

VELO ELECTRIQUE MEDIA

ELEMENT DE CORRECTION

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 ».

Réponse :

Voir les dossiers techniques.

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.

Réponse :

Voir les dossiers techniques.

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 ».

Réponse :

Le but est de bien faire la différence entre le système technique et le système instrumenté.

Inventorier les différentes mesures possibles permet en partie d'avoir une idée des protocoles de mesure en fonction de l'objectif fixé.

Activité 4

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

Réponse :

Dans un premier temps, le candidat suit la procédure décrite.

Le candidat prend connaissance du logiciel digimétrie pour acquérir une ou plusieurs mesures. Utile pour la suite de l'épreuve.

Activité 5

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

Réponse :

Le candidat prend connaissance du logiciel digimétrie pour acquérir une ou plusieurs mesures. Utile pour la suite de l'épreuve.

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 ».

Réponse :

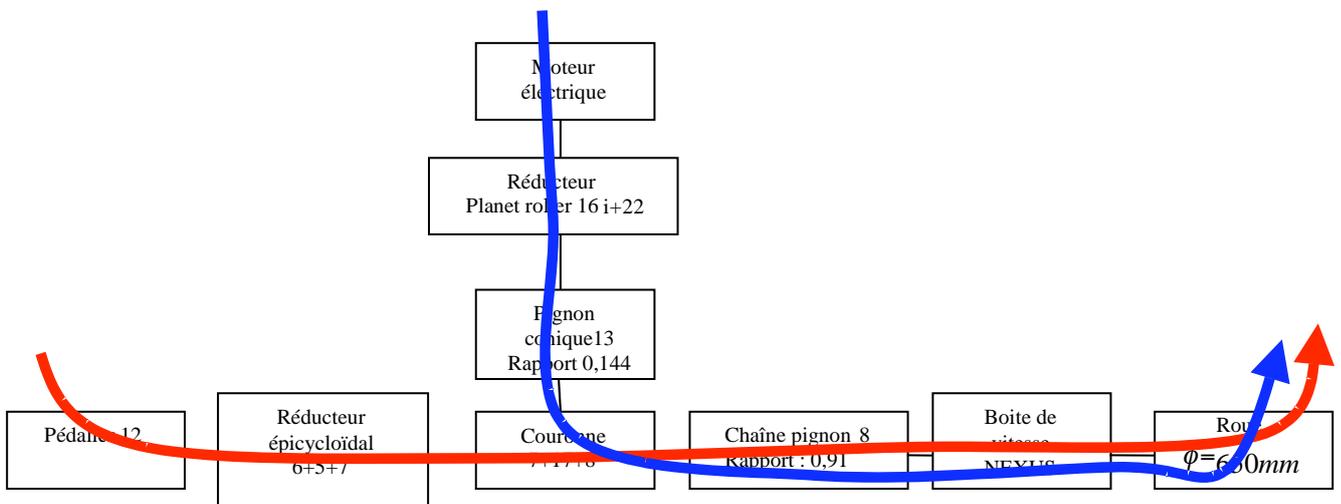
Analyser le synoptique et communiquer le « faire fonctionner le système PAS sans utilisateur ».

Le candidat prend connaissance à partir d'une modélisation de la structure du système technique et de l'instrumentation installée. Utile pour la suite de l'épreuve.

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) ?

Réponse :



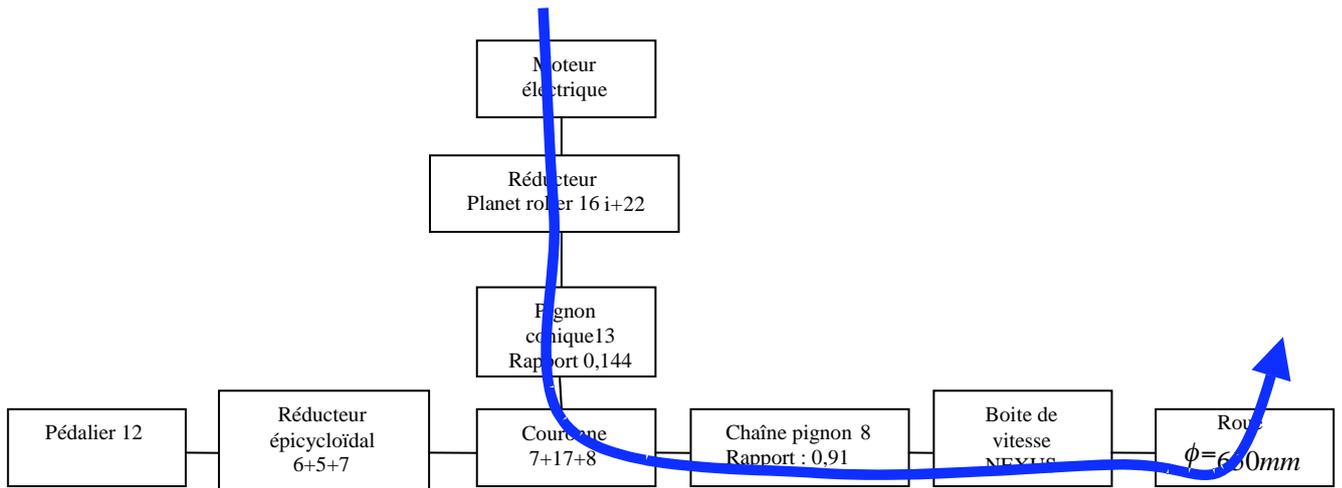
Le synoptique de la chaîne cinématique du système PAS

Les flux de puissance sont représentés par les courbes fléchées, la couronne est une pièce maîtresse, des chaînes d'énergie, elle somme les deux puissances.

Activité 8

- Quelle chaîne cinématique permet de vérifier cette fonction contrainte ?

Réponse :



Le synoptique de la chaîne cinématique du système PAS

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.

Réponse :

En faisant l'hypothèse de roulement sans glissement entre la roue et le sol, on obtient la

relation suivante : $V_V = R\omega_R$ d'où : $\omega_R = \frac{V_V}{R}$ soit $\omega_R = \frac{24.1000}{3600} \frac{2}{0,65} = 20,51 \text{ rad.s}^{-1}$

Comme $\omega_M = \frac{3000.2\pi}{60} = 314 \text{ rad.s}^{-1}$, le rapport minimum que l'on doit obtenir pour

respecter la fonction FC4 est donc de $\frac{\omega_M}{\omega_R} = 15,3$

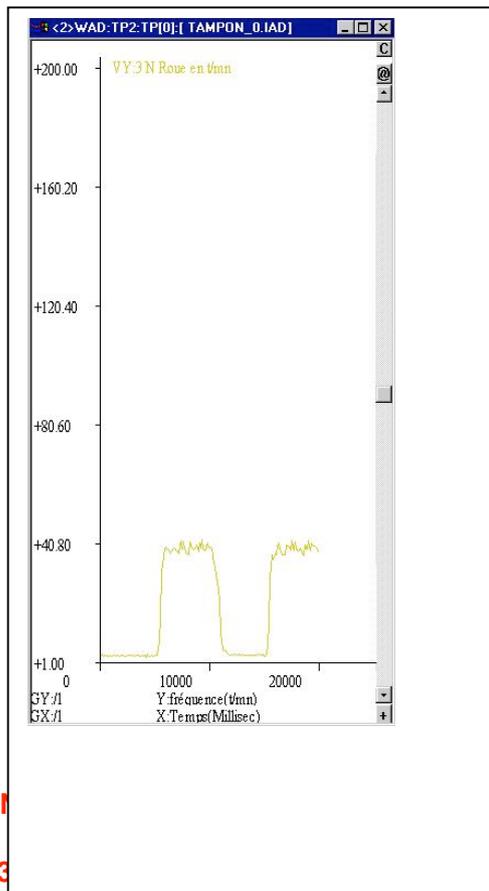
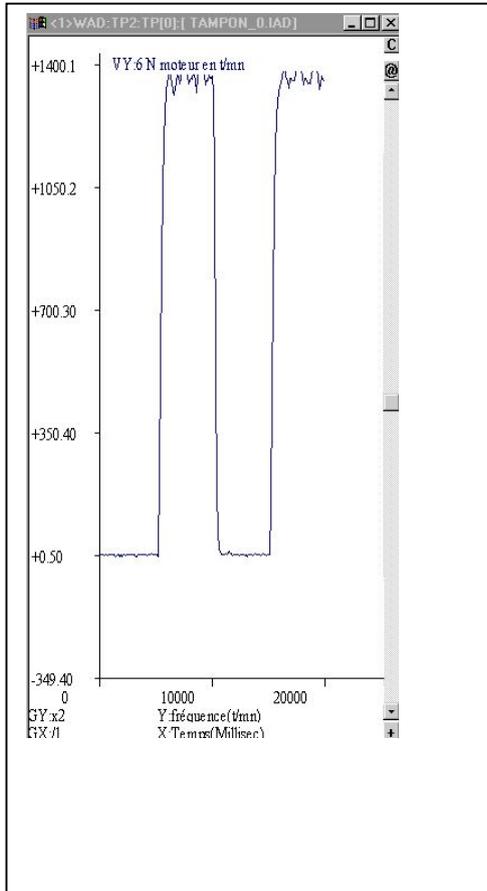
Activité 10

- Dédire, 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.

Réponse :

N moteur = 2984 tr/min et N roue = 156 tr/min donc

$$\frac{\omega_M}{\omega_R} = 19,1$$



GENERATEUR

STATUS OK

Tampon : Tampon 0 [Exe]

Type data : AD

SIGNAL : Carré Voie : 5

FREQUENCE (Hertz) : 0.1

AMPLITUDE (Volt) : 1.0000

OFFSET (Volt) : 1.0000

PHASE (Degré) : 180

R.CYCLIQUE (%) : 50

[Aide]

Macrofonctions d'acquisition

STATUS OK sav n=1

Nom fichier acq : F:\digimétrie\vcapet\Mm.ACQ

[Stop] [CHARGER] [SAUVER] [CONF]

Tampon 0 FREQUENCE 10.000000

```
T[0]V[0]=ain[0]v[0]
T[0]V[1]=ain[0]v[1]
T[0]V[2]=ain[0]v[2]
T[0]V[3]=ain[0]v[3]
T[0]V[4]=ain[0]v[4]
T[0]V[5]=ain[0]v[5]
aout[0]v[0]=T[0]V[5]
```

[AIDE]

La fonction FC4 est respectée.

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 ?

Réponse :

Le plateau 8 du système PAS possède 24 dents. Pour garder le rapport habituel, il est souhaitable que le rapport $r_{att} = 36/24=1,5$.

REMARQUE : L'hypothèse, émise à l'activité 9, sur la conception de la chaîne cinématique reste à vérifier par mesure directe sur le vélo.

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 ^{ère} 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 ⁻¹		0,91		

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

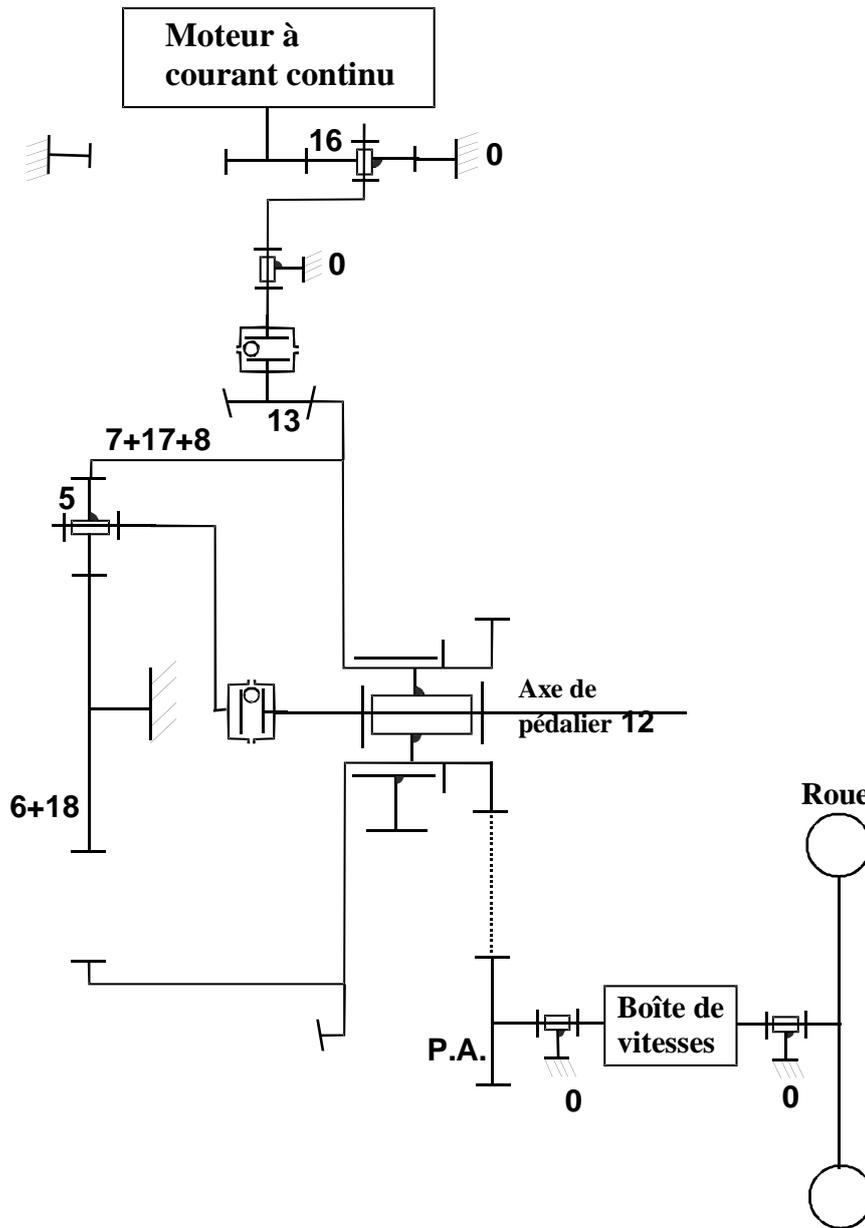
Réponse :

fréquence de pédalage $\omega_{12/0}$	fréquence de rotation de la roue $\omega_{roue/0}$	réduction chaîne-pignon-roue 1 ^{ère} 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 ⁻¹	environ 87 tr.mn⁻¹	0,91	60/0,91=66 tr.mn⁻¹	1,35

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.

Réponse :



Le rapport du

train épicycloïdal et de : $\frac{\omega_{7/0} - \omega_{12/0}}{\omega_{6/0} - \omega_{12/0}} = -\frac{Z_6}{Z_7}$

$$\frac{\omega_{7/0}}{\omega_{12/0}} = 1 + \frac{Z_6}{Z_7}$$

$$\frac{\omega_{7/0}}{\omega_{12/0}} = 1 + \frac{33}{69} = 1,478$$

$$r_{cal} = \frac{\omega_{7/0}}{\omega_{12/0}} = 1,48$$

La différence entre r_{mes} et r_{cal} est sans doute due à un étalonnage des capteurs. L'hypothèse émise à l'activité 9 est vraie.

Activité 14

- Justifier la présence des roues libres 1 et 2 (voir schéma cinématique du système PAS ci-dessous).

Réponse :

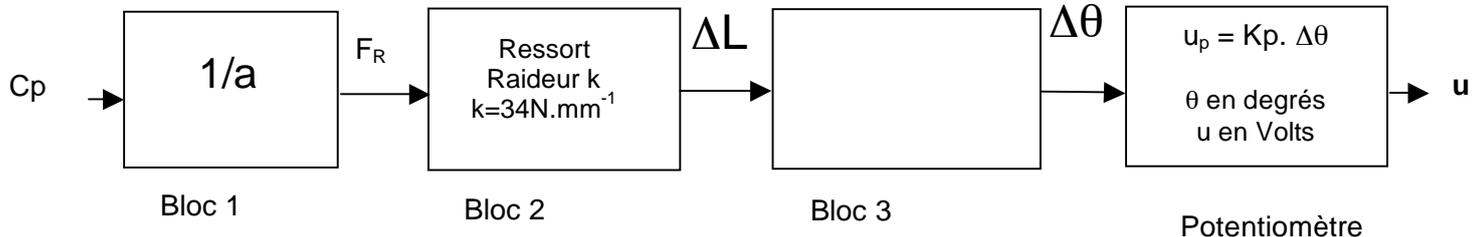
La roue libre 1 (sortie du moteur électrique) assure que la puissance fournie par le moteur ne peut pas être transmise à la roue si le cycliste ne le désire pas.
Si la commande du moteur (en tension) donne une fréquence de rotation supérieure à celle imposée par le pédalier, une partie de la fréquence de rotation de moteur sera perdue dans la roue libre.

La roue libre 2 (sortie du pédalier) est la roue libre classique d'un vélo.

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.

Réponse :



Tous les blocs 1,2 et le potentiomètre sont linéaires.

Le bloc 3 est non linéaire mais avec un angle faible, c'est quasiment linéaire. Il sera donc possible comme première modélisation de considérer que la relation entre C_p et u est linéaire.

Activité 16

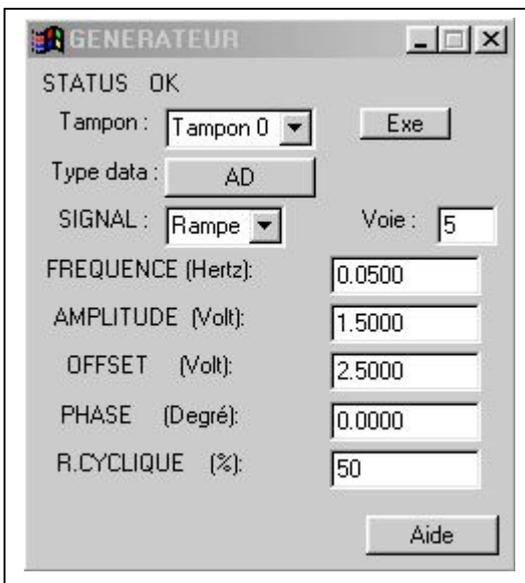
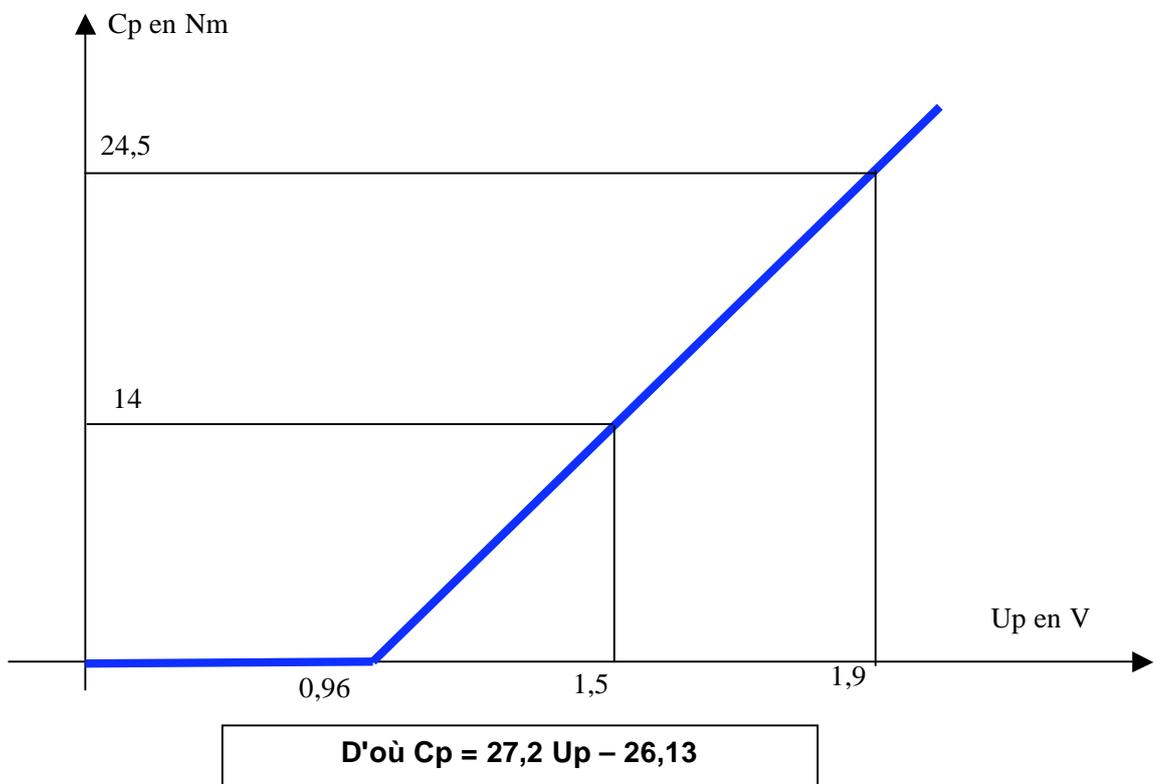
- Déterminer la tension du potentiomètre correspondant au début de l'assistance.
- En déduire $C_{P_{MIN}}$ couple de pédalage correspondant.
- Tracer la courbe de U_p en fonction de C_p si nécessaire.
- Quelle est la tension du potentiomètre maximale prise en compte par le système ?
- En déduire $C_{P_{MAX}}$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

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.

Réponse :

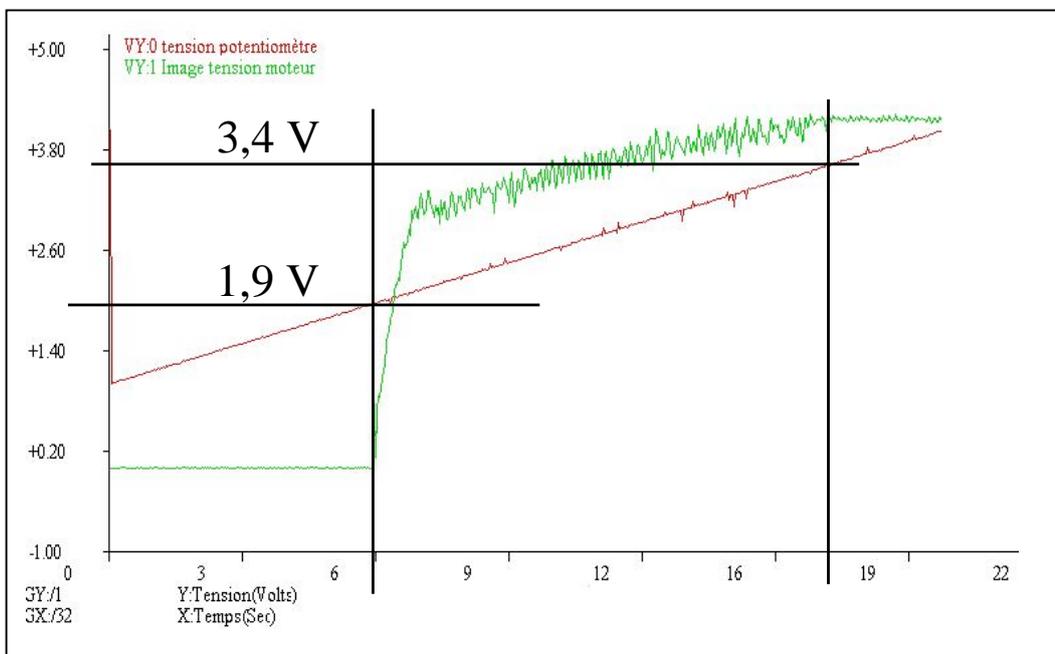
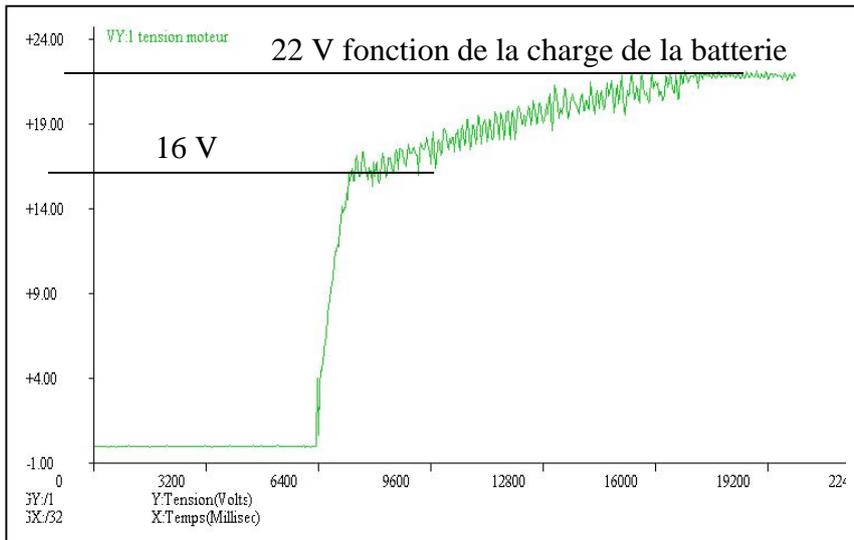
Charges	0Kg	3Kg	5Kg	8Kg	10Kg	12Kg	14Kg
Tension aux bornes du potentiomètre : u en Volts	0.96	1.18	1.31	1.5	1.6	1.7	1.9
Couple de pédalage simulé Cp en Nm	0	5.25	8.75	14	17.5	21	24.5



$$Cp_{\text{mini}} = 27,2 Up - 26,13 = 25,5 \text{ Nm avec } Up = 1,9 \text{ V}$$

$$Cp_{\text{maxi}} = 27,2 Up - 26,13 = 65,35 \text{ Nm avec } Up = 3,4 \text{ V}$$

La solution constructive pour le réglage de 0,96 V (1 V plus ou moins 5%) : formes oblongues sur le potentiomètre.



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.

Réponse :

La fonction transfert $H(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$ est :

$$H(p) = \frac{\frac{1}{k}}{1 + \frac{RJ_{eq}}{k^2} p}$$

La résistance de l'induit mesurée est $R=0,25 \Omega$

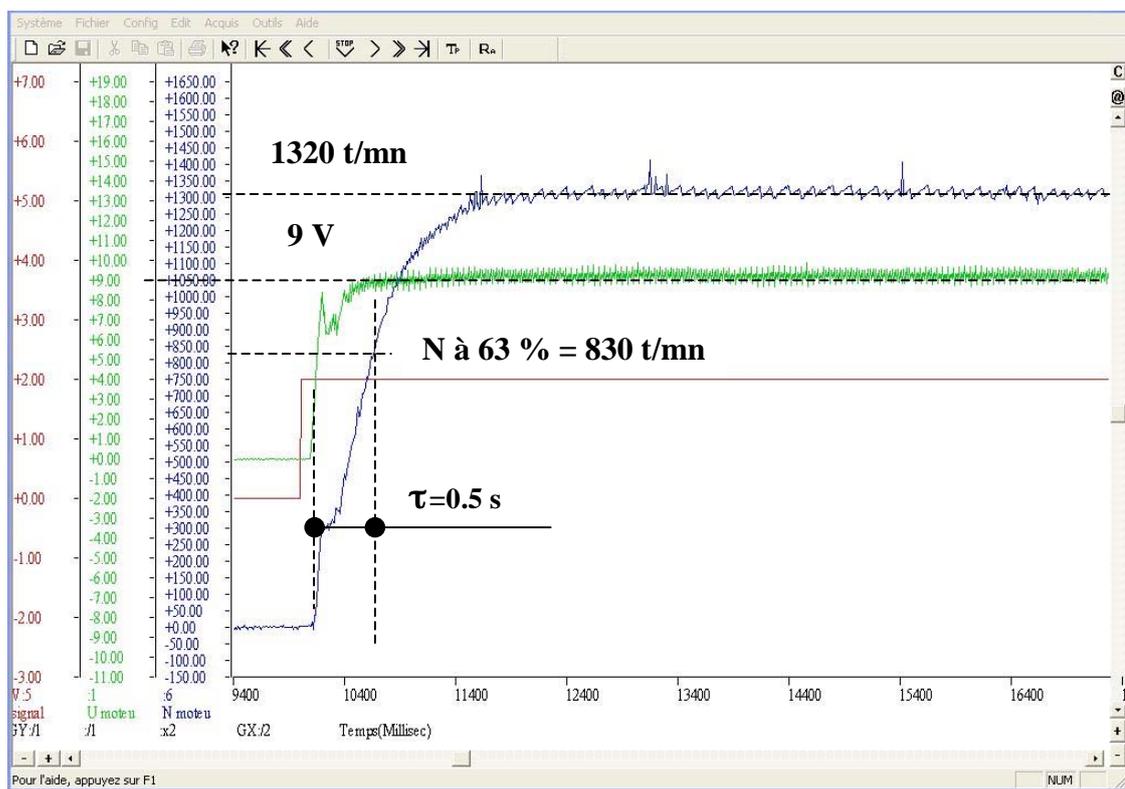
$$\frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{\frac{1}{k}}{1 + \frac{RJ_{eq}}{k^2} p} = \frac{\frac{1}{k}}{1 + \frac{0.0013}{k^2} p}$$

Activité 18

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

Réponse :

La fréquence de rotation du moteur correspond à la réponse à un échelon pour un système du premier ordre.



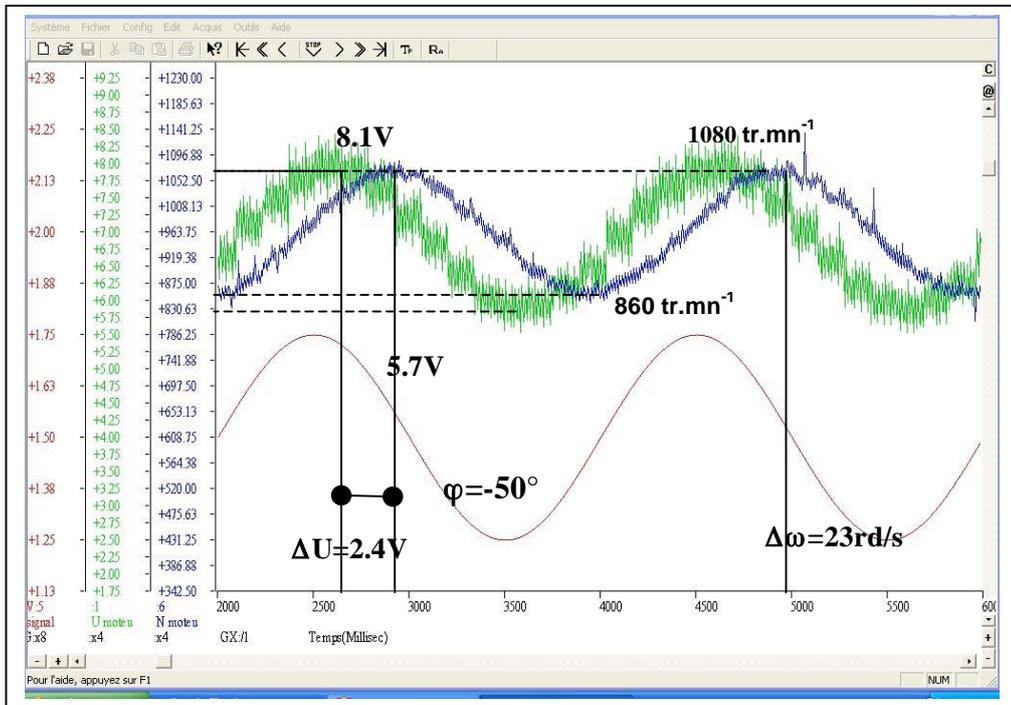
$$K = \frac{1}{k} = \frac{1320 \cdot 2,3,14}{60,9} = 15,3 \text{ V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{ soit } \boxed{k = 0,065 \text{ V} \cdot \text{s}}$$

A 63% de la valeur finale : $\tau_m = \frac{RJ_{eq}}{k^2} = 0,5 \text{ s}$

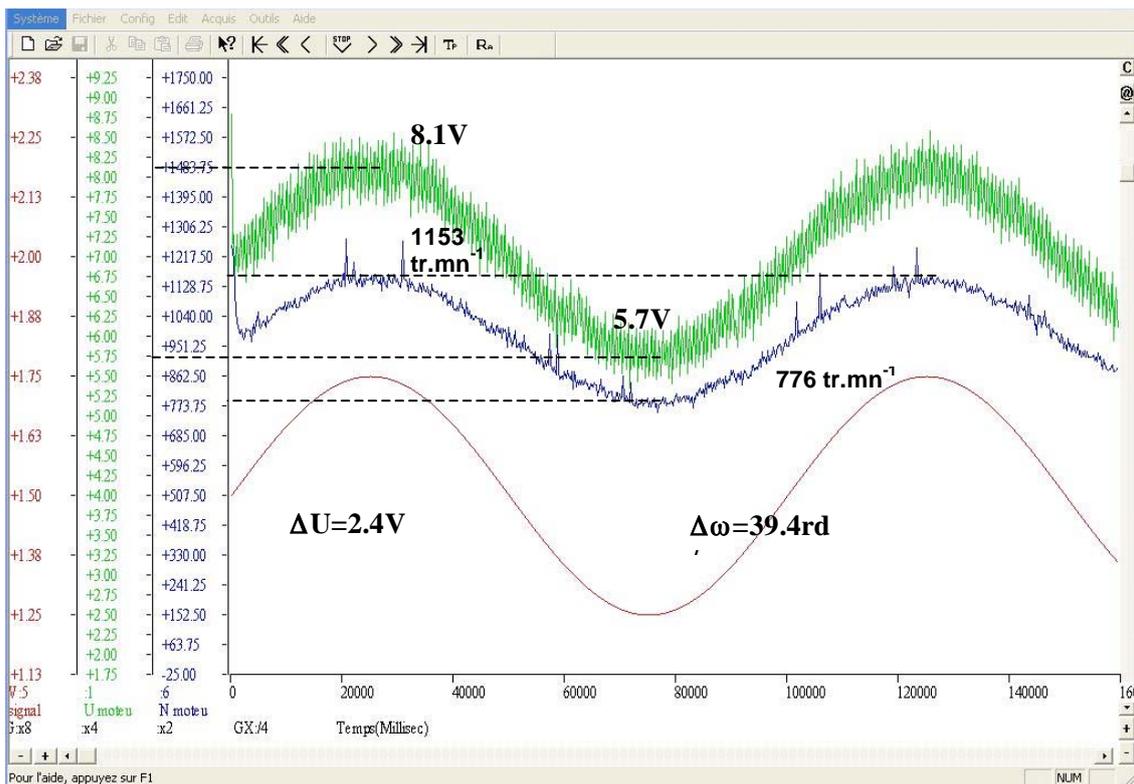
Activité 19

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

Réponse :



La fonction de transfert est de la forme : $H(p) = \frac{K}{1 + Tp}$ avec $|H(p)| = \frac{K}{\sqrt{1 + T^2 \omega^2}}$



A la fréquence $f=0,01\text{Hz}$: $K = \frac{39,4}{2,4} = 16,4 \text{ V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ soit $k_t = 0,06 \text{ V} \cdot \text{s}$

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

Réponse :

A la fréquence $f=0,5\text{Hz}$

$$\tan \varphi = -\omega * T = -1,2 \Rightarrow T=0,38 \text{ s}$$

$$|H(p)| = \frac{K}{\sqrt{1 + T^2 \omega^2}} = \frac{23}{2,4} = 9,5 \Rightarrow K = 14,8 \text{ V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{ pour } \omega=3,14 \text{ rd} \cdot \text{s}^{-1}$$

Activité 21

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

Réponse :

La fréquence de rotation de l'ensemble correspond à la réponse indicielle d'un système du premier ordre (allure de la courbe sans dépassement, tangente à l'origine).

Pour une entrée fréquentielle :

Le déphasage est nul pour les basses fréquences.

Le gain diminue lorsque la fréquence croît. Reste à effectuer un essai à des fréquences élevées pour valider définitivement le modèle.

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.

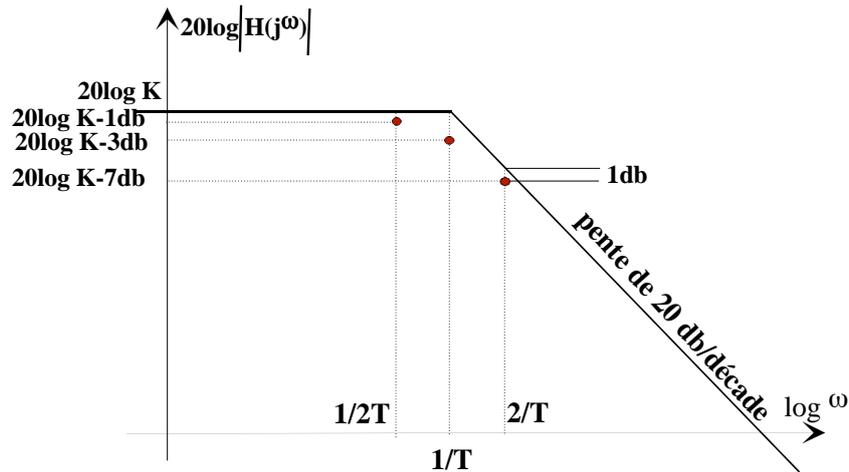
Réponse :

Pour le gain : une variation de 5 % par rapport à la valeur moyenne ($K=15,3$; $K=16,4$; $K=14,8$) $\Rightarrow K_{\text{moyen}}=15,5 \text{ rd} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pour la constante de temps $T = 0,5 \text{ s}$ et $T=0,38\text{s} \Rightarrow T_{\text{moy}}=0,44 \text{ s}$.

$$H_m(p) = \frac{K}{1 + Tp} = \frac{15,5}{1 + 0,44p}$$

Pour connaître K (gain Statique), il faut faire des essais à fréquence réduite.



Arg $H_m(p)$ est définie par : $\tan \varphi = T\omega$ et $|H(p)| = \frac{K}{\sqrt{1 + T^2 \omega^2}}$

Recherche de la constante de temps T :

$$\omega t_1 = \pi / 2 \quad \omega t_2 = \pi / 2 - \varphi \quad \text{d'où} \quad \omega(t_1 - t_2) = \varphi$$

Application numérique : $2\pi \cdot 0,13 = \varphi$ en rad et $T = \frac{\tan \varphi}{\omega}$

En calculant T à l'aide des deux valeurs de k trouvées lors de l'étude indicielle, on trouve $T=0,16$ s et $T= 0,18$ s en prenant la moyenne de ces deux valeurs, il y a correspondance presque totale en les deux identifications.

Dans Bode, la pulsation de coupure a pour valeur : $\omega_c = 5,55 \text{ rad.s}^{-1}$

Il serait judicieux d'effectuer un essai à la fréquence de coupure, c'est à dire : $f_c = 0,884$ Hertz et rechercher en db la perte de gain qui par identification à un premier ordre est de -3 db.

On adoptera comme modèle du moteur dans le domaine de Laplace, la fonction de transfert

suivante : $H_m(p) = \frac{14,3}{1 + 0,17p}$