



LYCÉE LA MARTINIÈRE MONPLAISIR LYON  
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR  
CLASSE PRÉPARATOIRE M.P.S.I.  
ANNÉE 2022 - 2023

C1 : PERFORMANCES STATIQUES ET CINÉMATIQUES DES SYSTÈMES COMPOSÉS DE CHAÎNE DE SOLIDES

## TD 2 - Description structurelle et comportementale d'un système (C1-2;1-3)

20 Septembre 2022

### Compétences

- **Analyser**
  - Justifier le choix des constituants dédiés aux fonctions d'un système.
  - Identifier et décrire les chaînes fonctionnelles du système.
  - Identifier et décrire les liens entre les chaînes fonctionnelles.

### Exercice 1 : Analyse fonctionnelle d'un tapis de course

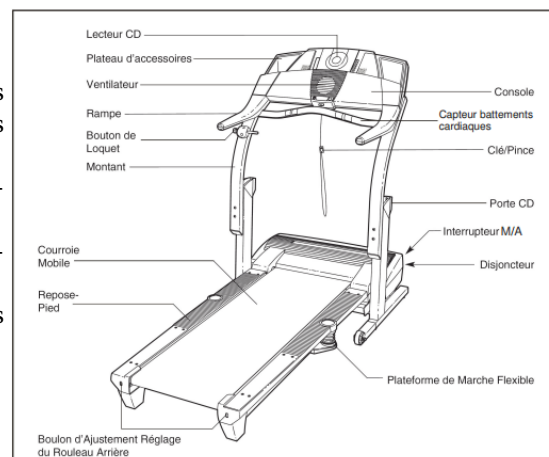
Source : PTSI B 2011

#### 1 Présentation du système

##### a) Description du système

Le tapis de course est un système complet de fitness à domicile. Il intègre des programmes d'entraînements spécifiques :

- 6 programmes préenregistrés simulant des profils de courses différents;
- 4 programmes de contrôle de la fréquence cardiaque;
- 2 programmes personnalisables : vitesse du tapis (de 1 à 19 km/h) et inclinaison;
- 1 programme de test de forme.

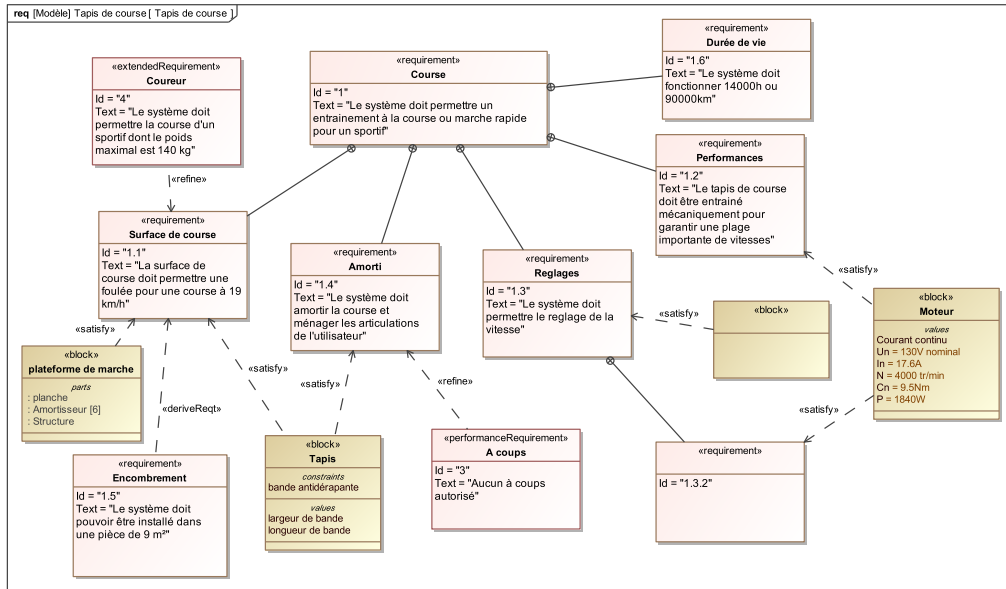


- L'utilisateur court sur un tapis qui est entraîné dans le sens inverse de la course. La vitesse de déplacement du tapis est réglable pour permettre au coureur de rester sur place.
- Ce tapis de course propose un large choix de mode de fonctionnement.
- L'utilisateur peut choisir les modes à l'aide d'un écran tactile sur lequel s'affiche le mode choisi ainsi que les informations de vitesse et de temps et de fréquence cardiaque.
- La fréquence cardiaque est mesurée à l'aide d'un capteur optique présent sur l'appareil.
- L'utilisateur peut mettre en fonctionnement le dispositif à l'aide d'un interrupteur.
- Un calculateur permet de traiter l'ensemble des informations.

## b) Cahier des charges et exigences

Afin d'aboutir à la rédaction du cahier des charges, on souhaite dans un premier temps effectuer une analyse des exigences du système tapis de course.

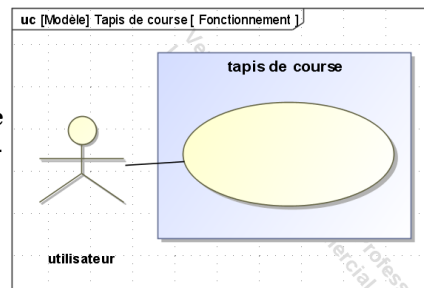
**Q 1 : Compléter le diagramme d'exigences partiel proposé ci-dessous. Vous justifierez la nature du lien « satisfy ».**



## 2 Étude comportementale

### a) Cas d'utilisation

**Q 2 : Proposer un diagramme de cas d'utilisation le plus simple possible, décrivant le besoin premier satisfait par le tapis de course.**



Afin de compléter ce premier diagramme, on décide de l'enrichir en ajoutant des cas d'utilisation secondaires, pour lesquels des relations d'inclusion, d'extension ou de généralisation sont considérées.

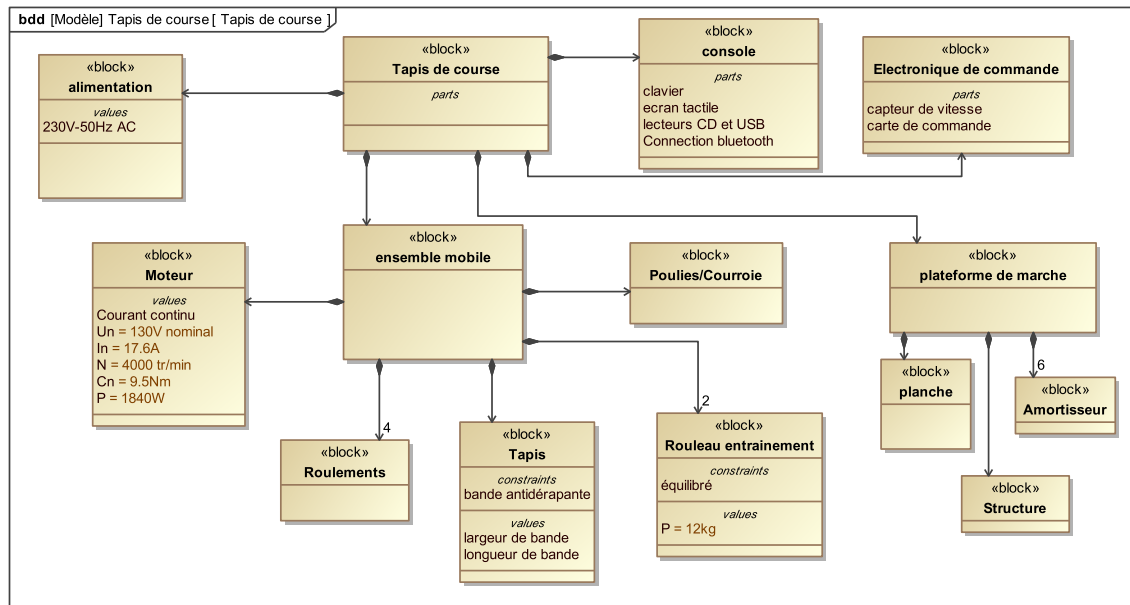
Un diagramme des cas d'utilisation ébauché est proposé.

**Q 3 : Compléter le diagramme précédent faisant apparaître deux cas d'utilisation secondaires.**

## 3 Etude structurale

### a) Diagramme de définition des blocs

Le concepteur doit préciser quels sont les moyens techniques qu'il va mettre en œuvre pour que le tapis de course fonctionne suivant les exigences du cahier des charges. Le diagramme de définition de blocs permet de présenter les différents composants choisis.



#### 4 Analyse et validation des caractéristiques de la chaîne fonctionnelle.

##### a) Présentation de la chaîne fonctionnelle

Les caractéristiques du moteur d'entraînement du tapis de course sont données en annexe.

##### b) Modélisation de la chaîne fonctionnelle

Q 4 : Proposer le modèle fonctionnel « chaîne d'énergie / chaîne d'information » du tapis de course.

#### 5 Annexes : données de la motorisation du tapis de course

- Le moteur à courant continu entraîne en rotation la poulie motrice notée 21 qui a pour rayon  $R_{p21} = 27\text{mm}$ . Sa vitesse de rotation exprimée en  $\text{rad/s}$  est notée  $\omega_m$ .
- Le moteur est piloté par un hacheur. Un capteur de vitesse est présent sur l'axe du moteur. Il s'agit d'une génératrice tachymétrique qui fournit au calculateur une tension proportionnelle à la vitesse de rotation du rotor.
- Un système de transmission de mouvement par poulie-courroie (20) permet de transmettre la puissance au tapis de course.

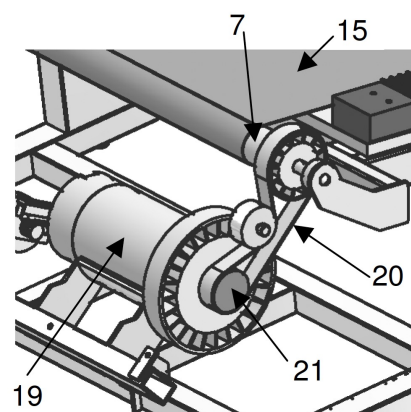


FIGURE 1 – Détail de la chaîne de transmission de puissance mécanique

On donne les caractéristiques du moteur utilisé pour l'entraînement du tapis de course.

Grandeur	Valeur
Vitesse maximal sans chargement	$N_m^{max} = 4000 \text{ tr/min}$
Couple maximale	$C_m^{max} = 9,5 \cdot N \cdot m$



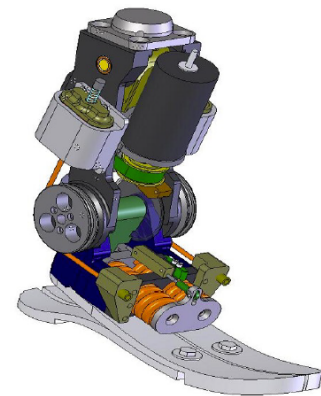
## Exercice 2 : Analyse fonctionnelle d'une prothèse transtibiale

**Source :** Florestan Mathurin

### a) Introduction

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.

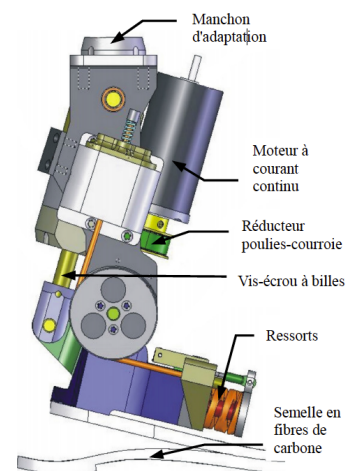
Des ingénieurs du M.I.T. ont mis au point une **prothèse active transtibiale** capable de proposer un comportement similaire à celui des membres non amputés;



### b) Modélisation structurelle

L'actionneur de la prothèse est un moteur à courant continu alimenté par une batterie rechargeable de 16Volts. 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).

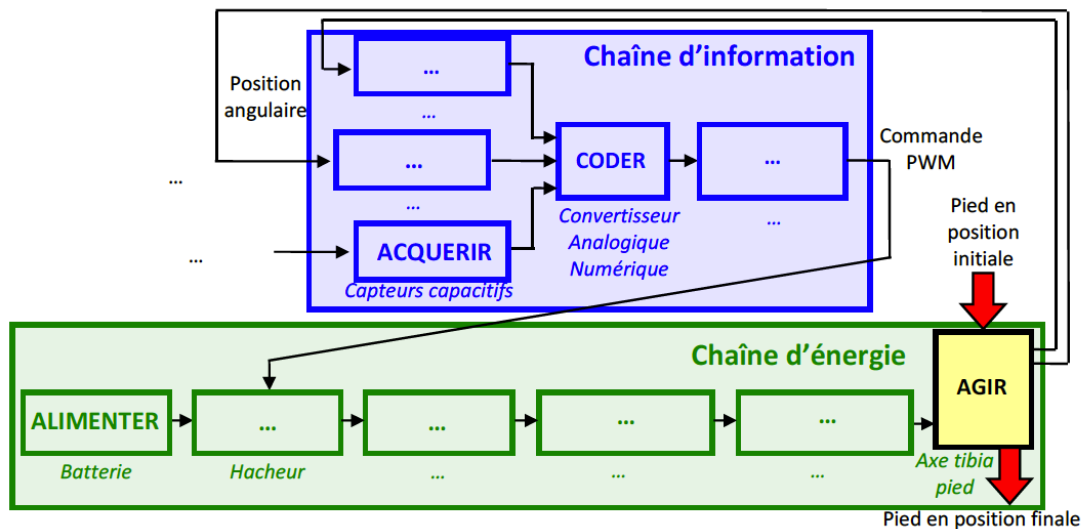
Des ressorts permettent d'ajuster également l'énergie mécanique fournie au pied artificiel. L'effort exercé par les ressorts est directement relié au couple exercé par l'actionneur.



Le système est constitué d'un ensemble de capteurs permettant d'acquérir différentes informations :

- un potentiomètre linéaire qui mesure l'allongement/écrasement du ressort,
- un codeur incrémental placé au niveau de l'articulation pied/tibia,
- plusieurs capteurs capacitifs disposés sous la semelle du pied au niveau du talon  $T_a$  et à l'avant du pied  $P$ .

**Q 5 : Compléter la chaîne structurelle d'information/énergie ci-dessous.**



## Exercice 3 : Analyse fonctionnelle d'un véhicule hybride

**Source :** Florestan Mathurin

### c) Introduction

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 :

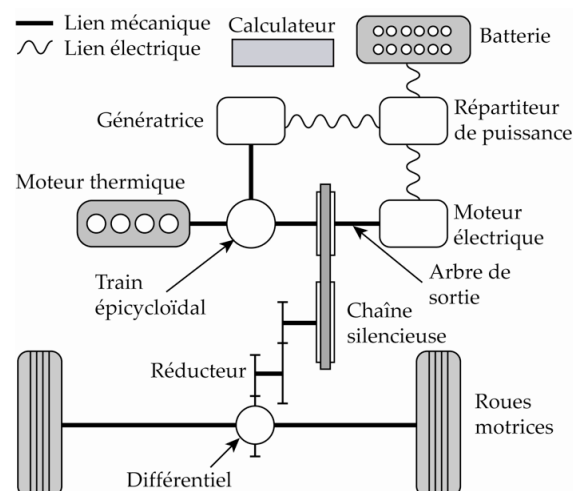
- Récupérer l'énergie du véhicule lors du freinage,
- Exploiter le moteur thermique à son rendement optimal.



### d) Modélisation structurelle

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 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 6 : Compléter le diagramme chaîne d'information/chaîne d'énergie.**

