

Ingénierie système

0.1 feuille n° 1 : Ingénierie système

Exercice 1 - hydroplaneurs

Corrigé page 19

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.

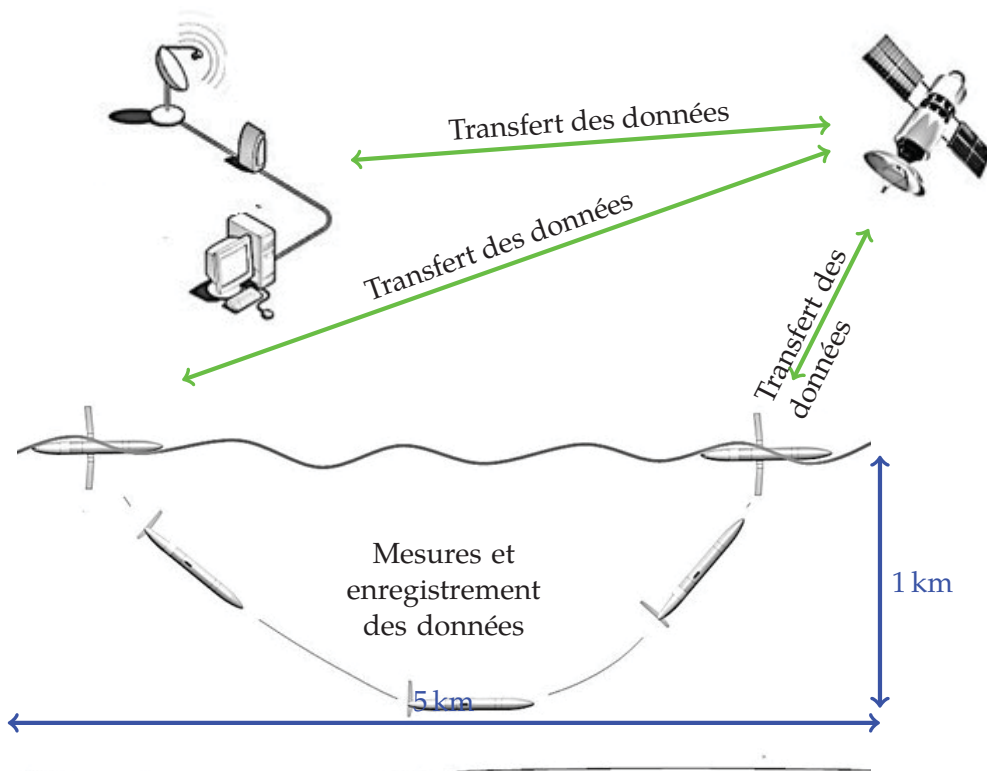


FIGURE 1 – Schéma de principe du fonctionnement d'un hydroplaneur

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.

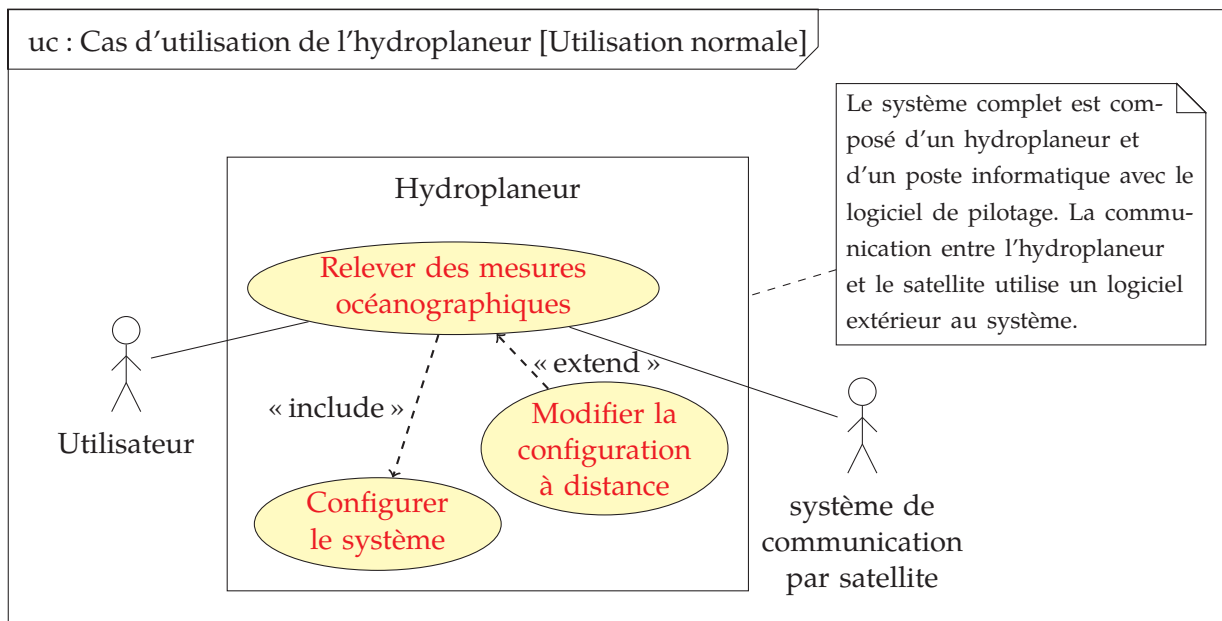


FIGURE 2 – Cas d'utilisation principal de l'hydroplaneur

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

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 3).

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.

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

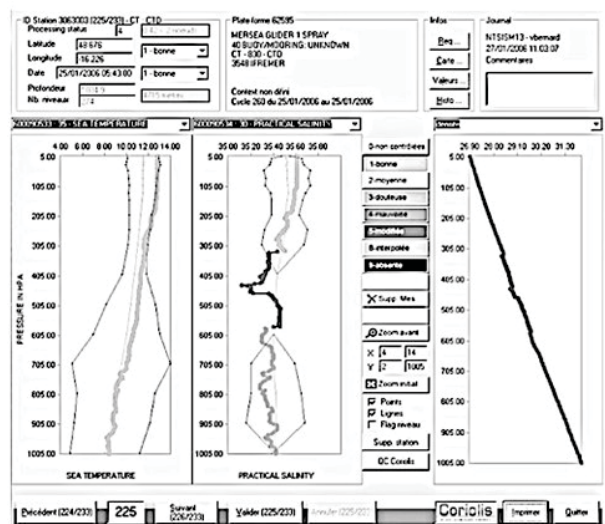


FIGURE 3 – Exemple de relevé

A.2. Transmission des données et connexion de l'hydroplaneur aux réseaux sans fil

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

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.

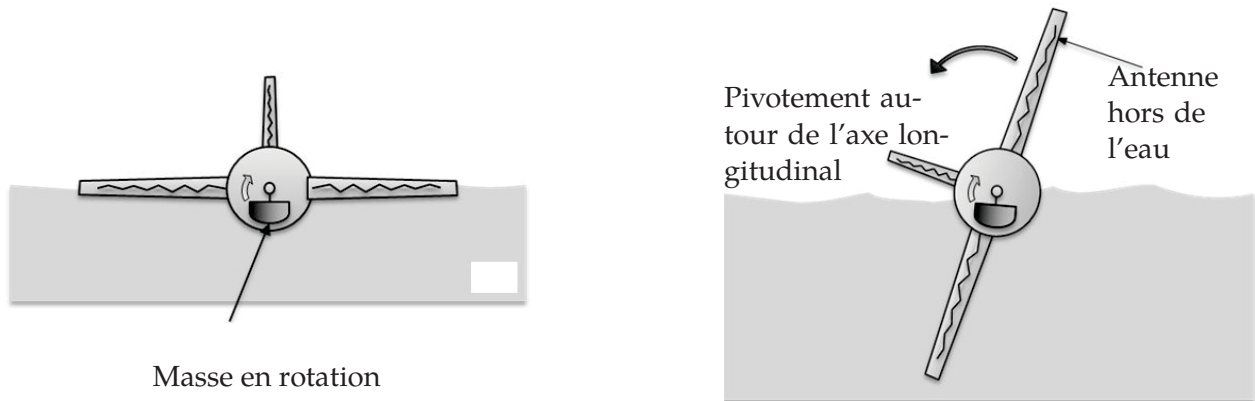


FIGURE 4 – Principe de la rotation de l'hydroplaneur

A.3. 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.4. Déplacement sous-marin

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

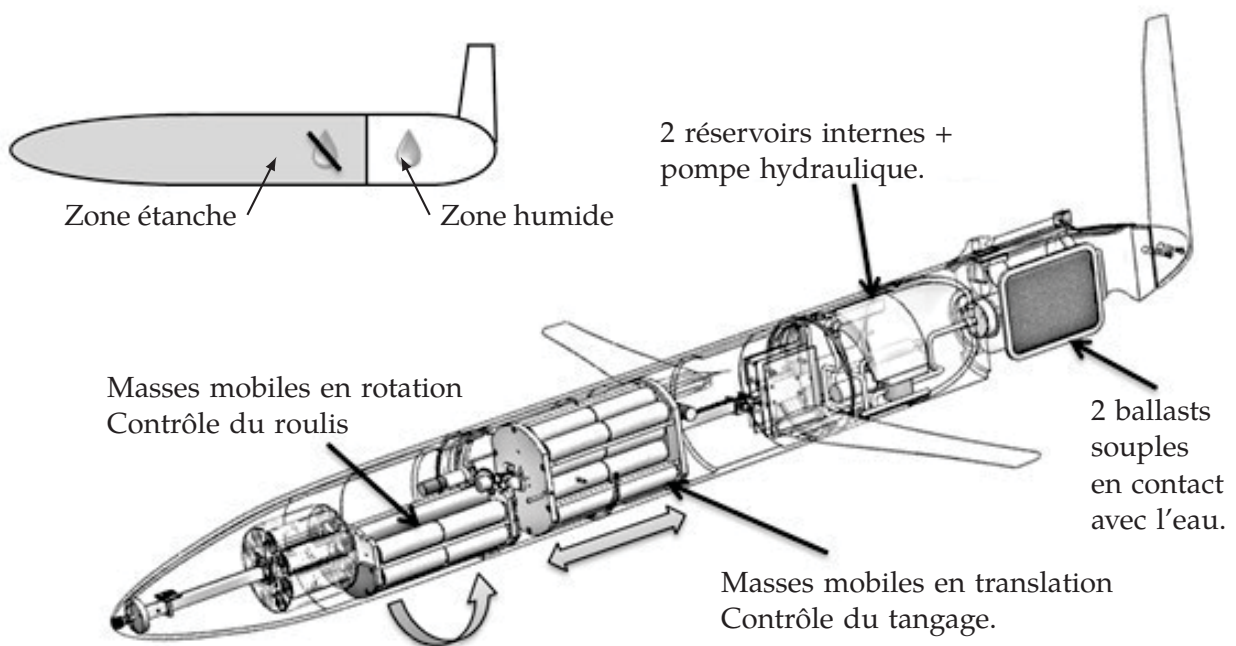


FIGURE 5 – Architecture générale

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. Sa variation de volume fait varier le volume d'eau déplacé par l'hydroplaneur.

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°.

A.5. Dimensions de l'appareil et caractéristiques

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

Matériaux :

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

Masses mobiles : les masses sont constituées des batteries au lithium (pitch pack et roll pack du bdd de la figure 7).

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.

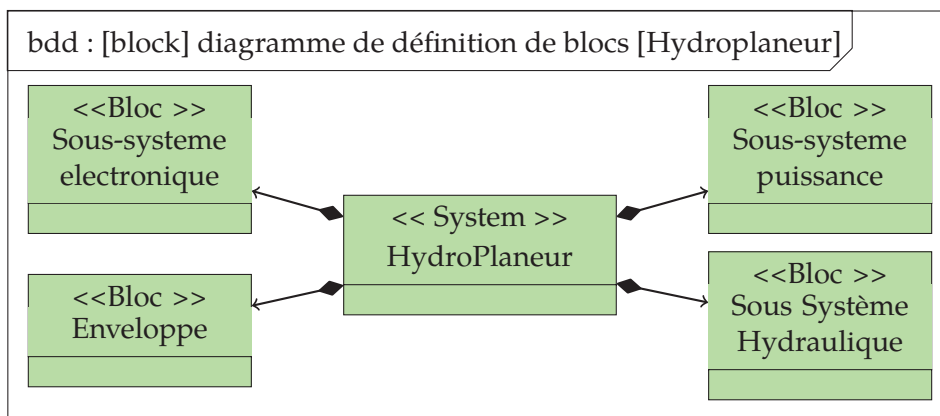


FIGURE 6 – diagramme de définition de blocs de l'hydroplaneur

B. Questions

B.1. Étude fonctionnelle et structurale

Q1. Proposer une description de 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 6, 7 et 8, identifier puis associer les différents blocs du sous-système électronique des fonctions de la chaîne d'information.

Composant	Traiter	Communiquer	Adapter	Dialoguer	Acquerir	Mémoriser
Modem Iridium						
...						

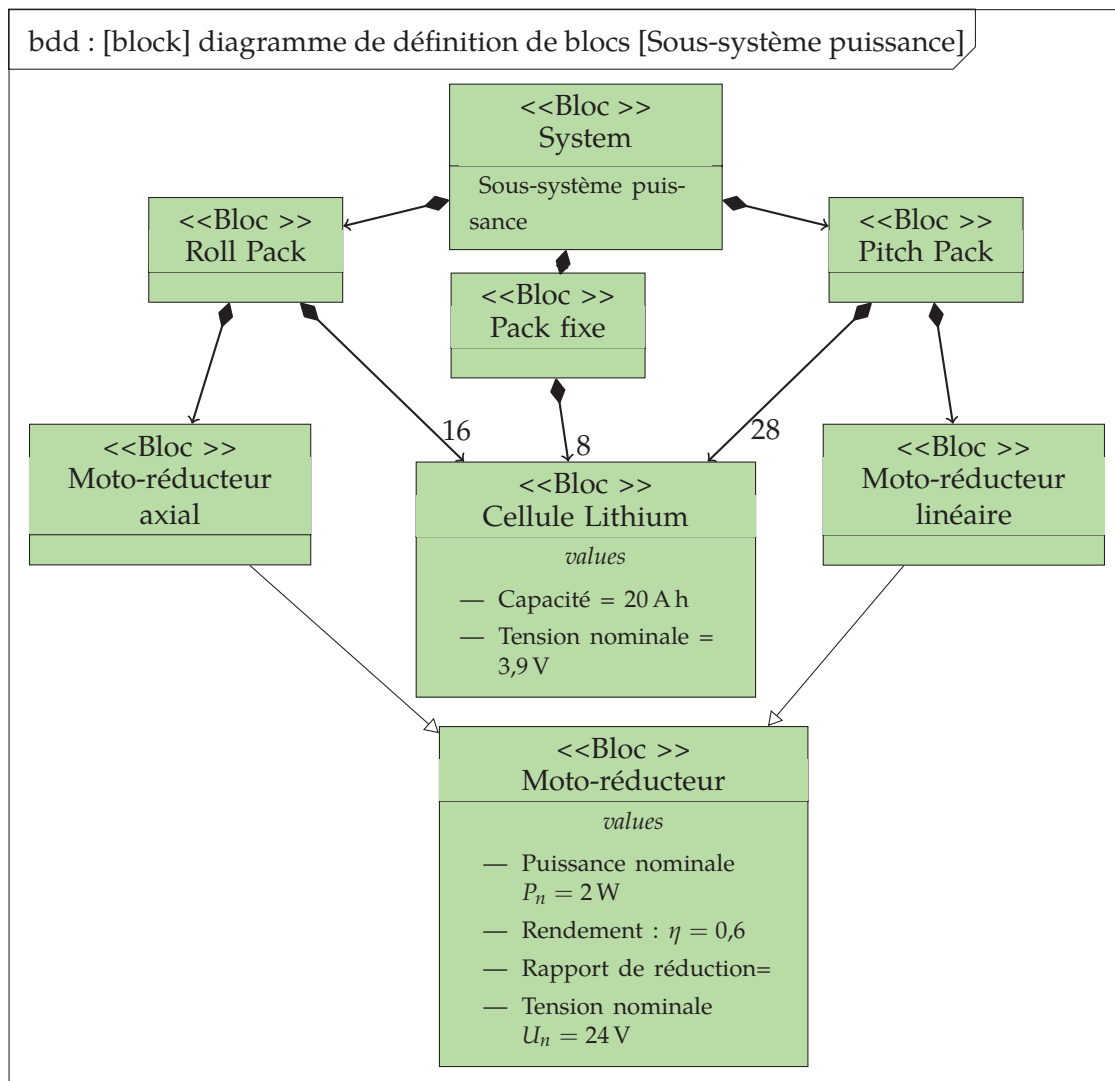


FIGURE 7 – diagramme de définition de blocs du sous-système de puissance

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

Q4. Quel est selon vous l'utilité du capteur de pression différentielle et du compas inclinomètre ?

B.2. 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 (7000 J par cycle);
- La consommation due à la communication avec les satellites (9 100 J par cycle);
- Le système d'entraînement de la pompe hydraulique servant à alimenter les ballasts consomme 72 W sur 2 minutes environ pendant un cycle.

Q5. Vérifier que la capacité des batteries permet de réaliser 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)

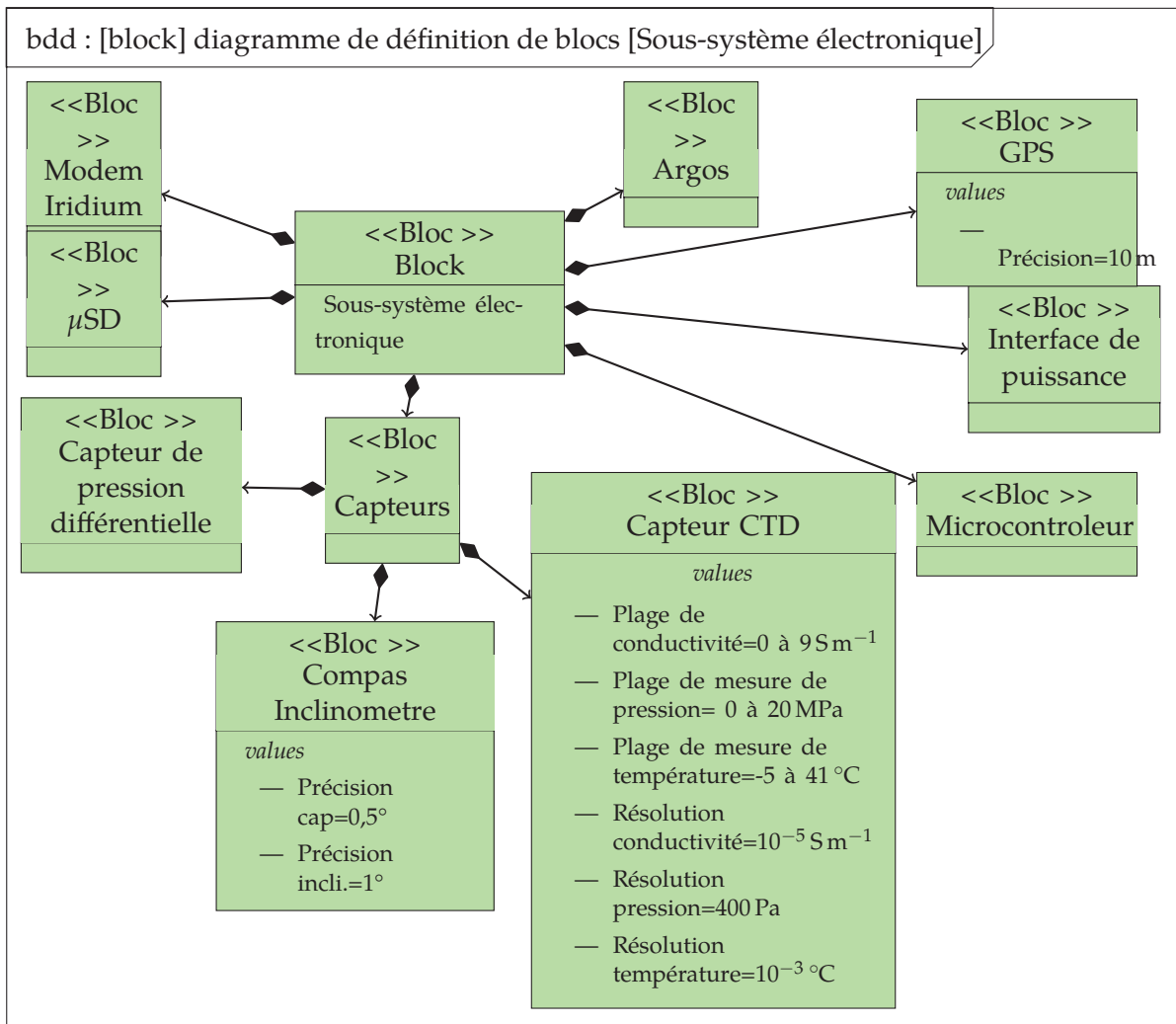


FIGURE 8 – diagramme de définition de blocs du sous-système électronique

A. Description

Cette balance de cuisine permet de mesurer aussi bien des liquides que des produits solides jusqu'à 4 kg grâce à son large plateau en verre qui accepte tous les récipients, la précision annoncée est de 1 g. Elle est proposée dans un grand choix de couleurs des plus classiques aux plus tendances afin de s'intégrer à toutes les cuisines, son faible volume (25 cm × 20 cm × 4 cm) assure un rangement et une manipulation aisés.

Un mode de tarage automatique permet à la fois de prendre en compte la masse du récipient mais aussi de réaliser un pesage cumulatif des différents ingrédients d'une recette en les ajoutant successivement dans le même bol.

Un mode de conversion kg / l permet d'obtenir l'équivalent en volume d'eau de la quantité pesée. Fonctionne avec 1 pile Cr2032 incluse.



FIGURE 9 – Balance de ménage Halo®

B. Diagrammes SysML

B.1. Décrire l'environnement : diagramme de contexte

Le diagramme de contexte va nous permettre de décrire l'environnement du système.

La première étape que se soit en phase de conception d'un nouveau produit ou de l'analyse de celui-ci consiste à capturer (recueillir) les besoins et le contexte. La définition du contexte commence par l'établissement de la frontière du produit étudié. Le produit est au centre et on trouve autour tous les intervenants, les acteurs du systèmes, C'est à dire :

Q1. Compléter le diagramme de contrexte de la figure 10 en précisant quelques élément de l'environnement.

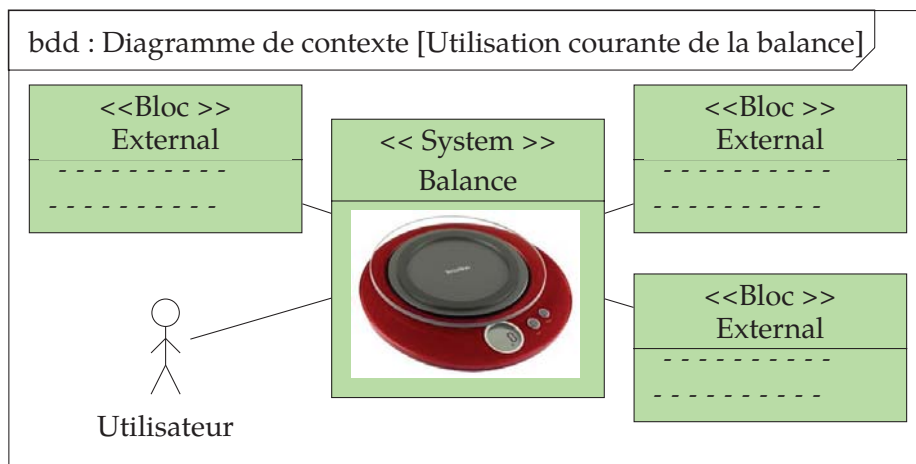


FIGURE 10 – Diagramme de contexte limité à l'usage principal

B.2. Identifier les cas d'utilisation : diagramme des cas d'utilisation

Q2. Justifier la nature des liens sur le diagramme des cas d'utilisation.

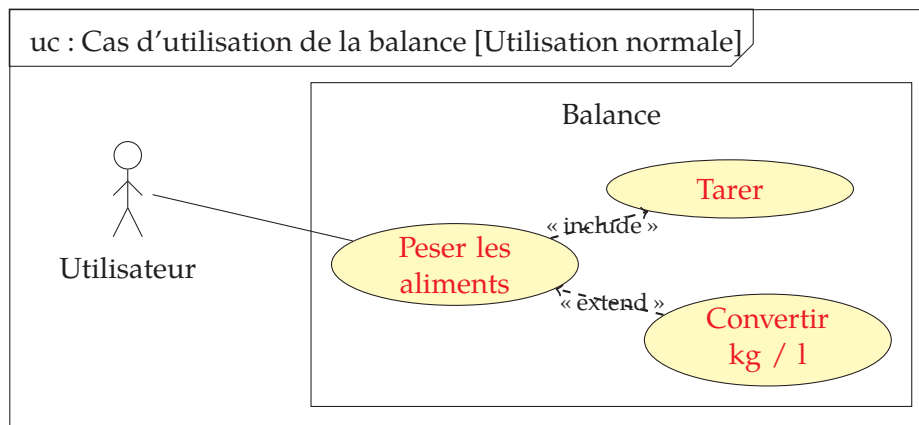


FIGURE 11 – Diagramme général des cas d'utilisation de la balance

B.3. Décrire les exigences du système : diagramme d'exigence

Le diagramme (figure 12) décrit succinctement les exigences du système.

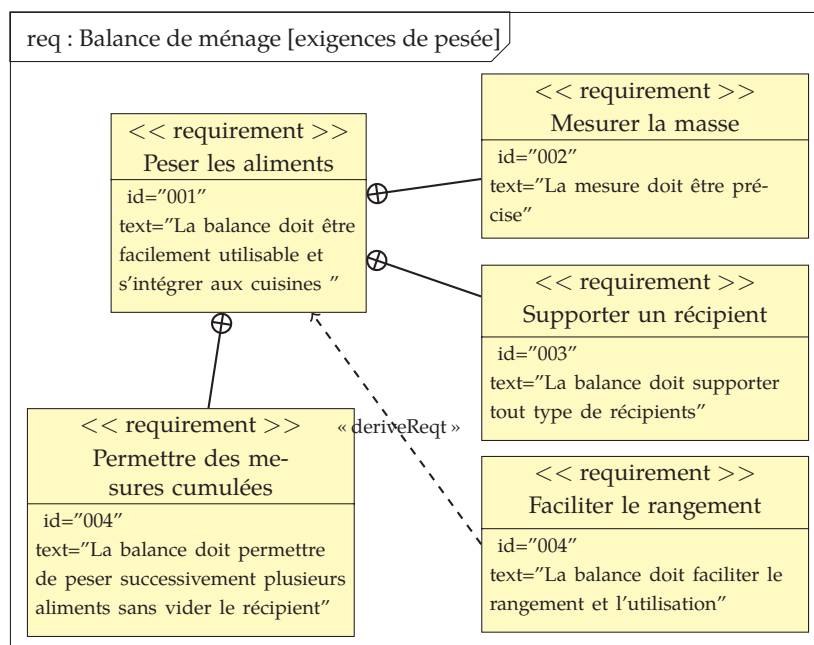


FIGURE 12 – Diagramme d'exigence de la balance de ménage

On souhaite compléter la description en précisant quelques données et information du cahier des charges :

- La précision doit être de 1 g.
- Les dimensions ne doivent pas dépasser 25 cm × 20 cm × 4 cm.
- La balance fonctionne avec un pile Cr2032

Q3. Compléter le diagramme d'exigence de la figure 13.

- Exigences fonctionnelles - **functionalrequirement** - elles précisent les exigences qui découlent d'une caractéristique fonctionnelle que doit posséder le produit.
- Exigences physiques - **physicalrequirement** - elles décrivent les exigences qui découlent d'une propriété physique du produit.
- Exigences de performance - **performancerequirement** - décrivent le niveau de qualité d'une exigence.
- Exigences d'usage-**usabilityrequirement** - décrivent les critères d'utilisation (d'usage) que doit posséder le produit.

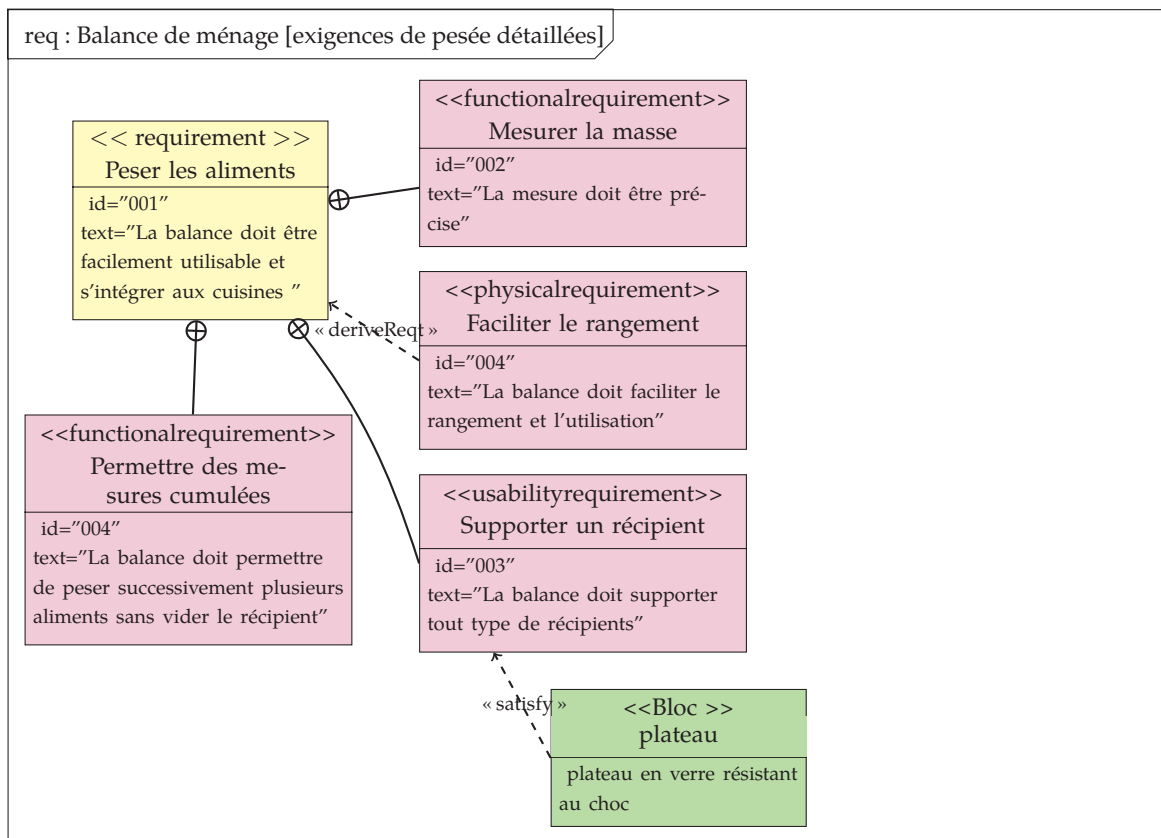


FIGURE 13 – Diagramme d'exigence avec nature des exigences

B.4. Préciser la constitution du système : diagramme de définition de blocs

Le diagramme de la figure 14 précise les différents constituants de la balance.

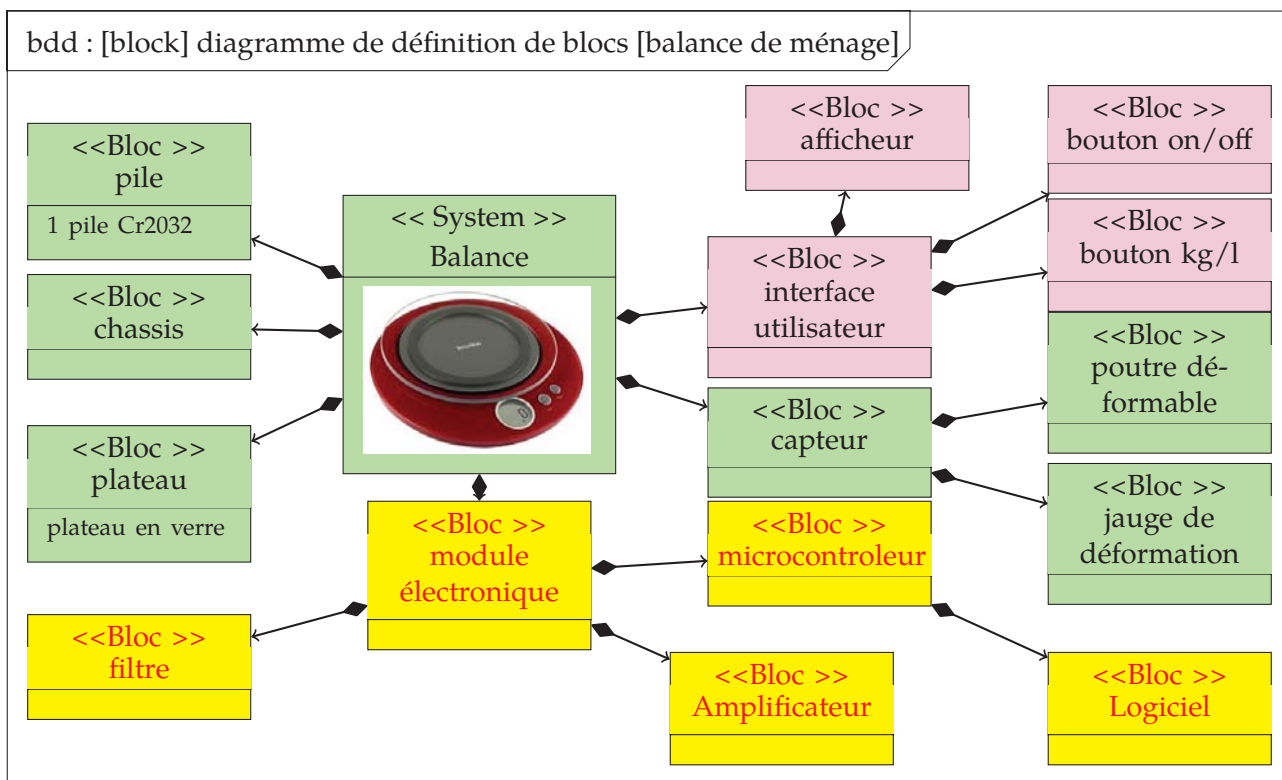


FIGURE 14 – diagramme de définition de blocs de la balance de ménage

Q4. Rechercher sur Internet le principe de fonctionnement d'un capteur d'effort à jauge de contrainte (à faire chez vous).

B.5. Préciser les liens et les flux : diagramme de blocs interne

Le diagramme de la figure 15 précise les différents flux.

Q5. Surligner sur la figure : le flux d'énergie, le flux d'information de mesure, le flux de commande et de dialogue avec l'utilisateur.

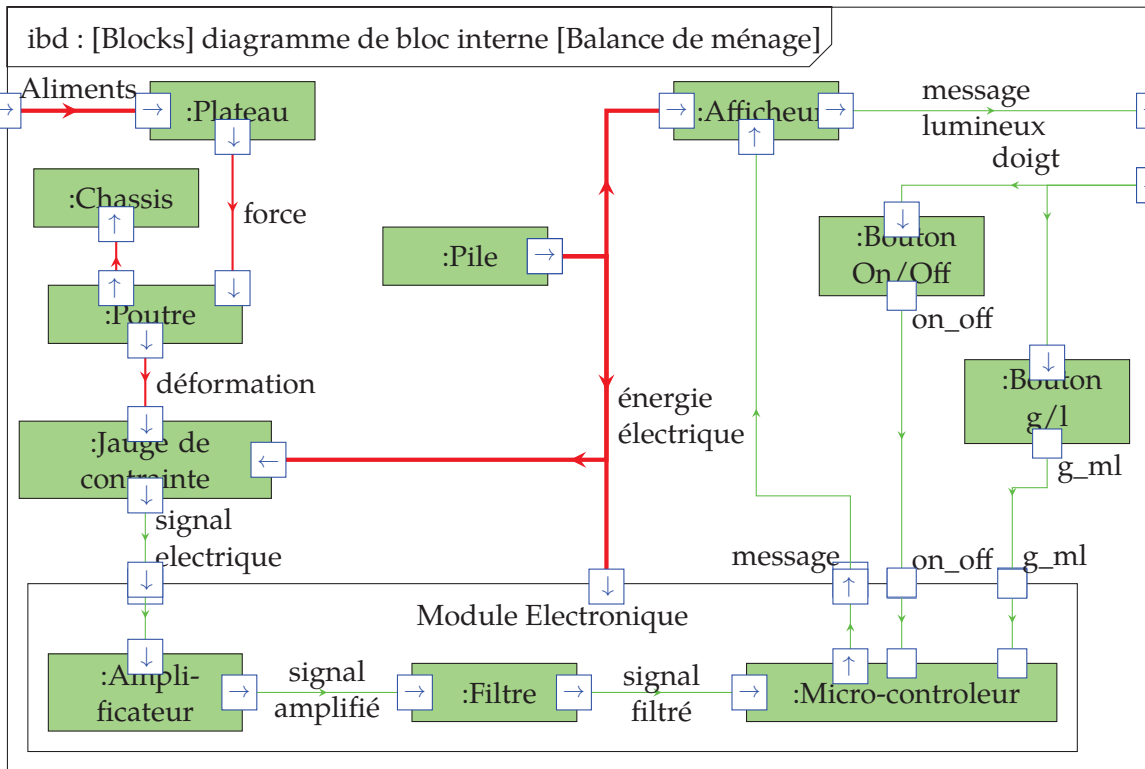


FIGURE 15 – diagramme de bloc interne

B.6. Décrire la succession des états : diagramme d'états transition

Le diagramme de la figure 16 décrit de manière succincte le fonctionnement de la balance.

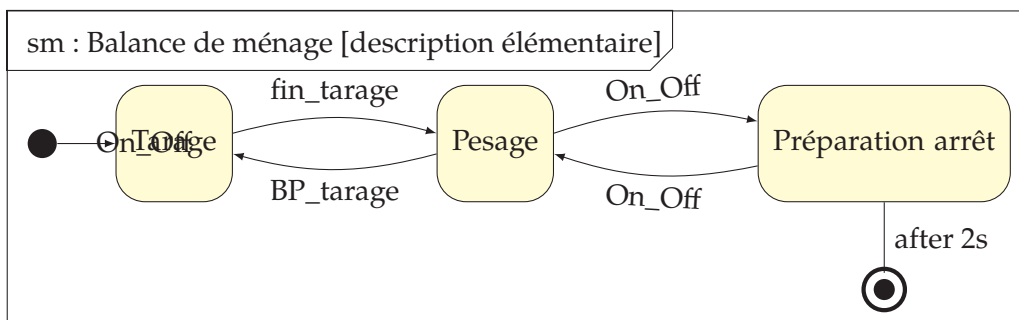


FIGURE 16 – Diagramme états-transitions de la balance de ménage - [description élémentaire]

Q6. Compléter le diagramme (figure 17) en précisant les deux autres possibilités d'évolution
 — la possibilité de réaliser une conversion poids / volume équivalent à la demande
 — l'arrêt en cas d'inactivité au bout d'une minute.

B.7. Décrire le comportement : diagramme de séquence

Q7. À partir du diagramme de séquence :

Q7a. Préciser à quelles conditions s'affiche le message "E E E"

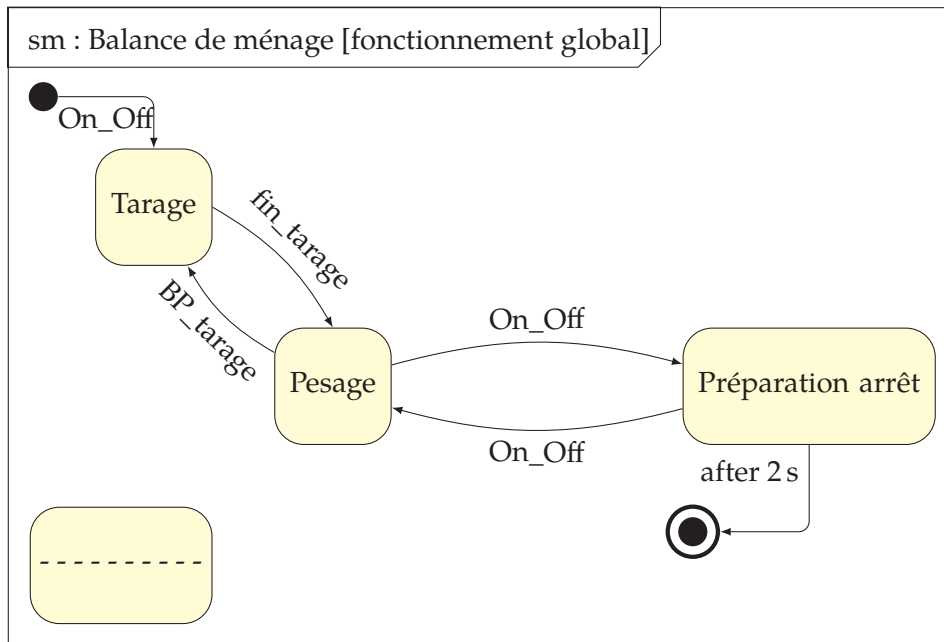


FIGURE 17 – Diagramme états-transitions de la balance de ménage

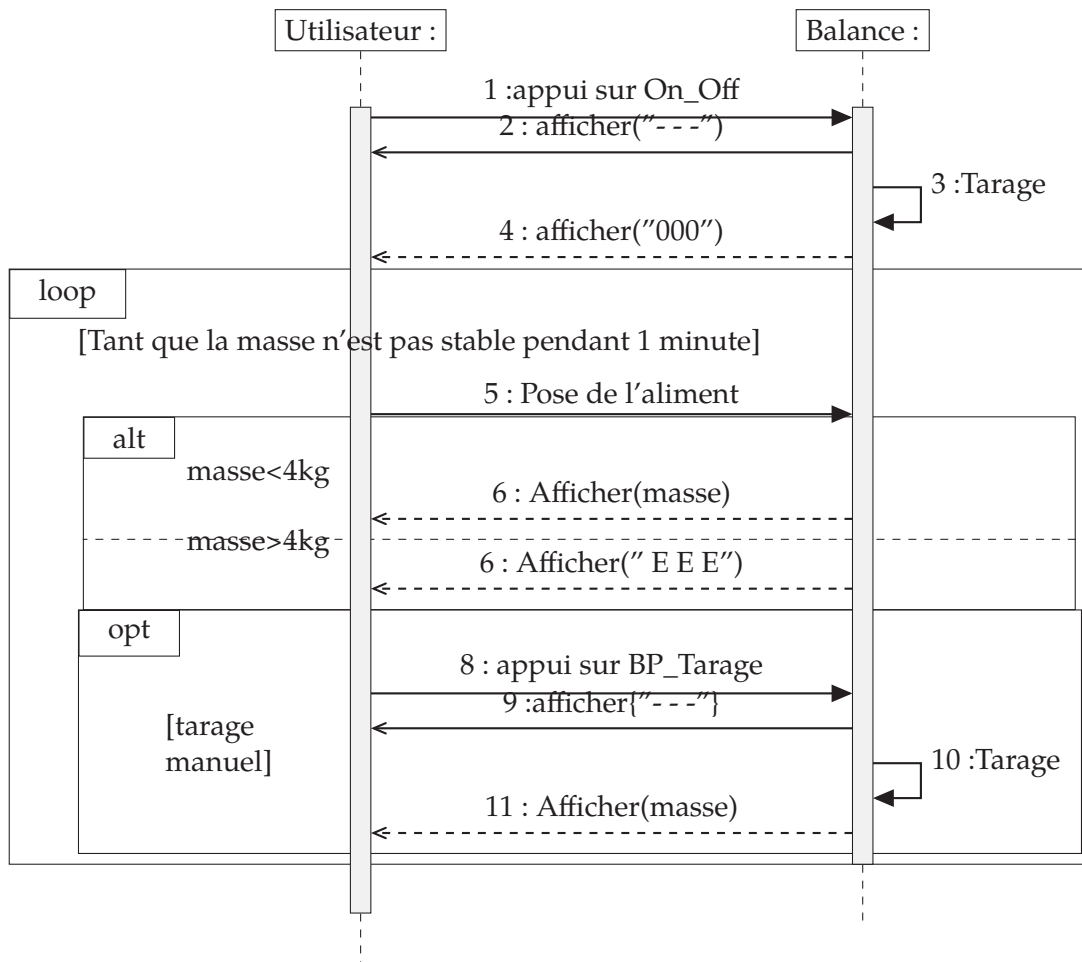


FIGURE 18 – Diagramme de séquence de la balance de ménage

Q7b. Comment réaliser une mesure cumulée de 2 aliments (préciser les liens sur le diagramme)

A. Présentation

Un constructeur automobile développe une motorisation hybride pour la formule 1 en fonction d'une réglementation en vigueur depuis 2015.

Cette motorisation hybride regroupe un ensemble de six composants :

- Un groupe motopropulseur (moteur thermique et boîte de vitesses) ;
- Un moteur générateur électrique appelé MGU-K (Motor Generator Unit - Kinetic) accouplé mécaniquement à la transmission qui récupère une partie de l'énergie cinétique au freinage et la transforme en énergie électrique qui est stockée dans la batterie. Cette énergie électrique est ensuite utilisée sur les phases d'accélération ou de pleine charge ;
- Un moteur générateur électrique appelé MGU-H (Motor Generator Unit – Heat) accouplé au turbocompresseur qui récupère une partie de l'énergie thermique des gaz d'échappement transmis à la turbine du turbocompresseur. Cette énergie électrique est soit stockée dans la batterie soit utilisée directement par le MGU-K. À l'inverse la batterie peut alimenter le MGU-H pour augmenter rapidement le régime du turbocompresseur lors des accélérations ;
- Une batterie ES (Energy Store) pour stocker l'énergie électrique ;
- Un turbocompresseur ;
- Un système électronique qui gère l'ensemble des stratégies associées aux composants.

Afin d'éviter l'affolement des soupapes¹ un piston dont la pression est adapté à la vitesse de rotation du moteur assure la remontée de la soupape.

B. Analyse fonctionnelle

Q1. Quel est le nom du diagramme représenté sur la figure 19 ?

Q2. Compléter les «block» relatifs aux id = « 1.2 » et id = « 1.3 » en mentionnant le nom de l'élément concerné dans la case prévue à cet effet.

Q3. Compléter le texte de l'id = « 1.1.3.1 ».

Q4. Compléter le « block » de l'id = « 1.1.3.1 » en mentionnant le nom de l'élément concerné.



FIGURE 20 – Structure du moteur à combustion interne

1. se dit lorsque les soupapes qui assurent l'alimentation en carburant ou l'évacuation des gaz usés, ne se ferment pas suffisamment vite et risquent d'être percutées par la remontée du piston.

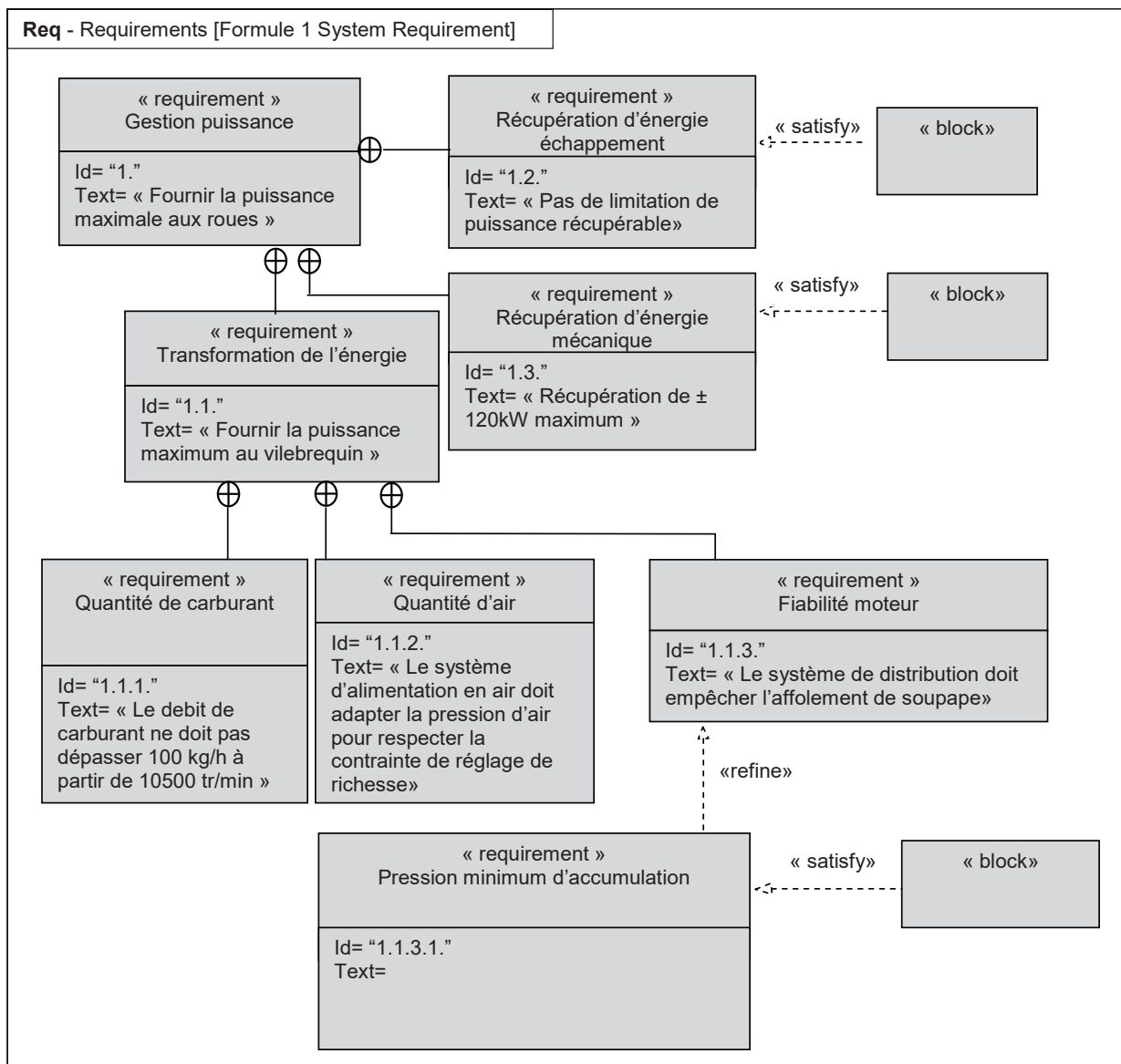


FIGURE 19 – Modélisation SysML du moteur

Exercice 4 - Chaîne d'énergie escalator

CCP MP 2014

Corrigé page 20

A. Mise en situation

Un escalier mécanique appelé aussi escalier roulant ou Escalator (nom déposé par Otis) est un élévateur adapté au transport de personnes. Sa mission principale est de faciliter le déplacement des piétons entre deux points de différentes hauteurs.

La partie opérative de l'escalier mécanique est décrite sur la figure ci-dessous. L'interface de dialogue avec l'opérateur et les piétons se limite à un bouton de mise en route générale et un affichage lumineux destiné aux piétons. Un détecteur permet de détecter la présence de piétons sur l'escalier mécanique. La vitesse du moteur est mesurée afin d'être asservie.

Q1. Compléter la chaîne d'énergie en précisant la nature des énergies (E1, E2, E3, E4) ainsi que les éléments de structure (M1,



A. Présentation

La chaîne d'énergie d'une voiture est complexe et intéressante à étudier. Les éléments qui la composent sont les suivants :

- moteur,
- boîte de vitesse,
- réservoir,
- roue,
- différentiel,
- arbre de transmission.

Les chaînes d'énergie et d'information peuvent être très complexes et difficiles à étudier dans leur ensemble comme le montre la figure 21, c'est pourquoi, nous allons pour cet exercice utiliser le schéma simplifié de la figure 22.



FIGURE 21 – Vue ouverte d'une Chevrolet]

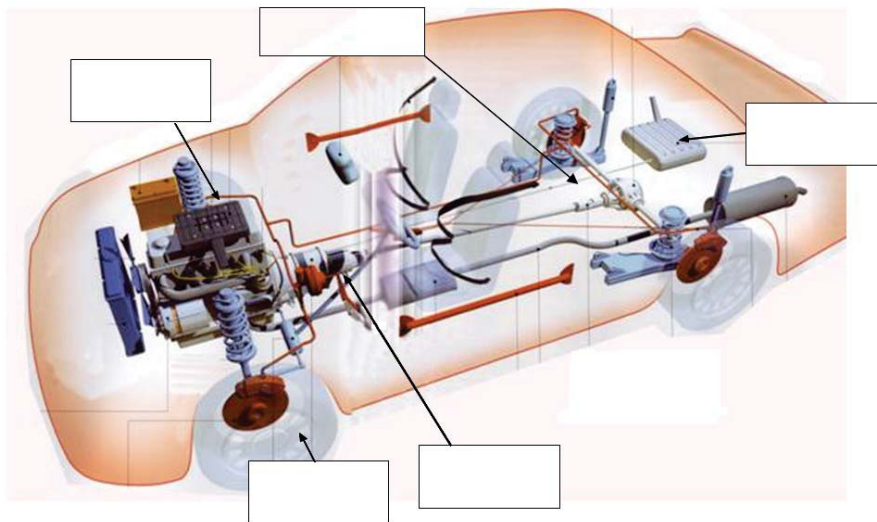


FIGURE 22 – Schéma simplifié de la chaîne d'énergie d'une voiture

Q1. A la vue du schéma de la figure 22 et des éléments qui composent la chaîne d'énergie, quelle est l'énergie utilisée pour cette automobile? Compléter la figure 22 en indiquant, dans chaque case, à quel composant parmi ceux cités plus haut cela correspond.

Q2. Tracer le diagramme de définition de blocs de la voiture en utilisant les composants cités précédemment. Indiquer à quels maillons de la chaîne d'énergie (Stocker, Distribuer, Transformer, Transmettre, Agir) appartiennent les composants cités.

La combustion dans le moteur de l'énergie d'entrée de l'automobile génère une augmentation de la **pression** dans la chambre du piston. Cette pression exerce un **effort** sur le piston, ce qui entraîne un déplacement de celui-ci. La vitesse du déplacement du piston, ainsi que l'effort qui lui est soumis permettent de donner à la voiture de la **puissance** afin de la mettre en mouvement.

Q3. Donner les unités SI de ces trois grandeurs (pression, effort et puissance) et donner leur équivalent en unités SI de base.

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 23 – 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 24 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

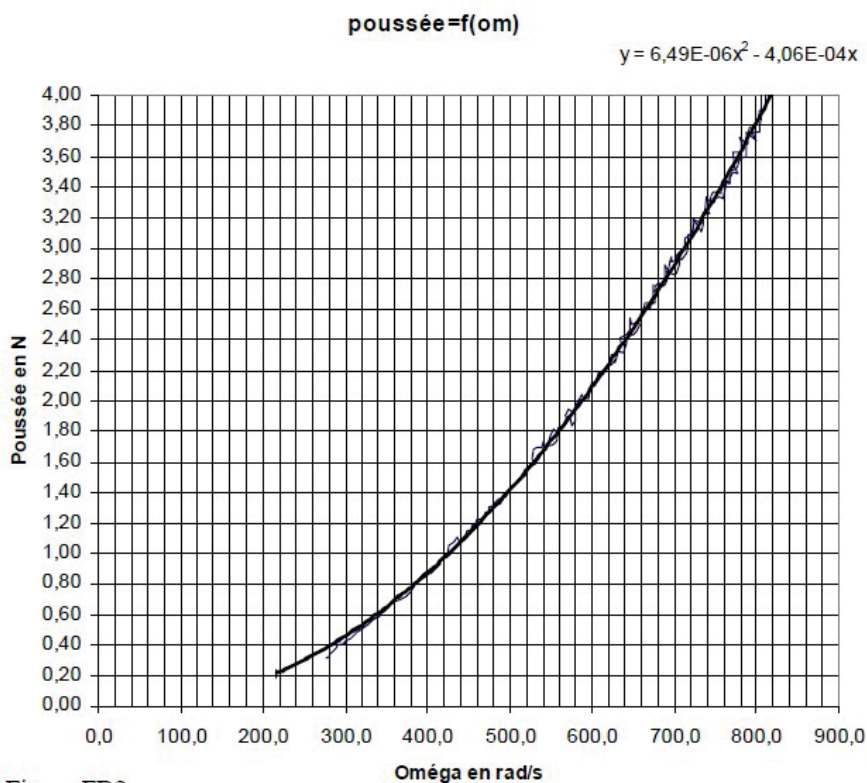


FIGURE 24 – Poussée de chaque rotor

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 7 - Porte de TGV

extrait et adapté de Centrale PSI 2008

Corrigé page 21

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 25 – Porte de TGV
pupitre
conducteur

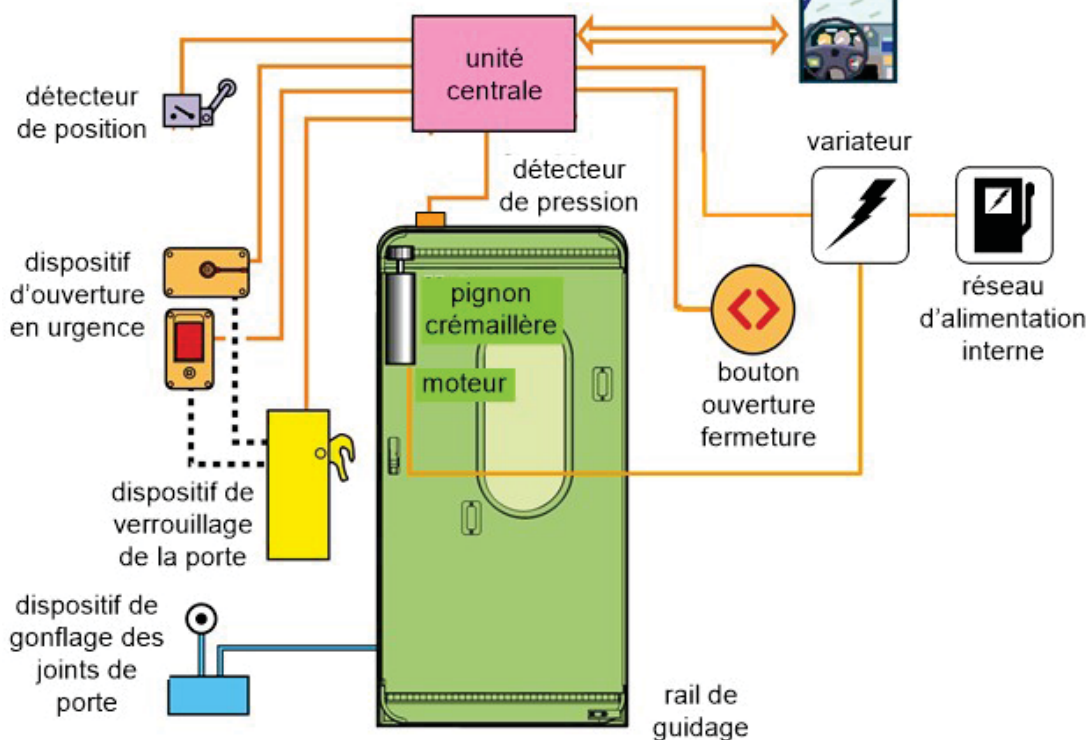


FIGURE 26 – constituants de la porte de TGV

- 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.