

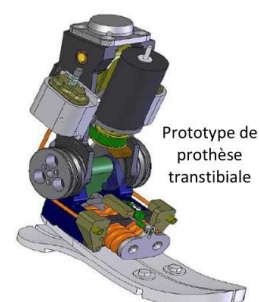
Exercice 1 – Prothèse active transtibiale

Objectif Analyser le fonctionnement de la prothèse active transtibiale.

La majorité des prothèses transtibiales (prothèses destinées aux personnes amputées sous le genou) utilisées aujourd'hui sont passives. Leurs propriétés mécaniques restent fixes au cours de la marche. Elles sont généralement constituées d'une lame en fibres de carbone, dont la déformation permet d'emmagasiner puis de restituer une partie de l'énergie mécanique au cours du cycle de marche.

On s'intéresse ici à un prototype développé par des ingénieurs du MIT, qui a permis d'explorer une nouvelle génération de prothèses dites **actives**. Contrairement aux prothèses passives, ces prothèses sont capables d'adapter leur comportement au cours de la marche afin de se rapprocher du fonctionnement d'un membre non amputé.

La prothèse étudiée est équipée d'un **actionneur électrique** constitué d'un moteur à courant continu, alimenté par une batterie rechargeable de 16 V. L'énergie électrique fournie par la batterie est modulée par un **hacheur** afin de contrôler le fonctionnement du moteur. Le mouvement du moteur est ensuite transmis à la prothèse par une chaîne de transmission mécanique composée d'un **réducteur poulie-courroie**, suivi d'un **système vis-écrou**. Cette chaîne permet d'adapter le mouvement et le couple fournis par le moteur aux besoins de la prothèse. Des ressorts sont intégrés à la chaîne mécanique afin d'adapter l'effort transmis au pied artificiel. Celui-ci est constitué notamment d'une lame en fibres de carbone reliée au manchon, qui assure la liaison avec le membre résiduel. L'effort exercé par les ressorts est directement lié au couple fourni par l'actionneur.



Prototype de prothèse transtibiale

FIGURE 1 – Prothèse transtibiale

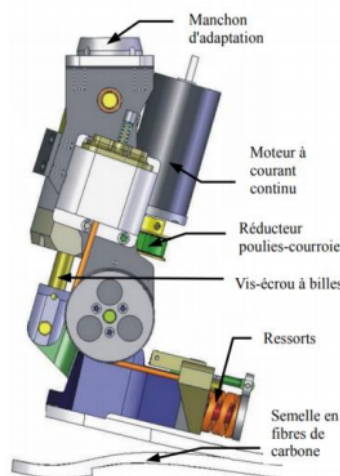
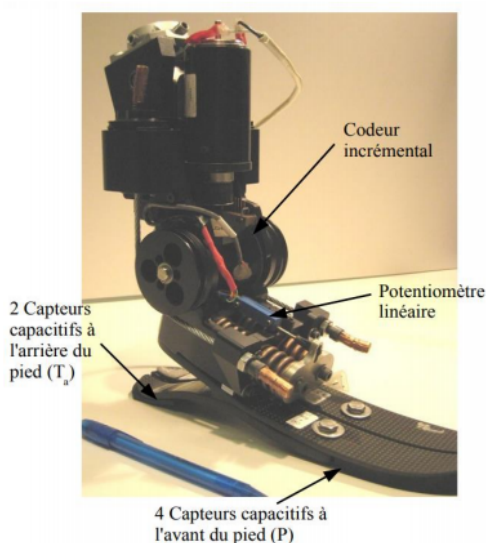


FIGURE 2 – Analyse détaillée des composants de la cheville active transtibiale

La chaîne d'information est constituée d'un ensemble de capteurs permettant d'acquérir différentes informations :

- Un potentiomètre linéaire qui mesure l'allongement/écrasement des ressorts ;
- Un codeur incrémental placé au niveau de l'articulation pied/tibia ;
- Plusieurs capteurs capacitifs disposés sous la semelle du pied au niveau du talon (2 capteurs) et à l'avant du pied (4 capteurs).

Les informations délivrées par les capteurs sont traitées par un calculateur qui élabore la commande du moteur.

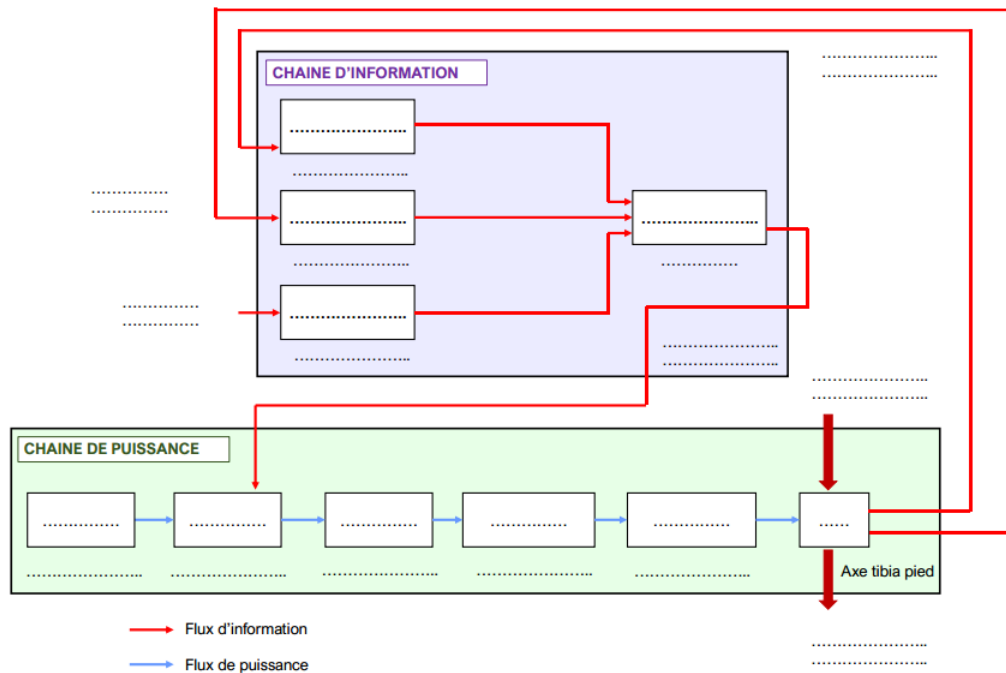


FIGURE 3 – Chaîne de puissance et d'information à compléter

- Q1.** Compléter les chaînes de puissance et d'informations de ce système (voir figure ci-après).
- Q2.** Préciser la nature des flux de puissance entre chaque bloc de la chaîne de puissance.

Exercice 2 – Sécateur électrique Pellenc

Objectif Analyser le fonctionnement du sécateur électrique Pellenc.

La période de taille de la vigne s'étend sur environ deux mois. Durant cette période, les viticulteurs utilisent le sécateur pendant 8 à 10 heures par jour. Afin de réduire la fatigue musculaire de la main et du bras, la société PELLENC commercialise un **sécateur électrique**.

Le système est alimenté par une batterie rechargeable portée par le viticulteur à l'aide d'un harnais. L'énergie électrique est acheminée jusqu'au sécateur par un cordon.

Lorsque l'utilisateur actionne la gâchette, le moteur entraîne une vis en rotation par l'intermédiaire d'un **réducteur de vitesse**. La rotation de la vis provoque alors la translation de l'écrou. Ce mouvement de translation est transformé, par un **mécanisme à trois barres**, en un mouvement de rotation de la lame mobile, permettant ainsi la coupe des sarments.



FIGURE 4 – Sécateur Pellenc

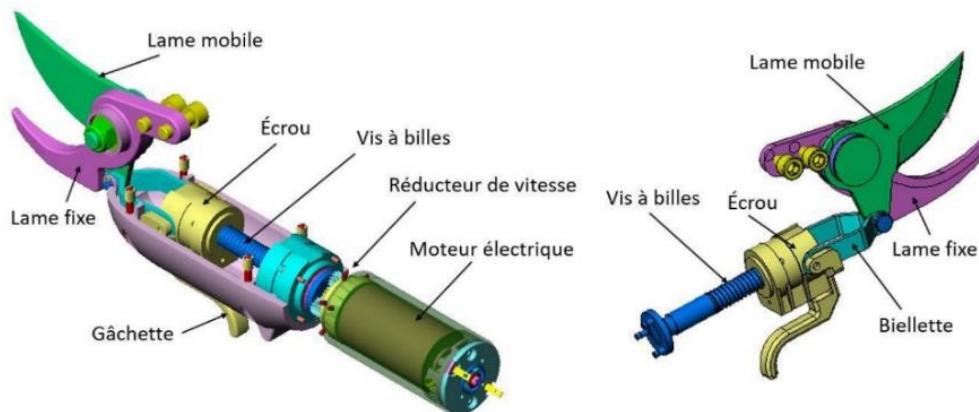


FIGURE 5 – Analyse détaillé du sécateur électrique

L'ensemble du système est modélisé en langage SysML à l'aide d'un diagramme de définition de blocs (BDD) et d'un diagramme de blocs internes (IBD).

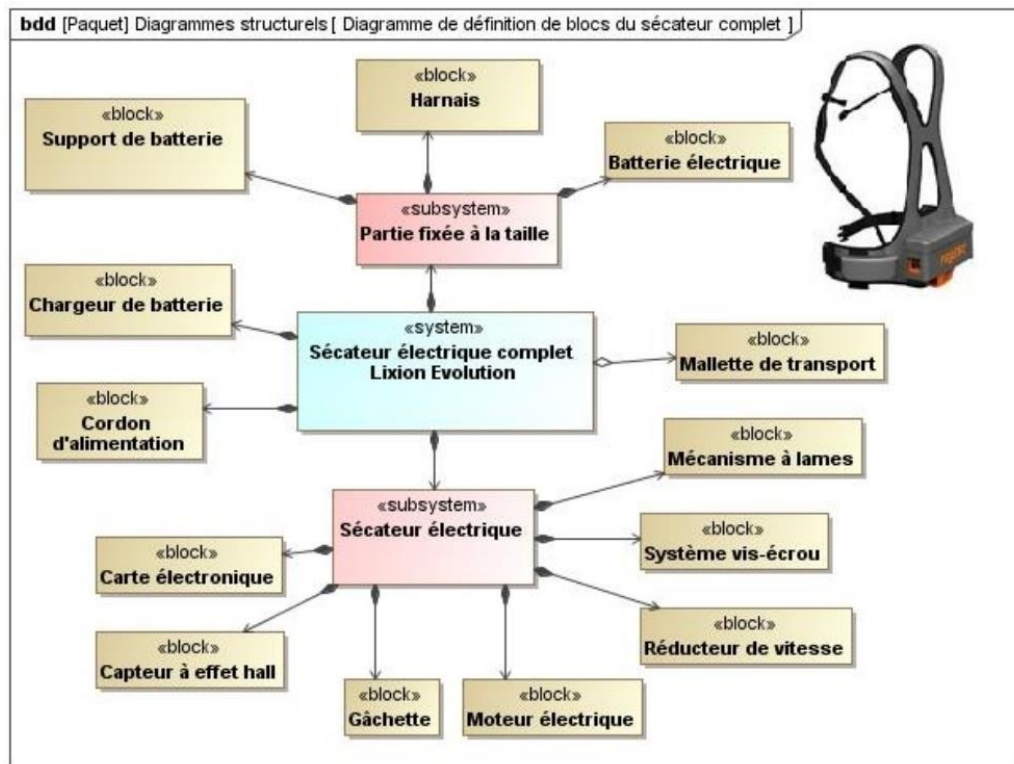


FIGURE 6 – Diagramme de définition de blocs du sécateur électrique Pellenc

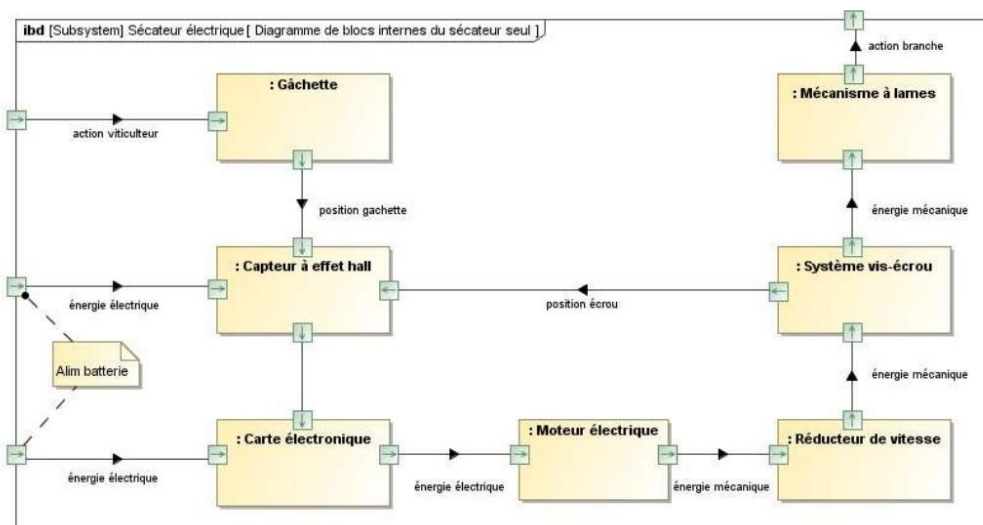


FIGURE 7 – Diagramme de bloc interne du sécateur électrique Pellenc

Q1. Compléter le diagramme des cas d'utilisation ci-dessous.

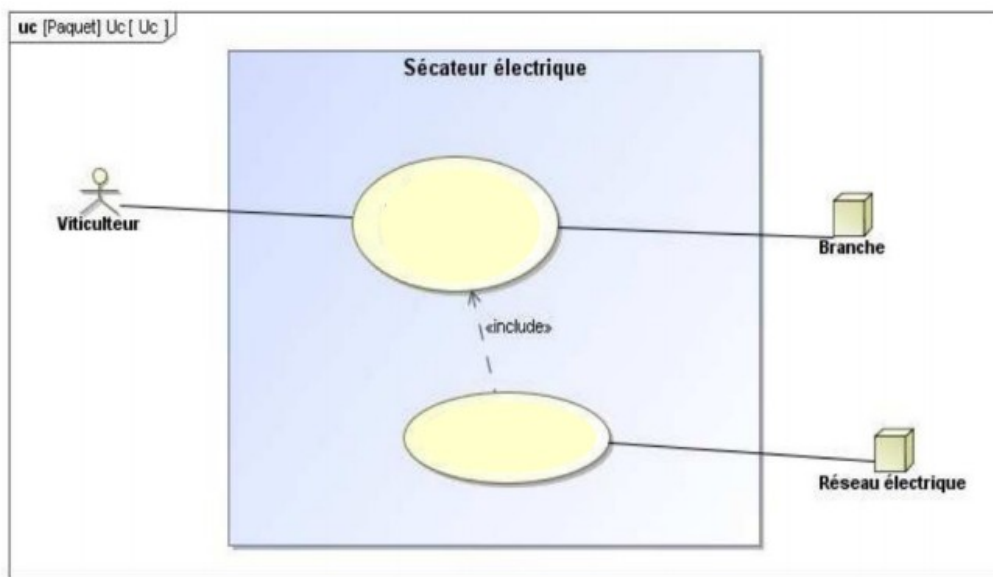


FIGURE 8 – Cas d'utilisation à compléter

Q2. Réaliser les chaînes d'information et de puissance du sécateur électrique.

Exercice 3 – Robot de maraîchage Oz

Objectif Analyser le fonctionnement du sècheur Robot de maraîchage Oz.

Le robot de maraîchage Oz 440 développé par la société Naïo Technologies est un outil autonome agricole, alliant robustesse et écologie, capable d'assister les maraîchers dans les tâches les plus pénibles comme le transport de charges lors des récoltes et le désherbage mécanique à l'aide d'un outil de binage. Le binage a pour but de casser la croûte du sol, pour éliminer les petites mauvaises herbes et économiser l'arrosage.

Ce robot est constitué d'une plate-forme mobile électrique à 4 roues motrices sur laquelle sont fixés divers outils et capteurs. La figure ci-dessous donne la structure du robot sous la forme d'un diagramme de définition de blocs avec les propriétés principales de chaque constituant.

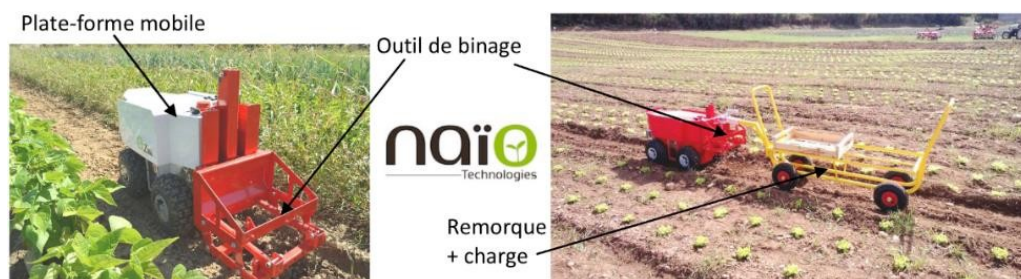


FIGURE 9 – Analyse détaillée du sècheur électrique

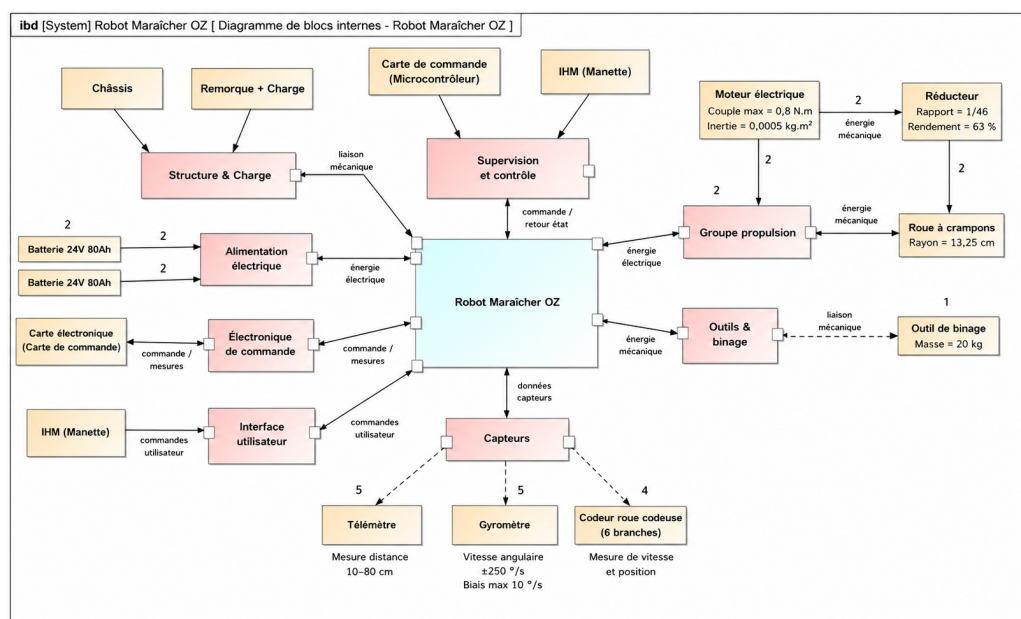


FIGURE 10 – Diagramme de définition de bloc du robot Oz

Le robot est mis en mouvement grâce à deux groupes propulsion : l'un pour les roues gauches et l'autre pour les roues droites. Chaque groupe de propulsion est composé de deux moteurs. Ainsi, le mouvement des roues droites est indépendant de celui des roues gauches permettant ainsi de gérer la direction du robot en agissant sur la vitesse relative de rotation des roues droites par rapport aux roues gauches.

La puissance électrique est délivrée aux moteurs des groupes de propulsion par une carte de puissance. Chaque moteur électrique est couplé à un réducteur dont l'arbre de sortie est relié

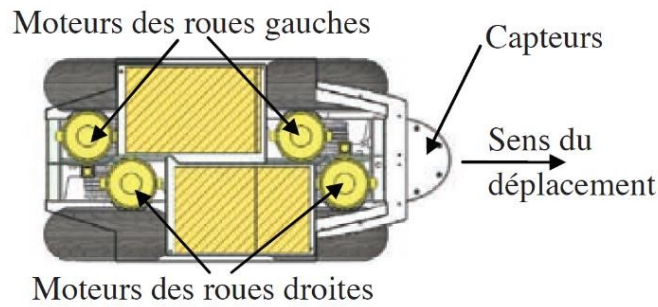


FIGURE 11 – Description de la propulsion

à une roue. La vitesse d'avance et la position du robot est calculée à l'aide de roues codeuses implantées sur chaque roue (voir image ci-dessous). Les roues codeuses sont solidaires des roues du robot.

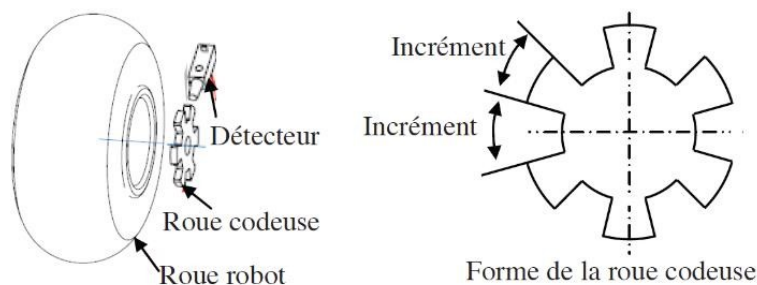


FIGURE 12 – Description de la roue codeuse implantée dans chaque roue

Enfin, le robot évoluant de façon autonome dans les rangées agricoles, il doit être équipé d'une série de capteurs permettant de connaître son comportement en déplacement ainsi que son guidage. C'est la raison pour laquelle le robot est équipé d'un gyromètre ainsi que de cinq capteurs infrarouge type « télémètre » situés à l'avant du robot et disposés comme sur la figure ci-dessous. Les capteurs infrarouge sont généralement appelés des capteurs de proximité permettant de capter la présence d'un objet à proximité.

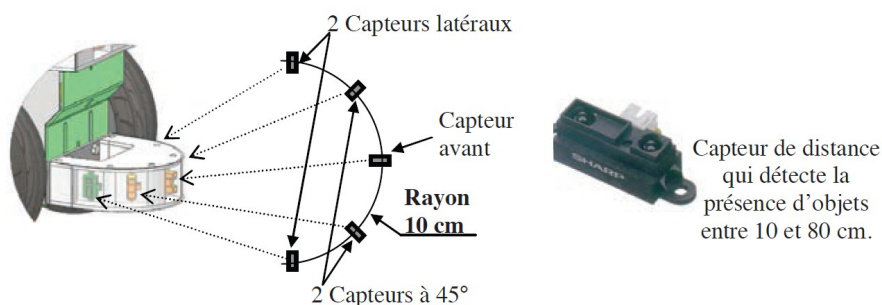


FIGURE 13 – Description des capteurs de proximité

Q1. A l'aide du diagramme de définition de blocs et de la présentation du robot, compléter le diagramme correspondant à la chaîne de puissance et la chaîne d'information **du groupe de propulsion droit** du robot Oz donnée ci-après.

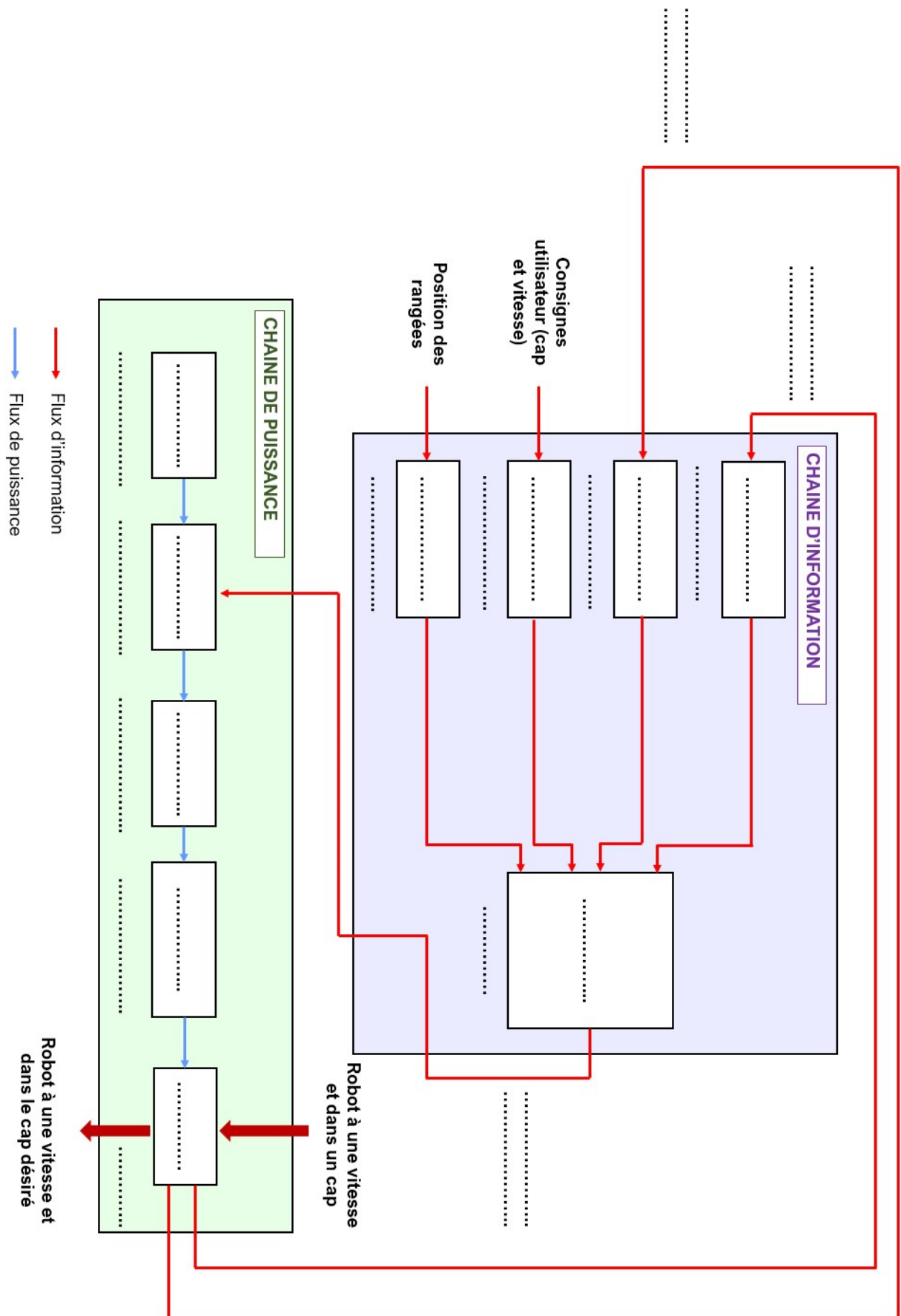


FIGURE 14 – Chaîne de puissance et d'information à compléter

Exercice 4 – Toit ouvrant Mercedes-Benz SLR

Objectif Analyser le fonctionnement du système de toit ouvrant de la Mercedes-Benz SLR McLaren.

Le toit escamotable de la voiture Mercedes-Benz SLR McLaren permet au conducteur de passer d'une voiture de type « coupé » à une voiture de type « cabriolet ». C'est un dispositif électrohydraulique qui permet en moins de 20 secondes de transformer le véhicule d'une configuration à l'autre. Le toit escamotable met en jeu trois éléments principaux : le pavillon, la lunette arrière et le coffre.

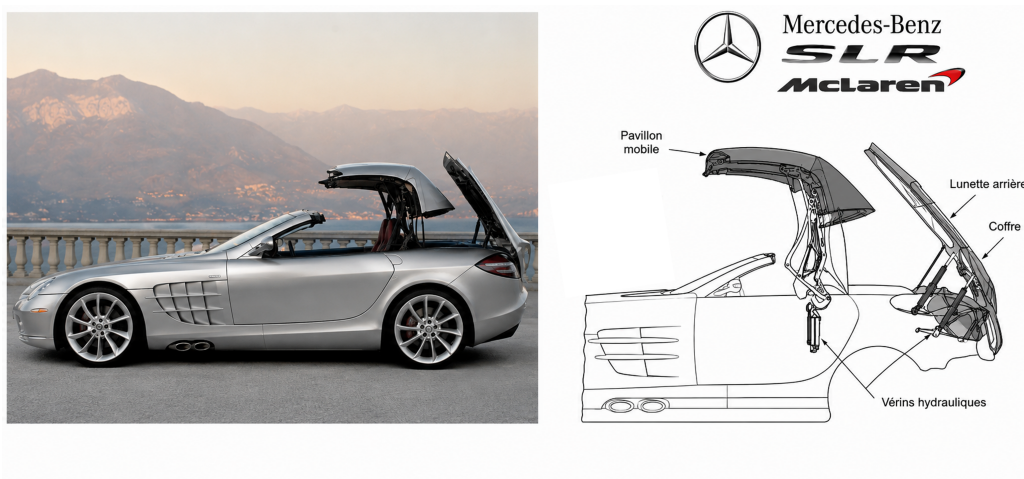


FIGURE 15 – Illustration du système de toit ouvrant de la Mercedes-Benz SLR McLaren

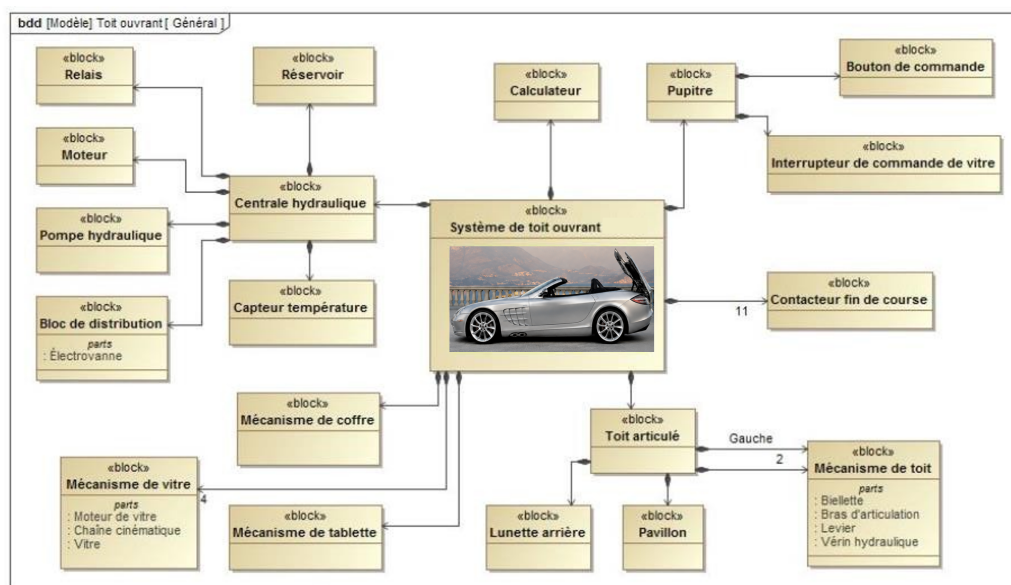


FIGURE 16 – Diagramme de définition de bloc

Le bouton de commande de toit est implanté sur la console de frein à main du véhicule. La gestion du fonctionnement de l'ensemble est assurée par un calculateur. Le calculateur renseigne sur l'évolution de la manœuvre par des contacteurs de fin de course, pilote une centrale hydraulique qui transforme le véhicule grâce à quatre vérins (deux pour l'ensemble lunette arrière –

pavillon et deux pour le coffre).

Fonctionnement de la rentrée et de la sortie de tige des vérins :

- Vérins de coffre : deux relais permettent d'inverser le sens de rotation de l'électropompe (pompe commandée par un moteur électrique, ici à courant continu). Grâce à la possibilité d'inverser la rotation de la pompe, le calculateur peut commander les vérins de toit soit en ouverture, soit en fermeture.
- Vérins de toit : les vérins de toit reçoivent toujours la pression du même côté, quel que soit le sens de rotation de la pompe. L'implantation d'une électrovanne en aval de la centrale hydraulique permet de commander ainsi les vérins soit en ouverture, soit en fermeture.

Dans ce sujet, on se concentre essentiellement sur le fonctionnement de l'ouverture et de la fermeture du toit (on n'étudie pas le fonctionnement d'ouverture et de fermeture du coffre).

L'ouverture (la fermeture) du toit a lieu dès que le calculateur reçoit l'information coffre ouvert(coffre fermé) grâce à un détecteur fin de course. Dès que le calculateur reçoit l'information toit ouvert (toit fermé) grâce à un autre détecteur fin de course, la fermeture (l'ouverture) du coffre a lieu.

La structure de l'ensemble « pavillon + lunette arrière » est définie ci-dessous.

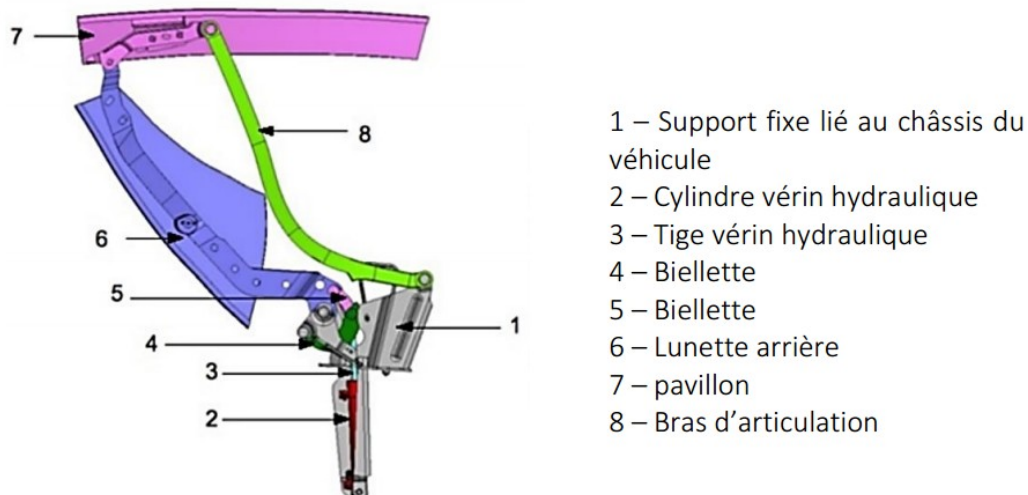


FIGURE 17 – Description du système de toit ouvrant de la Mercedes-Benz SLR McLaren

La centrale hydraulique (ou groupe hydraulique) est en partie constituée :

- d'un moteur électrique capable de transformer la puissance électrique en énergie mécanique ;
- d'une pompe capable de transformer la puissance mécanique de rotation en puissance hydraulique ;
- d'une électrovanne permettant de distribuer la puissance hydraulique aux vérins.

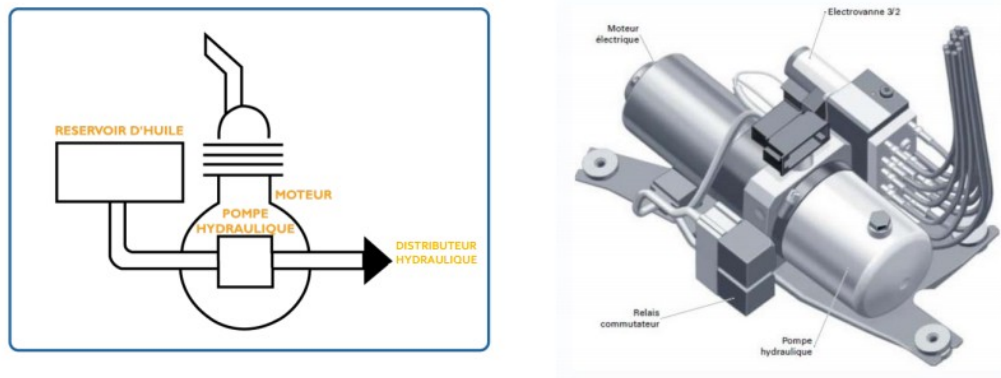


FIGURE 18 – Description du système hydraulique

Q1. Compléter les chaînes d'information et de puissance de l'ensemble « pavillon + lunette arrière » du système de toit ouvrant (cf. page ci-après).

Q2. Sur le schéma hydraulique ci-dessous, identifier l'électrovanne et le vérin pour une des 2 positions. Compléter ensuite la position de la tige en configuration 1 et 2 : « tige rentrante », « tige sortante ».

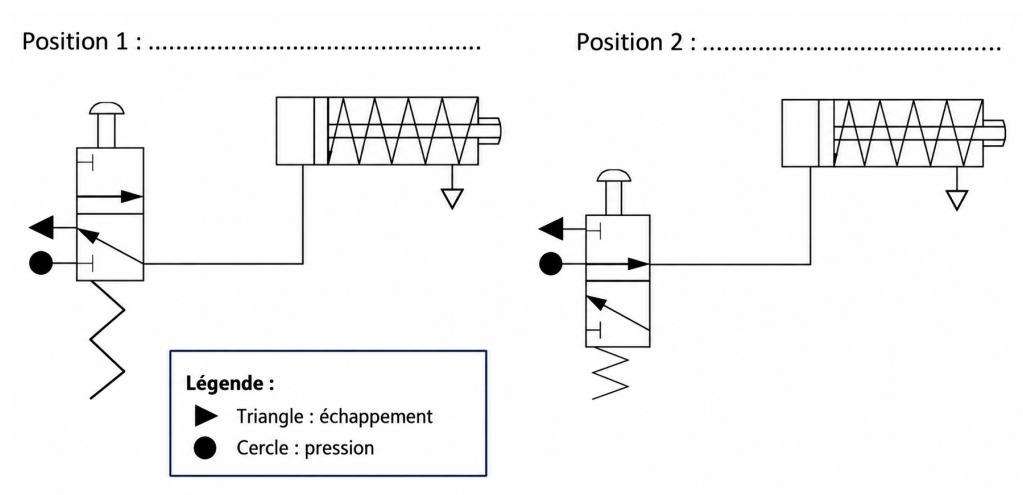


FIGURE 19 – Schéma hydraulique à compléter

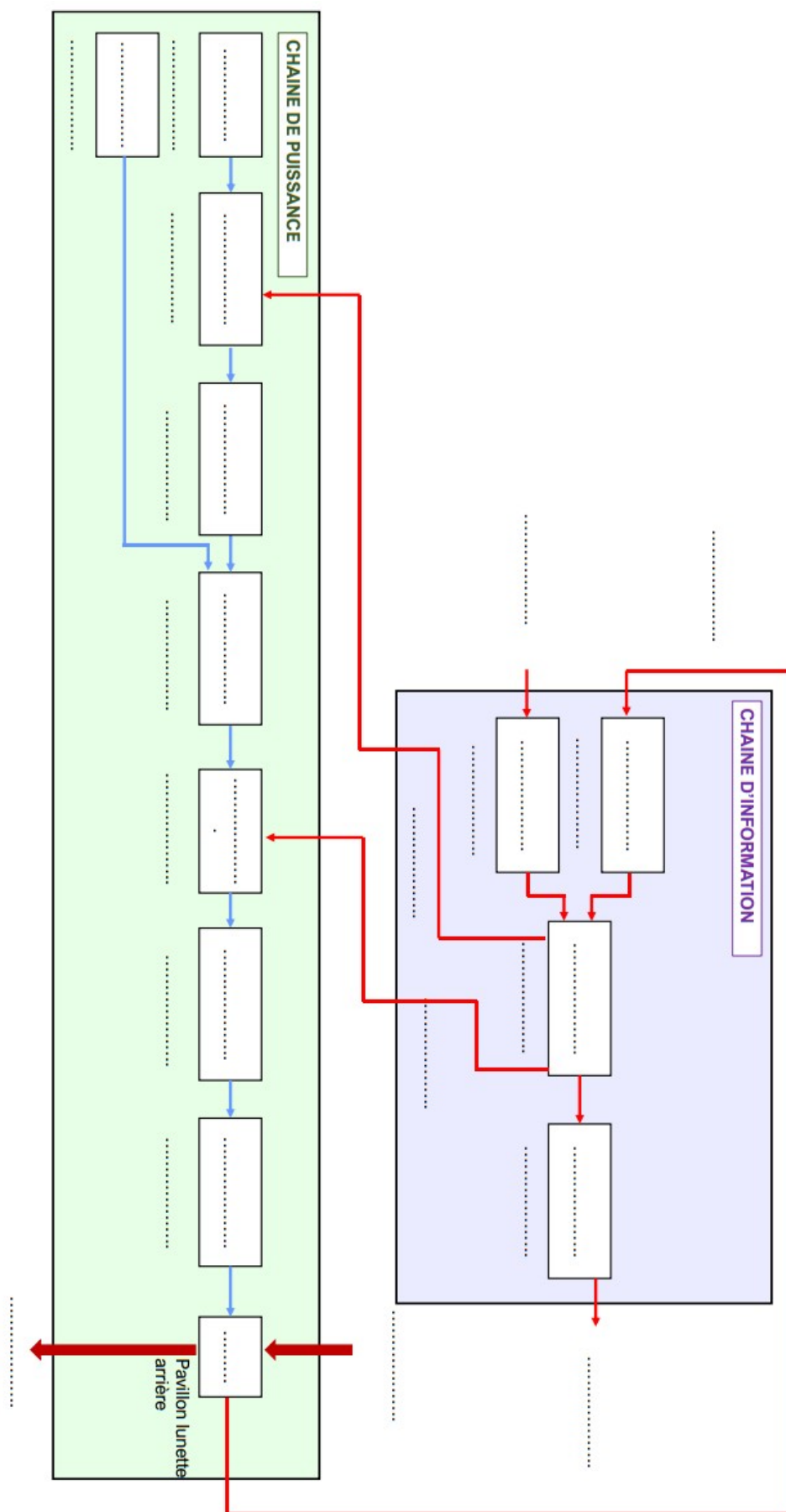


FIGURE 20 – Chaîne de puissance et d'information à compléter