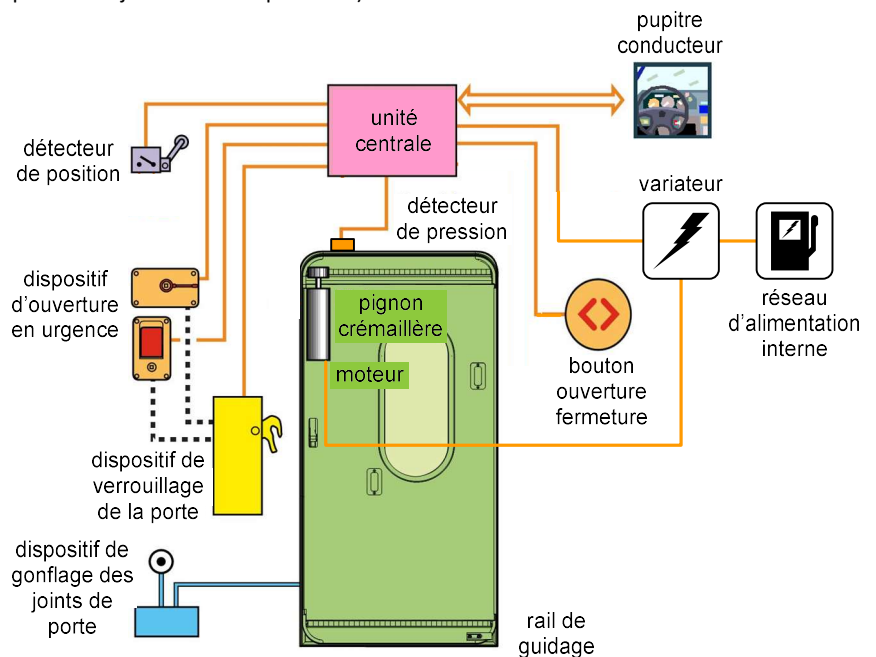


Système d'ouverture de porte de TGV

(Adapté d'un sujet Centrale-Supelec MP)



La figure de droite montre l'interface assurant, à partir des informations délivrées par l'unité centrale de commande, la fermeture hermétique et le verrouillage d'une porte de 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 du TGV depuis son pupitre. L'information est traitée par l'unité centrale qui pilote un moteur électrique permettant, dans un premier temps, de fermer la porte grâce à un mécanisme pignon-crémaillère puis, dans un deuxième temps, lorsque la position de fermeture est détectée, de verrouiller la porte. La détection de la position fermée enclenche également le gonflage des joints assurant l'herméticité de la fermeture. L'information de fin d'opération est transmise au conducteur sur son pupitre.

Q.1. Réaliser le diagramme de définition du bloc du système.

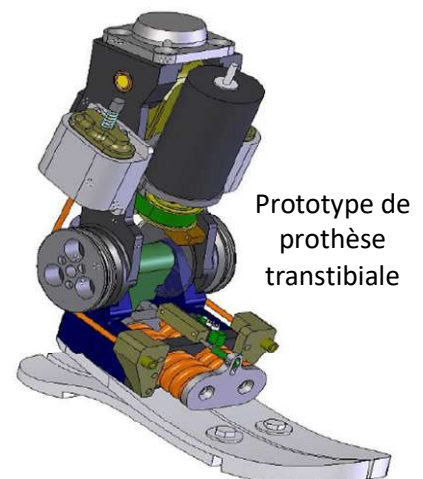
Q.2. Lister les composants appartenant à la **chaîne d'information** et les composants appartenant à la **chaîne de puissance**.

Prothèse active transtibiale

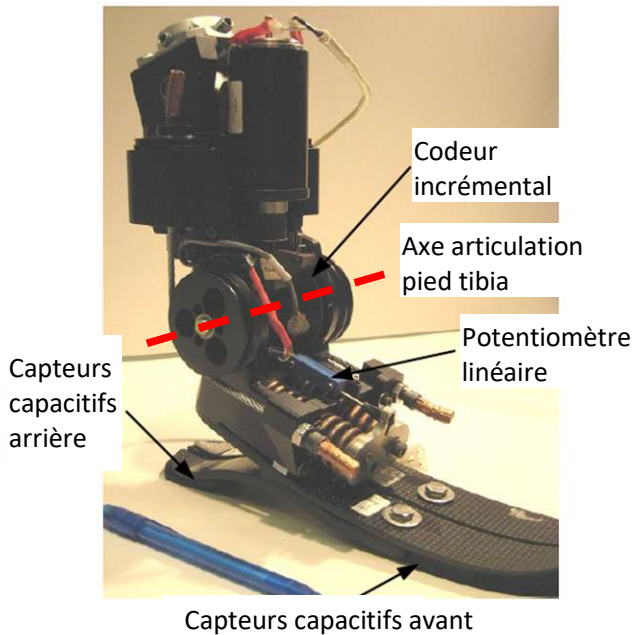
(Adapté d'un sujet Mines-Pont PSI)

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.

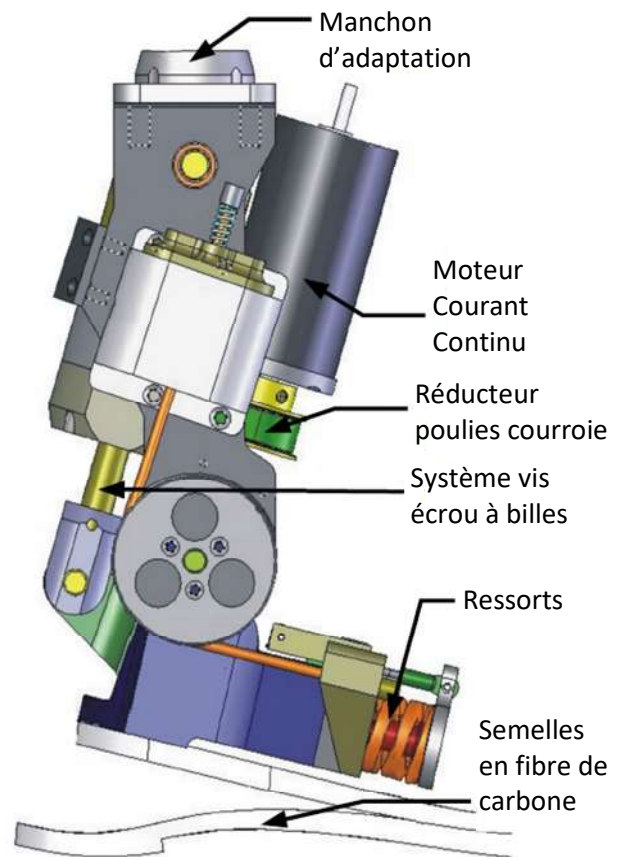
On s'intéresse ici à un prototype mis au point par des ingénieurs du MIT qui a permis la mise au point d'une nouvelle génération de prothèse, dite active. Cette prothèse active transtibiale est capable de proposer un comportement similaire à celui des membres non amputés.



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.



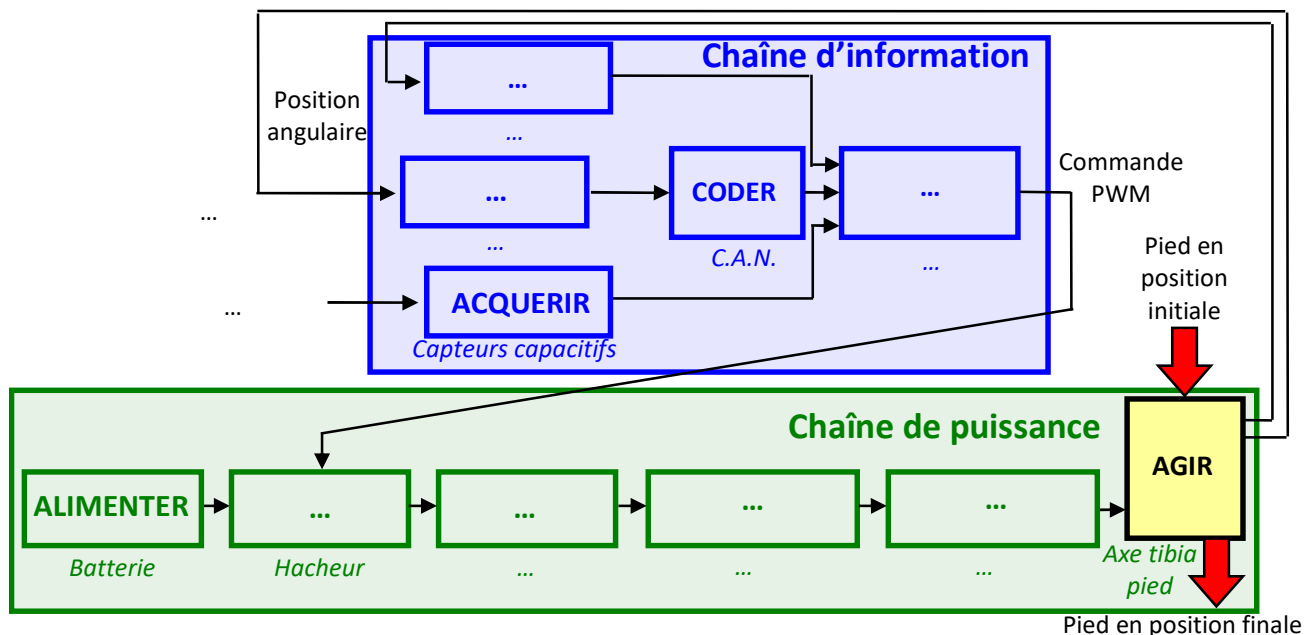
Les informations délivrées par les capteurs sont traitées par un calculateur qui élabore la commande du moteur.



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).

Q.1. Compléter le diagramme **chaîne d'information** / **chaîne de puissance**.



Moissonneuse-batteuse LAVERDA 2350

(Adapté d'un sujet X-ENS PSI)

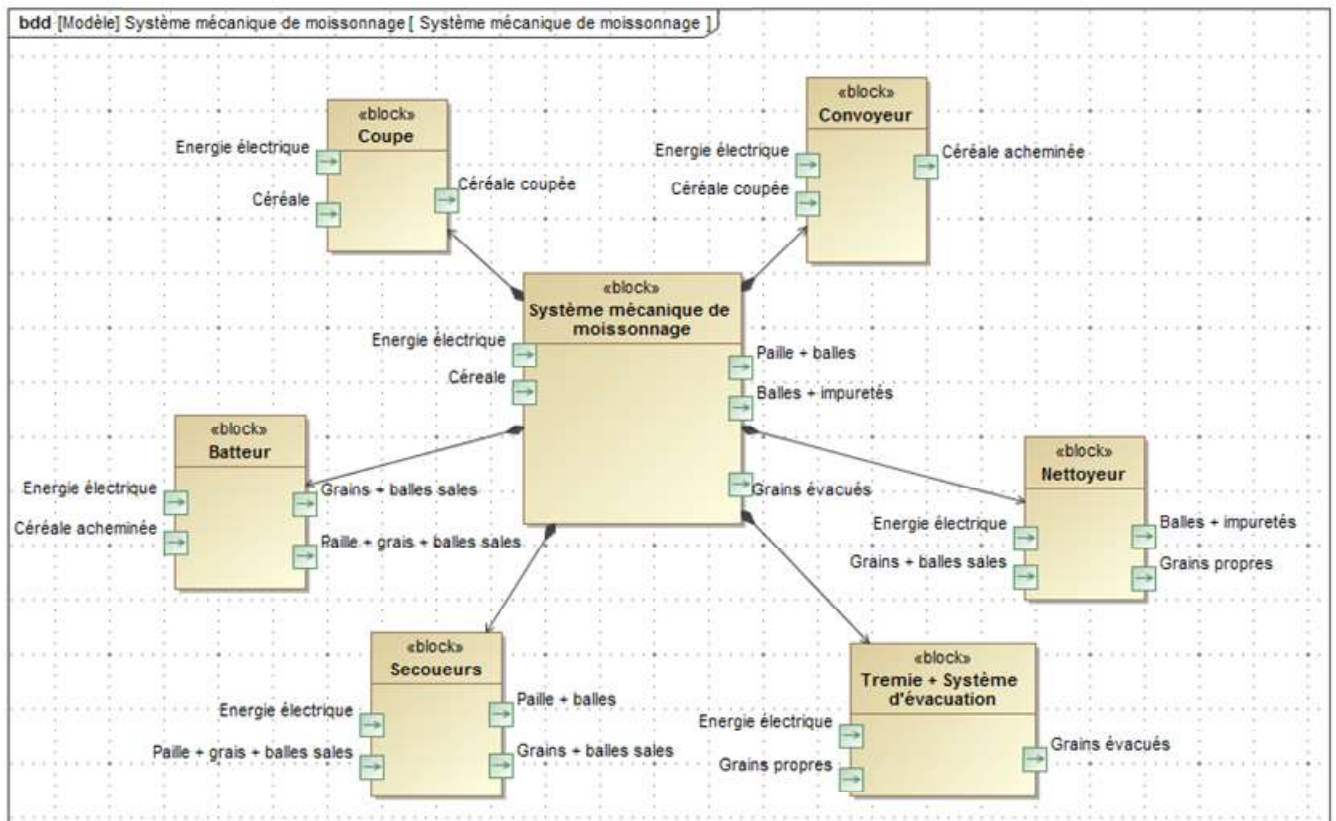
On s'intéresse au système de moissonnage battage d'une moissonneuse dont on donne une description structurale ainsi qu'un extrait de son modèle SysML.

Le céréalier, installé dans la cabine de conduite, parcourt la surface du champ par bandes parallèles de la largeur de la coupe de la moissonneuse-batteuse. La céréale est coupée puis battue, c'est-à-dire que le grain est séparé de son enveloppe (la balle) et de la paille. Nettoyés des impuretés, les grains sont transvasés dans la remorque qui roule à côté de la moissonneuse batteuse. La paille et les balles sont déposées, en andains, sur les chaumes.

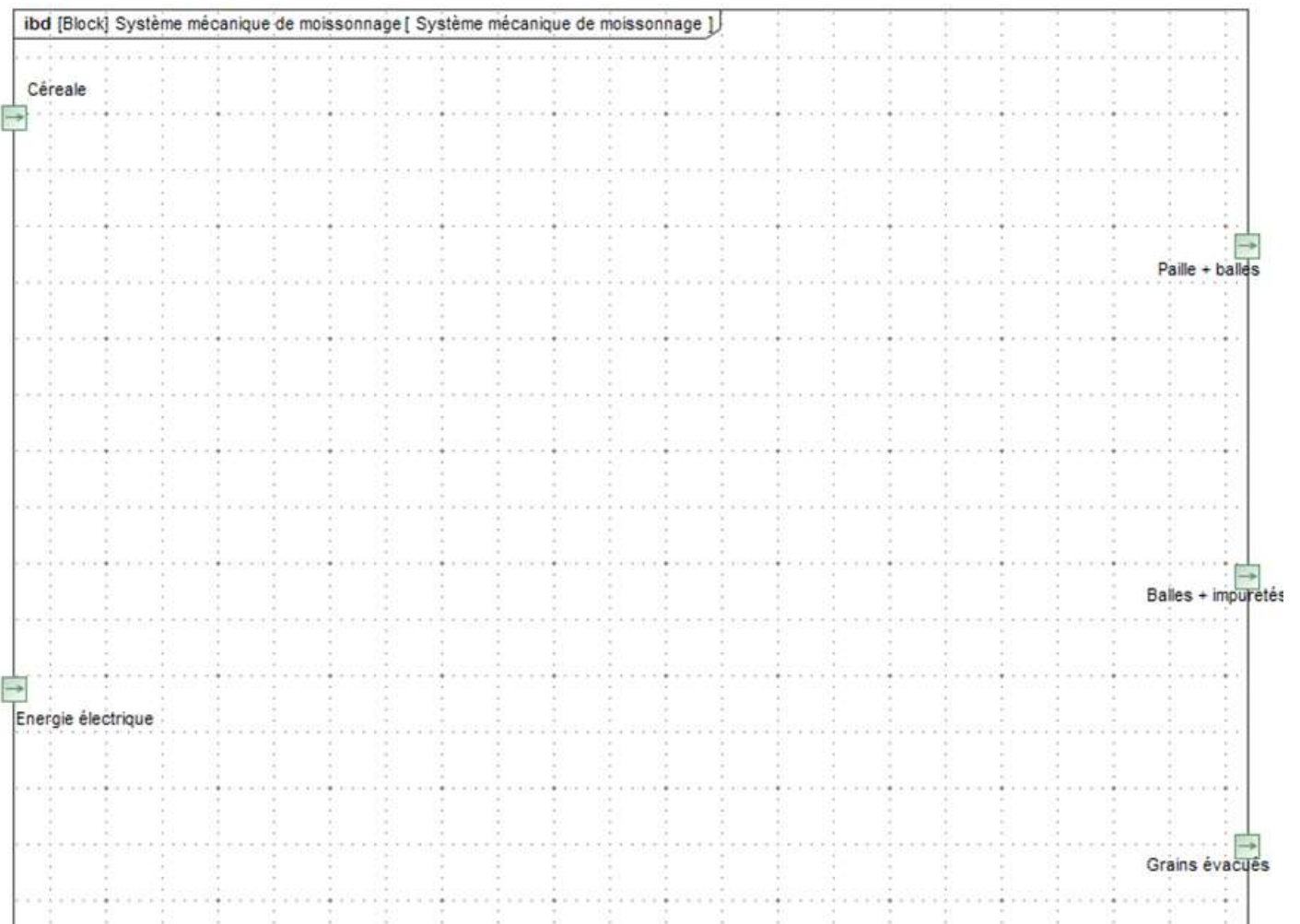


Lors de la récolte, la céréale est coupée, couchée puis rassemblée par la coupe (A) avant d'être acheminée par le convoyeur (B) vers le batteur (C) pour le battage. Sous l'effet de la pression, une grande partie des grains et des balles traverse la paroi du batteur et tombe à l'entrée du caisson de nettoyage (E). La paille, une partie des balles et le reste des grains passent sur les secoueurs (D). Alors que la paille et les balles sont éjectées à l'arrière de la moissonneuse-batteuse et répandues en andains sur le champ, les grains, plus lourds descendent dans la paille, traversent les alvéoles puis glissent au fond des secoueurs pour être ramenés à l'entrée du caisson de nettoyage. Le caisson de nettoyage (E) comprend trois niveaux : le plan supérieur percé d'alvéoles, l'étage médian (la grille) percé de trous calibrés et un fond plat. Installée au fond du caisson, une soufflerie génère un vent qui traverse la grille et les alvéoles ; ce vent est destiné à mettre les balles et les impuretés en suspension et à les expulser hors de la moissonneuse. Les grains après être passés au travers des alvéoles, passent au travers de la grille puis sont acheminés par une vis d'Archimède dans un réservoir de 8 m³, la trémie (F), en attente de vidange. Lorsqu'elle est pleine, la trémie est vidée dans une remorque en déployant la goulotte de vidange (G). Cette opération peut être réalisée à l'arrêt ou en pendant le battage.

On donne le diagramme de définition de bloc du modèle SysML correspondant au système de moissonnage.



Q.1. A partir du diagramme de définition de bloc disponible, compléter le diagramme de bloc interne.



Véhicule hybride TOYOTA PRIUS

(Adapté d'un sujet Centrale-Supelec PSI)

Dans le contexte actuel d'économie des énergies fossiles et de réduction des émissions de gaz nocifs, le système de propulsion hybride constitue une alternative intéressante à la propulsion classique par moteur thermique seul car il permet de réduire la consommation.

La spécificité de la solution retenue sur la Prius consiste à :

- Récupérer l'énergie du véhicule lors du freinage,
- Exploiter le moteur thermique à son rendement optimal.

La technologie hybride de TOYOTA, nommée HSD (Hybrid Synergy Drive) associe un moteur thermique à essence et sa transmission, à deux machines électriques et une batterie de puissance.

Le schéma de principe ci-contre met en évidence les deux machines électriques (le moteur électrique et la génératrice) reliées au moteur thermique par un réducteur à train épicycloïdal.

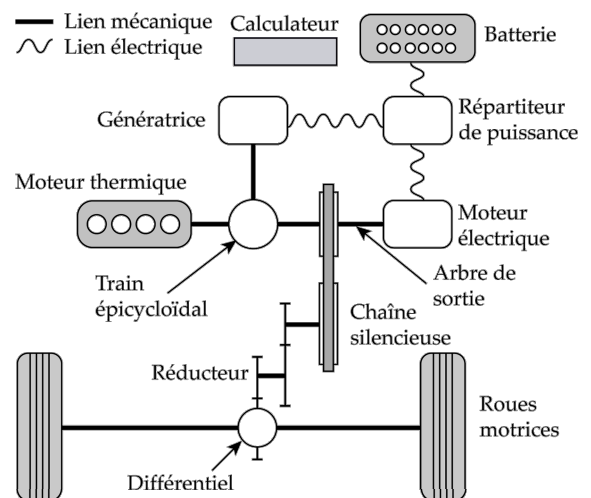
A partir de la position de la pédale d'accélérateur et de la vitesse du véhicule, le calculateur détermine la vitesse de rotation optimale du moteur thermique et la consigne d'ouverture du papillon des gaz.

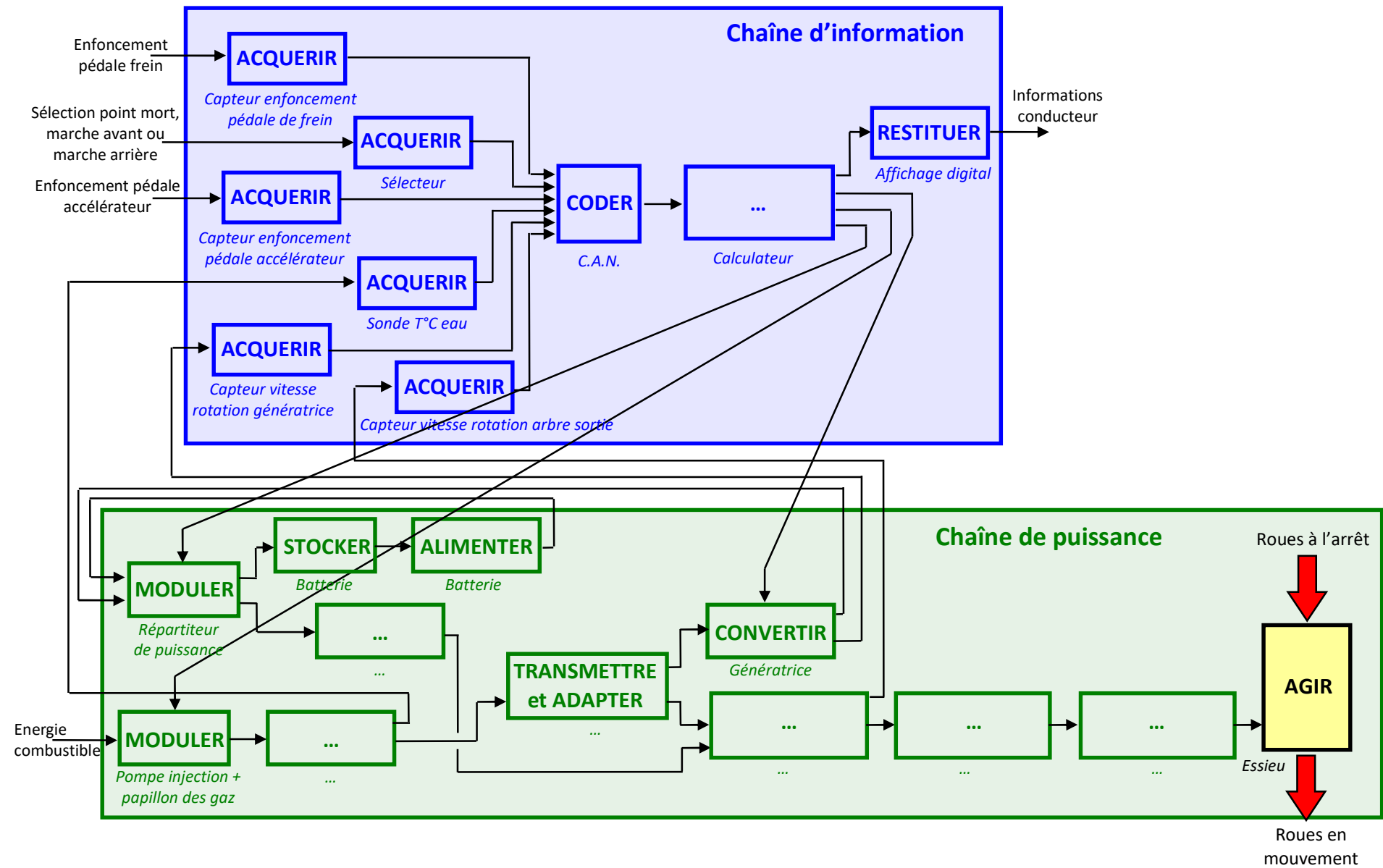
La puissance en sortie du moteur thermique est transmise, grâce à un train épicycloïdal, à la chaîne silencieuse et à la génératrice. Un asservissement en vitesse de la génératrice permet de contrôler la vitesse de rotation du moteur thermique.

Le répartiteur de puissance gère les échanges de puissance électrique entre la génératrice, le moteur électrique et la batterie. Le moteur électrique entraîne la chaîne silencieuse, seul ou en complément du moteur thermique. Il récupère également l'énergie cinétique ou potentielle du véhicule lors des phases de ralentissement.

Q.1. Compléter le diagramme **chaîne d'information** / **chaîne de puissance**.

Q.2. Dans la chaîne de puissance, repasser en rouge sur le diagramme les flèches représentant les flux correspondant à une puissance mécanique et en rose les flèches représentant les flux correspondant à une puissance électrique.





Etude d'une tuyère à ouverture variable pour banc d'essais de turboréacteur

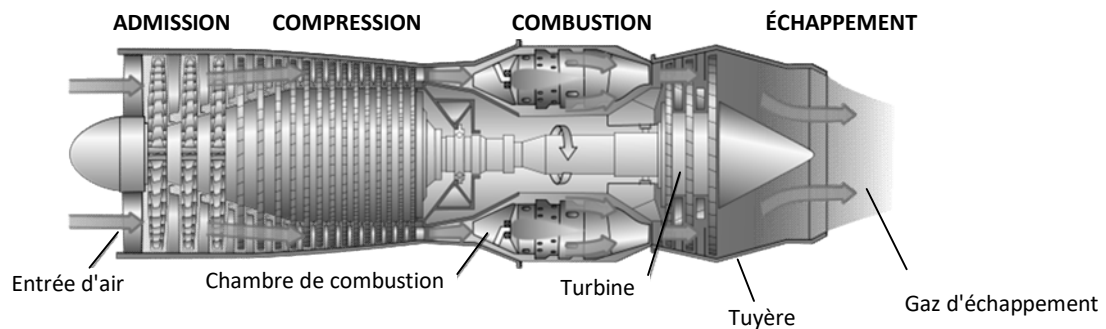
(D'après banque PT SIA)

Les propulseurs utilisés dans les applications militaires ou civiles subissent, avant leur mise en service, des tests de certification visant à contrôler leur bon fonctionnement et le respect des normes de sécurité. Ces tests consistent à simuler au sol les conditions de vol subies par le propulseur et à observer les réactions de celui-ci consécutives à des commandes de pilotage. La DGA (Direction Générale de l'Armement) dispose dans son centre d'essais des propulseurs, situé à Saclay, de bancs d'essais dédiés à la certification et à la mise au point de différents types de propulseurs d'avions ou de missiles.

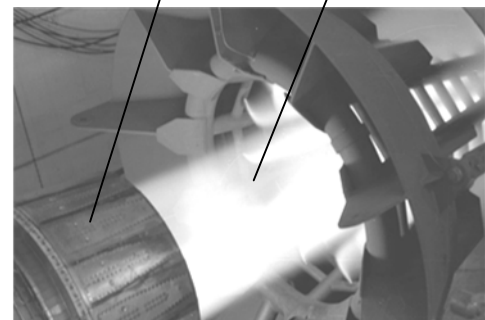


Avion de combat Rafale
propulsé par deux moteurs Snecma M88

Un turboréacteur est un propulseur fonctionnant sur le principe d'action-réaction. La différence de vitesse entre l'air entrant et les gaz produits entraîne une variation de quantité de mouvement et donc un effort de poussée (voir document 1 ci-dessous).



L'air ambiant est conditionné à l'entrée puis comprimé à l'aide de compresseurs centrifuges à étages multiples. Le carburant est alors injecté dans la chambre de combustion, mélangé à l'air puis enflammé, ce qui produit ainsi l'énergie permettant l'accélération des gaz au passage de la tuyère d'éjection à ouverture variable. Leur passage dans une turbine permet en outre d'entraîner les étages de compression.



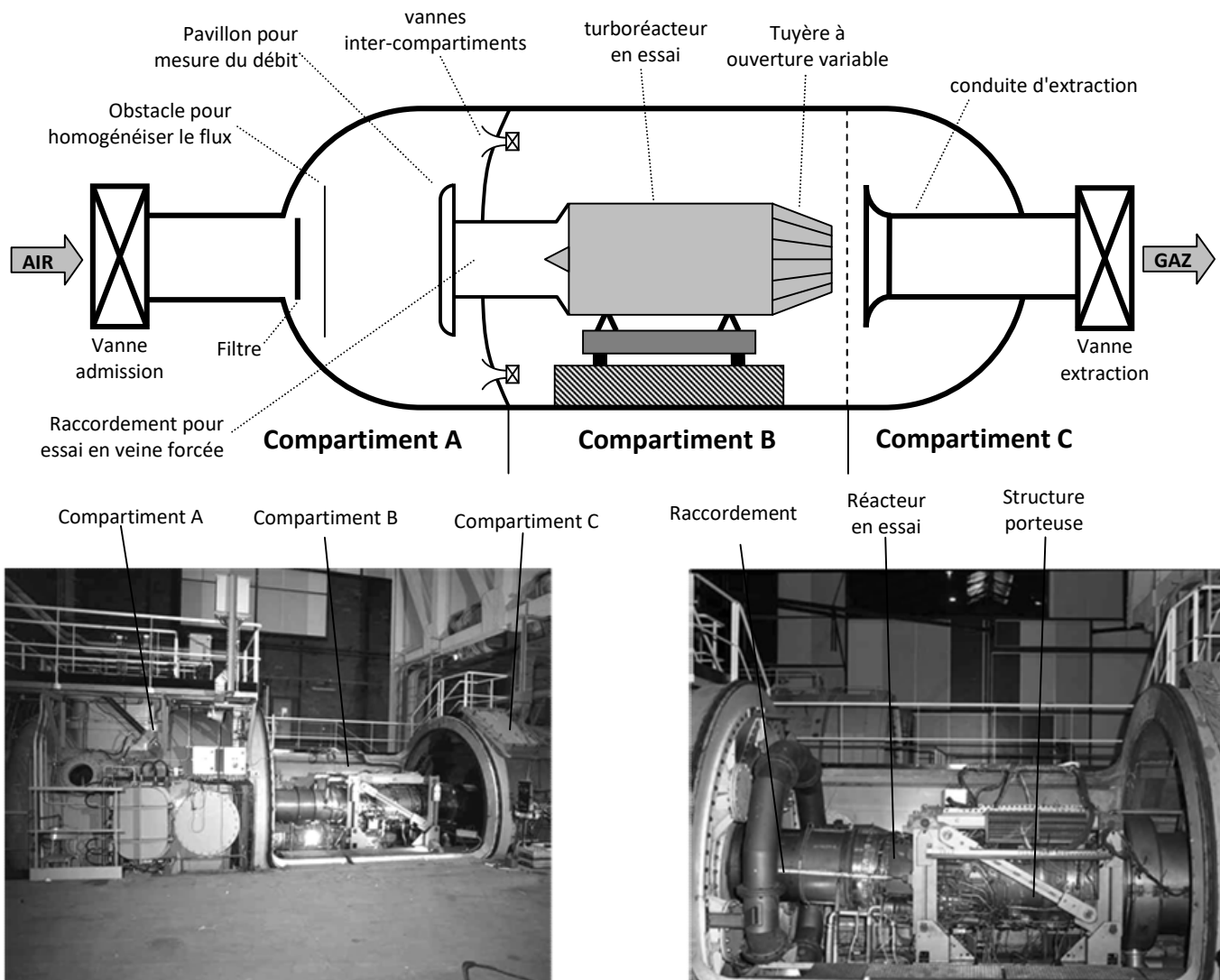
Propulseur en cours d'essais

Document 1 – Structure d'un turboréacteur

Description structurelle du banc d'essais étudié

Le banc d'essais de turboréacteur étudié est constitué de trois compartiments (voir document 2) :

- Le premier compartiment (A) est alimenté par une soufflerie et a pour fonction de conditionner le flux d'air en amont de la turbomachine testée. Il est ainsi possible de contrôler le débit, la température et la pression de l'air en admission.
- Le deuxième compartiment (B) contient le propulseur à tester. Celui-ci est maintenu par une structure porteuse permettant entre autres les mesures des efforts de poussée. Il est séparé du compartiment (A) par une cloison étanche munie d'un orifice permettant le passage de l'air calibré. Le flux d'air peut alors être laissé libre en amont du réacteur ou guidé par un raccordement jusqu'à l'entrée de celui-ci, permettant ainsi des essais dits en "veine forcée".
- Le troisième compartiment (C) permet la collecte et l'évacuation des gaz produits lors de la combustion.



Vue d'ensemble du banc d'essais (compartment B ouvert)

Vue du compartiment B

Document 2 – Structure d'un banc d'essais de turbopropulseur

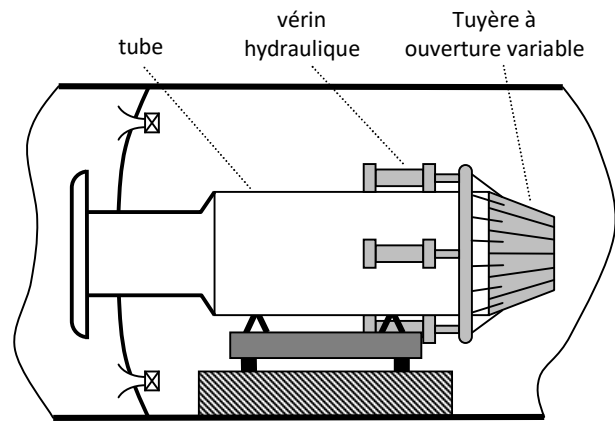
La pression à l'intérieur du compartiment B est réglée afin de simuler différentes conditions d'altitude. Des vannes inter-compartment permettent d'assurer une circulation d'air autour du réacteur afin de simuler le refroidissement externe du moteur en fonctionnement. La pression du compartiment A est ajustable de 0,05 à 3 bar. Celle des compartiments B et C de 0,05 à 1,05 bar. La température d'alimentation du compartiment A est variable de -56°C à $+150^{\circ}\text{C}$. La capacité de ventilation est réglable de 27 à 40 kg/s. En réglant ces différents paramètres, il est possible de simuler sur ce type de banc l'ensemble des conditions d'utilisation d'un turboréacteur.

Q.1. Compléter, document réponse 1, le diagramme de définition de bloc du banc d'essais de turboréacteur.

Description structurelle de la tuyère à ouverture variable étudiée

Un banc d'essais nécessite pour fonctionner correctement une phase de calibration permettant d'affiner les réglages utilisés lors des tests et d'étalonner les appareils de mesures. On s'assure notamment dans cette phase que le compartiment A possède un comportement conforme aux besoins des tests. Les coûts en carburant et en matériel liés à l'utilisation d'un turboréacteur sont tels que, pour ces phases de calibration, les ingénieurs de la DGA ont imaginé une solution consistant à remplacer le propulseur réel par une structure simulant sa présence (voir document 3).

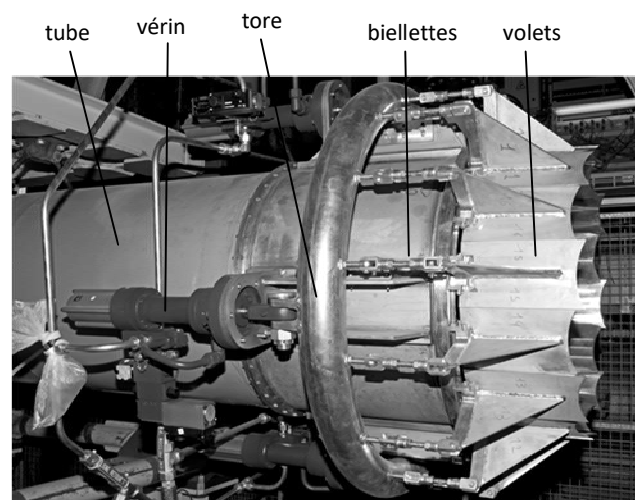
Cette structure est composée d'un tube représentant le corps du réacteur et d'une tuyère à ouverture variable actionnée par quatre vérins hydrauliques et permettant de faire varier la vitesse de l'air éjecté. On notera que dans ce cas, il n'y a pas de combustion interne au dispositif. Le tube est fixé sur la structure porteuse réelle avec les mêmes points d'encrage que le propulseur et est raccordé directement à la veine forcée. La tuyère à ouverture variable montée sur le tube, en aval de l'écoulement, a pour fonction de faire varier la section de la veine de fluide en sortie de tube.



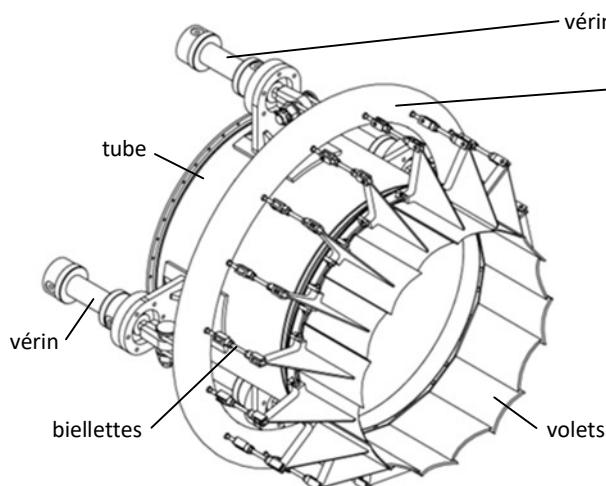
Document 3 – Réacteur simulé (compartiment B)

La solution imaginée consiste à disposer seize volets articulés sur la périphérie du tube qui permettent ainsi de réduire la section de passage du fluide (voir documents 4 et 5 ci-dessous). Ces volets sont mis en mouvement par seize biellettes toutes identiques reliées à une pièce de forme torique (tore) elle-même mise en translation par quatre vérins hydrauliques répartis régulièrement autour du tube.

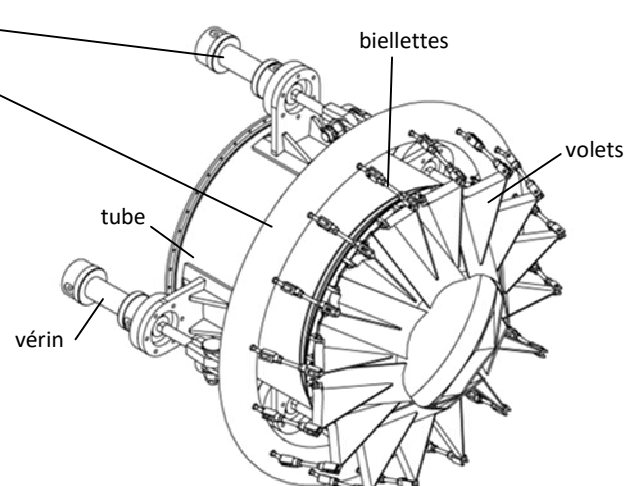
Les commandes de ces vérins sont synchronisées et asservies en position. La DGA a confié la réalisation de cette commande à la société Bosch-Rexroth.



Tuyère à ouverture variable



Document 4 – Tuyère ouverte

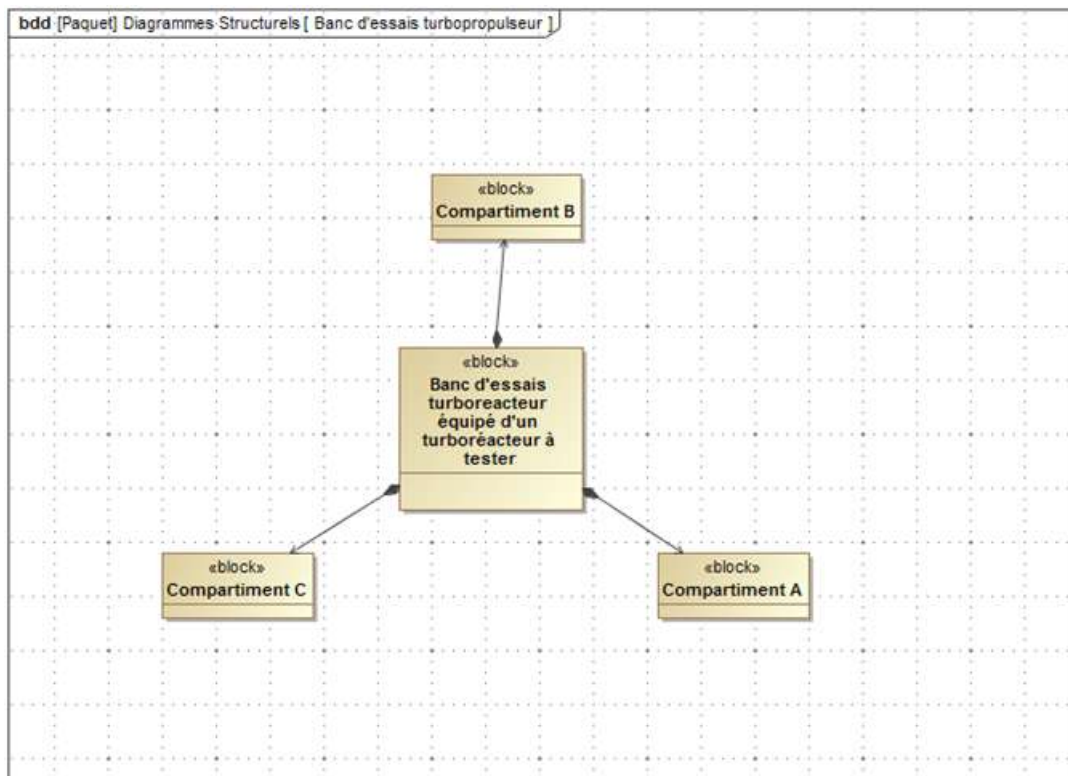


Document 5 – Tuyère fermée

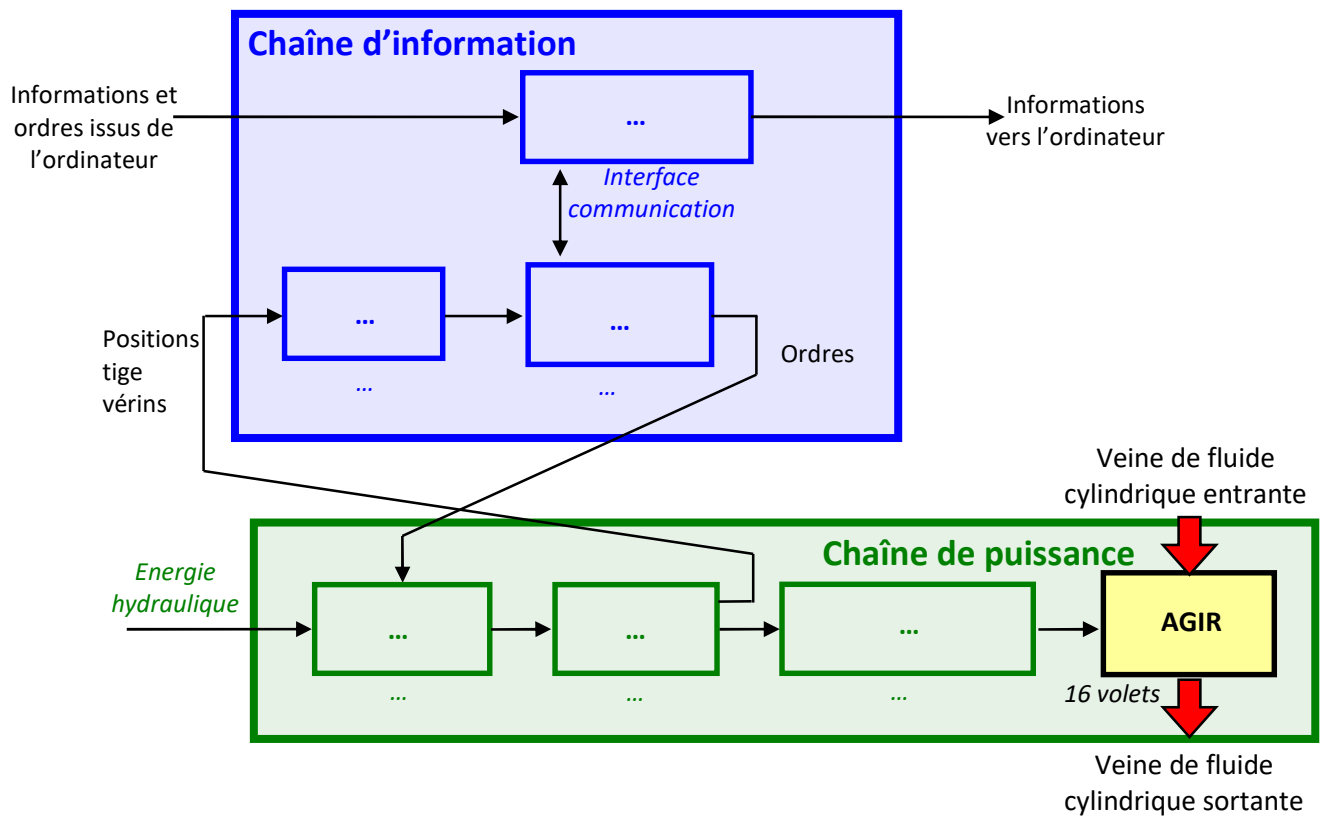
La consigne d'ouverture de la tuyère est élaborée au niveau de la console de pilotage. Elle est transmise à des servo-distributeurs hydrauliques à commande électrique associés à chaque vérin. Un contrôle de la position est effectué par un capteur à magnétostriktion intégré dans le corps du vérin.

Q.2. Compléter le diagramme chaîne de puissance/chaîne d'information de la tuyère à ouverture variable pour banc d'essais de turboréacteur document réponse 2.

Document réponse 1 :



Document réponse 2 :



Actionneur ElectroMécanique (EMA) de la tuyère de la fusée VEGA

(Adapté d'un sujet Centrale-Supelec MP)

Le développement du lanceur européen VEGA a démarré en 1998 et s'est achevé en 2011. Ce projet répondait à une demande de mise en orbite basse et polaire, à coûts réduits, de satellites scientifiques ou d'observation de la terre, dont la masse peut aller jusqu'à 2000 kg. On s'intéresse ici à l'Actionneur ElectroMécanique (EMA) de la tuyère de cette fusée.

Lors du programme de développement, la minimisation des coûts s'est appuyée sur l'implémentation de technologies avancées déjà disponibles et l'utilisation des installations des lanceurs Ariane. Cependant certaines parties ont fait l'objet d'innovation comme le système de contrôle vectoriel de poussée (en Anglais : « Thrust Vector Control ») du premier étage de propulsion P80. D'une longueur de dix mètres, le P80 est chargé de 88 tonnes de propergol solide. Ceci lui permet de disposer d'une poussée maximale de 3000 kN et d'un temps de combustion de 107 secondes. Afin de bien contrôler la trajectoire de la fusée il est indispensable d'orienter très rapidement et très précisément la tuyère du P80. Alors que sur Ariane 5 le pilotage vectoriel de la poussée est assuré par des dispositifs à source de puissance hydraulique, sur le P80 cette tâche est assurée par des dispositifs à source de puissance électrique (en Anglais : « Power By Wire »).

On donne la structure du système de l'actionneur sous la forme d'un diagramme de définition de blocs (bdd).

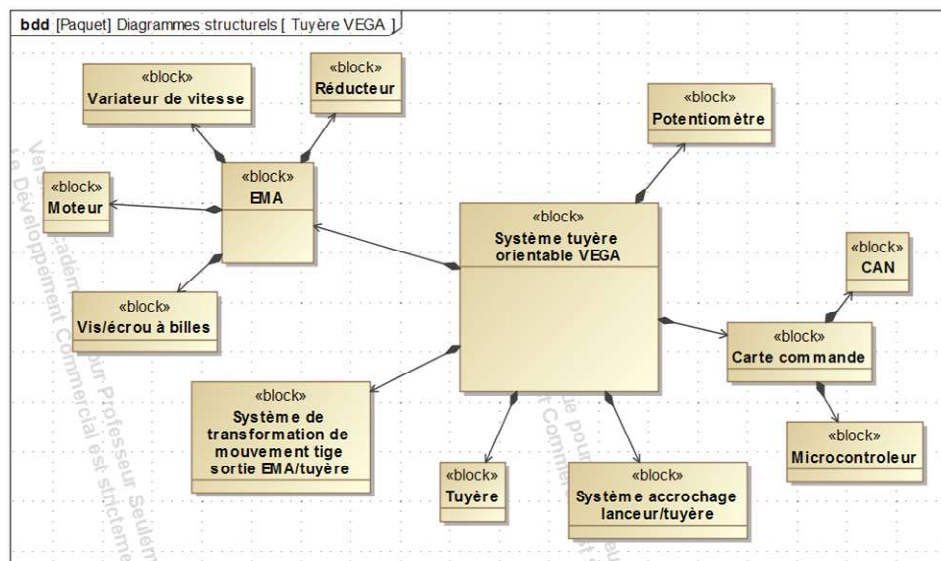
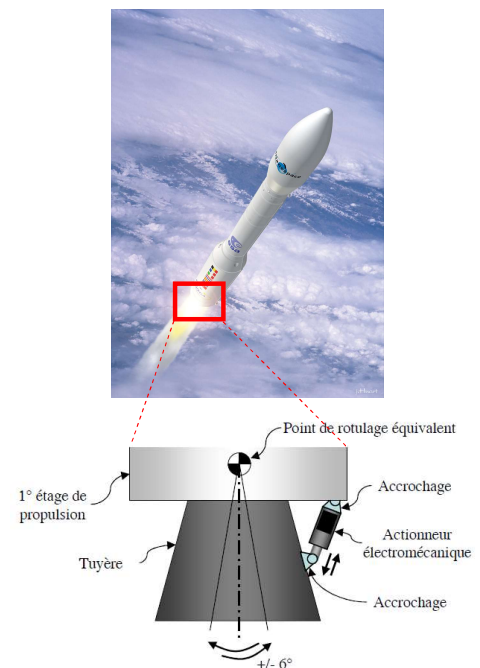


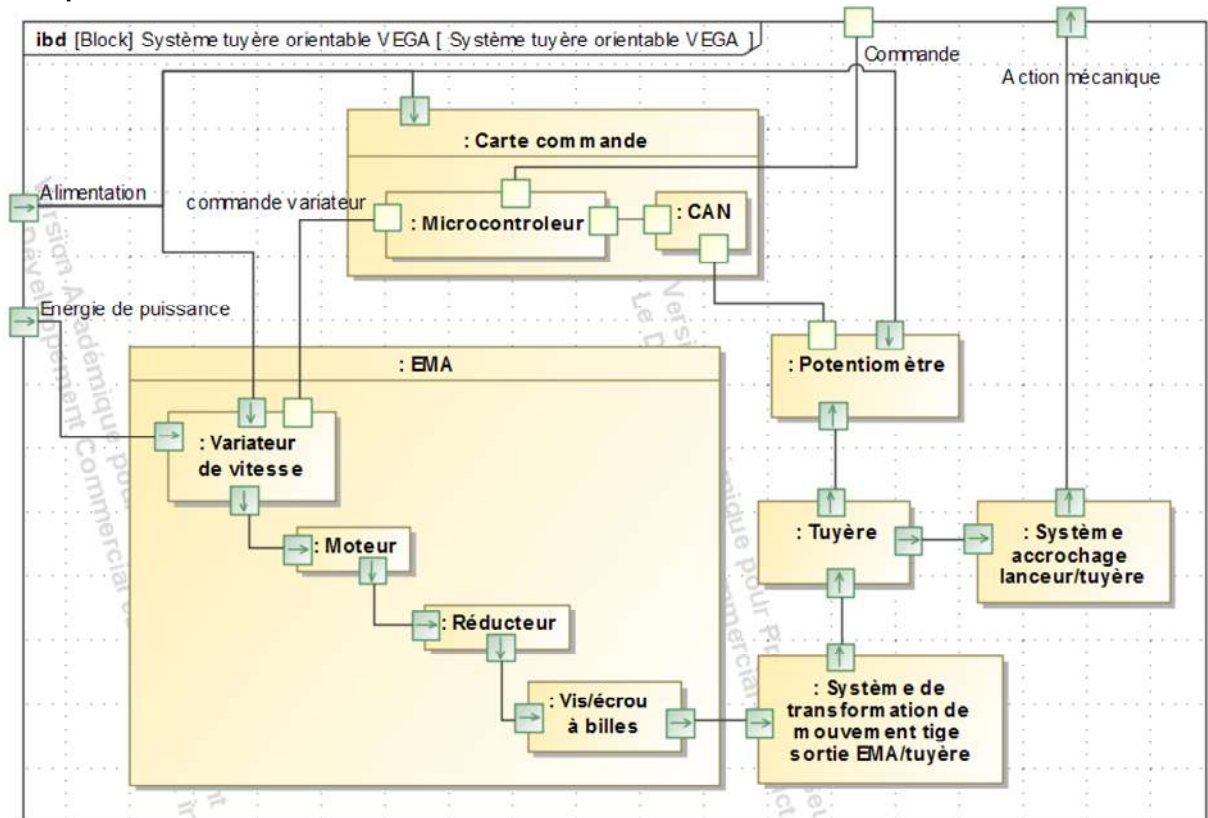
Figure 2

On donne sur le document réponse DR1 le diagramme de bloc interne (ibd).

Q.1. Sur ce diagramme de bloc interne DR1, colorier en rouge les flux correspondants à l'énergie électrique de puissance, en bleu les flux correspondants à l'énergie mécanique de puissance et en vert les flux correspondant à des informations. Il peut rester des traits en noirs !

Q.2. Compléter sur le document réponse DR2, le diagramme chaîne de puissance/chaîne d'information correspondant au système tuyère orientable VEGA.

Document réponse DR 1 :



Document réponse DR 2 :

