

0.1 feuille n° 1 : Ingénierie système

Colle 1- Drone

extrait et adapté de Centrale PSI 2010

Corrig page 12

Un drone est un véhicule volant sans pilote humain à bord. L'apparition des premiers drones date de la fin de la seconde guerre mondiale. Tout d'abord principalement utilisés comme cibles militaires pour l'entraînement au combat, ensuite employés pour des missions de reconnaissance dans les années 1960, leur utilisation pour des missions de surveillance s'est ensuite répandue lors de nombreux conflits.

Depuis, de nombreux drones ont été développés. Les applications sont multiples : localisation de victimes lors de catastrophes naturelles, supervision du trafic routier, prises de vues de bâtiments ou d'ouvrages d'art pour la maintenance, inspection de lignes électriques ou de voies ferrées... Le drone est alors principalement utilisé dans sa fonction d'œil déporté grâce à son vol stationnaire dans des missions difficiles d'accès pour l'homme.



FIGURE 1 – Drone

Dans ce sujet, on s'intéresse à l'étude d'un drone utilisé pour réaliser des missions de surveillance de bâtiments.

Il doit pouvoir suivre une trajectoire programmée à l'avance mais aussi pouvoir détecter et éviter d'éventuels obstacles. Pour cela, il est équipé d'un **GPS** lui permettant de déterminer sa position et de **capteurs à ultrasons** pour la détection d'obstacles. Un algorithme de pilotage chargé dans la **carte de commande** détermine en temps réel les commandes à appliquer aux actionneurs du système de propulsion pour que le drone suive au mieux la trajectoire en tenant compte d'éventuels obstacles ou perturbations (rafale de vent), remplaçant ainsi l'action d'un pilote humain.

Pour sa mission de surveillance, le drone transmet des images de son environnement à un opérateur distant. Pour cela, le drone est équipé d'une **caméra vidéo**. Ces images sont transmises à l'opérateur à l'aide d'un **système de communication sans fil**.

L'opérateur peut, pendant la mission du drone, modifier un certain nombre de consignes en utilisant le même système de communication sans fil. Ainsi, il peut demander un complément d'information dans un endroit précis du bâtiment exploré en modifiant la trajectoire initiale.

Le déplacement du drone est assuré par **quatre groupes de propulsion** composés chacun d'une **hélice** entraînée par un **moteur électrique**. Les groupes de propulsion sont pilotés indépendamment par la carte de commande grâce à un **hacheur** permettant de moduler l'énergie transmise à chaque moteur, de sorte qu'une différence de vitesses de rotation entre les moteurs peut ainsi permettre l'orientation du drone. Les groupes de propulsion sont alimentés par une batterie rechargeable.

Q1. Par quelles performances peut-être caractérisé un drone? (En citer 2 ou 3)

Q2. Quel est le service principal rendu par le drone, quels sont les acteurs. Traduire par un diagramme des cas d'utilisation.

Q3. Identifier l'exigence principale du drone.

Q4. Pour chacun des composants du tableau ci-dessous, préciser s'il appartient à la chaîne d'information ou d'énergie ainsi que la fonction qu'il assure.

| COMPOSANT | CHAINE D'INFORMATION | CHAINE D'ÉNERGIE | FONCTION |
|-----------------------------------|----------------------|------------------|----------|
| GPS | × | | Acquérir |
| Capteurs à ultrasons | | | |
| Carte de commande | | | |
| Caméra vidéo | | | |
| Système de communication sans fil | | | |
| Batterie | | | |
| Moteurs électriques | | | |
| Hélices | | | |
| hacheur | | | |

Q5. Tracer les chaînes d'information et d'énergie du drone.

La figure 2 donne l'évolution de la poussée fournie par chaque rotor en fonction de la vitesse de rotation du rotor : $Pousee = f(\omega)$.

La masse du drone est de 540 g

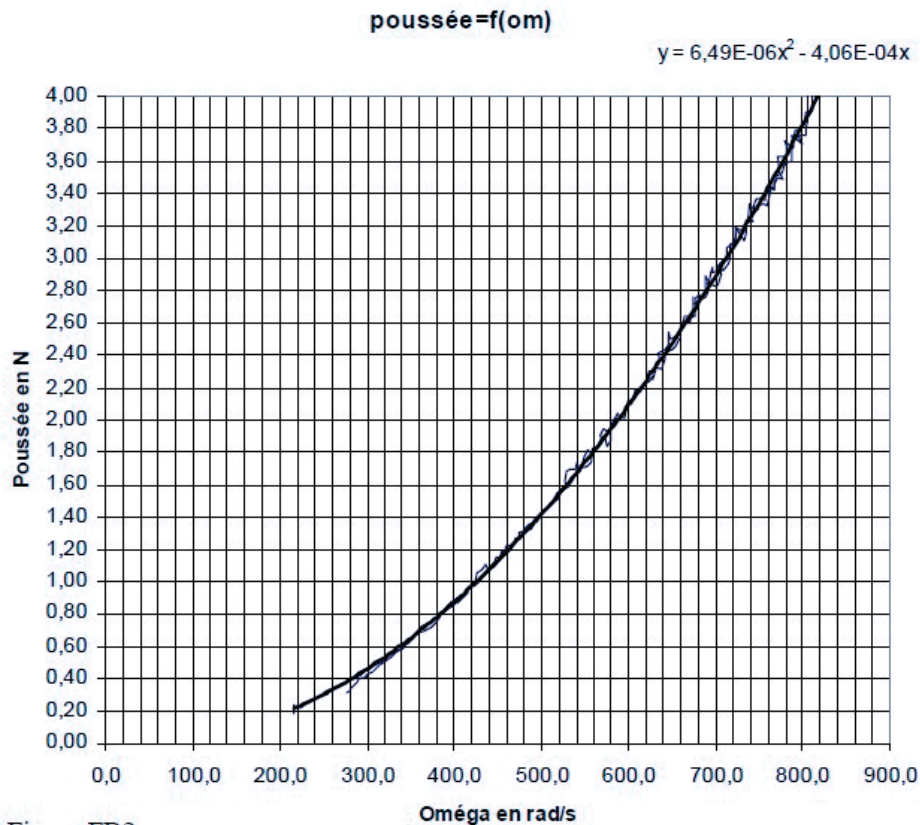


FIGURE 2 – Poussée de chaque rotor

Q6. Déterminer la vitesse de rotation des moteurs pour que le drone réalise un vol stationnaire.

On souhaite que le drone se déplace horizontalement de 10 m en 1 min à vitesse constante V_c .

On supposera que le drone n'est soumis qu'à l'action de la gravité et à la poussée des hélices et un effort aérodynamique opposé au déplacement que l'on suppose pour ces petites vitesses proportionnel à la vitesse : $F_a = -\mu \cdot V_c$.

Q7. Expliquer le principe du déplacement horizontal à vitesse constante, faire un schéma expliquant la position du drone pendant le déplacement.

Q8. Déterminer la vitesse de rotation des hélices pour obtenir ce mouvement en fonction de V_c , μ et des autres paramètres.

Colle 2- Porte de TGV

extrait et adapté de Centrale PSI 2008

Corrig page 12

On s'intéresse au système assurant la fermeture hermétique et le verrouillage de la porte d'un TGV. L'ordre de fermeture de la porte est donné soit par appui sur le bouton situé sur la porte soit via un ordre fourni par le conducteur depuis son pupitre. Les informations sont traitées par l'unité centrale. Un moteur électrique associé à un mécanisme pignon-crémaillère permet dans un premier temps de fermer la porte qui translate le long du rail de guidage. Un détecteur renseigne l'unité centrale sur la position de la porte. La détection de la position fermée enclenche alors le verrouillage de la porte et le gonflage des joints assurant l'herméticité de la fermeture. L'information de fin d'opération est transmise au conducteur sur son pupitre.



FIGURE 3 – Porte de TGV pupitre conducteur

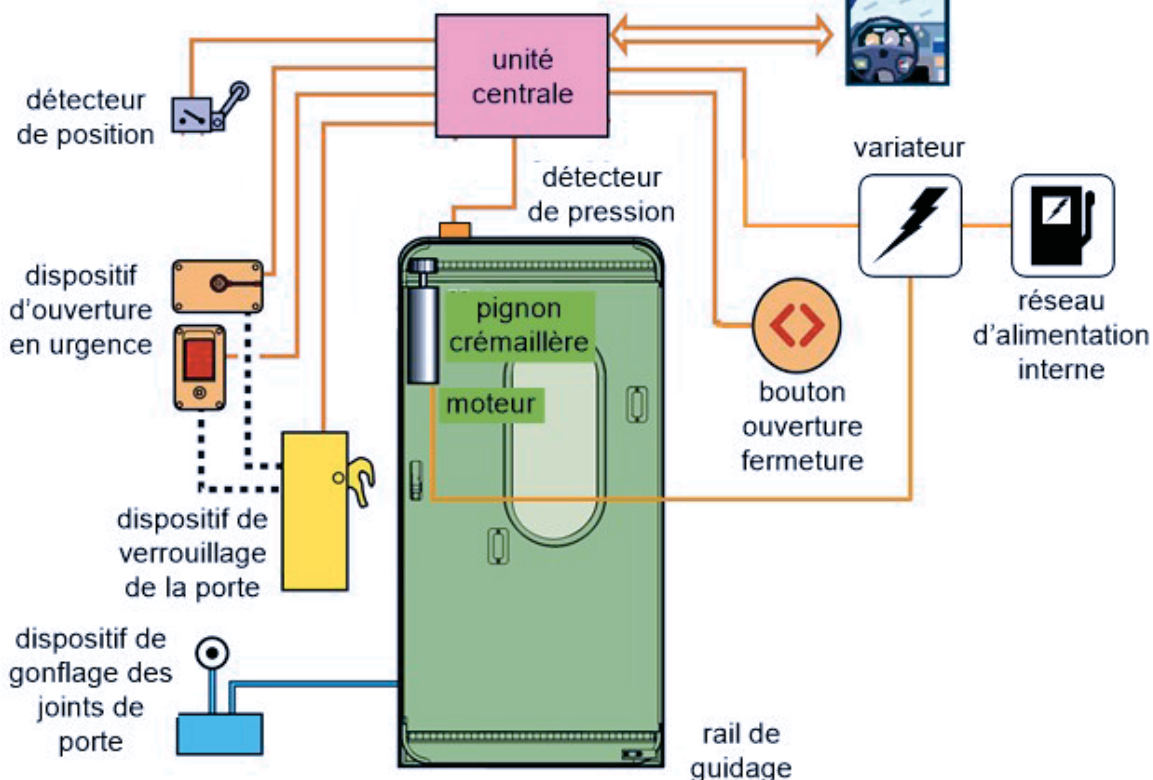


FIGURE 4 – constituants de la porte de TGV

Q1. Préciser pour chacun des constituants, la fonction qu'il réalise

Q2. Proposer une description du système par chaîne d'information et d'énergie en associant les composants aux fonctions.

Q3. Décrire la successions des états et transitions du système.

Exercice 3- hydroplaneurs

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.

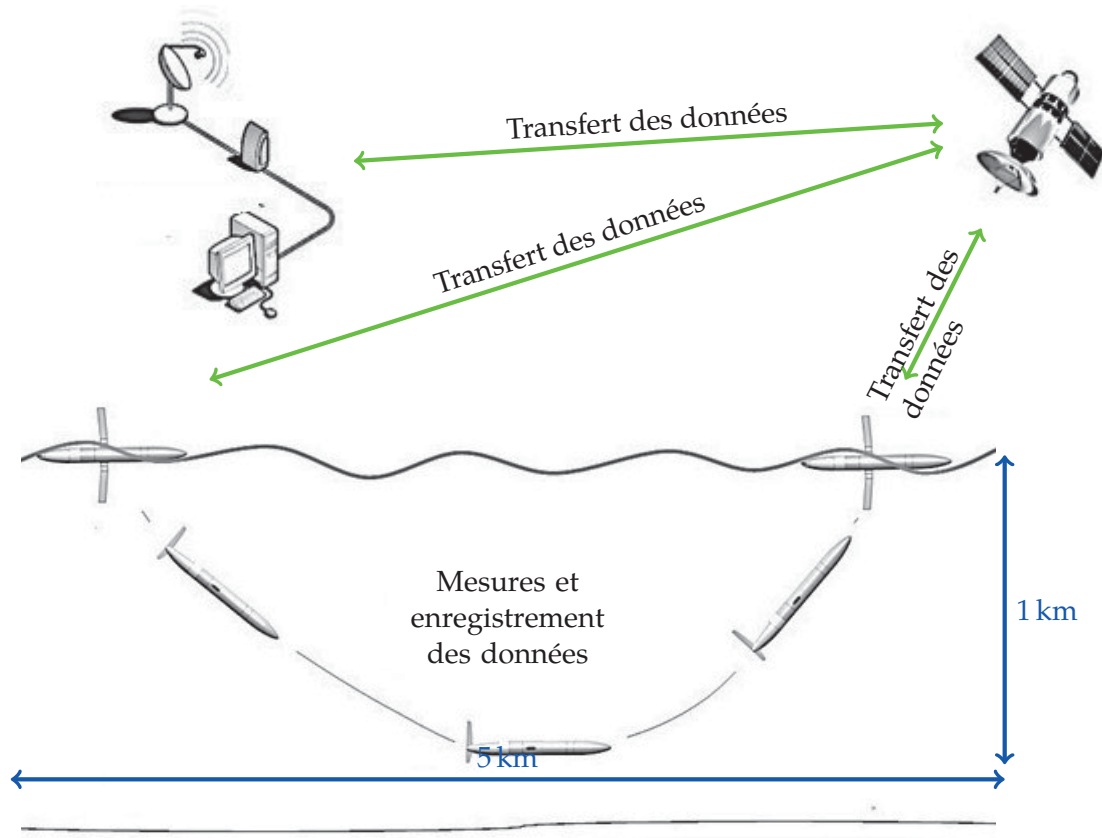


FIGURE 5 – Schéma de principe du fonctionnement d'un hydroplaneur

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).

A. Principes de fonctionnement

A.1. Acquisition des données océanographiques

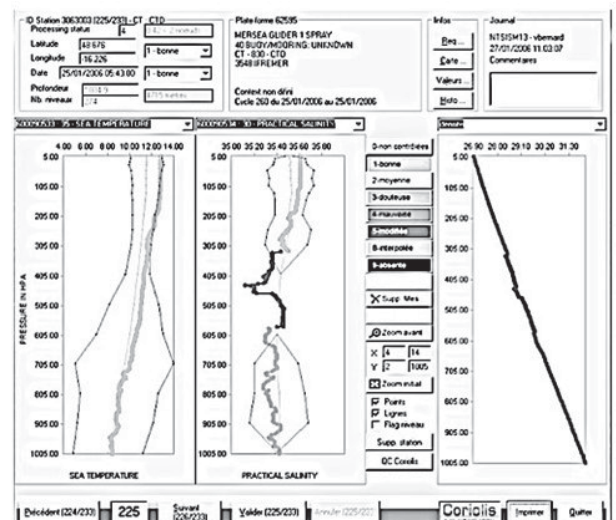


FIGURE 6 – Exemple de relevé

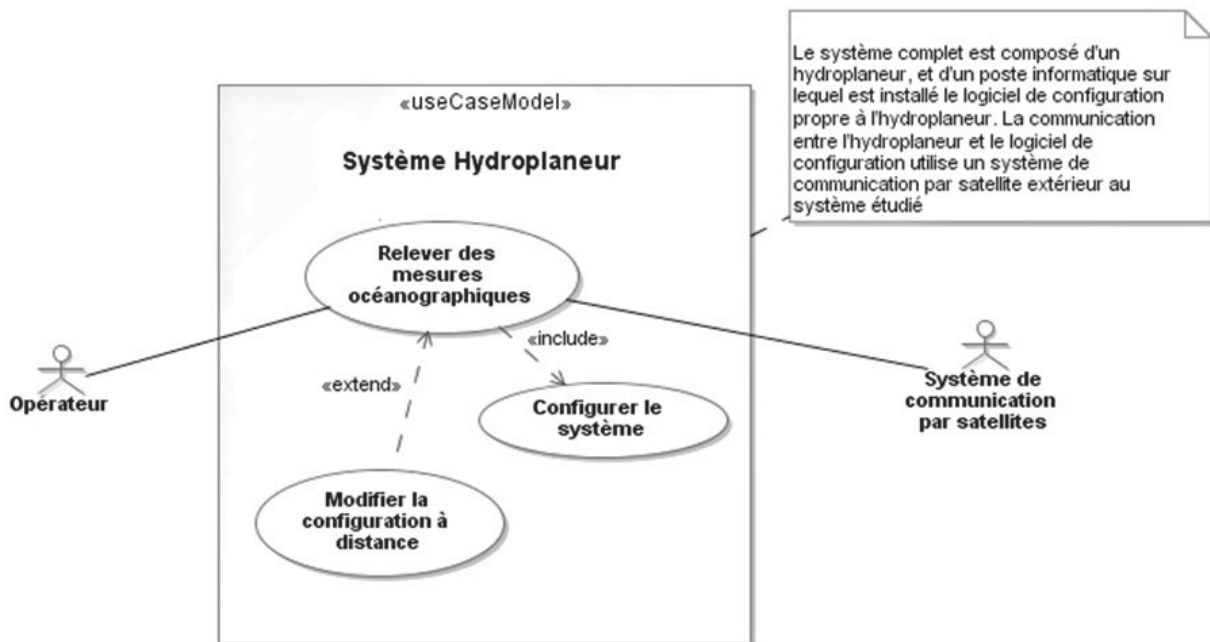


FIGURE 7 – Cas d'utilisation principal de l'hydroplaneur

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 6).

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.

A.2. Traitement et stockage des données

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

A.3. Transmission des données

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

A.4. 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.

A.5. 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.

A.6. Déplacement sous-marin

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

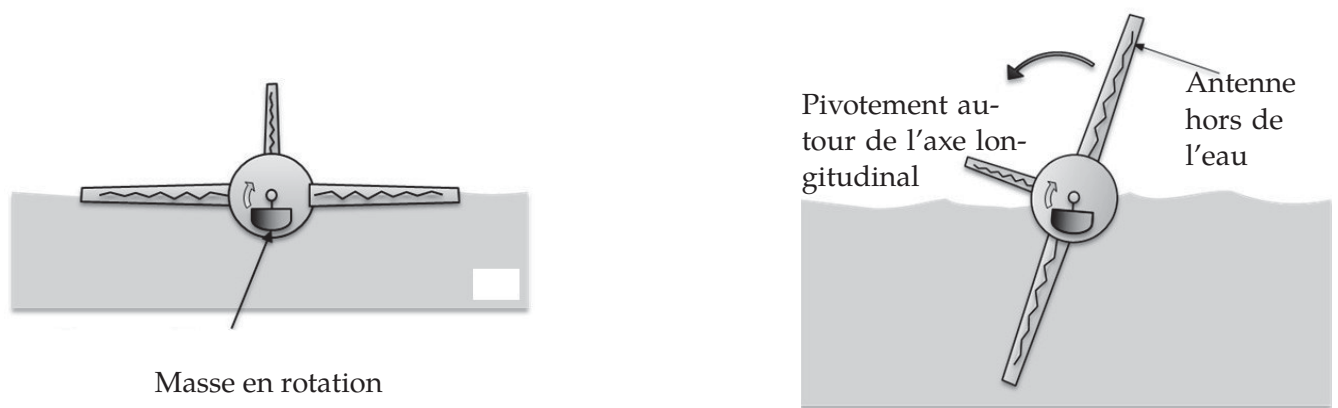


FIGURE 8 – Principe de la rotation de l'hydroplaneur

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°.

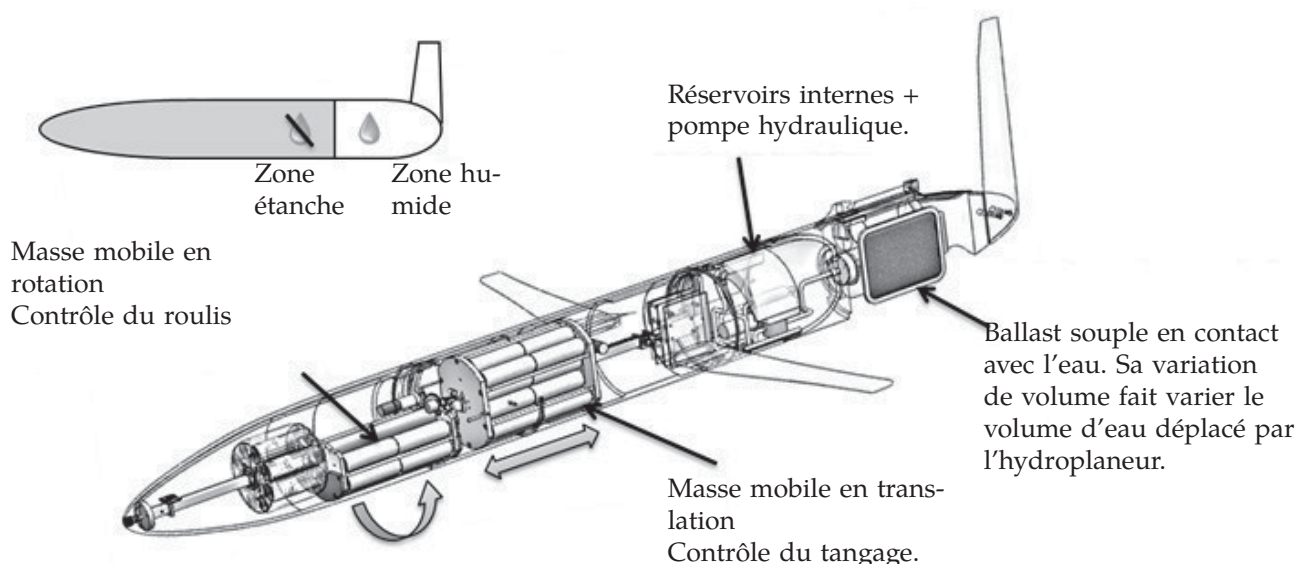


FIGURE 9 – Architecture générale

A.7. 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.

B. 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.

Masses mobiles : les masses sont constituées des batteries au lithium (pitch pack et roll pack du bdd de la figure 11).

C. Questions

C.1. Étude fonctionnelle

Q1. Préciser l'exigence principale de l'hydroplaneur et au moins trois exigences contenues dans cette exigence principale.

Q2. À partir du diagramme de définition de blocs (bdd) donné sur les figures 10, 11 et 12, identifier, puis associer les différents blocs du sous-système électronique des fonctions de la chaîne d'information (reproduire le schéma de la chaîne d'information).

Q3. À partir de la description du déplacement sous-marin, proposer une décomposition structurelle (bdd) du sous-système hydraulique.

C.2. Analyse du fonctionnement

Q4. Rappeler le principe d'Archimède ?

Q5. Décrire à l'aide d'un diagramme état transitin (state machine diagram) la suite des actions/taches nécessaires pour que l'hydroplaneur plonge.

C.3. Consommation énergétique

L'hydroplaneur doit être capable de réaliser 500 cycles de descente / montée en utilisant le minimum d'énergie.

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 (énergie consommée : 199 J par cycle) ;
- la consommation des cartes électroniques d'acquisition, de traitement et de stockage (7 000 J par cycle) ;
- la consommation due à la communication avec les satellites (9 100 J par cycle) ;
- la consommation de la pompe hydraulique (remplissage et vidage des ballasts gérant les cycles de plongée).

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

Q6. À partir des bdd, déterminer le nombre de cellules Lithium de l'hydroplaneur.

Q7. Vérifier la capacité des batteries à permettre les 500 cycles.

On rappelle : L'énergie stockée dans une batterie est donnée par la relation suivante : $E = C \times U_n$

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

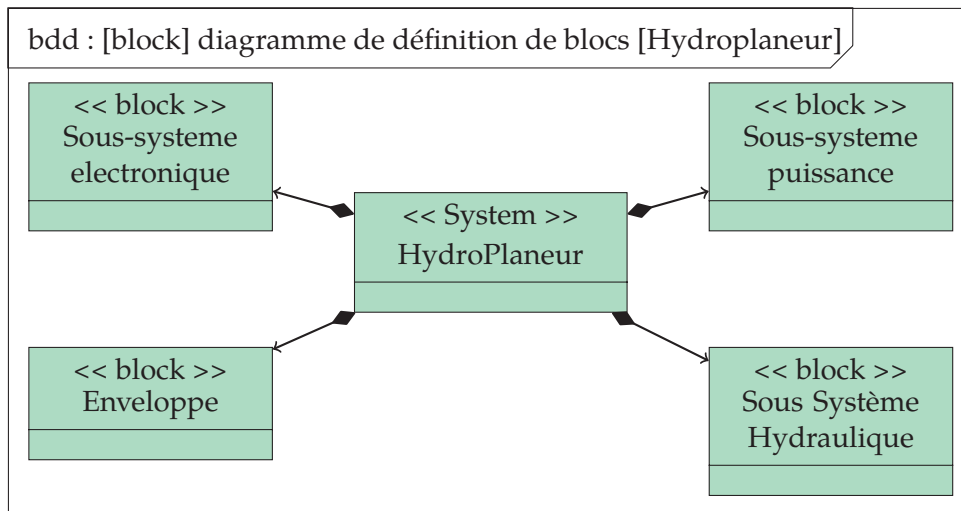


FIGURE 10 – diagramme de définition de blocs de l’hydroplaneur

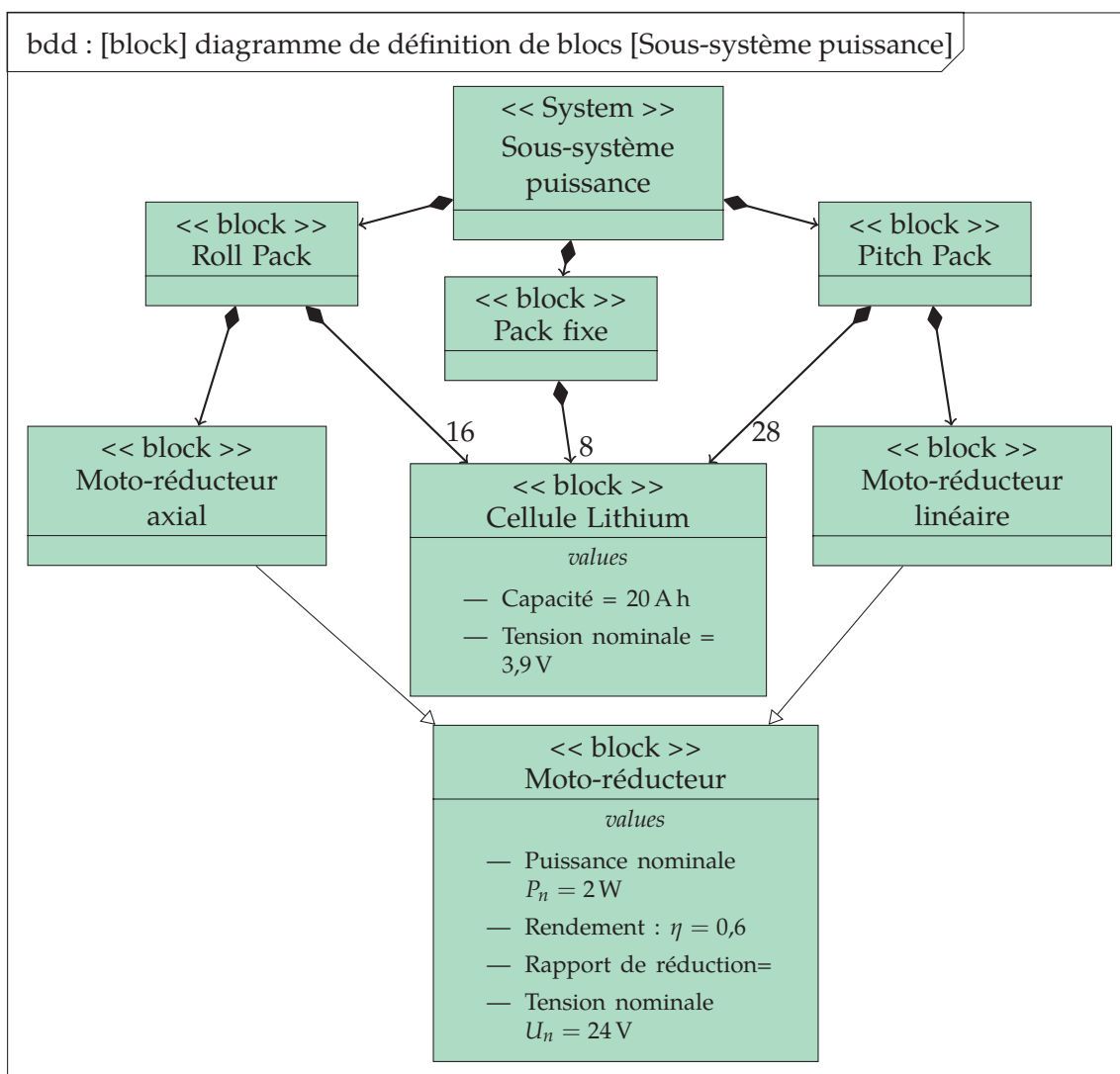


FIGURE 11 – diagramme de définition de blocs du sous-système de puissance

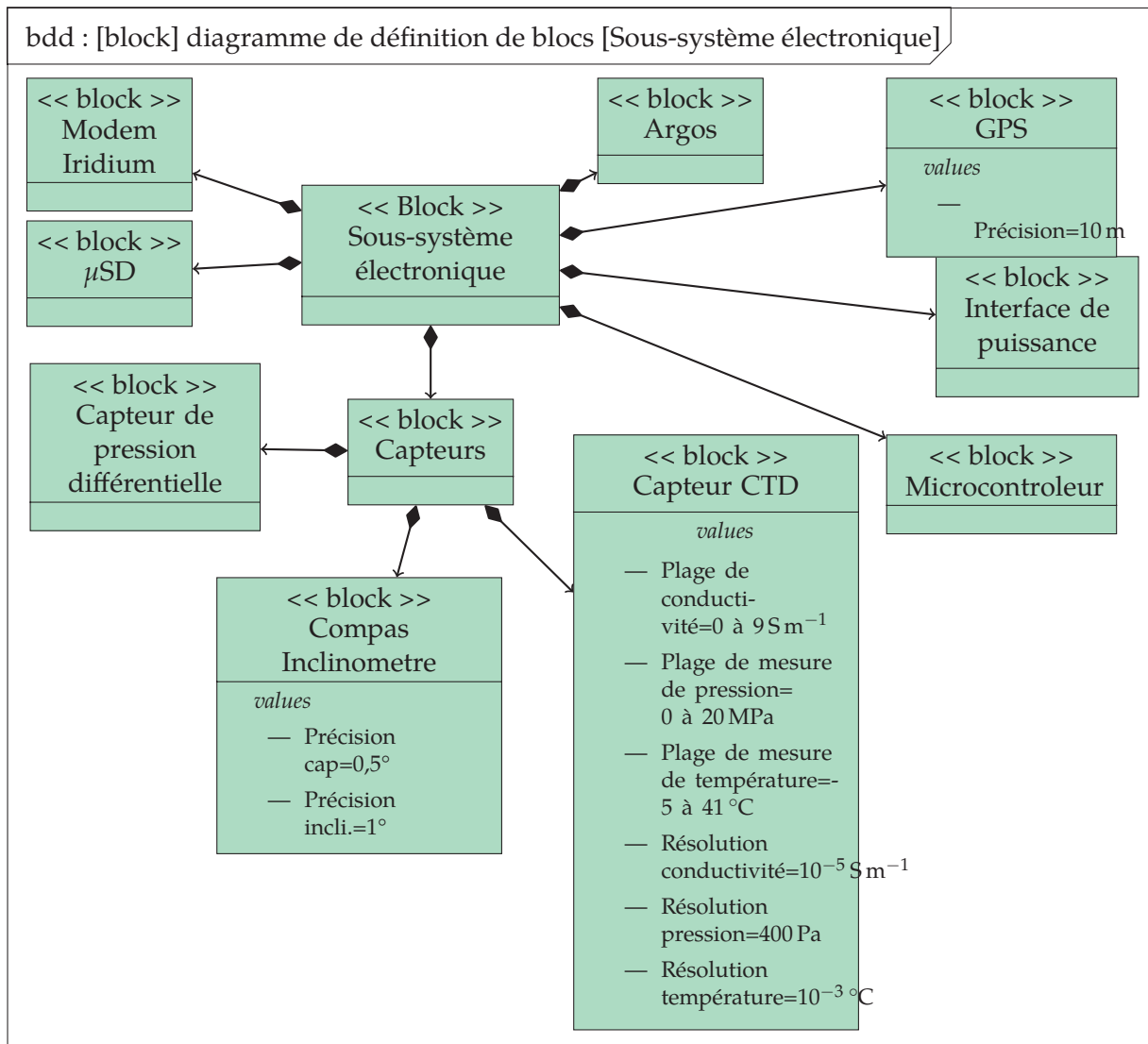


FIGURE 12 – diagramme de définition de blocs du sous-système électronique

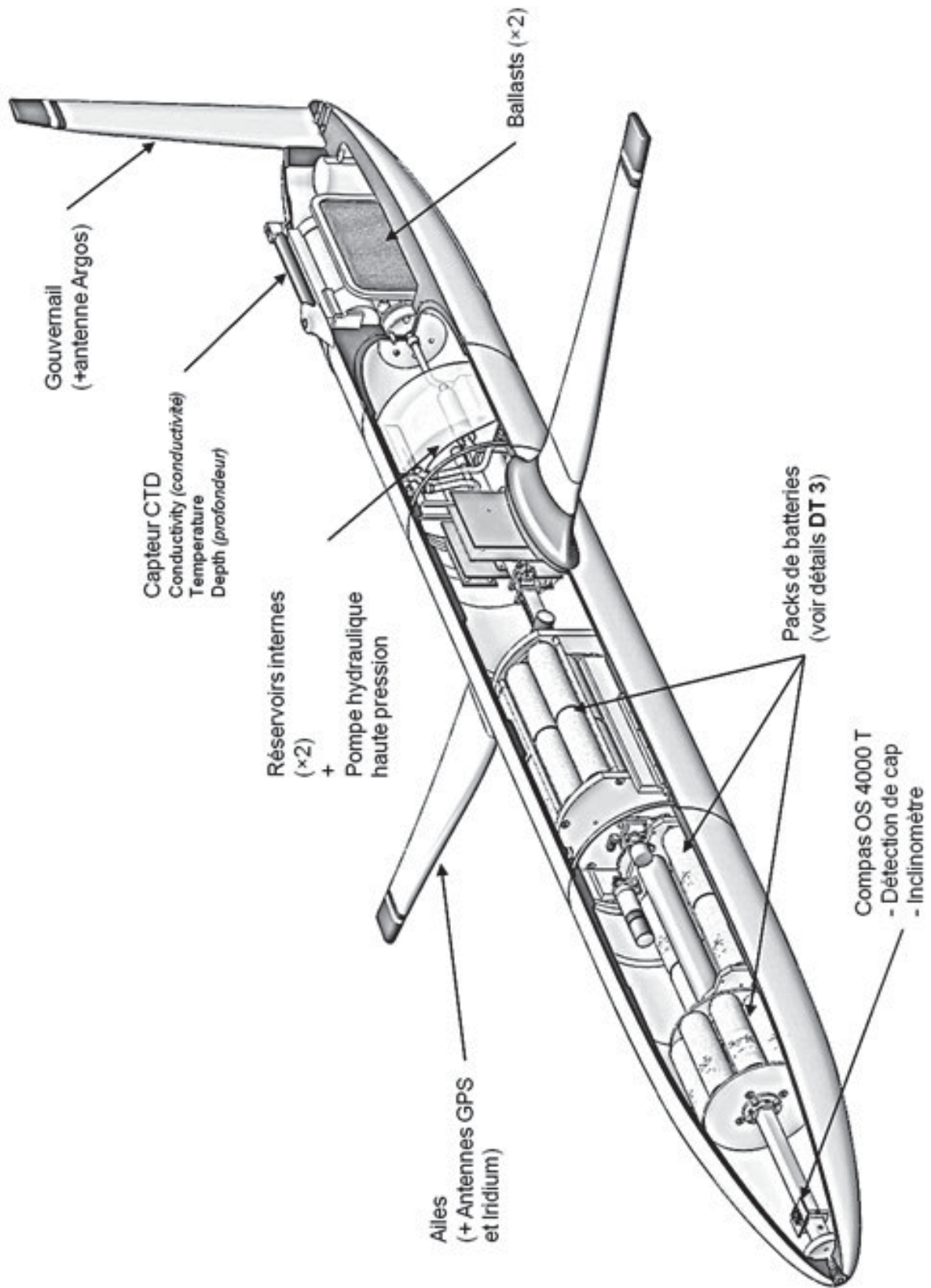


FIGURE 13 – Architecture générale

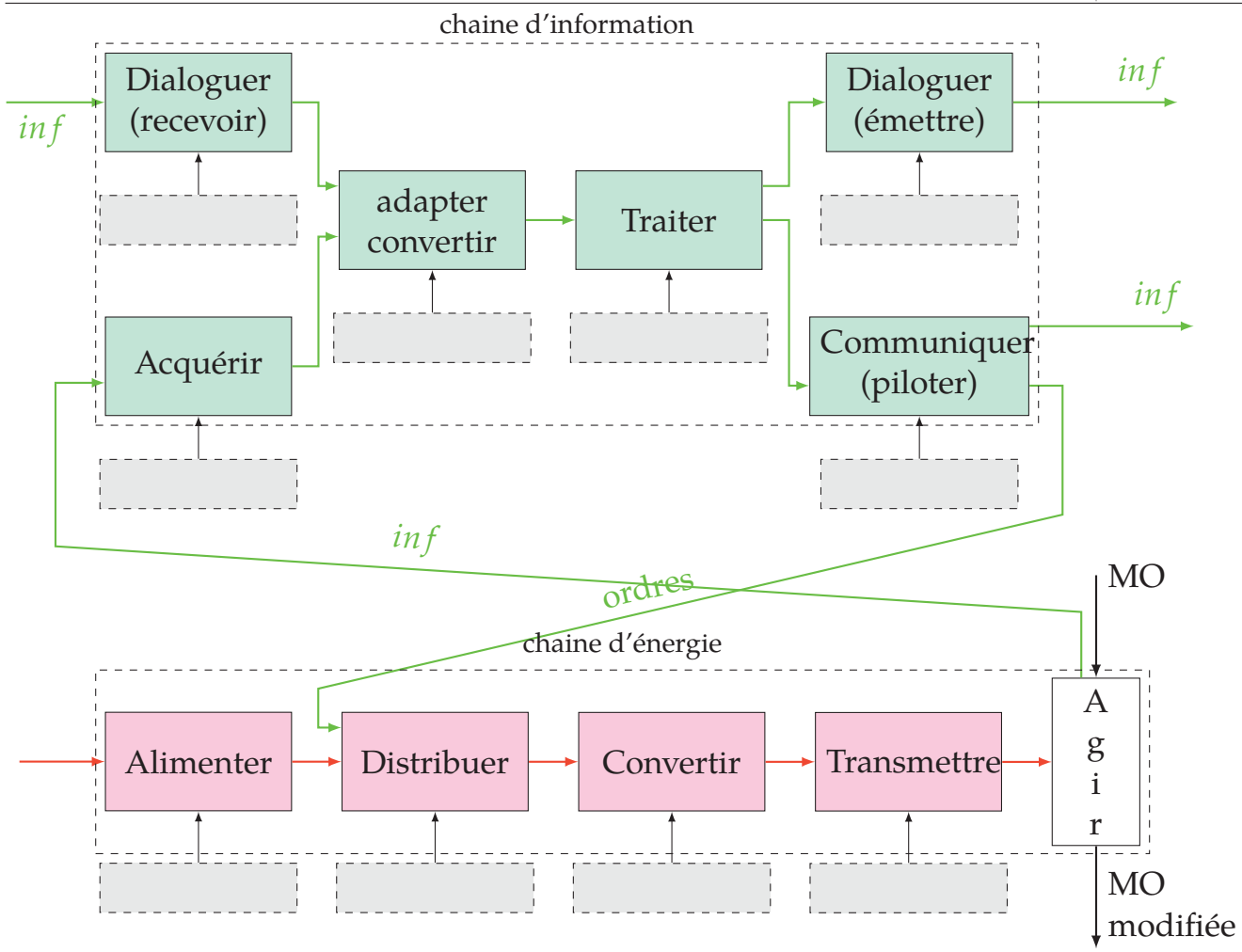
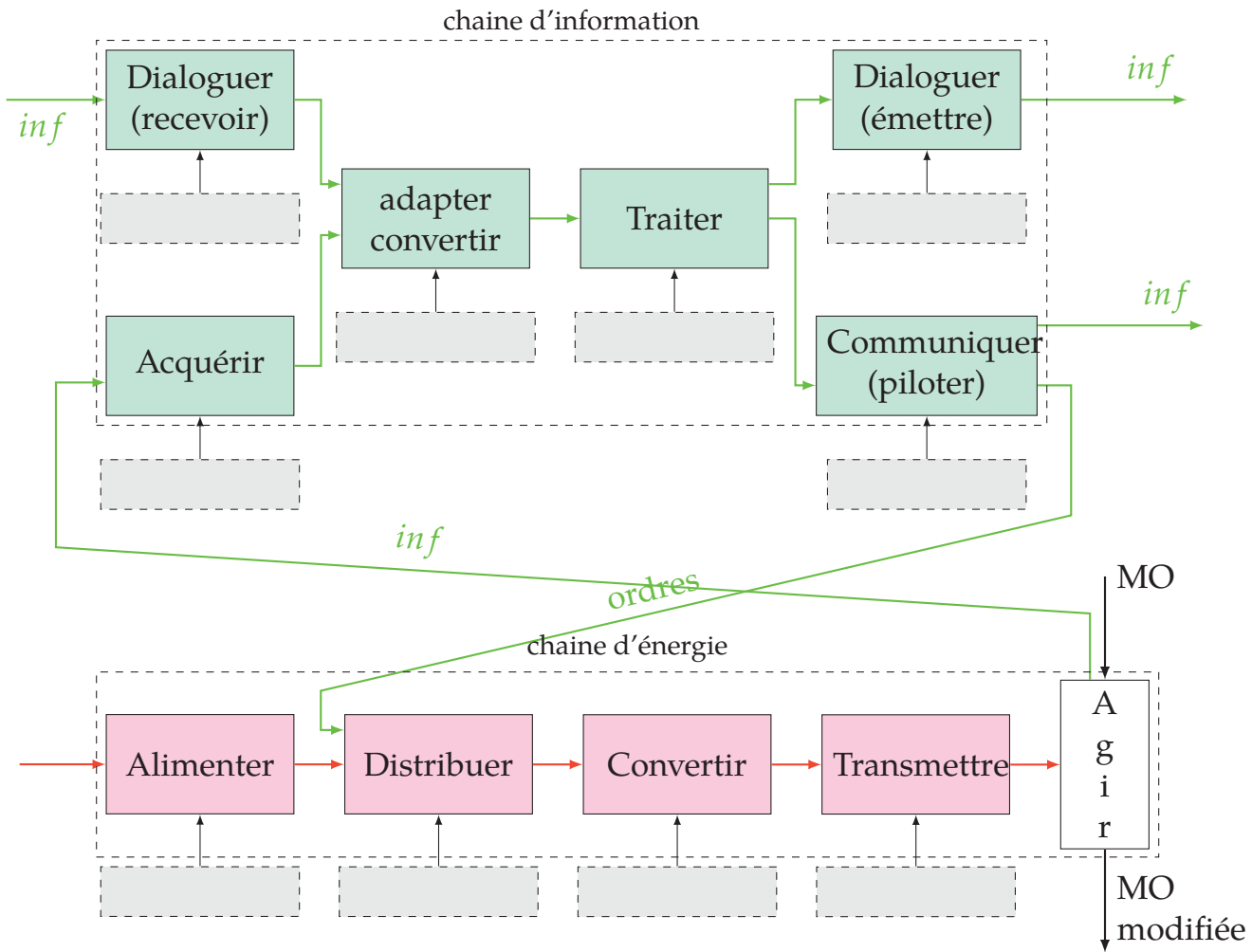


FIGURE 14 – Chaînes d'information et d'énergie