

# Vélo électrique

## MEDIA



### Présentation de l'épreuve

*Durée : 4 heures*

Cette épreuve n'est pas une épreuve écrite, il n'est donc pas demandé de rédiger de compte rendu. Toutefois, les dessins, les schémas et les graphes utilisés comme illustration lors de la prestation orale doivent être élaborés avec soin.

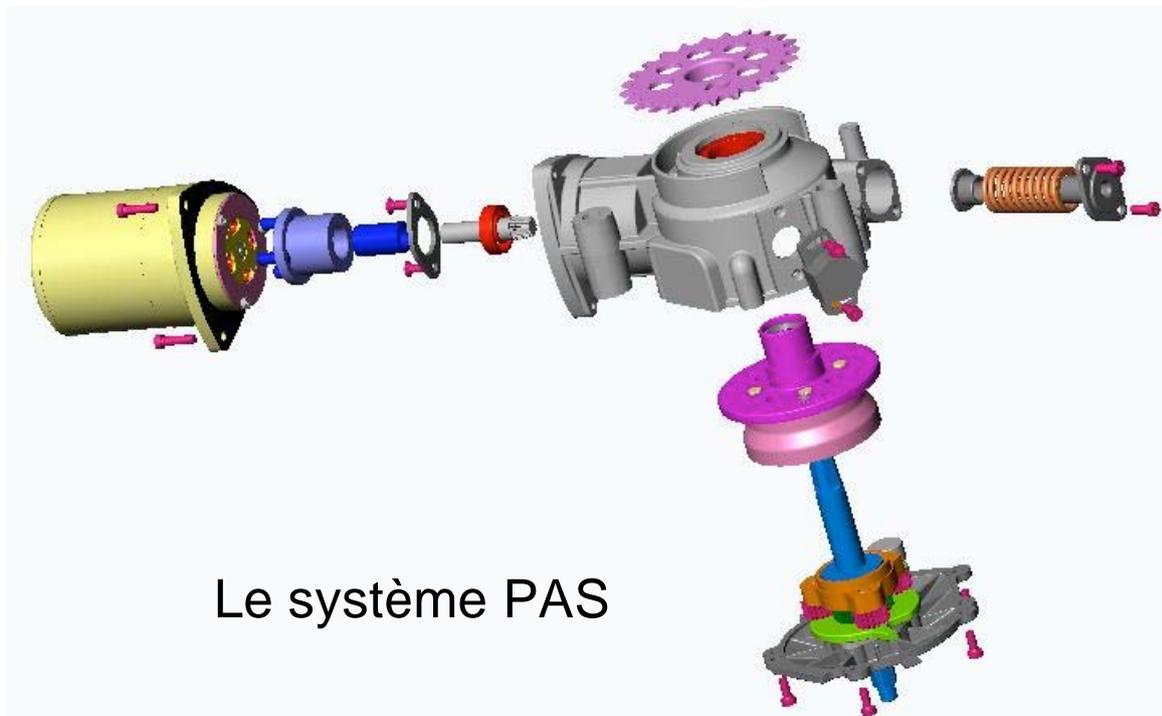
Pour préparer les réponses aux questions posées, utiliser les feuilles remises comme brouillon en début d'épreuve. Ces feuilles ne sont pas évaluées (mais sont ramassées en fin d'épreuve).

Seule la prestation orale est évaluée.

Un dossier ressources et un dossier technique sont à votre disposition. Vous serez invité à consulter ces documents lors de l'épreuve.

## SOMMAIRE

1	UTILISER LE VELO YAMAHA PAS .....	4
1.1	Une mesure dans le mode « PEDALAGE – SYSTEME PAS – avec acquisition » .....	4
1.2	Une mesure dans le mode « SIMULATION – INHIBITION PAS » .....	5
2	VALIDER LA FONCTION FC4 .....	6
3	JUSTIFIER LE CHOIX DU REDUCTEUR EPICYCLOIDAL DU PEDALIER .....	7
3.1	Objectif .....	7
3.2	Validation expérimentale .....	7
3.3	Vérification théorique .....	7
4	MESURER LE COUPLE DE PEDALAGE .....	9
4.1	Objectif .....	9
4.2	Le fonctionnement du capteur de couple .....	9
4.2.1	Description fonctionnelle .....	10
4.2.2	Identification du capteur .....	10
4.3	Couples limites de fonctionnement .....	11
4.3.1	Expérimentation .....	11
4.3.2	Analyse des résultats .....	12
5	MODELISER L'ENSEMBLE « MOTEUR, ROUE, TRAINER » .....	12
5.1	Objectif .....	12
5.2	Modélisation de l'ensemble « moteur, roue et trainer » .....	12
5.2.1	Analyse temporelle .....	13
5.2.2	Analyse fréquentielle .....	14
5.3	Domaine de validite du modèle .....	15



## **PREMIERE PARTIE**

**Temps conseillé pour la préparation de la première partie : 1 h maximum**

### **Objectifs de la première partie :**

Les activités proposées, dans cette première partie, ont pour objectif :

- **d'apprécier** votre compréhension de l'instrumentation qui équipe le vélo électrique MEDIA,
- de **valider** les critères de la fonction de service FC4 « la vitesse maxi du vélo sous assistance ne doit pas dépasser  $24 \text{ km.h}^{-1}$  »,
- de **justifier** le choix du rapport de réduction du train épicycloïdal du pédalier.

### **À la fin de la première partie :**

En vous limitant aux activités proposées, présenter une synthèse orale, selon un plan personnel, du travail effectué (il n'est pas demandé de répondre aux questions dans l'ordre proposé). La durée de cette présentation ne doit pas dépasser 10 minutes.

Pendant le temps de préparation, il ne faut pas hésiter à faire appel à un examinateur en cas de problème (lors de l'utilisation du matériel ou des logiciels, incompréhension des questions posées ou des manipulations proposées, ...).

Dès que l'intervention orale est prête, le signaler à l'examineur, puis passer à la suite sans attendre.

## 1 UTILISER LE VELO YAMAHA PAS

Afin de percevoir la fonction principale et les performances globales du vélo Yamaha PAS, utiliser la procédure décrite dans le dossier ressources (DRES Annexe 1) pour réaliser un essai. La simulation d'un effort résistant naturel est obtenue grâce à un trainer qui équipe le vélo. Un guide d'utilisation du trainer (dossier technique « DT Trainer ») ainsi qu'une description du vélo Yamaha PAS (dossier technique « DT Vélo Yamaha») sont à votre disposition. Pendant (ou après) l'essai, noter vos impressions sur les sensations au pédalage (non évalué).

### Activité 1

- Situer le trainer sur le système « Vélo électrique MEDIA » et exprimer sa (ou ses) fonction(s).
- Situer le système d'assistance électrique PAS sur le système « Vélo électrique MEDIA ».

#### 1.1 UNE MESURE DANS LE MODE « PEDALAGE – SYSTEME PAS – AVEC ACQUISITION »

##### Procédure de l'essai :

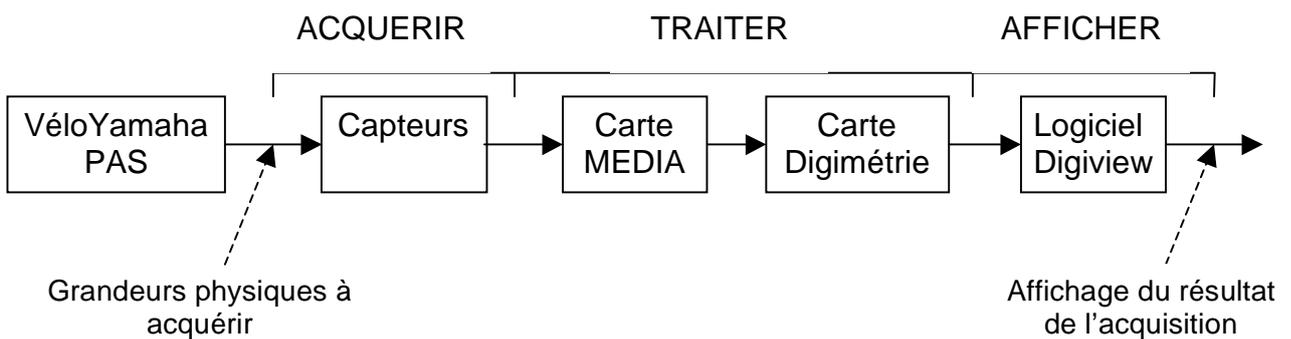
Appliquer la procédure « Mode PEDALAGE – SYSTEME PAS – avec acquisition » décrite dans le dossier ressources (DRES Annexe 2) avec les conditions suivantes :

- sélectionner dans le logiciel Digiview le projet « S308PAS.ini»
- sélectionner la première vitesse du dérailleur (rapport de transmission = 1)
- procéder à une séquence de pédalage à environ 60 tr.min<sup>-1</sup> (à lire sur l'ordinateur de bord du trainer)

### Activité 2

- En vous aidant du dossier technique « DT vélo électrique MEDIA » fourni et des résultats de mesure, préciser les grandeurs physiques mesurables sur le vélo électrique MEDIA.

La chaîne d'information du vélo instrumenté peut se représenter sous la forme suivante :



### Activité 3

- Sur le « Vélo électrique MEDIA », situer la carte Média, la carte Digimétrie ainsi que les différents capteurs. Préciser, pour chaque capteur, s'il appartient au produit industriel « Vélo Yamaha » ou à l'instrumentation du « Vélo électrique MEDIA ».

### Activité 4

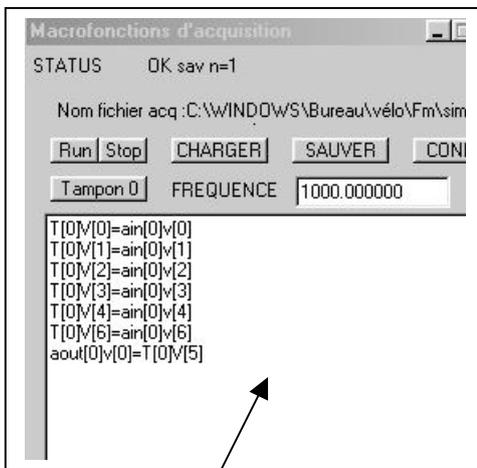
- Relever à l'aide du logiciel Digiview la vitesse de rotation de la roue arrière du vélo ( $\omega_{roue/0}$ ) pour une fréquence de pédalage d'environ 60 tr.min<sup>-1</sup>.

**1.2 UNE MESURE DANS LE MODE « SIMULATION – INHIBITION PAS »**

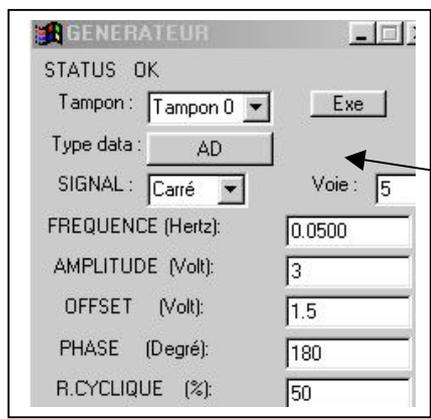
**Procédure de l'essai :**

Appliquer la procédure « Mode SIMULATION – INHIBITION PAS » décrite dans le dossier ressources (DRES Annexe 4) avec les conditions suivantes :

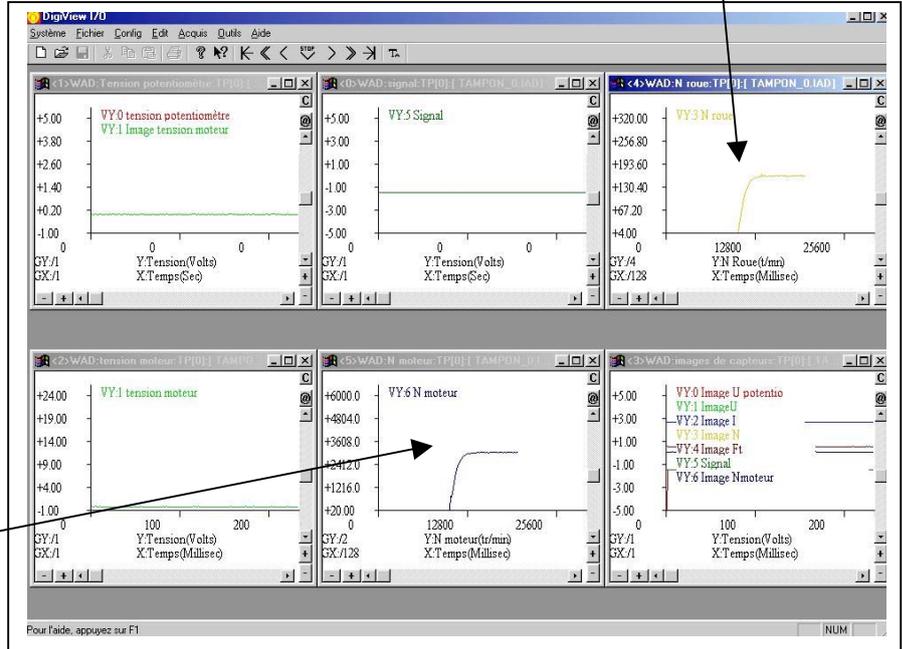
- sélectionner la quatrième vitesse du dérailleur
- sélectionner dans le logiciel Digiview le projet « S308PAS.ini »
- charger la macro-commande « simul vélo.acq »
- générer, à l'aide du logiciel Digiview, un signal carré d'amplitude 3 Volts, d'Offset 1.5 Volt et de fréquence 0.05 Hz
- l'usage de la calculette du logiciel Digiview n'est pas nécessaire



Macro-commande



Générateur



Fenêtre « Nroue »

Fenêtre « Nmoteur »

**Activité 5**

- Relever à l'aide du logiciel Digiview la vitesse de rotation de la roue arrière du vélo ( $\omega_{roue/0}$ ) ainsi que la vitesse de rotation du moteur ( $\omega_{mot/0}$ ).

**Activité 6**

- En vous aidant du document technique synoptique du vélo instrumenté Média du « Dossier technique du vélo électrique MEDIA » justifier et situer les éléments qui ont permis de « faire fonctionner le système PAS sans utilisateur ».

**2 VALIDER LA FONCTION FC4**

L'analyse fonctionnelle du système PAS (dossier technique « DT Vélo Yamaha ») a fait apparaître la fonction contrainte FC4 définie ci-dessous :

Respecter les normes de sécurité	Vitesse maxi du vélo avec assistance seule	24 Km.h <sup>-1</sup>
----------------------------------	--	-----------------------

Le synoptique de la chaîne cinématique du système PAS (figure 1) précise l'agencement des blocs cinématiques qui participent à la transmission du mouvement du pédalier 12 (voir dossier technique « DT Vélo Yamaha ») vers la roue arrière.

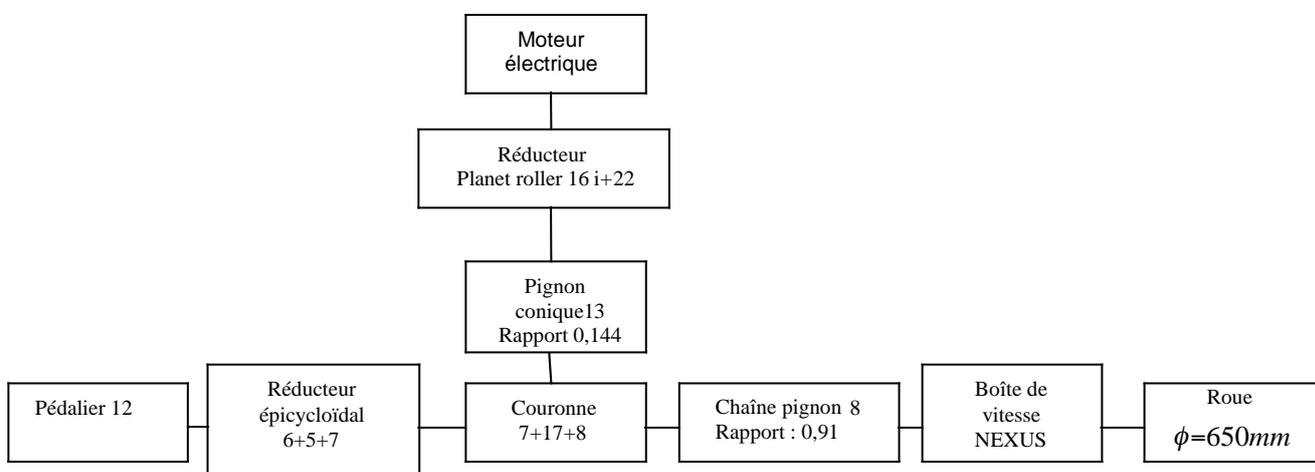


Figure 1 : Synoptique de la chaîne cinématique du système PAS

**Activité 7**

- Quels sont les flux de puissance qui circulent dans le vélo Yamaha lors de son fonctionnement en mode normal (sélecteur PAS sur On) ?

**Activité 8**

- Quelle chaîne cinématique permet de vérifier cette fonction contrainte ?

**Activité 9**

- Sachant que le moteur à courant continu du système PAS tourne au maximum à trois mille tours par minute, déterminer le rapport minimum entre la rotation du rotor du moteur et celle de la roue arrière du vélo qu'il faudrait avoir pour respecter la fonction FC4.

**Activité 10**

- Déduire, des mesures effectuées précédemment (activité 5), le rapport entre la rotation du rotor du moteur et celle de la roue arrière du vélo. Conclure sur la validation de la fonction FC4.

### 3 JUSTIFIER LE CHOIX DU REDUCTEUR EPICYCLOÏDAL DU PEDALIER

#### 3.1 OBJECTIF

Sur les vélos classiques, le plateau moyen comporte généralement 36 dents.

Sur le vélo MEDIA, le réducteur épicycloïdal installé entre le pédalier 12 et la couronne 8 (24 dents) constitue un premier étage de multiplication de vitesse.

L'objectif de cette étude est de valider le choix technique retenu pour le rapport de réduction du train épicycloïdal.

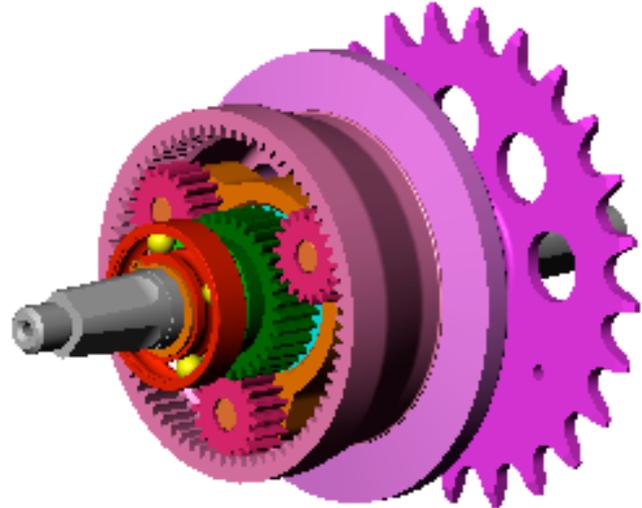


Figure 2 : Réducteur épicycloïdal du pédalier.

#### Activité 11

- Quelle doit-être la valeur  $r_{att}$  du rapport de réduction du réducteur épicycloïdal pour que l'utilisateur retrouve les mêmes sensations de pédalage qu'avec un vélo classique ?

#### 3.2 VALIDATION EXPERIMENTALE

#### Activité 12

- A partir des mesures effectuées précédemment (activité 4), compléter le tableau ci-dessous :

fréquence de pédalage $\omega_{12/0}$	fréquence de rotation de la roue $\omega_{roue/0}$	réduction chaîne-pignon-roue 1 <sup>ère</sup> vitesse : $KT_1 = \frac{\omega_{8/0}}{\omega_{roue/0}}$	fréquence de rotation pignon 8 $\omega_{8/0}$	$r_{mes} = \frac{\omega_{8/0}}{\omega_{12/0}}$
60 tr.mn <sup>-1</sup>		0,91		

- Comparer  $r_{mes}$  et  $r_{att}$ . Conclure et justifier le choix du constructeur d'installer un plateau de 24 dents.

#### 3.3 VERIFICATION THEORIQUE

**Activité 13 :** A l'aide du dossier technique « DT Vélo Yamaha » et de la mallette « Système PAS » fournie,

- Compléter, sur le document réponse fourni, le schéma cinématique plan du système PAS.
- Déterminer le rapport  $\frac{\omega_{7/0}}{\omega_{12/0}}$ . En déduire  $r_{cal} = \frac{\omega_{8/0}}{\omega_{12/0}}$ . Comparer  $r_{mes}$  et  $r_{cal}$ . Conclure.



## DEUXIEME PARTIE

### 4 MESURER LE COUPLE DE PEDALAGE

#### 4.1 OBJECTIF

Le document « DRES : SYNOPTIQUE du vélo instrumenté MEDIA » montre la chaîne d'information qui assure la mesure du couple de pédalage.

L'objectif de cette étude est de déterminer :

- le comportement des composants élémentaires intervenant dans la mesure du couple de pédalage,
- les couples limite de fonctionnement de l'assistance au pédalage.

#### 4.2 LE FONCTIONNEMENT DU CAPTEUR DE COUPLE

La mesure du couple de pédalage s'effectue à l'aide du capteur représenté figure 3. Ce dernier permet de transformer la grandeur physique (couple de pédalage  $C_p$ ) en signal électrique (tension à la sortie du potentiomètre  $U_p$ )

Le couple appliqué sur l'axe du pédalier provoque une faible rotation du levier. Celle-ci provoque la rotation de l'axe du potentiomètre qui délivre alors une tension variable.

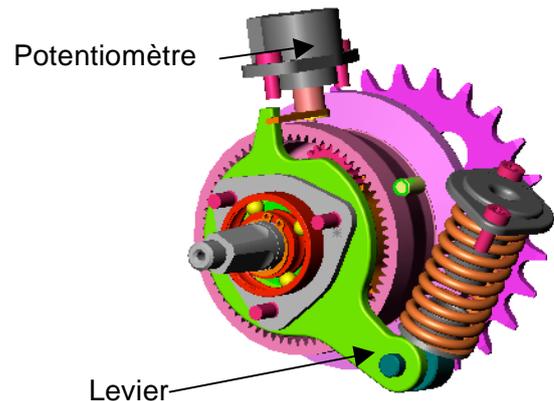
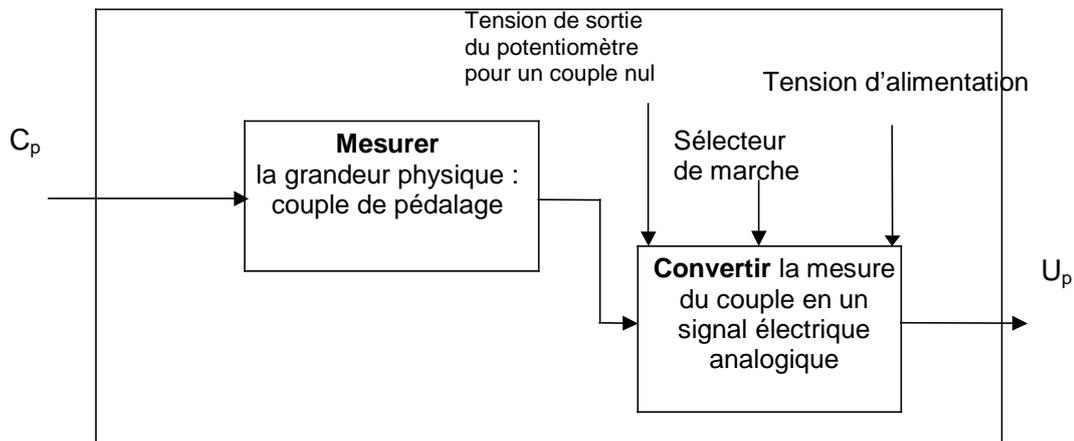
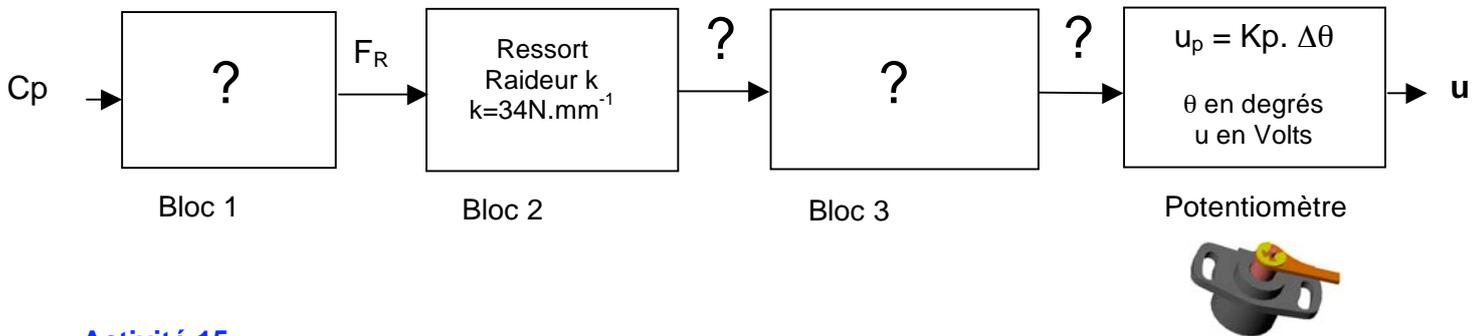


Figure 2 : La mesure du couple de pédalage



### 4.2.1 Description fonctionnelle

Pour être interprétable par la partie commande du vélo PAS, l'information couple de pédalage ( $C_p$ ) subit plusieurs transformations.



### Activité 15

- Sur le schéma fonctionnel fourni ci-dessus, déterminer successivement :
  - les variables manquantes (nature, unité)
  - les solutions techniques modélisées par les blocs 1 et 3
- Proposer un protocole expérimental pour déterminer les lois de comportement de ces deux blocs.

### 4.2.2 Identification du capteur

Plusieurs essais ont été préalablement réalisés suivant le protocole suivant (figure 4) :

- vélo instrumenté avec le frein arrière bloqué
- chaîne d'acquisition de données associée au logiciel Digiview
- masses utilisées 3Kg, 5Kg, 8Kg, 10Kg, 12Kg, 14Kg



Figure 3 : Dispositif de création du couple de pédalage

## Résultats de l'expérimentation

Charges	0 Kg	3 Kg	5 Kg	8 Kg	10 Kg	12 Kg	14 Kg
Tension aux bornes du potentiomètre : u en Volts	<b>0,96</b>	<b>1,18</b>	<b>1,31</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>
Couple de pédalage simulé $C_p$ en Nm	<b>0</b>	<b>5,25</b>	<b>8,75</b>	<b>14</b>	<b>17,5</b>	<b>21</b>	<b>24,5</b>

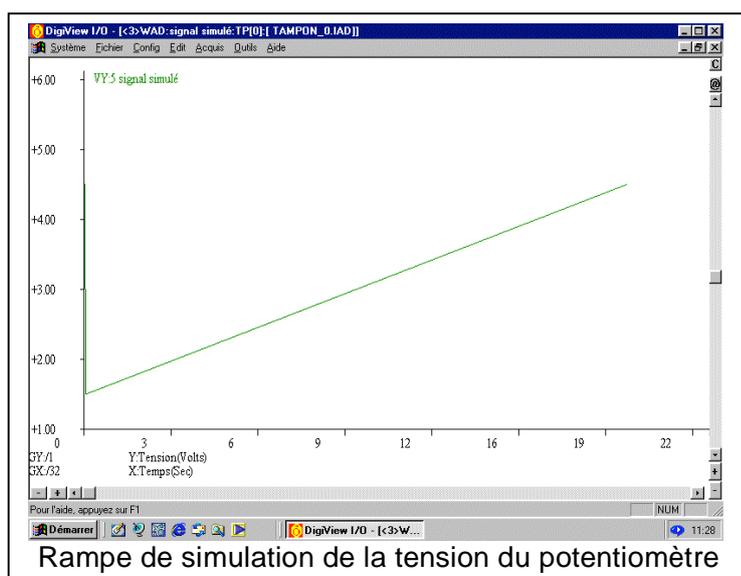
### 4.3 COUPLES LIMITES DE FONCTIONNEMENT

#### 4.3.1 Expérimentation

##### Procédure d'essai :

Appliquer la procédure "Mode SIMULATION – SYSTEME PAS "

- sélectionner la quatrième vitesse du dérailleur
- le projet et la macro-commande sont chargés par défaut
- générer, à l'aide du logiciel Digiview, un signal rampe d'amplitude 1,5 Volts, d'Offset 2,5 Volt et de fréquence 0,05 Hz (voir image du générateur ci-dessous)  
Ainsi, la voie 5 de Digimétrie génère un signal qui simule la tension aux bornes du potentiomètre. La tension passe par une rampe de 1V à 4V en 20s.



GENERATEUR

STATUS OK

Tampon : Tampon 0 Exe

Type data : AD

SIGNAL : Rampe Voie : 5

FREQUENCE (Hertz): 0.0500

AMPLITUDE (Volt): 1.5000

OFFSET (Volt): 2.5000

PHASE (Degré): 0.0000

R.CYCLIQUE (%): 50

Aide

### 4.3.2 Analyse des résultats

#### Activité 16

- Déterminer la tension du potentiomètre correspondant au début de l'assistance.
- En déduire  $C_{PMIN}$  couple de pédalage correspondant.
- Tracer la courbe de  $U_p$  en fonction de  $C_p$  si nécessaire.
- Quelle est la tension du potentiomètre maximale prise en compte par le système ?
- En déduire  $C_{PMAX}$  couple de pédalage correspondant, en précisant les hypothèses.

Lors de la phase de réglage du système PAS, le constructeur fournit la tension que doit délivrer le potentiomètre au repos. ( $u_0 = 0,96$  v).

- Identifier les solutions constructives permettant ce réglage.

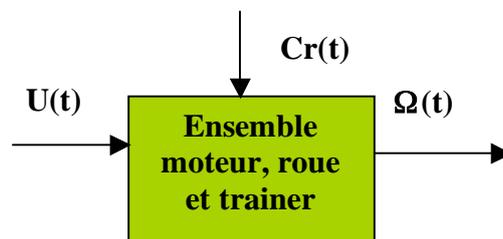
## 5 MODELISER L'ENSEMBLE « MOTEUR, ROUE, TRAINER »

### 5.1 OBJECTIF

En vue de prévoir des évolutions des performances du vélo à assistance au pédalage, on cherche à concevoir et valider une maquette numérique du vélo à assistance. Pour cela, déterminer et valider un modèle de connaissance de l'ensemble « moteur, roue et trainer » est indispensable.

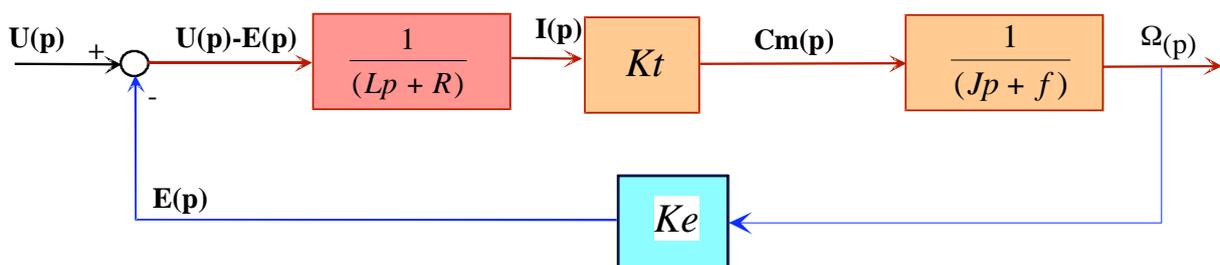
### 5.2 MODELISATION DE L'ENSEMBLE « MOTEUR, ROUE ET TRAINER »

Le schéma fonctionnel du moteur à courant continu est le suivant :



- $U(t)$  : tension qui pilote le moteur (voie 1 de Digimétrie)
- $Cr(t)$  : couple simulé par le frein à courant de Foucault du Traîner (voie 4 de Digimétrie)
- $\Omega(t)$  : fréquence de rotation du rotor du moteur (voie 2 de Digimétrie)

En débranchant l'alimentation électrique du trainer, le couple récepteur  $Cr(t)$  est nul. Le schéma bloc en régulation de l'ensemble moteur, roue et trainer prend alors la forme suivante ;



- $J$  : moment d'inertie équivalent de l'ensemble « moteur, roue et trainier » ramené à l'axe du moteur.
- $L$  : impédance du moteur dont l'influence est négligée dans le modèle proposé.
- $R$  : résistance de l'induit  $R = 0,25 \text{ Ohm}$ .
- $K_t = K_e = k$  : respectivement constante de couple du moteur et constante de force contre électromotrice :  $c_m(t) = K_t.i(t)$  et  $e(t) = K_e.\omega(t)$ .
- $f$  : coefficient de frottement fluide équivalent de l'ensemble « moteur, roue et trainier » ramené à l'axe du moteur (influence négligée dans le modèle proposé).

Données :

- Moment d'inertie du rotor du moteur :  $I_m = 68.10^{-5} \text{ kg.m}^2$ .
- Moment d'inertie du Volant du Trainier:  $I_v = 29.10^{-4} \text{ kg.m}^2$
- Moment d'inertie de la roue ramené à l'arbre moteur : influence négligée
- Rapport de transmission de la chaîne cinématique : 1/17 en 4<sup>ème</sup> vitesse.
- Diamètre de la roue : 650 mm
- Diamètre du rouleau du trainier : 30mm.

Dans ces conditions, le moment d'inertie équivalent ramené à l'axe moteur est :

$$J_{eqm} = I_m + kr^2 I_{roue} + kv^2 I_v \text{ avec } J_{eqm} = 55.10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

### Activité 17

- **Exprimer, avec les hypothèses retenues la fonction de transfert :  $H(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$  en fonction des paramètres utiles. Effectuer les applications numériques.**

### 5.2.1 Analyse temporelle

**Sélectionner** dans le logiciel Digiview le projet « idmoteur.ini ».

**Sélectionner** la quatrième vitesse.

**Mettre** le vélo PAS dans la configuration ci contre.

**Générer**, à l'aide du logiciel Digiview, un signal carré défini ci-contre :

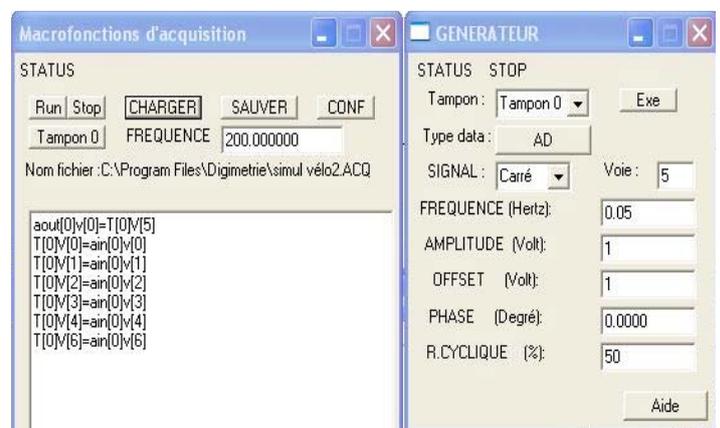
**Appliquer** la procédure :

Acquis /macrocommande / Charger : simulvélo.acq / Run

Inhibition PAS	1
Alimentation carte Média	1
Système PAS	0
Pédalage	X
Simulation	X
Sélecteur vélo	X

### Activité 18

- **Identifier la fonction de transfert de l'ensemble « moteur, roue et trainier » à partir de sa réponse indicielle.**
- **Effectuer l'application numérique.**



**5.2.2 Analyse fréquentielle**

Deux essais sont proposés

**Premier essai :**

**Sélectionner** dans le logiciel Digiview le projet « idmoteur.ini ».

**Sélectionner** la quatrième vitesse.

**Mettre** le vélo PAS dans la configuration ci contre.

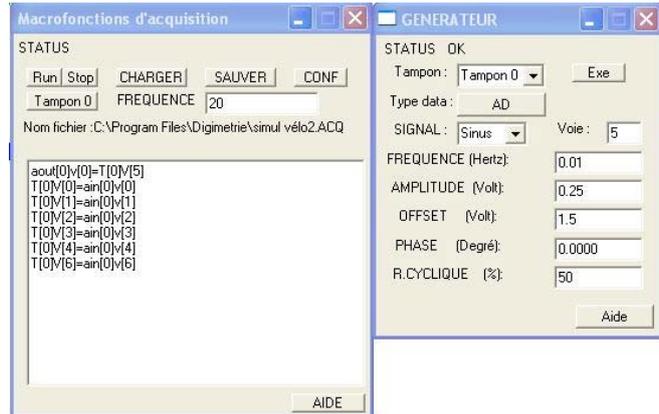
**Générer** par le logiciel Digiview un signal sinusoïdal défini ci-contre :  
Outil/générateur

**Appliquer** la procédure : Acquis/macrocommande/charger :  
simulvélo.acq/Run

Inhibition PAS	1
Alimentation carte Média	1
Système PAS	0
Pédalage	X
Simulation	X
Sélecteur vélo	X

**Activité 19**

- Déterminer le gain K de la fonction de transfert de l'ensemble à partir de la réponse fréquentielle.



**Second essai :**

**Sélectionner** dans le logiciel Digiview le projet « idmoteur .ini ».

**Sélectionner** la quatrième vitesse.

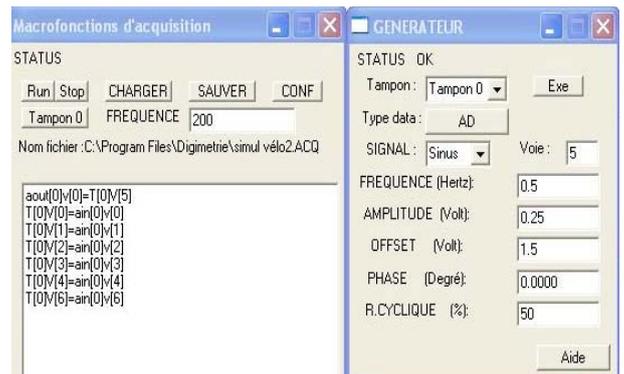
**Mettre** le vélo PAS dans la configuration ci contre.

**Générer** par le logiciel Digiview un signal sinusoïdal ci-contre :  
Outil/générateur.

**Appliquer** la procédure : Acquis/macrocommande/Charger :  
simulvélo.acq/Run.

Inhibition PAS	1
Alimentation carte Média	1
Système PAS	0
Pédalage	X
Simulation	X
Sélecteur vélo	1

**Si nécessaire, effectuer plusieurs essais en variant la fréquence.**



**Activité 20**

- Déterminer la constante de temps de la fonction de transfert de l'ensemble à l'aide de la réponse fréquentielle :
  - 1- à partir du déphasage
  - 2- à partir du gain

**Si nécessaire, effectuer plusieurs essais en variant la fréquence**

### 5.3 DOMAINE DE VALIDITE DU MODELE

#### Activité 21

- Le modèle proposé à l'activité 17 est-il adapté ? Justifier votre réponse.

#### Activité 22

- Comparer les résultats des deux identifications précédentes (activité 18 et activités 19, 20). En déduire la fonction de transfert de l'ensemble « moteur, roue et trainer.