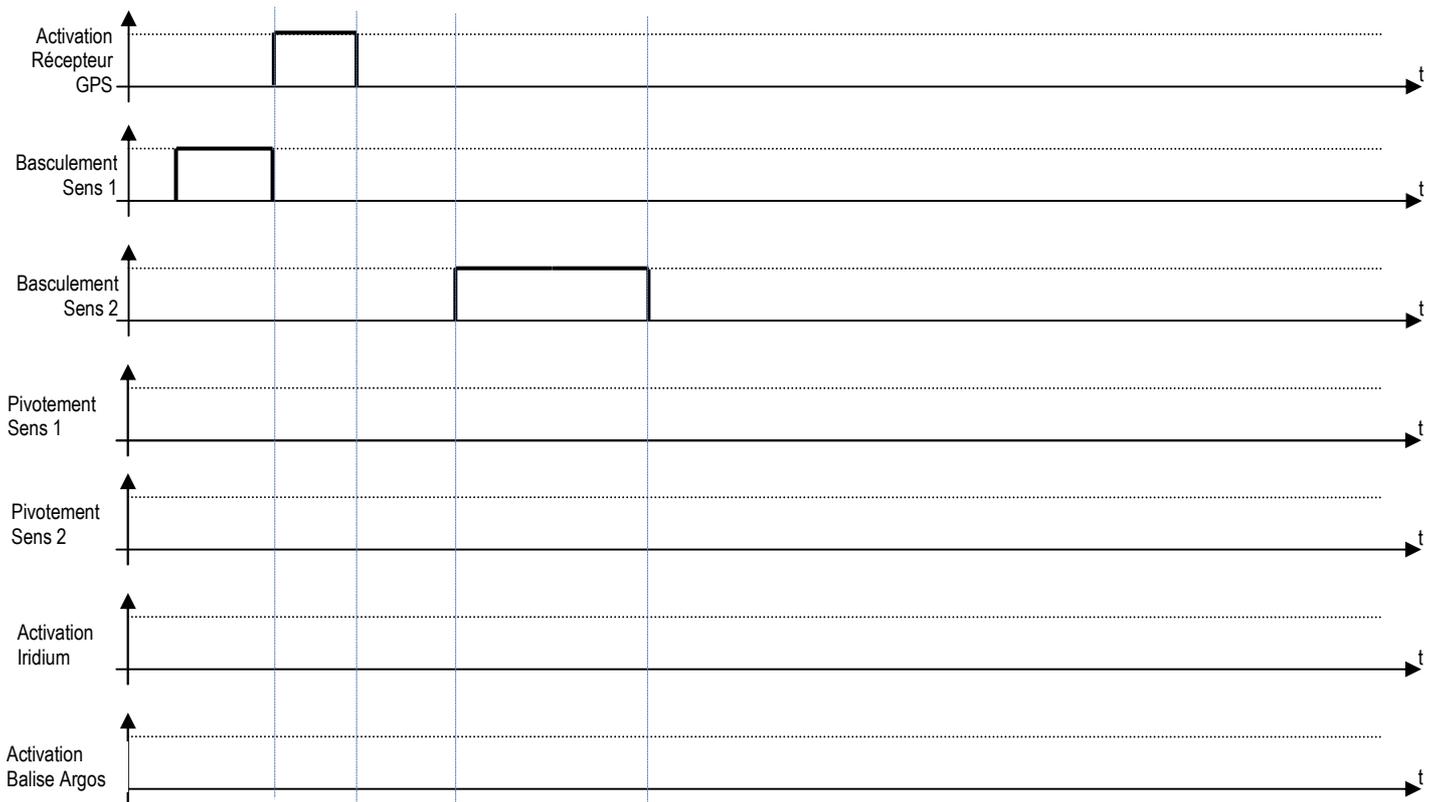
L'autonomie de fonctionnement est de 140 jours de navigation environ, correspondant à 500 cycles de descente/montée à une profondeur de 1 000 m

Diagramme de définition de blocs (bdd)



Q12 : Compléter les chronogrammes qui correspondent à la séquence des signaux de commande fournis par l'unité de traitement.

Remarque : on s'intéresse au comportement de l'hydroplaneur, on ne se préoccupera pas du respect de l'échelle des temps.



BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

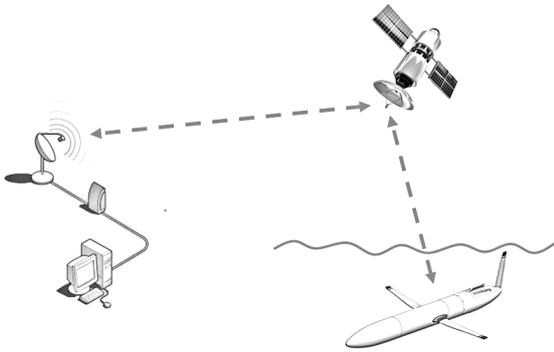
ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

1

	 <p style="text-align: center;">Partie 2 Analyse d'un ouvrage</p>
--	--

- **Partie 2 (1 heure)** pages 2 à 4
- **Documents techniques (DT1 à DT3)** pages 5 à 7
- **Documents réponses (DR1 à DR2)** pages 8 à 9

Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR2 (pages 8 à 9) seront à rendre (même vierges) agrafés aux copies.

Partie 2 : Analyse structurelle de l'hydroplaneur (durée 1 heure)

Les hydroplaneurs sont développés et utilisés par des équipes de scientifiques, comme celles de l'IFREMER (*Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*) pour mesurer certaines caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer, en surface et en profondeur. Pour capter et enregistrer ces caractéristiques, on peut utiliser différents systèmes, comme des bouées, des stations sous-marines fixes ou des bateaux. Les hydroplaneurs complètent ces systèmes classiques.

L'hydroplaneur étudié (**voir DT1 et DT2**) est conçu pour naviguer en plongée la majeure partie de son temps.

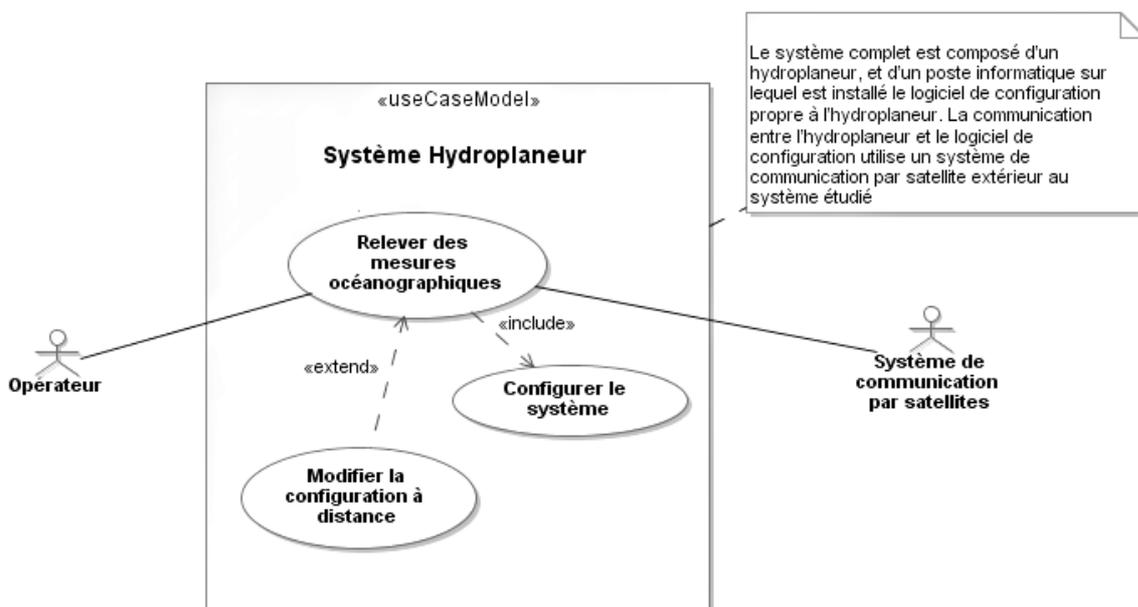
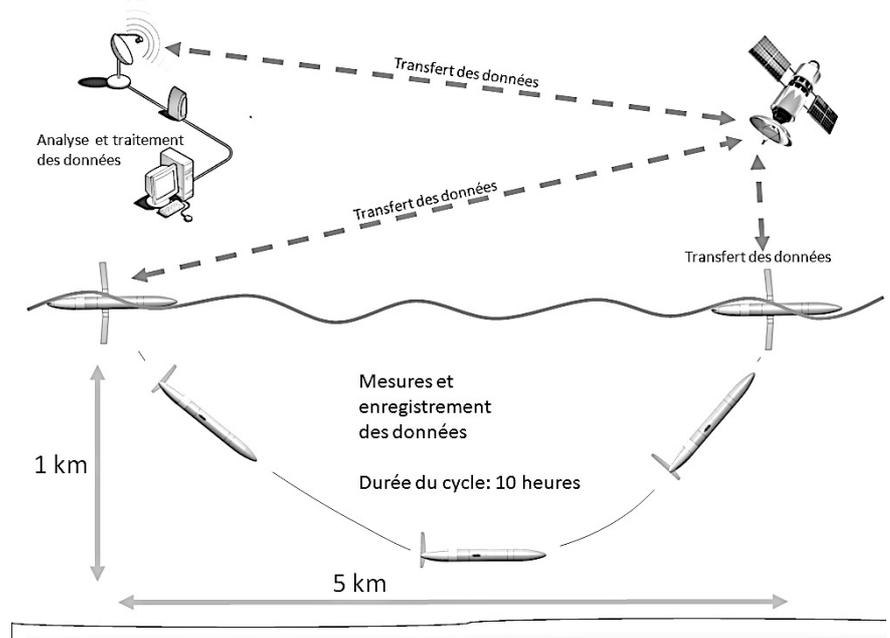
Comme les planeurs aériens, ces engins ne sont pas équipés de système de propulsion et utilisent la portance de leurs ailes et les courants marins pour naviguer sous la mer.

Pour transmettre l'ensemble des informations acquises durant la phase de plongée, il remonte régulièrement à la surface pour communiquer avec des bases terrestres spécialisées dans l'acquisition et le traitement de ces données.

L'hydroplaneur étudié embarque son énergie dans un nombre limité de batteries sans qu'il soit prévu de les recharger.

Ses concepteurs sont donc soumis à de fortes contraintes de

consommation et ils cherchent les solutions techniques les plus économiques pour permettre à l'appareil de passer plusieurs mois en mer avant d'être repêché.



Principes de déplacement sous-marin

L'appareil utilise le principe de la poussée d'Archimède (**voir DT3**).

La poussée varie en fonction du volume de liquide déplacé.

Cette variation de volume est obtenue en gonflant ou dégonflant des ballasts souples immergés, situés dans la partie arrière (zone humide). La variation de volume du ballast souple s'obtient en injectant de l'huile à l'intérieur du ballast. (**voir DT1**)

Cette huile est transférée par une pompe électro hydraulique à partir de réservoirs internes situés à l'intérieur de l'hydroplaneur (zone étanche).

3

Problème technique à résoudre:

Pour incliner l'engin lors des descentes et des remontées, le système technique permettant de faire varier le volume de l'appareil est complété par un système qui déplace le centre de gravité du planeur le long de son axe longitudinal par rapport à son centre de poussée (**voir DT3**). On veut que le système de déplacement des masses permette d'atteindre un angle de descente ou de montée de 20°.

Pour cela, on fait varier la position du centre de gravité (CDG) par rapport au centre de poussée (CDP) de l'hydroplaneur en déplaçant le pack de batteries qui sert de masse mobile.

L'angle est stabilisé lorsque les CDG et CDP sont à la verticale l'un de l'autre.

1.1 - Assurer la flottabilité de l'hydroplaneur

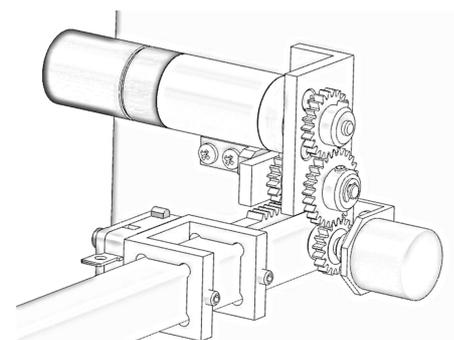
L'objectif de cette partie est d'analyser la solution technologique utilisée pour assurer les phases de plongée/surface.

- Q1** Identifier les éléments qui permettent à l'hydroplaneur de faire varier le volume de liquide déplacé? (**voir DT1**)
- Q2** Sur les schémas du document **DR1**, identifier et colorier les éléments (réservoirs / ballasts) remplis d'huile lors des différentes phases de fonctionnement.
- Q3** Vérifier que le volume d'eau déplacé par les ballasts est suffisant à la remontée de l'hydroplaneur (**voir DT1 – DT3**)

1.2- Vérification du choix du moteur du sous système "Pitch pack"

L'objectif consiste, dans une première phase de pré détermination des constituants à vérifier rapidement que la puissance du moteur électrique retenu est adaptée au besoin. On se place dans le cas le plus défavorable, c'est à dire lorsque l'hydroplaneur est incliné à 20°.

Le "Pitch pack" permet de contrôler le tangage de l'appareil. Il se déplace à l'aide d'un système moto-réducteur électrique + pignon - crémaillère le long de la barre support principale.



Données :

- Poids du pack : $P_{\text{Pitch pack}} = 70 \text{ N}$
- La liaison entre le pack mobile et la barre support est une liaison glissière dans laquelle les frottements ne sont pas négligés.
Coefficient d'adhérence : $f = 0,2$ (contact Pack / Barre support)
- Vitesse moyenne de déplacement en translation du pack : $V_{(\text{pack}/\text{support})} = 22 \text{ mm.s}^{-1}$
- Les engrenages à denture droite et la crémaillère utilisés dans le mécanisme d'entraînement ont un angle de pression normalisé égal à 20° .
Rendement global du réducteur : $0,8$ (train d'engrenages + pignon - crémaillère)
- Rendement global du réducteur planétaire intégré au moto reducteur : $0,6$
- Puissance nominale du moteur : 2 W

Q4 Compléter l'étude statique sur le document **DR 1** :

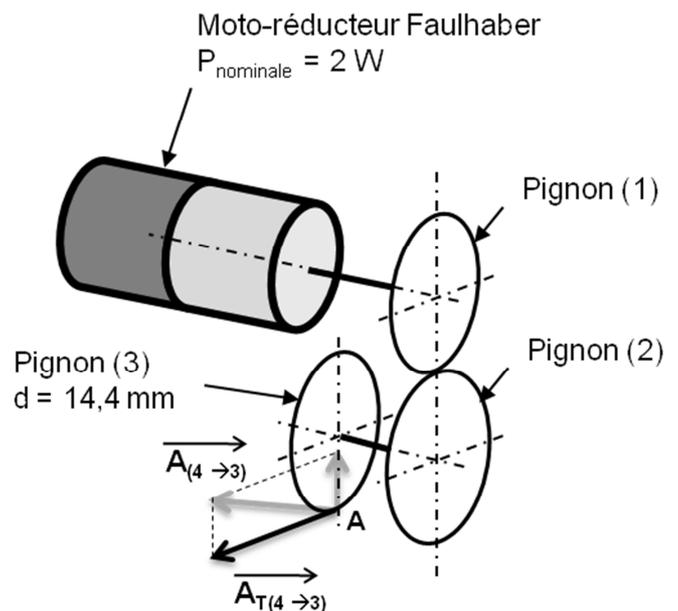
- Isoler le "Pitch Pack" et faire le bilan des actions mécaniques extérieures.
- Énoncer le Principe Fondamental de la Statique.
- Déterminer graphiquement la valeur de l'effort de la crémaillère (4) sur le pignon (3): $A_{(4 \rightarrow 3)}$

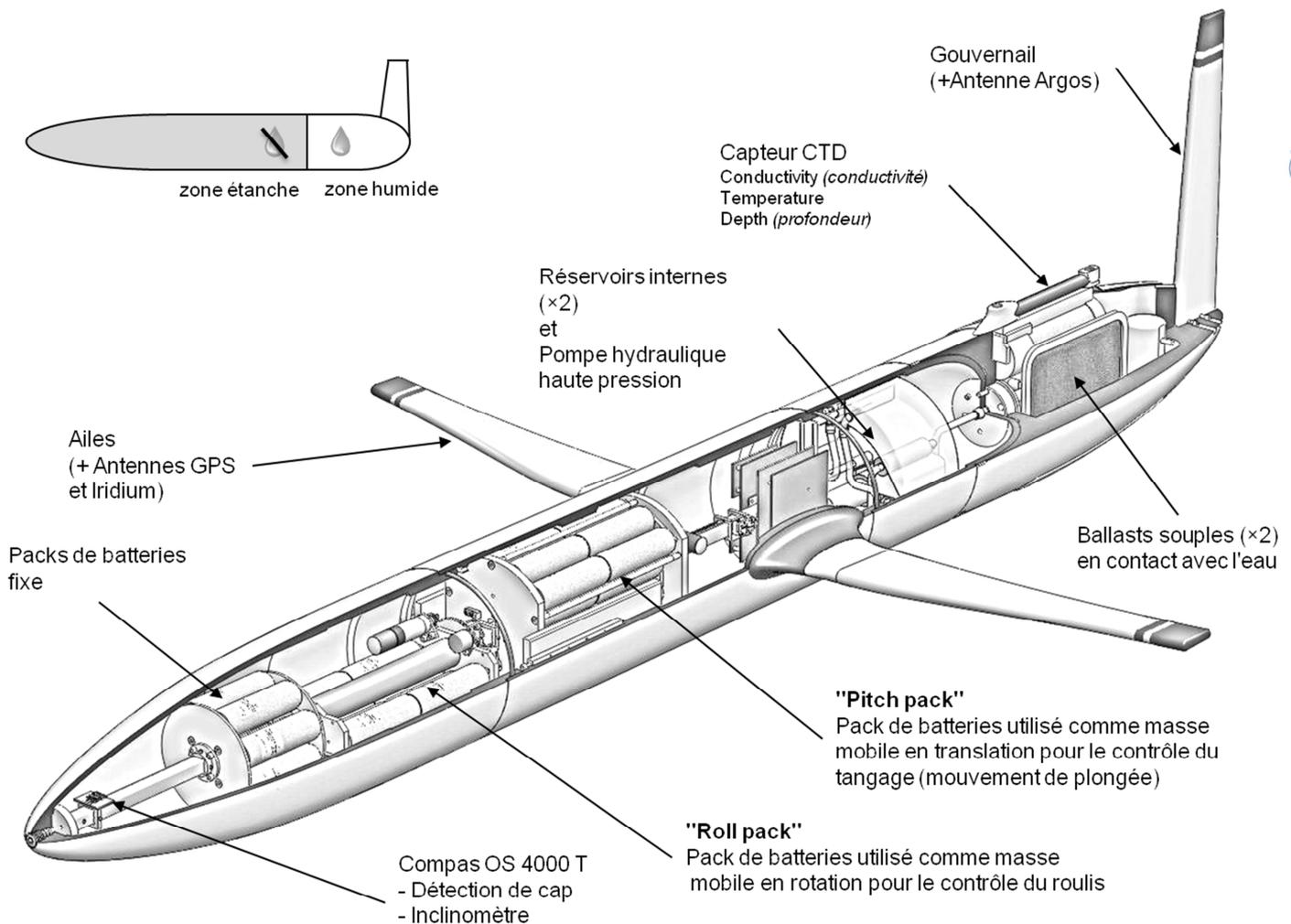
Q5 Déterminer graphiquement sur le document **DR1** la valeur de l'effort tangentiel exercé par la crémaillère (4) sur le pignon (3)

Pour la suite de l'exercice, on admettra que l'intensité de l'effort tangentiel $A_{T(4 \rightarrow 3)}$ nécessaire pour assurer le déplacement du pitch pack est: $A_{T(4 \rightarrow 3)} = 35 \text{ N}$.

Q6 Calculer la puissance absorbée au niveau du contact pignon-crémaillère et en déduire la puissance nécessaire au niveau du moteur en tenant compte des rendements .

Conclure quant à la validité du choix du moto-réducteur.



Architecture générale

5

Données techniques :**Matériaux :**

- Coque étanche ("*dry section*"):
Aluminium 6061 T6
- Partie arrière ("*wet section*"):
Polypropylène (solid propylen)
- Ailes et gouvernail:
Uréthane moulé

Dimensions et performances :

- Longueur: 2 000 mm
- Diamètre: 200 mm
- Envergure: 1 200 mm
- Masse totale: 52,150 kg
- Profondeur de plongée: 1 000 m

Endurance :

L'autonomie de fonctionnement est de 140 jours de navigation environ, correspondant à 500 cycles de descente/montée à une profondeur de 1 000 m

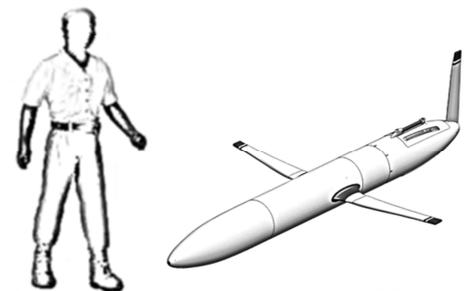
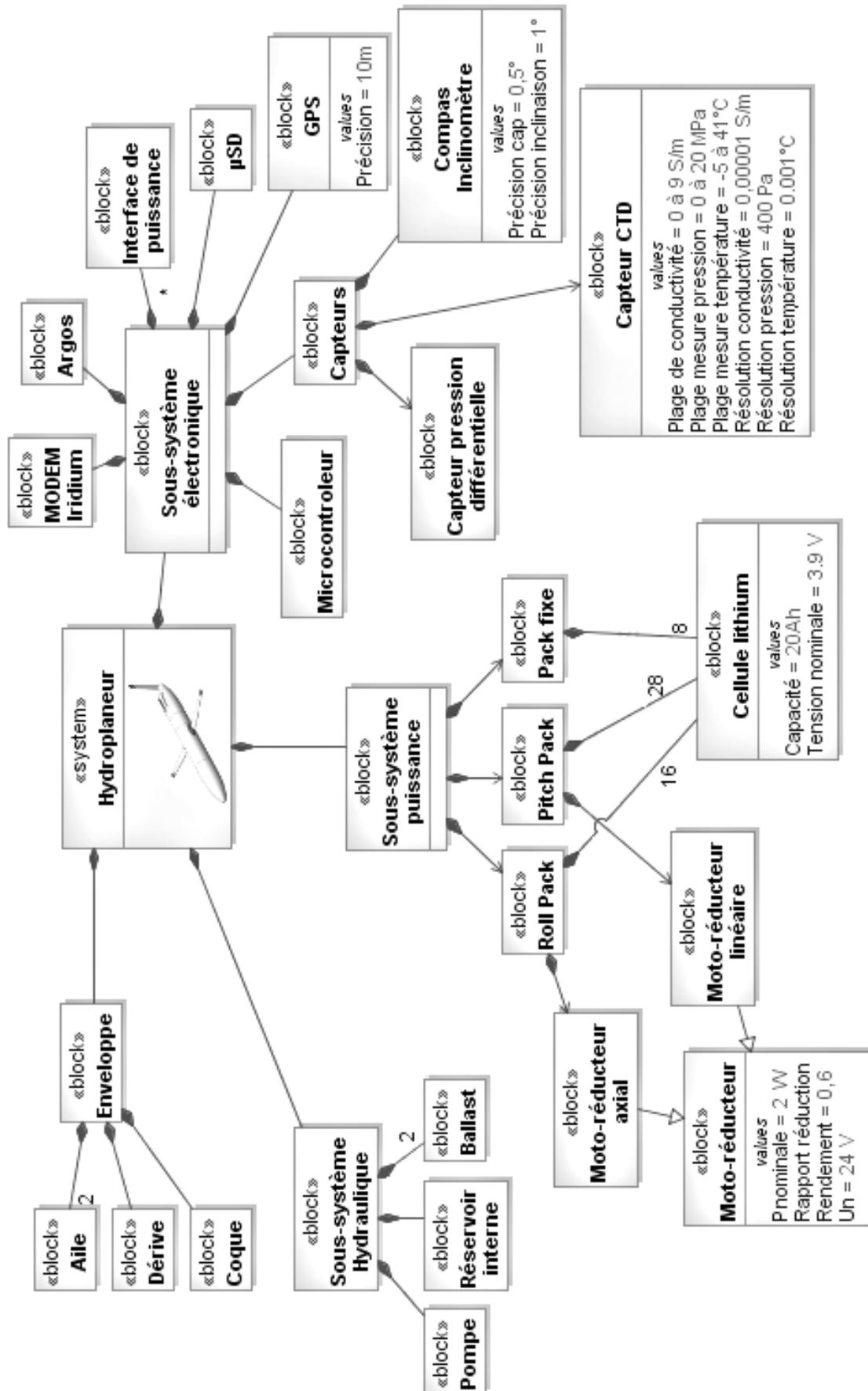


Diagramme de définition de blocs (bdd)



Montée - Descente de l'hydroplaneur

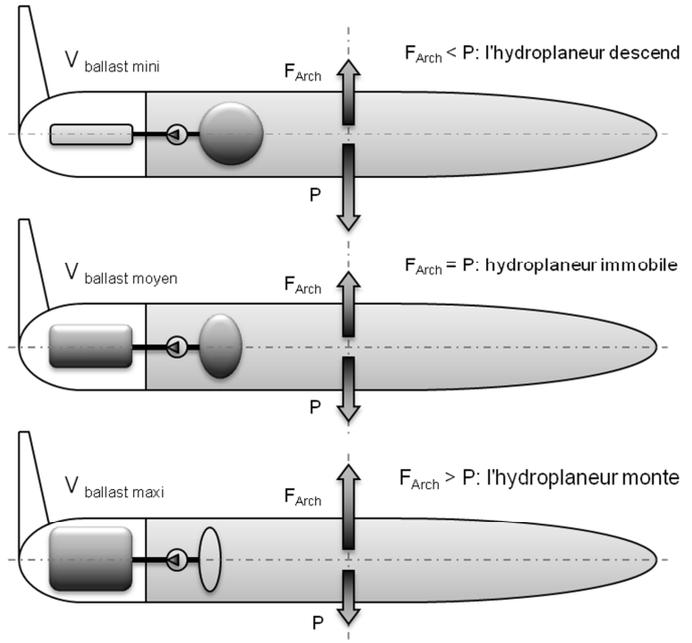
Poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède s'applique au centre de poussée (centre de gravité du volume de liquide déplacé).

Elle est égale au poids du liquide déplacé. ($F_{Arch} = \rho \cdot g \cdot V$)

Lorsque le volume total de l'hydroplaneur diminue, la poussée d'Archimède diminue et l'engin descend.

Lorsque le volume total de l'hydroplaneur augmente, la poussée d'Archimède augmente et l'engin remonte.



	Phase de "plongée"	Phase de "surface"
Volume d'eau déplacée	0,05053 m ³	0,05123 m ³
Masse d'eau déplacée	51,793 kg	52,510 kg
Position centre de poussée*	973 mm /origine	984 mm /origine

Masse volumique de l'eau de mer: $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ en moyenne (d'après travaux EOS 80 de l'UNESCO)

* La position du centre de poussée (CDP) varie en raison du transfert des 700 cm³ (0,0007 m³) d'huile entre les réservoirs internes et les ballasts externes (changement de volume de l'appareil).

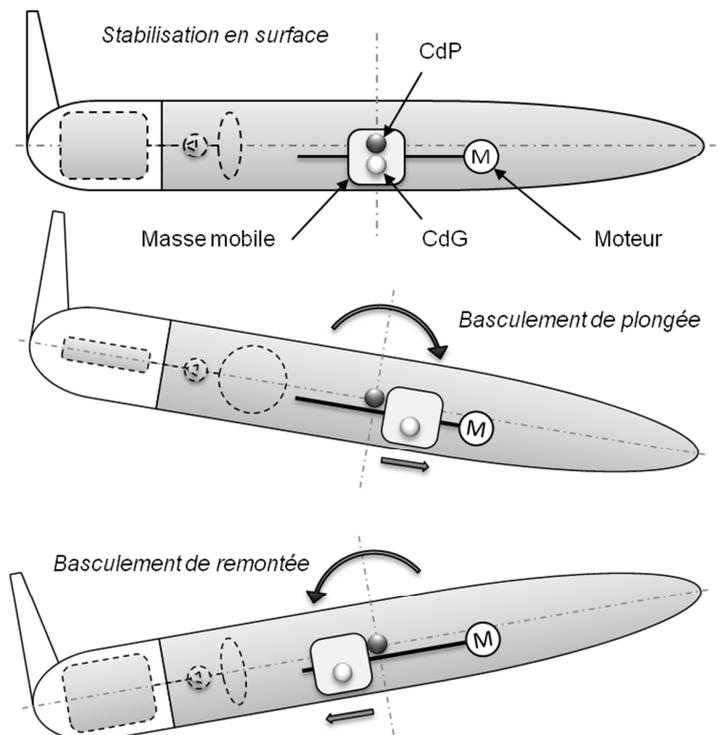
Inclinaison de l'hydroplaneur

Par construction le centre de gravité du planeur (CdG) est décalé vers le bas par rapport au centre de poussée (CdP).

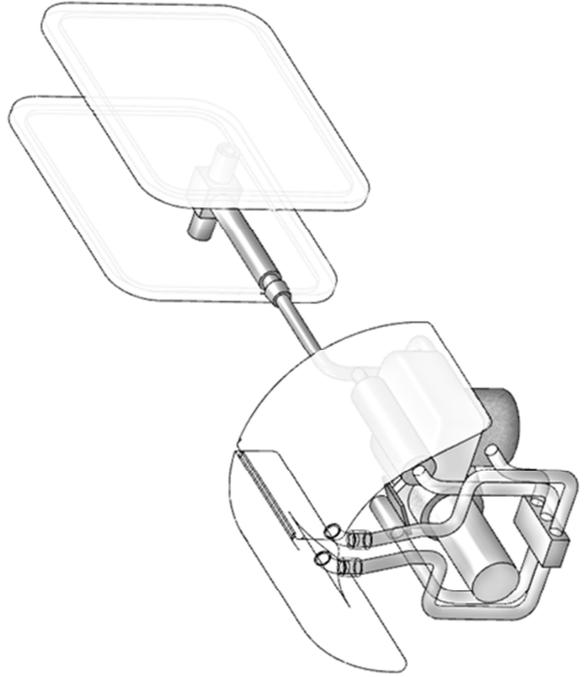
Le mouvement d'inclinaison est obtenu par le déplacement d'une masse à l'intérieur du planeur le long de l'axe longitudinal. (ici un pack de batteries motorisé)

Un couple de basculement se crée entraînant l'inclinaison de l'appareil vers le haut ou vers le bas.

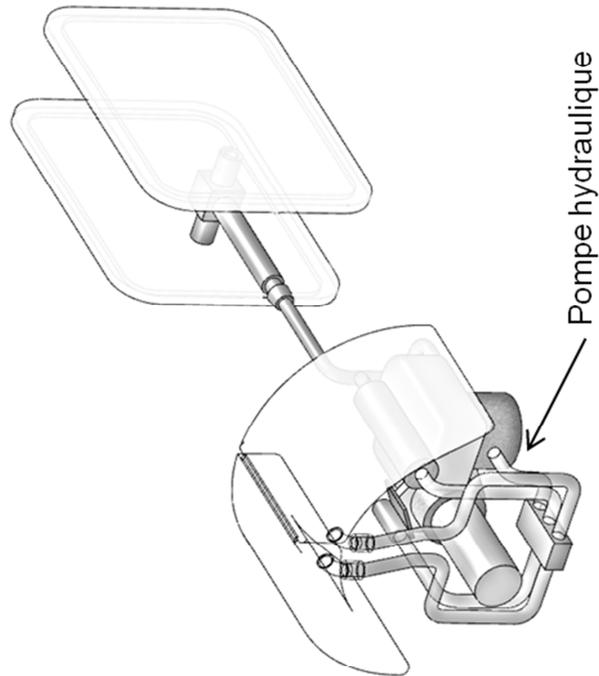
Une position d'équilibre est à nouveau obtenue quand les centres de gravité et de poussée sont à la verticale l'un de l'autre.



Q2



Phase de remontée (Surface)



Phase de descente (Plongée)

Q4 Etude statique :

- Bilan des actions mécaniques extérieures appliquées au "Pitch Pack" :

.....

- Enoncé du Principe Fondamental de la Statique :

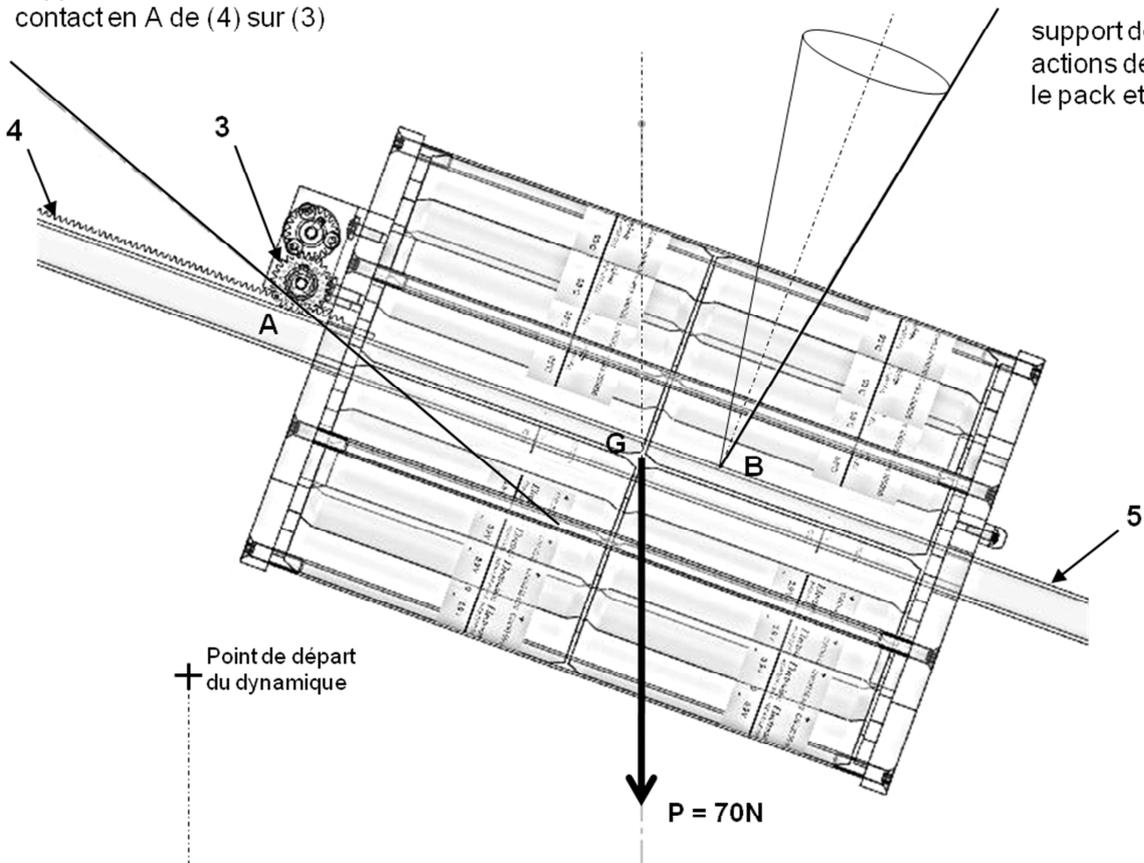
.....

.....

- Résolution graphique :

support de l'action de contact en A de (4) sur (3)

support de la résultante des actions de contact en B entre le pack et la barre (5)



échelle des efforts: 1 mm → 1 N

Résultat: $A_{4 \rightarrow 3} = \dots\dots\dots$

- Q5** Effort tangentiel: $A_{T4 \rightarrow 3} = \dots\dots\dots$