

INTRODUCTION A L'EPREUVE DE MANIPULATION DE SCIENCES INDUSTRIELLES

Ce sujet s'inspire volontairement de plusieurs sujets proposés ces dernières années pour d'autres concours. Le but est de montrer avant tout, la philosophie de l'interrogation de manipulation de sciences industrielles afin que chaque candidat puisse s'en inspirer.

Il est toujours difficile de décrire intégralement un TP, et surtout les manipulations, toutefois, nous vous présentons un sujet avec la trame de questions proposées au candidat.

Le candidat aura à sa disposition :

- le banc de manipulation instrumenté.
- une valise contenant l'intégralité des pièces composant la chaîne de transmission de puissance.
- un ordinateur avec plusieurs vidéos montrant le fonctionnement et l'utilisation de ce vélo à assistance électrique.
- les logiciels Python 3 (version 3.2 ou postérieure) et les bibliothèques dites standard (Numpy, Scipy et Matplotlib) et Scilab 5.4 (ou version postérieure) avec son environnement standard incluant Xcos conformément au cahier des charges de la manipulation de sciences industrielles.

Pour les manipulations, le candidat sera systématiquement aidé par un des interrogateurs qui lui montrera la façon de réaliser des mesures et le dépannera en cas de problèmes matériels ou informatiques.

Comme depuis plusieurs années, la notation se fera sur la validation de compétences en insistant sur :

- l'organisation du poste de travail.
- la rigueur et la prudence dans l'action.
- l'initiative raisonnée.
- l'aptitude à une communication claire et précise.

Les sources :

- Sujet concours Centrale-Supelec.
- Sujet TIPE.
- Sujet de Travaux pratiques du Lycée Chaptal Saint Brieuc.



Transmission d'énergie D'un vélo électrique

Épreuve Orale
de
Manipulation de Sciences Industrielles

Finalité de la manipulation

La manipulation a pour but d'évaluer tout ou partie :

- des compétences à analyser des réalisations industrielles en :
 - conduisant l'analyse fonctionnelle,
 - décrivant le fonctionnement avec les outils de la communication technique,
 - conduisant l'analyse structurelle des blocs fonctionnels principaux (architecture et composants),
 - identifiant les facteurs qui caractérisent les évolutions technologiques (fonction, qualité, coût).
- des compétences à vérifier des performances globales d'un système et le comportement de certains constituants en proposant une modélisation adaptée et en formulant les hypothèses nécessaires.
- des compétences à communiquer par la maîtrise des langages techniques.

Durée de la manipulation

La séance de la manipulation a une durée de 4 heures.

Les membres du jury viendront constater l'avancement des travaux au cours de quelques courtes périodes de 10 à 15 minutes.

Organisation du travail

Chaque candidat dispose à son poste de travail, d'un matériel, d'un dossier technique et d'un questionnaire.

Le questionnaire propose les thèmes d'étude et dirige l'activité du candidat.

A part les schémas, graphes, graphiques, mises en équation, la manipulation est jugée oralement. *Aucun compte rendu écrit n'est exigé.*

**Tous les documents, y compris les feuilles de brouillon,
sont restitués au jury à la fin de la manipulation.**

Évaluation

Le jury est attentif :

- à l'organisation du poste de travail,
- à la rigueur et la prudence dans l'action,
- à l'initiative raisonnée,
- à l'aptitude à une communication claire et précise.

Vous serez évalué :

- pour $\frac{1}{4}$ de la note sur *votre capacité à analyser une réalisation industrielle* (identification de composants, fonctions, technologie...)
- pour la moitié de la note sur *votre capacité à valider des performances* (démarche expérimentale, prise de mesure, modélisation, analyse de résultats...)
- pour $\frac{1}{4}$ de la note sur *votre capacité à communiquer* (structuration du discours, vocabulaire scientifique et technique, schémas...)

Vélo à assistance électrique : système PAS

1 Présentation :

L'exemple présenté sur cette manipulation, concerne l'étude du comportement de la motorisation du vélo à assistance électrique de la société MBK équipé du système YAMAHA XPC26.

La gestion de l'assistance obéit aux principes suivants:

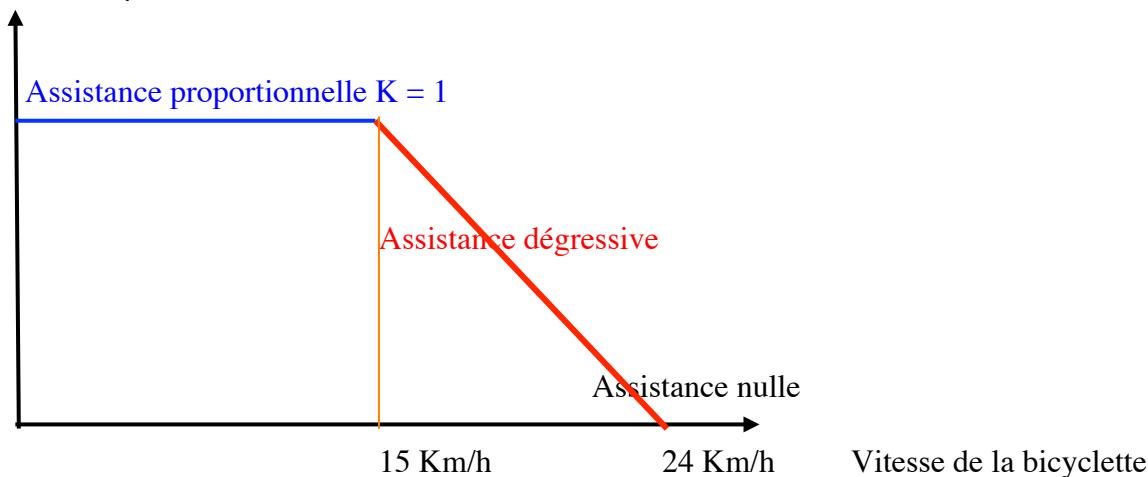
- Jusqu'à 15 km/h, le système fournit une puissance égale à celle générée par le cycliste.
- entre 15 km/h à 24 km/h diminution linéaire de l'assistance.
- Au delà de 24 km/h l'assistance est nulle, seule la puissance du cycliste est motrice.

Le constructeur présente la loi de commande en fonction de la vitesse de la bicyclette lorsque le sélecteur de vitesses est en position 4 (quatrième vitesse) comme suit :

P_m = puissance du moteur

P_{cyl} = puissance du cycliste

$K = P_m/P_{cyl}$, Rapport d'assistance



Ces fonctions sont assurées par un ensemble cinématique et électrique nommé par le constructeur Yamaha : Système P.A.S. (Power Assist System).

Un module de commande nommé Control Unit coordonne le fonctionnement à partir des informations des capteurs (vitesse et couple) et du motoréducteur.

Principaux éléments du cahier des charges :

Puissance du moteur : 235 W (24 Volts)

Masse de l'ensemble du mécanisme d'assistance : 7 kg

Autonomie sur terrain plat : 40 km (30 km sur terrain vallonné)

Effort minimal sur la pédale pour l'assistance : 120 N.

Batterie : 20 éléments en Nickel Cadmium de 1,2 Volts et 5 Ampères heure

Temps de charge : 3,5 heures maximum

Masse du vélo à assistance électrique : 27 Kg

Freins avant : à mâchoires

Freins arrière : dans le moyeu (Roller Brake)

Transmission roue arrière : boîtier 4 vitesses Shimano Nexus 4

1 Analyse des performances et de la structure du système PAS :**Document 3 et vélo instrumenté**

1.1 Après avoir pris connaissance du dossier et du matériel mis à disposition, caractérisez les performances attendues du système PAS et faites une vérification expérimentale pour une ou deux d'entre elles.

1.2 Identifiez les constituants de la chaîne fonctionnelle du système PAS sur le matériel

1.3 Précisez les flux des puissances musculaire et électrique en utilisant les outils de communication de votre choix.

1.4 Identifiez et caractérisez les capteurs dans le contexte d'utilisation.

2 Étude du réducteur mécanique et du sommateur :**Document 1, 3 et valise des différents constituants du mécanisme de transmission**

On se propose d'étudier la transmission du mouvement du moteur jusqu'au pédalier

2.1 Réalisez le schéma cinématique du Planet Roller (cf Zone Z). À quel système s'apparente-t-il ?

2.2 Réalisez le schéma cinématique de la transmission de mouvement du moteur à l'arbre 13 : on se placera dans le cas où la transmission est réalisée par la roue libre 3.

2.3 Déterminez le rapport de réduction.

2.4 Réalisez le schéma cinématique de la transmission de mouvement de la roue conique à l'arbre 12 : on se placera dans le cas où la transmission est réalisée par la roue libre 9.

2.5 En déduire le rapport de réduction global de la transmission du moteur à l'axe du pédalier 12.

3 Étude du système d'assistance électrique et mesures :**Document 2, 3 et banc de manipulation**

3.1 Décrivez, par un ou plusieurs schémas blocs, la modélisation de l'Axiom-City. On se place dans le cas où la vitesse du vélo est inférieure à 24 Km/h.

3.2 À partir du vélo instrumenté, tracez les deux courbes représentatives du couple instantané du moteur et du couple instantané sur la pédale en se mettant sur la position 1 du sélecteur de vitesse. Pour cette manipulation, avant toute mesure on proposera un protocole d'essais.

3.3 Réalisez les mêmes mesures avec le sélecteur de vitesses en position 2 jusqu'au décrochage du couple moteur puis passez en position 3 du sélecteur.

3.4 Concluez

4 Filtrage des résultats de mesure :**Ordinateur et les fichiers proposés**

A partir de vos résultats de mesures (ou du fichier donné), et du programme fourni sur l'ordinateur à votre disposition, basé sur un algorithme de la moyenne mobile permettant un filtre des résultats de mesure :

4.1 Testez le programme à partir du fichier donné. Comparez les courbes obtenues précédemment avec celles fournies par le programme.

4.2 Décrivez le fonctionnement du programme.

4.3 Modifiez celui-ci en vue de réaliser dix itérations.

4.4 Concluez

5 Validation de composants et Étude Produit Procédé Matériaux :**Valise de composants et l'ordinateur avec les fichiers proposés**

On se propose de valider le choix certains composants technologiques du mécanisme étudié. Pour chaque question, on précisera les différents critères permettant ce choix.

5.1 A partir de l'animation donnée sur l'ordinateur, caractérisez les formes, le matériau et le procédé de fabrication du couvercle 21.

5.2 Explicitiez le montage des composants roulement de l'arbre 12.

5.3 Explicitiez le guidage en rotation de l'arbre du pignon conique 13.

5.4 Explicitiez le fonctionnement de la roue libre 9, faites un ou plusieurs schémas.

-----FIN-----

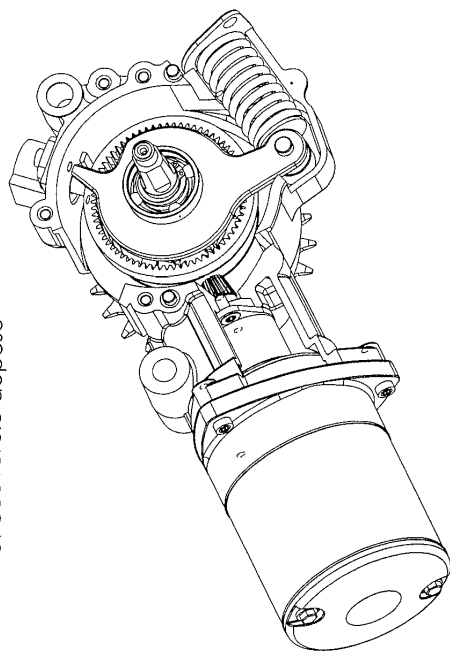
Documentation fournie avec le sujet :

- **Document 1** : Plan du mécanisme avec sa nomenclature simplifiée.
- **Document 2** : Instrumentation et équipement du banc de mesures.
- **Document 3** : Diagrammes Sysml du vélo à assistance électrique.

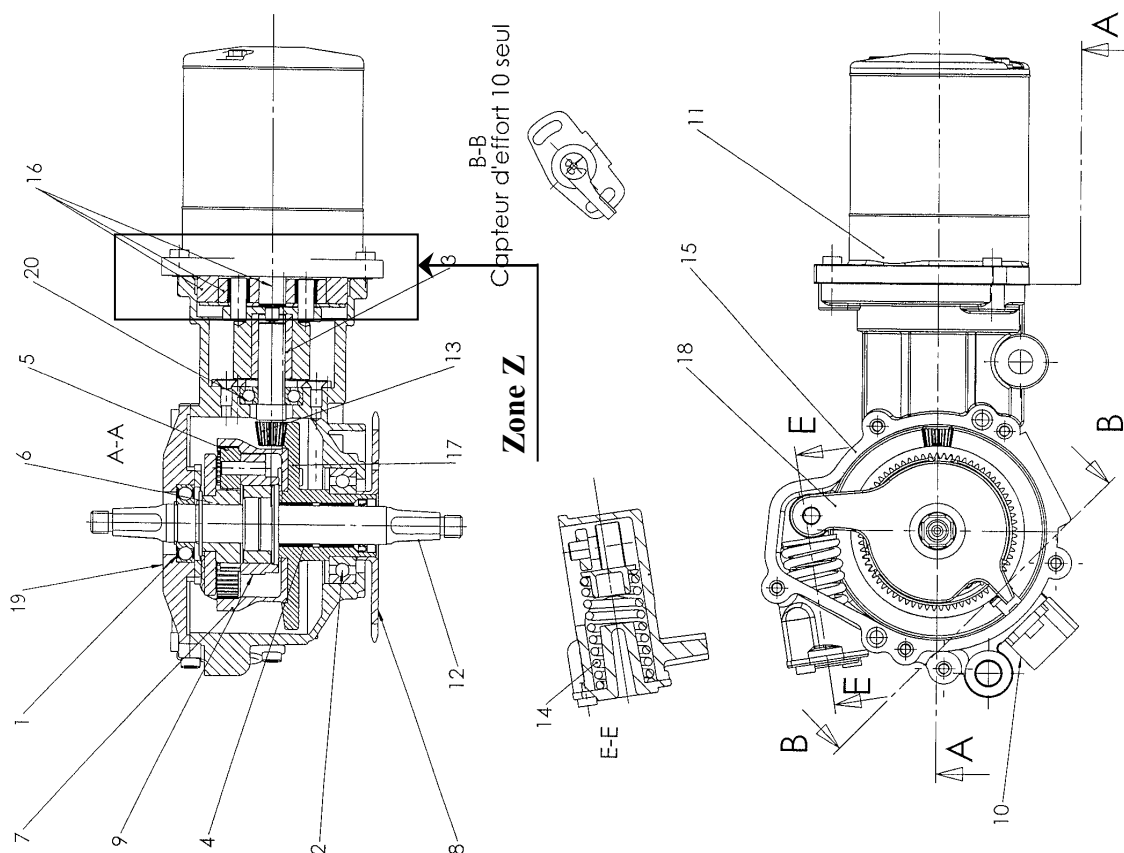
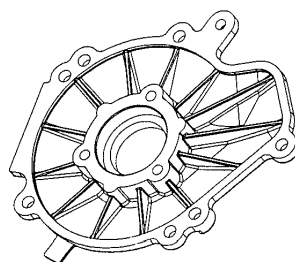
Matériel présent sur le banc de TP :

- **Un vélo instrumenté.**
- **Une valise comprenant les différents éléments de la chaîne de transmission.**
- **Une documentation constructeur.**
- **Un ordinateur comprenant plusieurs fichiers qui vous seront explicités.**
- **Une maquette numérique de l'ensemble.**

Vue carter coupé partiellement
et couvercle déposé



Couvercle 21 seul



SYSTEME P.A.S. YAMAHA

NOMENCLATURE SIMPLIFIÉE

20	1	Roulement SNR 6001-E	12-28-8
19	1	Couvercle	
18	1	Levier	
17	1	Roue conique	$Z_{17} = 49$; denture spiro-conique
16	1	Ensemble Planet Roller	
15	1	Carter	
14	1	Ressort de compression	
13	1	Pignon conique	$Z_{13} = 7$; denture spiro-conique
12	1	Axe de pédalier	
11	1	Moteur à courant continu	
10	1	Potentiomètre rotatif	Réalise la fonction Capteur d'effort
9	1	Roue libre	
8	1	Pignon de sortie de pédalier	$Z_8 = 24$
7	1	Couronne	$Z_7 = 69$
6	1	Planétaire	$Z_6 = 33$; module réel = 1 ; denture droite
5	3	Satellite	$Z_5 = 18$
4	2	Douilles à aiguilles	
3	1	Roue libre	
2	1	Roulement SNR 6003-E	28-52-12
1	1	Roulement SNR 6003-E	17-38-10
Repère	Nombre	Désignation	Observations

Document 2 : INSTRUMENTATION ET ÉQUIPEMENT DU BANC DE MESURE

La société MEDIA commercialise un banc de mesure de la bicyclette YAMAHA PAS. Ces principaux constituants sont :

- une bicyclette YAMAHA PAS ;
- le boîtier Média installé sur le porte-bagages ;
- un home trainer Tacx Cycleforce ;
- une carte d'acquisition **Digimétrie** implantée dans un micro-ordinateur.

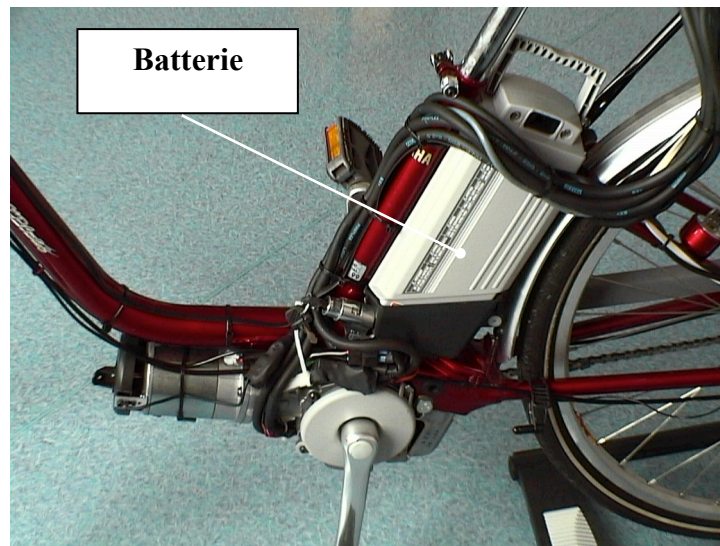
ÉQUIPEMENT D'ORIGINE

L'instrumentation installée sur le banc de mesure vient en complément de deux éléments installés sur la bicyclette.

1.1. Batterie

Une batterie de 24 V alimente le boîtier de commande sur le système **P.A.S.** réel si le sélecteur PAS (voir paragraphe 1.2.) est sur **ON**.

Sur le banc de mesure, cette batterie alimente la carte située dans le boîtier Média (voir paragraphe 2) si le bouton correspondant est sur **MARCHE**.



1.2. Sélecteur PAS

Le sélecteur PAS, situé sur le guidon, sert à couper ou non, sauf en mode **INHIBITION**, l'alimentation du boîtier de commande donc celle du moteur à courant continu.



BOÎTIER MÉDIA

Un boîtier avec une carte de commande est installé sur le porte-bagages. Ce boîtier permet :

- de filtrer, transformer et transmettre les signaux saisis à la carte **Digimétrie** ;
- d'envoyer au moteur à courant continu les consignes émises par la carte **Digimétrie**.



Les différentes possibilités (voir page suivante) pour solliciter le moteur à courant continu sur ce système instrumenté sont :

- en positionnant le bouton correspondant sur **PEDALAGE** (voir ci-dessus), l'envoi d'une consigne à partir du pédalage d'un cycliste ;
- en positionnant les boutons correspondants sur **SIMULATION** et **SYSTEME PAS** (voir ci-dessus), l'envoi d'une consigne à partir de la carte **Digimétrie** afin de solliciter le système **P.A.S.** ;
- en positionnant le bouton correspondant sur **INHIBITION PAS** (voir ci-dessus), l'envoi d'une consigne à partir de la carte **Digimétrie** afin d'inhiber le système **P.A.S.**.

En mode **PEDALAGE**, le boîtier de commande prend en compte le signal envoyé par le capteur d'efforts **10** (voir document 1).

En mode **SIMULATION**, la consigne est envoyée de la carte **Digimétrie** au moteur à courant continu via le boîtier Média et le boîtier de commande.

En mode **INHIBITION PAS**, la consigne est envoyée de la carte **Digimétrie** au moteur à courant continu via le boîtier Média et un amplificateur 0-24 V.

CARTE DIGIMÉTRIE

L'ordinateur est équipé d'une carte d'acquisition analogique – numérique **Digimétrie** (voir dossier ressources). Cette carte peut aussi générer des signaux qui pilotent le moteur à courant continu.

Avec cette possibilité, il est possible d'entraîner en rotation la roue arrière de la bicyclette sans qu'il n'y ait de cycliste qui pédale !

DISPOSITIF HOME-TRAINER

L'home-trainer Tacx Cycleforce est utilisé sur le banc de simulation pour simuler une résistance sur la roue arrière de la bicyclette. Il est principalement constitué :

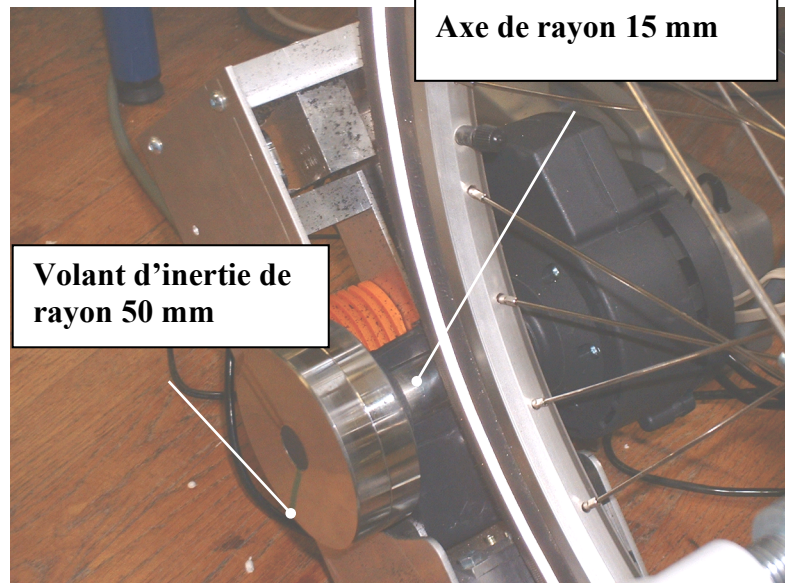
- d'un cadre pliable sur lequel est fixée la roue arrière de la bicyclette ;
- d'un simulateur de résistance monté sur le cadre pliable ;
- d'un capteur de cadence monté sur le cadre de la bicyclette ;
- d'un ordinateur de bord monté sur le guidon de la bicyclette.



Capteur de cadence

Cadre pliable

Simulateur de résistance

Ordinateur de bord

Seules les fonctionnalités utilisées dans ce T.P. sont décrites ci-dessous.

Ordinateur de bord**Affichage de la puissance consommée (watt)****Affichage de la résistance en montée****Affichage de la vitesse (km.h⁻¹)**

Celui dont vous disposez sur le vélo du laboratoire est légèrement différent, mais reprend les mêmes fonctionnalités.

Trois types de données sont enregistrées et visualisables par l'ordinateur de bord :

- la vitesse de la bicyclette (en km.h⁻¹) ;
- la puissance fournie (en watt) ;
- la cadence de pédalage (en tr.min⁻¹).

Avec les touches + et –, il est possible de commuter le visuel de vitesse à puissance et ainsi de suite.

Simulateur de résistance

Avec l'home-trainer, il est possible de simuler une résistance sur la roue arrière de la bicyclette au moyen de la variable **SLOPE** de l'ordinateur de bord. Cette variable agit sur le frein du simulateur. Le constructeur a défini quatorze paliers de résistance : la variable **SLOPE** peut varier de -4 à $+9$.

Après avoir pressé sur la touche **SET**, la résistance en montée (**SLOPE**), qui est réglée en usine sur 0, clignote. Avec les touches $+$ et $-$, il est possible de faire varier la résistance de -4 à $+9$. Pour fixer le nouveau paramètre de résistance, il faut appuyer ensuite sur la touche **MODE**.

Le simulateur de résistance est réalisé à partir d'un frein à courants de FOUCAULT installé sur l'axe de l'home-trainer.

Un disque en matériau conducteur, fixé sur l'axe de l'home-trainer, est monté entre deux aimants ou deux bobines. Lorsque ces éléments sont alimentés par un courant, il y a création d'un champ magnétique.

Lors de sa rotation, le disque coupe le champ magnétique, ce qui donne naissance à des courants appelés courants de FOUCAULT qui s'opposent à la cause qui leur a donné naissance donc qui s'opposent à la rotation du disque lié à l'axe de l'home-trainer.

Le couple résistant fourni par le frein dépend la vitesse de rotation de l'axe de l'home-trainer.



Frein à courants de FOUCAULT

CAPTEURS

Une acquisition avec la carte **Digimétrie** montre que ce système est équipé de 6 capteurs (voir ci-dessous). Chaque capteur envoie un signal en volts, qui correspond à l'image de la grandeur mesurée :

- sur la voie 0, image de la tension du capteur d'efforts **10** (voir document 1) ;
- sur la voie 1, image de la tension du moteur à courant continu ;
- sur la voie 2, image de l'intensité du moteur à courant continu ;
- sur la voie 3, image de la vitesse de la bicyclette ;
- sur la voie 4, image de l'effort tangentiel appliqué sur la roue couple appliqué sur la roue arrière ;
- sur la voie 6, image de la vitesse de rotation du moteur à courant continu.

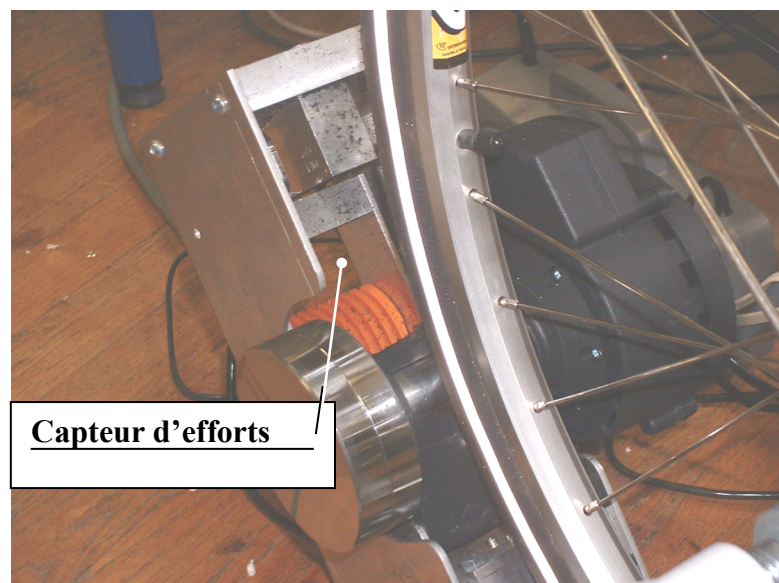
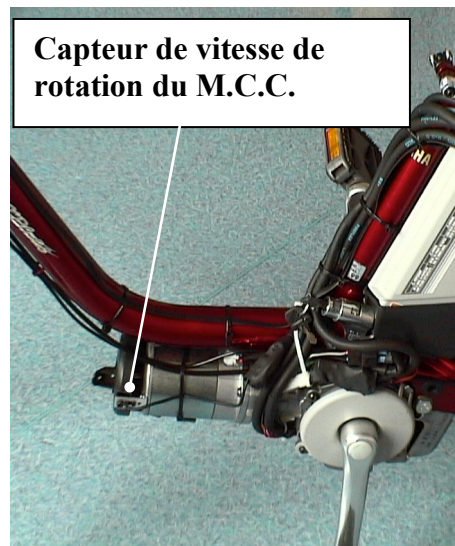
Ces signaux sont envoyés à la carte Média, filtrés puis envoyés à la carte **Digimétrie**.

La voie 5 correspond au signal qui est généré depuis la carte **Digimétrie** lorsque l'on est en mode **SIMULATION**.

Remarques :

- L'image de la vitesse de la bicyclette sur la voie 3 est en fait l'image de la vitesse de rotation de l'axe de l'home trainer.
- Deux capteurs apparaissent clairement sur le banc de mesure, l'un permet d'obtenir la vitesse de rotation du moteur à courant continu et l'autre, l'effort tangentiel qui s'exerce sur la roue arrière.

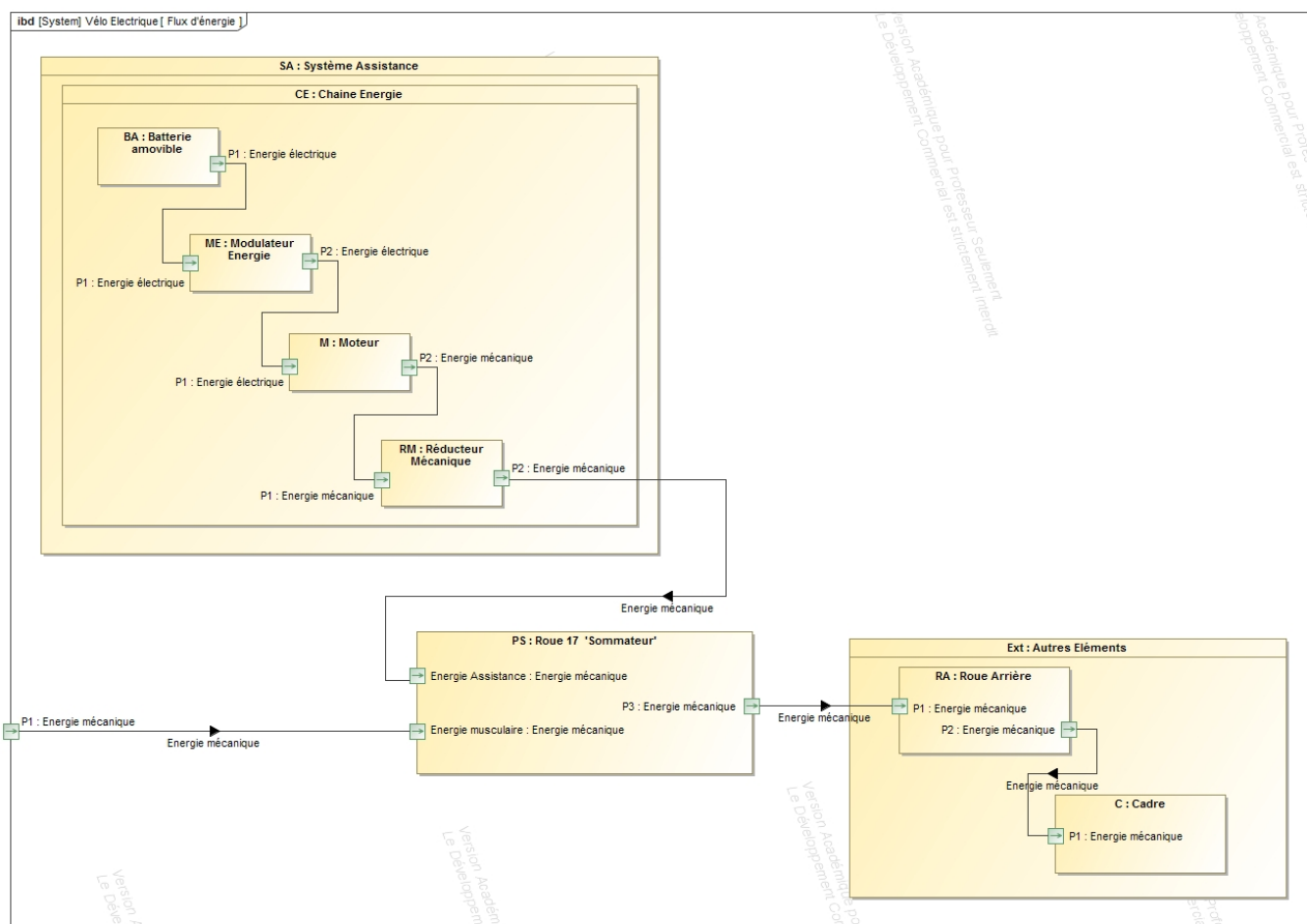
Les deux photographies de la page suivante indiquent le positionnement de ces deux capteurs.



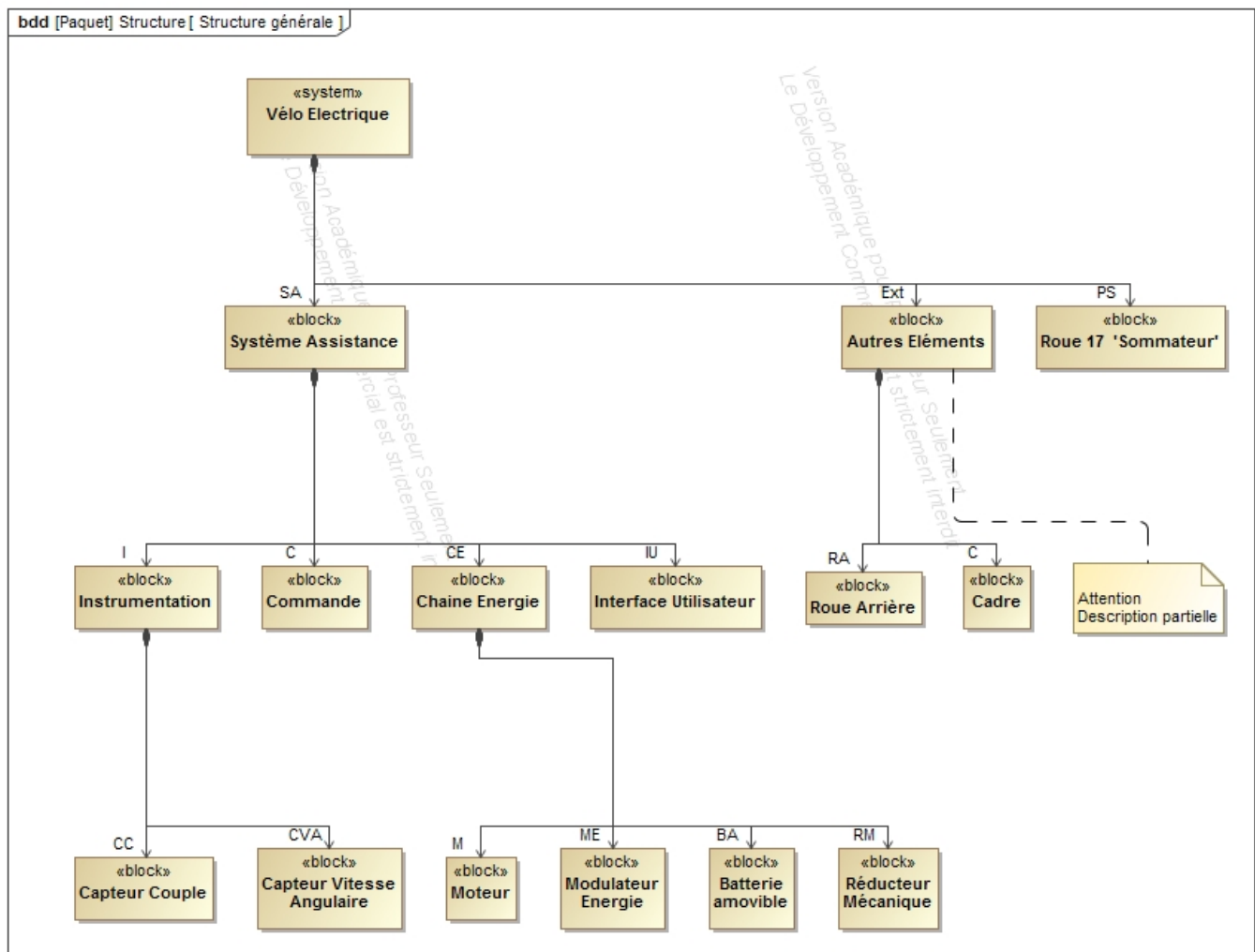

```
graph LR
    UC1([Se déplacer en minimisant les efforts])
    UC2([Stocker de l'énergie d'assistance])
    UC1 --- UC2
    UC1 --- UC3[Chargeur de batterie]
    UC2 --- UC3
```

The diagram illustrates the use cases for an electric bicycle. It features a central system boundary labeled "Vélo Electrique". Inside this boundary, there are two use cases: "Se déplacer en minimisant les efforts" (Moving while minimizing effort) and "Stocker de l'énergie d'assistance" (Storing energy for assistance). These two use cases are connected by a solid line, indicating they are related. Outside the system boundary, there are two actors: "Utilisateur" (User) and "Chargeur de batterie" (Battery charger). The "Utilisateur" actor is connected to both use cases within the system boundary. The "Chargeur de batterie" actor is connected to the "Stocker de l'énergie d'assistance" use case.

Principe



Flux d'énergie



Structure générale

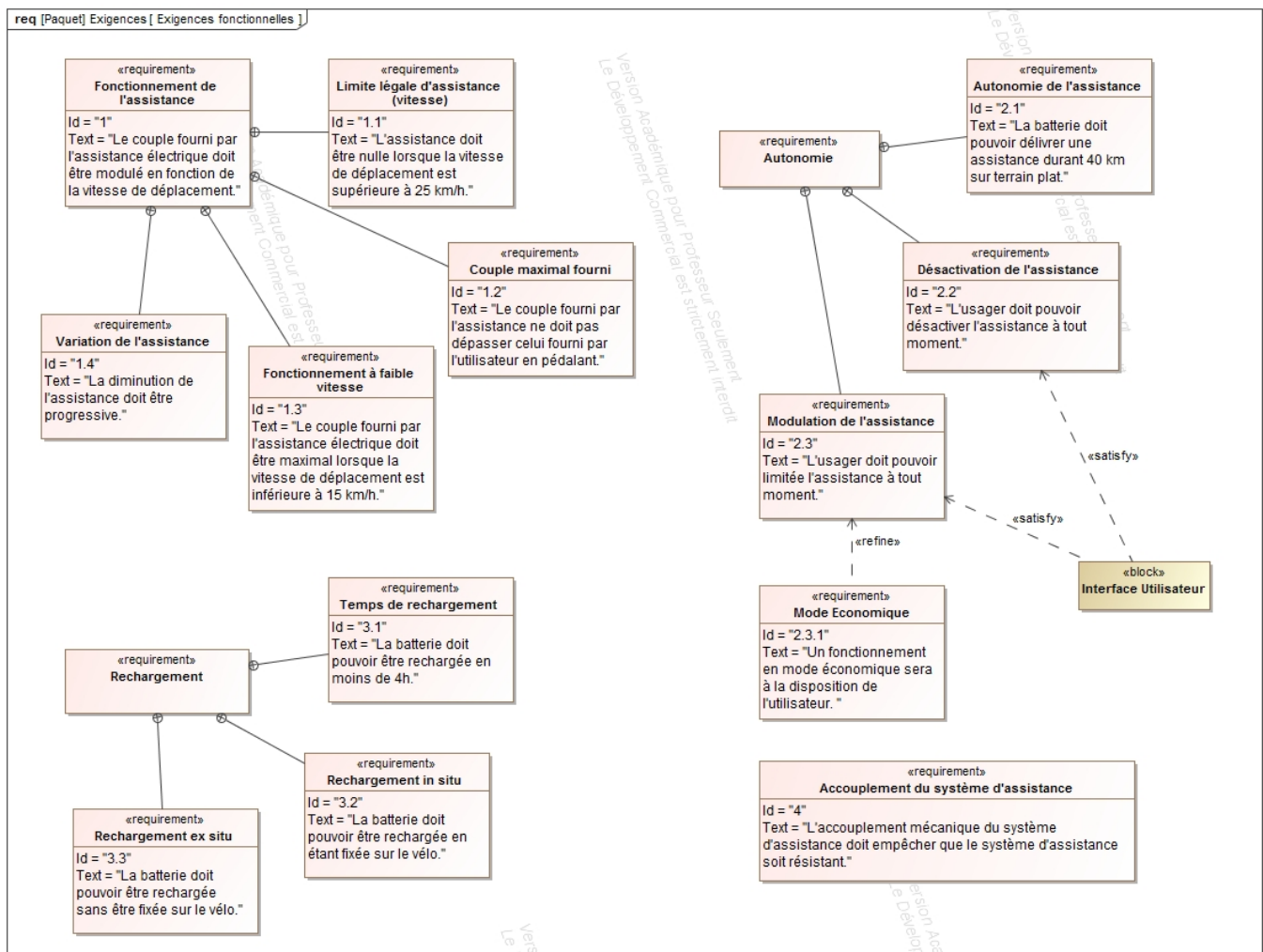


Diagramme des exigences fonctionnelles