

Exercice 1 : Freins d'appontage du porte-avions Charles de Gaulle

Le dispositif étudié est implanté sur le porte-avions Charles de Gaulle (PA CdG) dont la capacité d'embarquement est de 40 aéronefs.

Vidéo de présentation



Intérêt du système :

La piste d'appontage est située sur la moitié arrière, elle est légèrement oblique ($8,5^\circ$) alors que la deuxième piste (spécifique au décollage) est située à l'avant. Malgré les dimensions du pont (environ 260 m de long et 65 m de large), les longueurs des pistes sont très réduites, environ 70 m pour celles du décollage et 100 m pour celle d'appontage.

Les avions embarqués sont des avions de chasse de type Rafale Marine, Hawkeye. Leur masse au décollage et à l'appontage est 8 à 20 tonnes selon les configurations. La vitesse d'appontage est de 200 km/h à 250 km/h. Pour annuler la vitesse des avions sur des distances aussi courtes, il faut développer des efforts bien plus importants que ceux que peuvent assurer les freins propres à l'avion. En effet, ces derniers sont conçus pour des atterrissages sur pistes d'aéroport, longues de quelques milliers de mètres.

Atterrir sur le PA CdG fait donc appel à des systèmes spécifiques destinés à assurer ces efforts, ce sont « les freins d'appontage », objets de cette étude.



Rafale Marine crosse sortie accrochant le brin

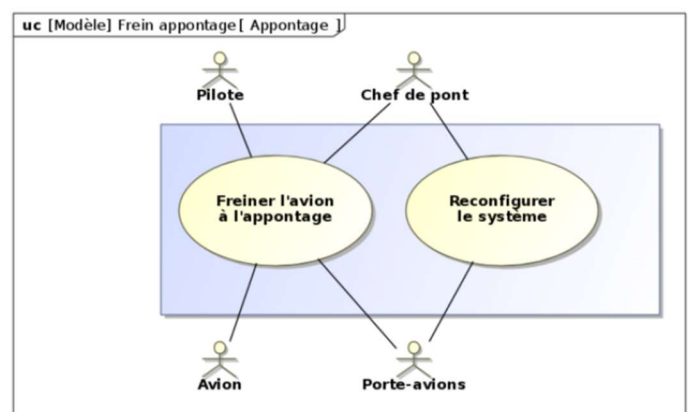


Pont d'envol et d'appontage du PA CdG

Principe de fonctionnement :

Le principe général des freins d'appontage est simple. Après discussion entre le pilote et le chef de pont, l'appontage peut avoir lieu. L'avion est muni d'un bras appelé crosse qui accroche un brin (câble tendu) en travers du pont.

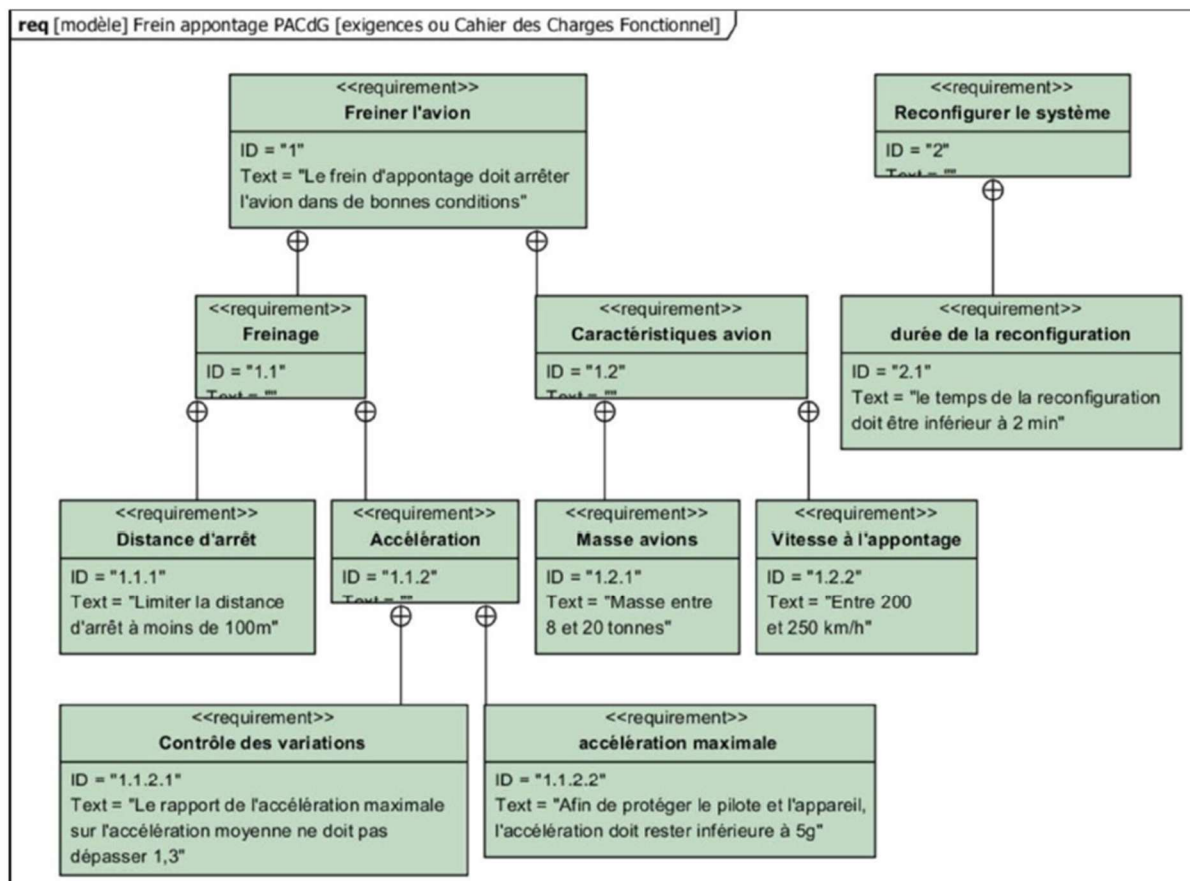
Ce brin est lié à un ensemble mécanique qui récupère l'énergie cinétique de l'avion. Une vanne de dissipation dissipe une partie de cette énergie en chaleur. Le complément d'énergie est récupéré par un accumulateur et réutilisé pour remettre le système en configuration initiale. Le système doit être capable de se configurer à la demande du chef de pont.



Q1. Le système étudié comprend-t-il la crosse de l'avion comme constituant ?

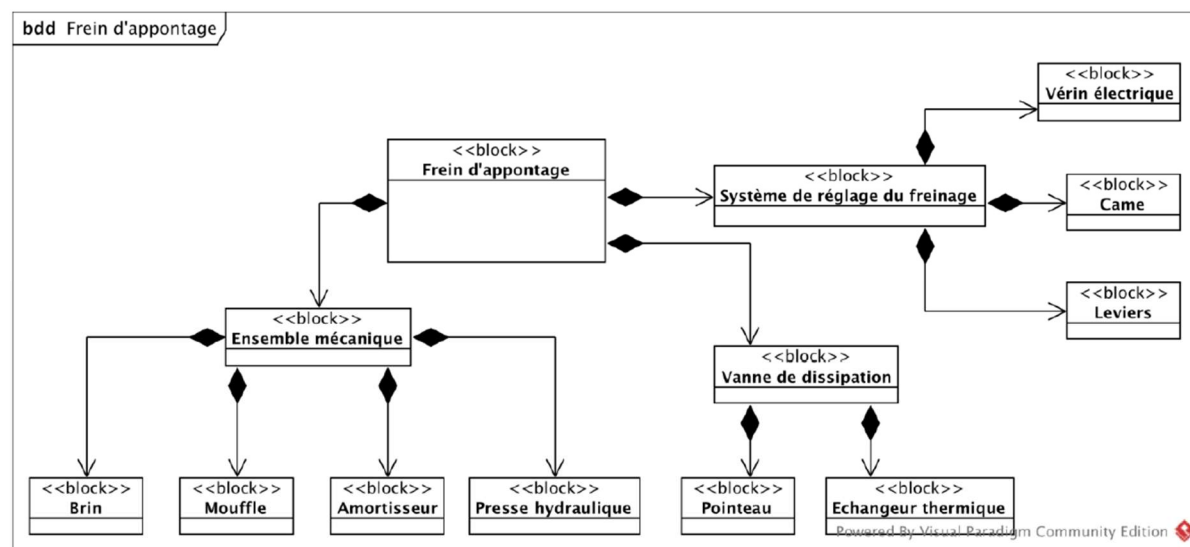
Q2. Dans la description du principe de fonctionnement, surligner le texte indiquant que le chef de pont est bien un acteur du système « freins d'appontage ».

Exigences :



Q3. Préciser le critère et le niveau des exigences 1.1.1, 1.1.2.2 et 2.1.

Analyse structurale :

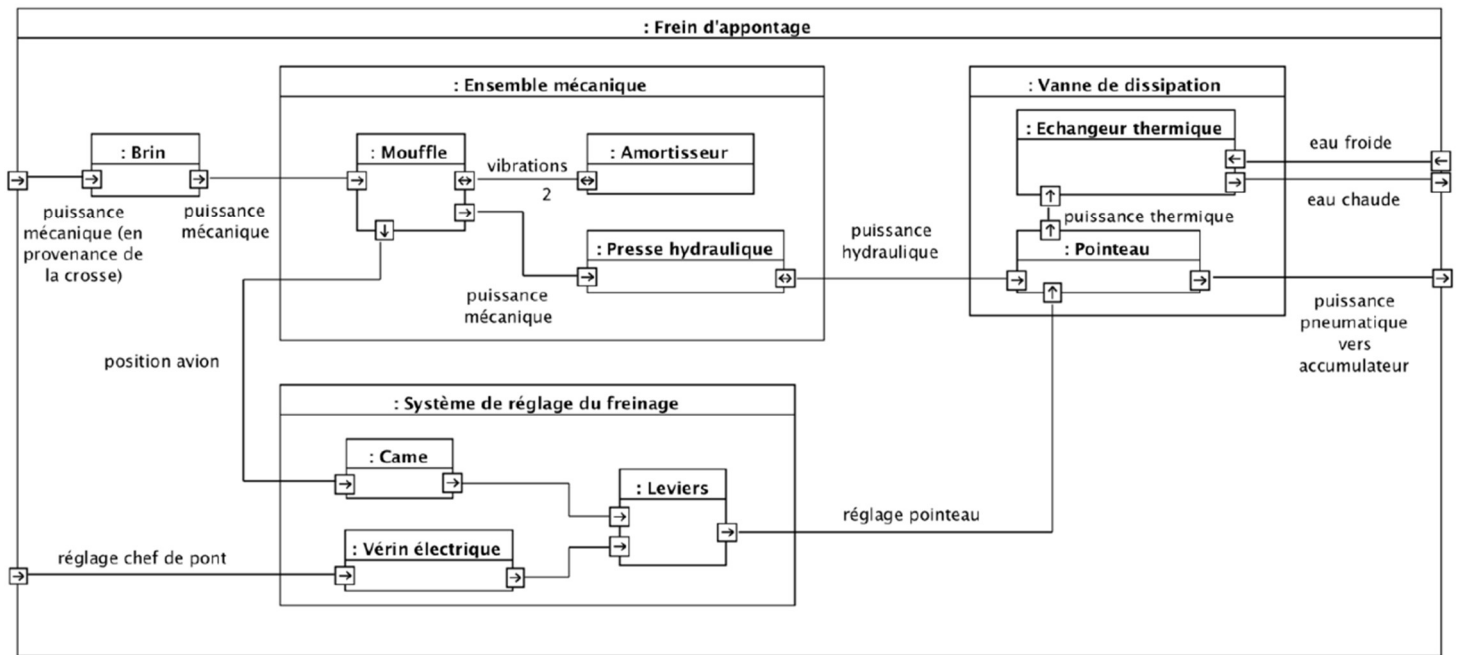


« Le système étudié comprend de nombreux constituants afin de dissiper l'énergie mécanique et amortir les vibrations du brin. »

Q4. Lister les sous-systèmes, de même niveau, composant le frein d'appontage.

Q5. Quel sous-système présent dans le diagramme de définition de bloc, n'est pas évoqué dans la description du principe de fonctionnement ?

Q6. Quel est le type du diagramme ci-dessous ?



Q7. Lister, dans l'ordre, les constituants intervenant dans la transformation de la puissance mécanique (en provenance de la crosse) en eau chaude.

Q8. Sous quelle forme est évacuée la puissance vers le milieu extérieur ?

Q9. Sur quel(s) constituant(s) le chef de pont intervient pour régler le comportement du pointeau et donc le freinage ?

Présentation générale

Le système étudié dans ce sujet, appelé Hublex, est un gyropode professionnel destiné à faciliter le déplacement des collaborateurs au sein d'entreprises, administrations, hôpitaux... lorsque ces lieux sont de grandes tailles. La **figure 1** montre un exemple d'utilisation dans l'entrepôt d'une entreprise de logistique.

Il est en effet prouvé que les déplacements piétons sur les lieux de travail peuvent générer, s'ils sont répétitifs, des fatigues extrêmes ainsi que des troubles musculo-squelettiques. Il n'est pas rare, par exemple, qu'au cours d'une journée, des employés marchent plusieurs kilomètres sur leur lieu de travail, parfois sous la forme de micro-déplacements. C'est dans ce contexte qu'a été conçu, en France, le Hublex.

Ce gyropode doit permettre de réduire la fatigue des collaborateurs afin d'augmenter leur bien-être. Sa particularité est d'avoir été spécifiquement créé pour s'intégrer dans un environnement de travail grâce à des caractéristiques techniques qui le différencient des gyropodes classiques :

- Prise en main en moins de 5 minutes.
- Maniabilité optimisée.
- Faible largeur, inférieure à 40 cm.
- Léger, moins de 12 kg.
- Utilisable 24 h/24 grâce à sa batterie interchangeable.

On peut voir, **figure 2**, une vue générale du produit. Les principales exigences du système sont présentées dans le diagramme d'exigences (voir **D6** du **document réponse**).

Description du produit

Le Hublex se caractérise par une conception originale alliant une structure et une motorisation à la fois épurées mais aussi très modernes (voir **figure 3**). Le châssis est constitué de pièces évidées et les roues sont sans moyeu (« hubless » en anglais). La liaison pivot entre chaque roue et le châssis est astucieusement réalisée par l'intermédiaire de liaisons quasi ponctuelles, ce qui permet de limiter le coût et la quantité de matière nécessaire à sa réalisation.

Chaque roue possède sa propre motorisation constituée d'une machine synchrone avec autopilotage permettant de s'affranchir de l'utilisation d'un réducteur. La transmission se résume à un galet directement lié à l'arbre moteur entraînant la roue (voir **figure 4**).



Figure 1 - Hublex en utilisation dans une entreprise de logistique



Figure 2 - Vue générale du Hublex

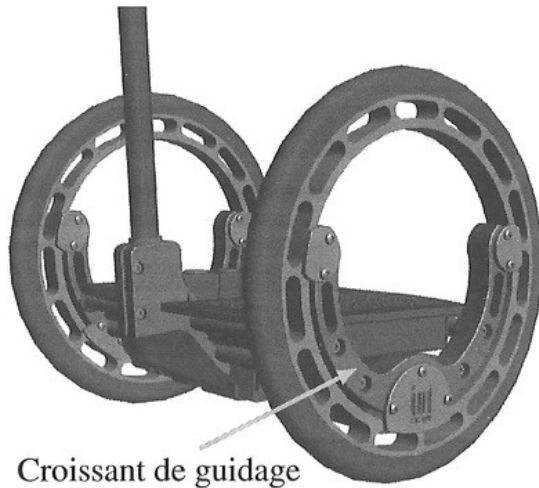


Figure 3 - Vue extérieure de la structure

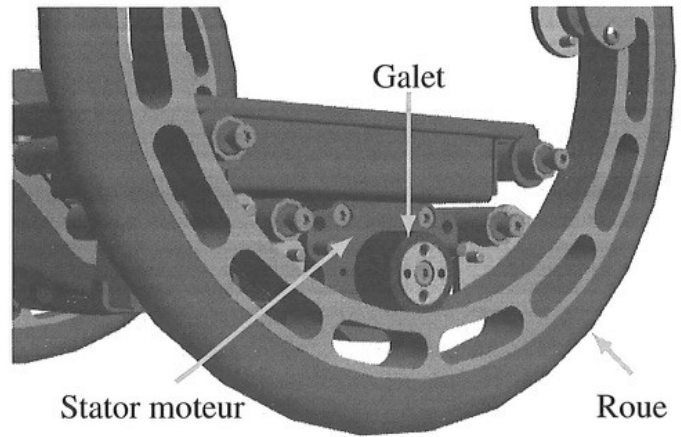


Figure 4 - Détail de la transmission par galet (sans croissant de guidage)

Principe de fonctionnement général

Les principaux composants constituant un Hublex sont rassemblés dans le diagramme de bloc interne (figure 5).

Le pilote commande la direction et la vitesse. Pour avancer ou reculer, il influe sur l'inclinaison du châssis du Hublex en se penchant en avant ou en arrière. Cette inclinaison, mesurée grâce à une centrale inertielle, correspond à une consigne d'accélération imposée par le pilote. Lorsqu'il se penche, l'équilibre de l'ensemble {Hublex + pilote} est assuré par le Hublex lui-même grâce à un asservissement visant à le redresser.

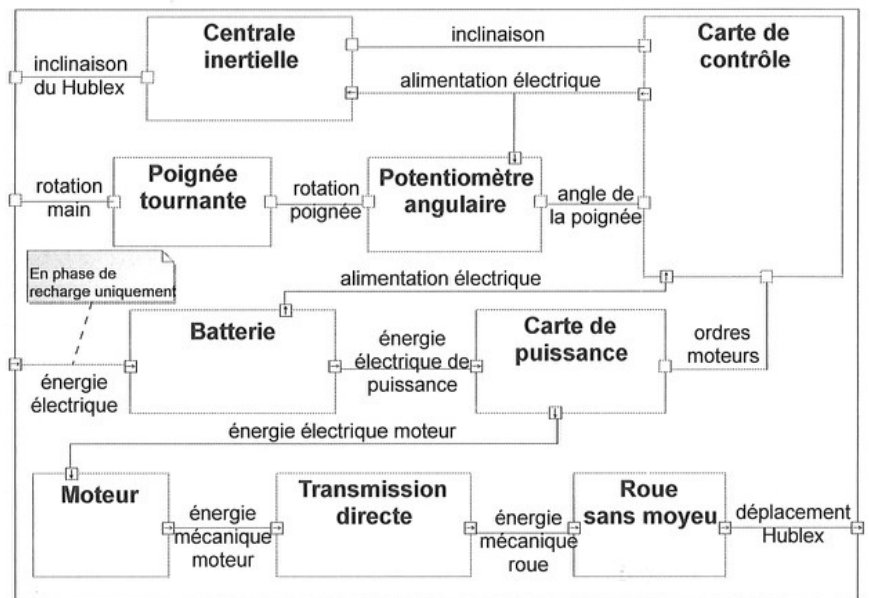
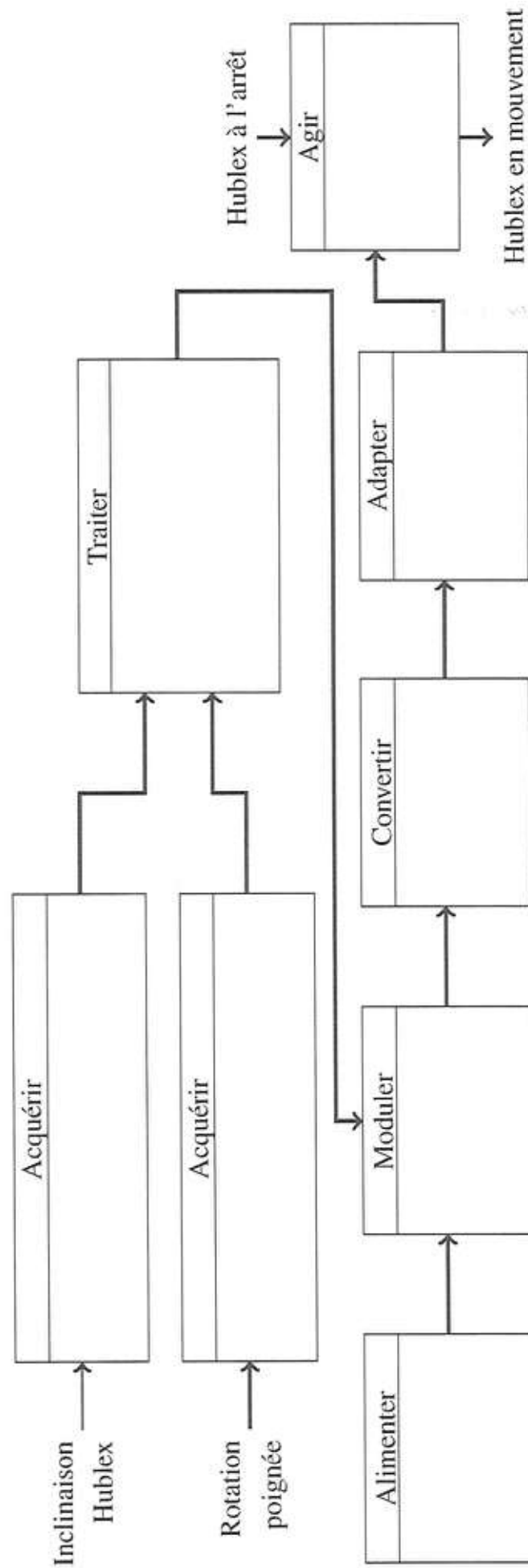


Figure 5 - Diagramme de bloc interne

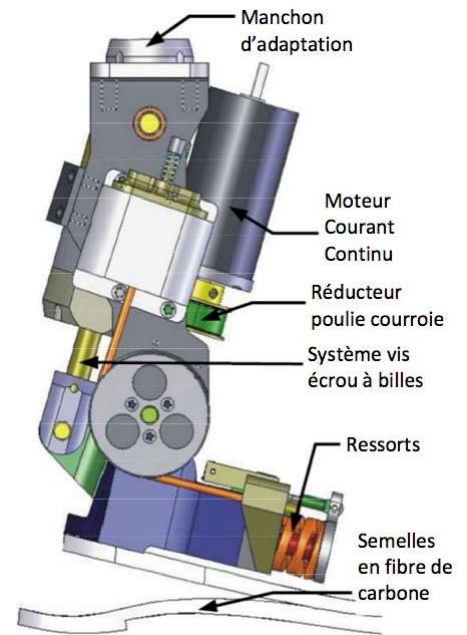
La trajectoire du Hublex est, quant à elle, imposée par le pilote à l'aide d'une poignée située au bout du manche qu'il tourne en fonction de la direction souhaitée. Ainsi, la vitesse de chaque moteur est construite à partir de ces deux commandes. C'est la carte de contrôle qui génère la consigne d'intensité électrique imposée au moteur par l'intermédiaire d'un onduleur situé dans la carte de puissance.

Q1. Compléter le schéma fonctionnel du **DR1**, en précisant le nom des composants associés aux fonctions, ainsi que le type de chaque flux (I pour information, E pour énergie, M pour matière). On y reportera uniquement les composants présents dans le diagramme de bloc interne (figure 5).



Exercice 3 : Prothèse active transtibiale

La majorité des prothèses transtibiales (pour une amputation en dessous du genou) utilisées aujourd'hui sont purement passives, c'est-à-dire que leurs propriétés mécaniques restent fixes pendant la marche. Ces prothèses sont constituées en général de semelles ressorts en carbone profilées qui emmagasinent et restituent l'énergie mécanique pendant la marche par déformation.

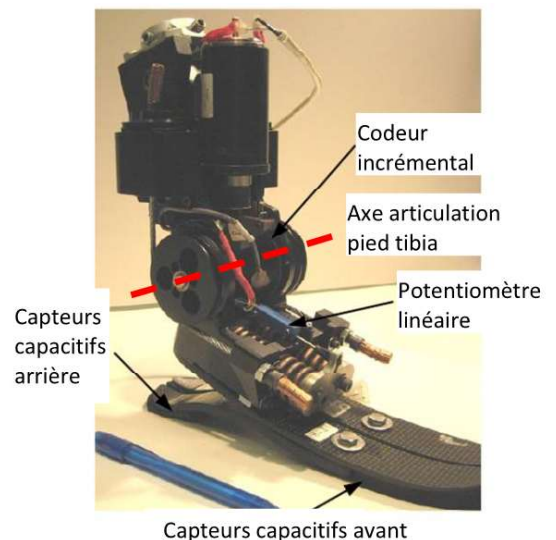


On s'intéresse ici à un prototype mis au point par des ingénieurs du MIT qui a permis la mise au point d'une nouvelle génération de prothèse, dite active. Cette prothèse active transtibiale est capable de proposer un comportement similaire à celui des membres non amputés. L'**actionneur** de la prothèse **est un moteur à courant continu alimenté par une batterie rechargeable de 16 Volts**. L'énergie mécanique est transmise par un **réducteur de type poulies-courroie** suivi d'un **système vis-écrou** qui adapte cette énergie mécanique pour la prothèse (ensemble de liaisons entre le pied artificiel constitué d'une semelle en fibres de carbone et le manchon ou tibia artificiel). **Des ressorts permettent d'ajuster également l'énergie mécanique** fournie au pied artificiel. L'effort exercé par les ressorts est directement relié au couple exercé par l'actionneur.

Les informations délivrées par les **capteurs** sont traitées par un **calculateur** qui élabore la commande du moteur appliquée par l'**amplificateur**.

La chaîne d'informations 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).



TRAVAIL DEMANDÉ.

Q1 : Compléter le diagramme chaîne de puissance / chaîne d'information.

