

VELO A ASSISTANCE AU PEDALAGE



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.

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

Pour préparer les réponses aux activités posées, utiliser les feuilles remises comme brouillon en début d'épreuve. **La qualité de la prestation orale est évaluée.**

Une présentation des réponses aux activités 1 à 5 sera faite à l'examineur dès que ces activités seront traitées (le signaler à l'examineur). Pour cette présentation, vous vous appuyerez sur le système lui-même, sur vos notes, vos schémas (il est inutile de reproduire les schémas présents dans le sujet).

Pendant le dernier quart d'heure de l'épreuve, et quel que soit l'état d'avancement de vos travaux, vous présenterez une conclusion orale (3 minutes maximum).

Vous vous attacherez à préciser les objectifs qui vous ont été fixés, à établir un bilan des activités menées et vous conclurez sur les résultats obtenus.

Cette conclusion doit vous permettre de montrer à l'examineur vos capacités d'analyse et de synthèse du problème posé.

SOMMAIRE

1	UTILISER LE VELO YAMAHA PAS.....	4
2	VALIDER LA FONCTION FC4.....	5
2.1	Objectifs	5
2.2	Une mesure dans le mode « SIMULATION – INHIBITION PAS ».....	5
3	JUSTIFIER LE CHOIX DU REDUCTEUR EPICYCLOIDAL DU PEDALIER	6
3.1	Objectif	7
3.2	Validation expérimentale.....	7
3.3	Vérification théorique et conclusion	7
4	VALIDER LES PERFORMANCES DE L'ASSISTANCE SOUHAITEES PAR LE CONSTRUCTEUR.....	9
4.1	Le cahier des charges du constructeur	9
4.2	Le fonctionnement du systeme PAS	10
4.3	Vérification experimntale de la proportion d'assistance	11
4.3.1	Vérification à 40 tr.min ⁻¹	11
4.3.1.1	Détermination de P_{elec} puissance électrique absorbée par le moteur.....	11
4.3.1.2	Détermination de P_{cycliste} puissance fournie par le cycliste	12
4.3.1.3	Détermination de P_{roue} puissance au niveau de la roue.....	12
4.3.1.4	Conclusion	13
4.3.2	Vérification sur toute la plage d'utilisation	14
5	VERIFIER QUE LE VELO A ASSISTANCE AU PEDALAGE RESPECTE LA LEGISLATION EN VIGUEUR.....	15
5.1	Objectif.....	15
5.2	Mise en œuvre expérimentale.....	15
5.3	Analyse des résultats	15
5.4	Conclusion	16
6	PROPOSER DES EVOLUTIONS DE SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES	16

PREMIERE PARTIE

Objectifs de la première partie :

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

- **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 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'examinateur, 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 « Mode PEDALAGE – SYSTEME PAS – sans acquisition » décrite dans le dossier ressources (DRES Annexe 1) pour réaliser un essai dans les conditions suivantes :

Procédure de l'essai :

- sélectionner dans le logiciel DIGIVIEW le projet « velo.ini »
- sélectionner la première vitesse du dérailleur (rapport de transmission = 1)
- procéder à une séquence de pédalage à environ 60 tr.min^{-1} (à lire sur l'ordinateur de bord du trainer)

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.

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 ».**

Activité 2

- **En utilisant les outils de communication technique de votre choix, montrer les flux de puissance qui circulent dans le vélo Yamaha PAS lors de son fonctionnement en mode normal (sélecteur PAS sur On).**

2 VALIDER LA FONCTION FC4

2.1 OBJECTIFS

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 sous assistance seule	24 km.h ⁻¹
----------------------------------	--	-----------------------

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 document ressource DRES FAST et dossier technique « DT Vélo Yamaha ») vers la roue arrière.

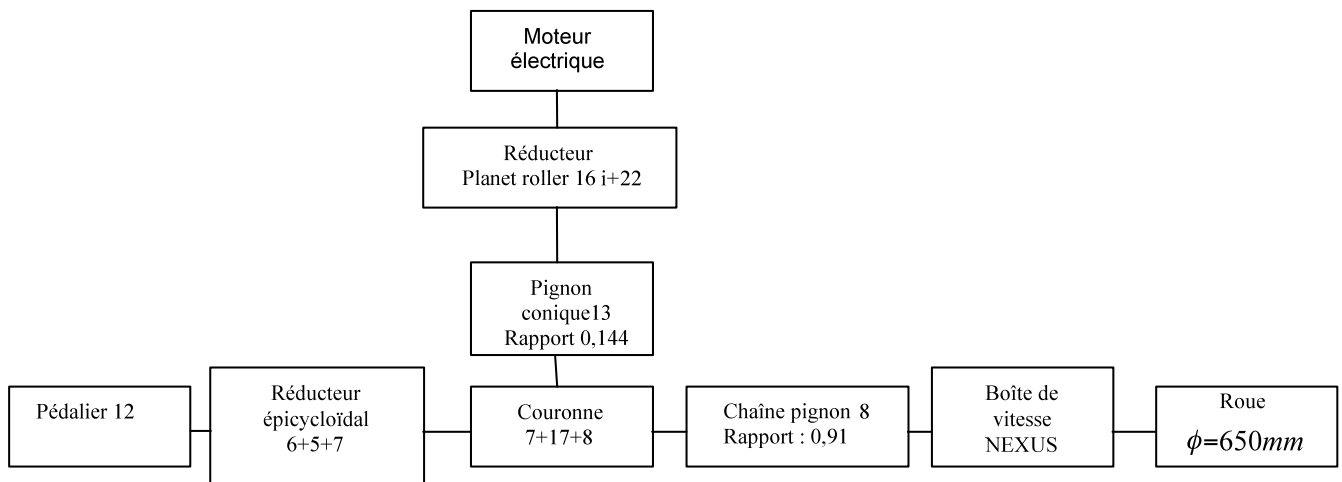


Figure 1 : Synoptique de la chaîne cinématique du système PAS

Activité 3

- Quelle chaîne cinématique permet de vérifier cette fonction contrainte ?

Activité 4

- 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 fréquence de rotation du rotor du moteur et celle de la roue arrière du vélo qu'il faudrait avoir pour respecter la fonction FC4.

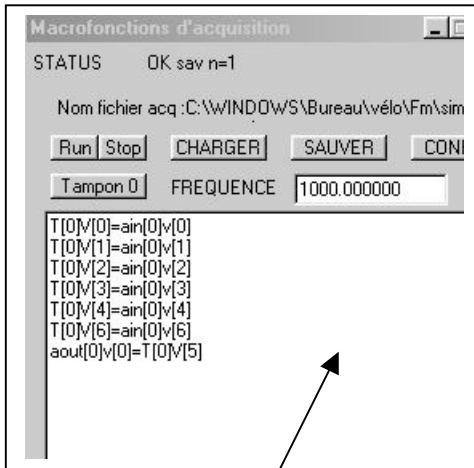
2.2 UNE MESURE DANS LE MODE « SIMULATION – INHIBITION PAS »

Procédure de l'essai :

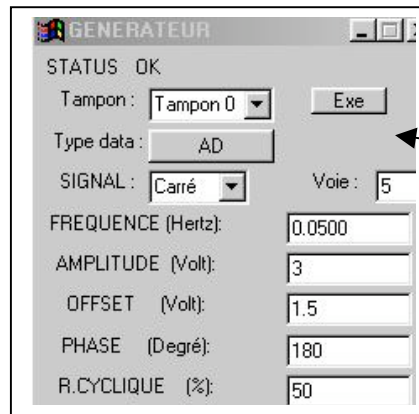
Lancer le logiciel DIGIVIEW32 placé sur le bureau.

Dans Fichier / Charger projet, charger le fichier **velo.ini** qui est placé dans le dossier Config Velo sur le bureau conformément au tableau ci-contre :

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

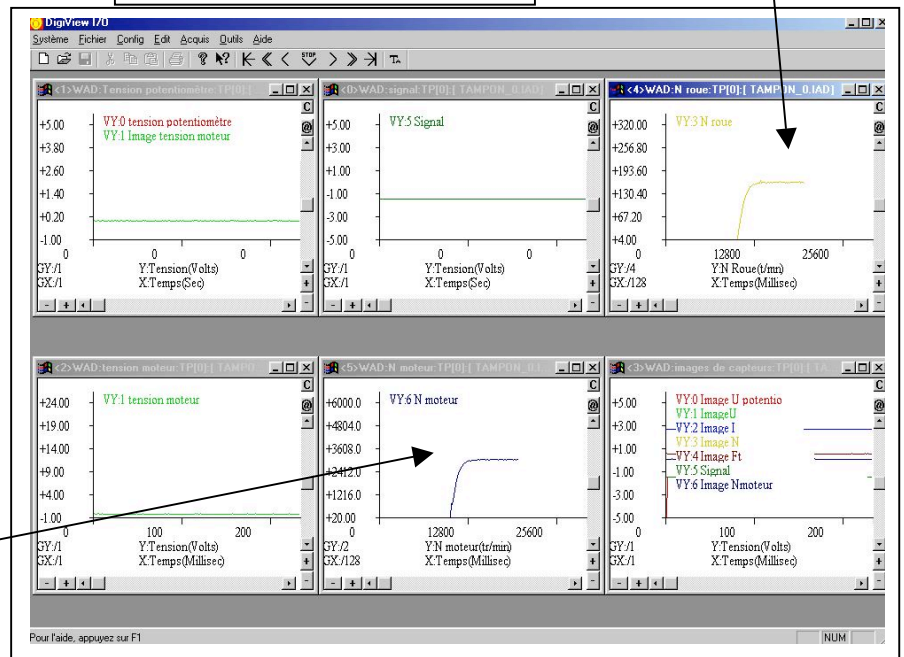


Macro-commande



Générateur

Fenêtre « Nroue »



Fenêtre « Nmoteur »

Activité 5

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

- sélectionner la quatrième vitesse du dérailleur
- générer, à l'aide du logiciel DIGIVIEW, un signal carré sur la voie 5 d'amplitude 2,5 Volts, d'offset 2,5 Volt et de fréquence 0,05 Hz avec une phase de 45°.

Déduire des mesures effectuées le rapport entre la vitesse de 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 EPICYCLOIDAL 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.

Activité 6

- 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 ?

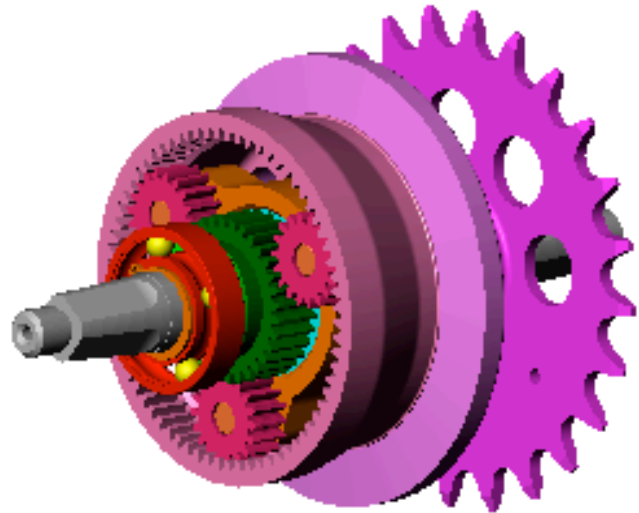


Figure 2 : Réducteur épicycloïdal du pédalier.

3.2 VALIDATION EXPERIMENTALE

Activité 7

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

- sélectionner la première vitesse du dérailleur (rapport de transmission = 1)
- procéder à une séquence de pédalage à environ 60 tr.min⁻¹ (à lire sur l'ordinateur de bord du trainer)
- lire la vitesse de la roue arrière dans la fenêtre 4 du projet « velo » (VY3 Nroue)

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		

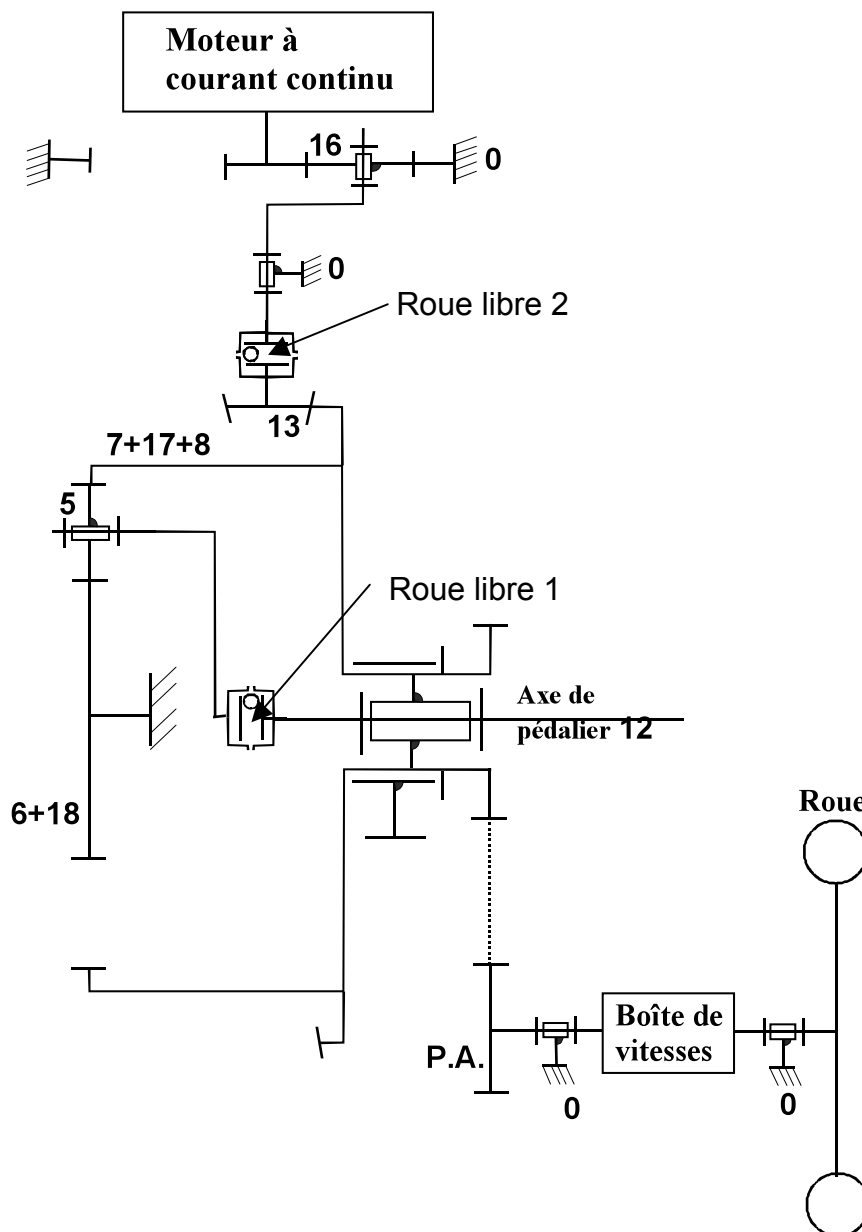
Comparer r_{mes} et r_{att} . Conclure et justifier le choix du constructeur d'installer un plateau de 24 dents.

3.3 VERIFICATION THEORIQUE ET CONCLUSION

Activité 8 : 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 $r_{\text{cal}} = \frac{\omega_{8/0}}{\omega_{12/0}}$. Comparer r_{mes} et r_{cal} .
Conclure.

Schéma cinématique du système PAS



FIN DE LA PREMIERE PARTIE

DEUXIEME PARTIE

Objectifs de la deuxième partie :

Les activités proposées, dans cette seconde partie, ont pour objectifs :

- d'**étudier** l'assistance et **quantifier** les proportions d'assistance en fonction de la vitesse du cycliste
- de **proposer** une structure électronique du convertisseur statique réalisant la fonction modulation d'énergie en étudiant les transferts de puissance
- de **proposer** des solutions permettant d'augmenter l'autonomie de la batterie.

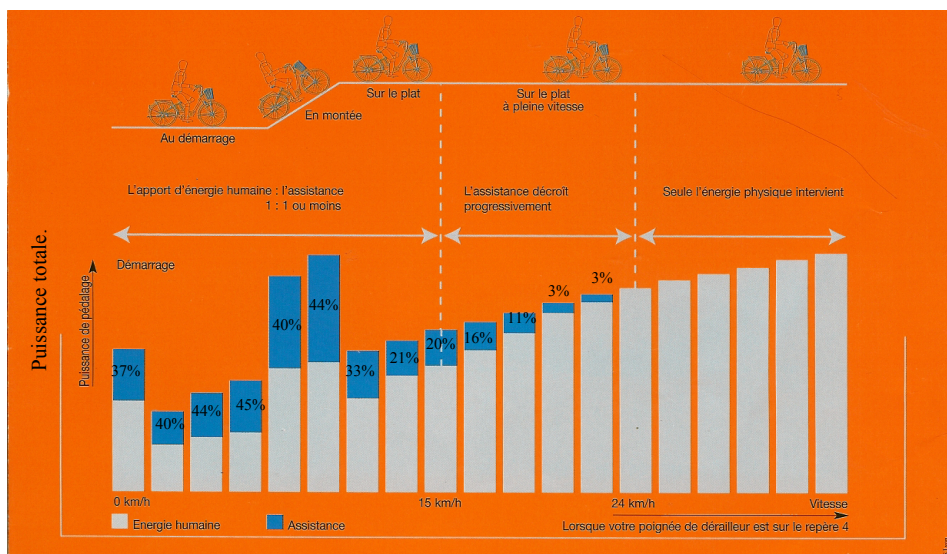
4 VALIDER LES PERFORMANCES DE L'ASSISTANCE SOUHAITEES PAR LE CONSTRUCTEUR

4.1 LE CAHIER DES CHARGES DU CONSTRUCTEUR

Le constructeur indique dans le tableau ci-dessous les proportions d'assistance fournies par le moteur en fonction de la vitesse du vélo.

L'étude qui suit se propose de **vérifier les proportions de l'assistance** fournies par le système en fonction de la vitesse du cycliste.

Remarquer qu'en ordonnée le constructeur appelle puissance de pédalage la puissance totale à la roue qui correspond à la hauteur du « bâton » gris + bleu. Les valeurs en pourcentage ont été calculées à partir des longueurs des bâtonnets et rajoutées sur le diagramme afin d'éviter des calculs fastidieux.



4.2 LE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME PAS

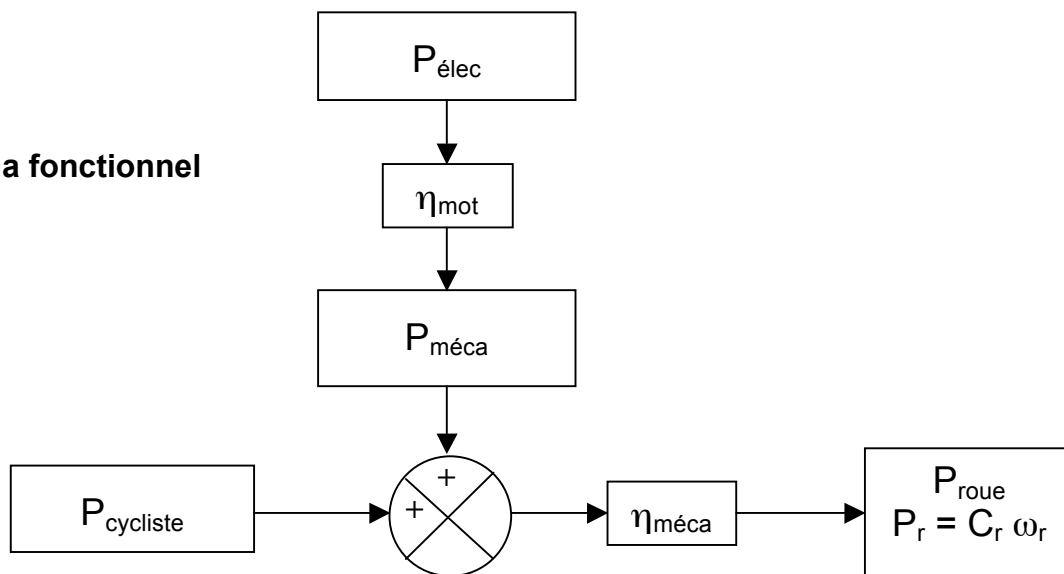
Le système P.A.S. est un système de transmission mécanique à deux entrées et une sortie. La puissance motrice sur la roue est la somme de deux puissances : la puissance musculaire fournie par le cycliste et une puissance électrique d'appoint apportée par un moteur électrique en fonction du couple de pédalage. (Se reporter au Document ressource DRES1 pour la nomenclature).

Lorsque l'assistance n'est pas en service, la puissance est fournie par le cycliste à travers l'axe (12) du pédalier. Cette puissance est transmise par l'intermédiaire du train épicycloïdal à la couronne (7), en liaison complète avec le pédalier (8). Un mécanisme roue libre complète la chaîne cinématique.

Lorsque l'assistance est en service, le moteur électrique (11) fournit une puissance d'appoint à la couronne (7) par l'intermédiaire d'un pignon conique (13) et d'un réducteur épicycloïdal à galets monté à la sortie du moteur. Un mécanisme à roue libre (3) évite de détériorer le moteur et de le transformer en dynamo, en le désaccouplant de la chaîne cinématique lorsque la fréquence de rotation devient trop importante.

La couronne (7) est l'élément central du système, elle fait office de sommateur en recevant les deux puissances et en redistribuant la somme de ces deux puissances au pédalier.

Schéma fonctionnel



Pour la suite, on retient l'hypothèse que les rendements η_{mot} et $\eta_{\text{méca}}$ sont égaux à 1.

Activité 9 : Déterminer les expressions de :

- $P_{\text{élec}}$ puissance absorbée par le moteur en fonction de U_{moteur} et I_{moteur}
- P_{cycliste} puissance fournie par le cycliste en fonction de C_p et Ω_p

4.3 VERIFICATION EXPERIMENTALE DE LA PROPORTION D'ASSISTANCE

4.3.1 Vérification à 40 tr.min⁻¹

L'étude qui suit se limite à **vérifier la proportion de l'assistance** fournie par le système PAS pour une fréquence de pédalage du cycliste de 40 tr.min⁻¹.

Activité 10

Réaliser l'essai à la fréquence de pédalage de 40 tr.min⁻¹ dans les configurations suivantes :

Configuration matérielle :

Sélectionner sur l'ordinateur de bord : fréquence de pédalage N_p (touche + pour basculement km/h, CAD, Watt)

Sélectionner pente (slope) 9.

Sélectionner la 4^{ème} vitesse sur le vélo.

Mettre le boîtier arrière du vélo PAS dans la configuration ci-contre.

Alimentation Carte Média	Marche
Commande Moteur	Système PAS
Système PAS	Pédalage
Sélecteur vélo	ON

Procédure d'essai :

Appliquer la procédure : Acquis / ACQUISITION / AD EXE.

Monter sur le vélo et **pédaler** à la fréquence de pédalage de N_p = 40 tr.min⁻¹ (à visualiser sur l'ordinateur de bord) pendant 10 secondes.

Descendre du vélo et **cliquer** sur le bouton STOP de la fenêtre Acq.

Chaque mesure, réalisée par la carte DIGIMETRIE, est traitée grâce au logiciel DIGIVIEW. Les grandeurs mesurées sont une image en tension [0-5V] des grandeurs.

La puissance du moteur est de 240W, sa tension nominale d'alimentation est de 24V.

4.3.1.1 Détermination de P_{élec} puissance électrique absorbée par le moteur

Une méthode simple permettant de mesurer un courant est de placer une résistance en série avec le montage. Cette résistance R devra permettre d'obtenir une dynamique de sortie de 5V pour le courant maximal.

Activité 11

Déterminer l'ensemble des caractéristiques électriques de la résistance permettant la mesure du courant. Calculer notamment la puissance dissipée par celle-ci.

Donner les avantages et les inconvénients de cette méthode.

Sur le Vélo Yamaha PAS, la méthode retenue utilise un capteur à effet Hall placé autour du fil d'alimentation de l'induit du moteur électrique.

Activité 12

Rappeler le principe de fonctionnement d'une sonde à effet Hall.

Justifier l'utilisation de ce capteur pour mesurer le courant électrique consommé par le moteur, en précisant les avantages et les inconvénients de cette méthode.

Activité 13

Relever à partir du logiciel DIGIVIEW, les valeurs de la tension U_{moteur} aux bornes du moteur et le courant I_{moteur} absorbé par le moteur.

À partir des résultats de l'expérimentation, calculer la puissance électrique P_{elec} absorbée par le moteur.

4.3.1.2 Détermination de P_{cycliste} puissance fournie par le cycliste

- ω_p en rad/s est calculée à partir de la fréquence de rotation du pédalier.
- La mesure de la tension aux bornes d'un potentiomètre (U_{pot}) permet d'obtenir une image du couple de pédalage C_p .
- Après des essais expérimentaux, la relation liant le couple de pédalage C_p en N.m à la tension U_{pot} (exprimée en Volt) est $C_p = 27,2.U_{\text{pot}} - 26,13$.

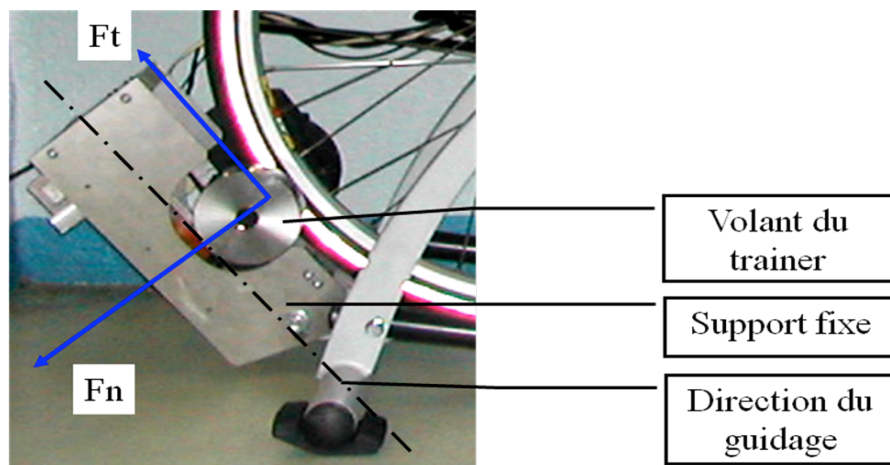
Activité 14

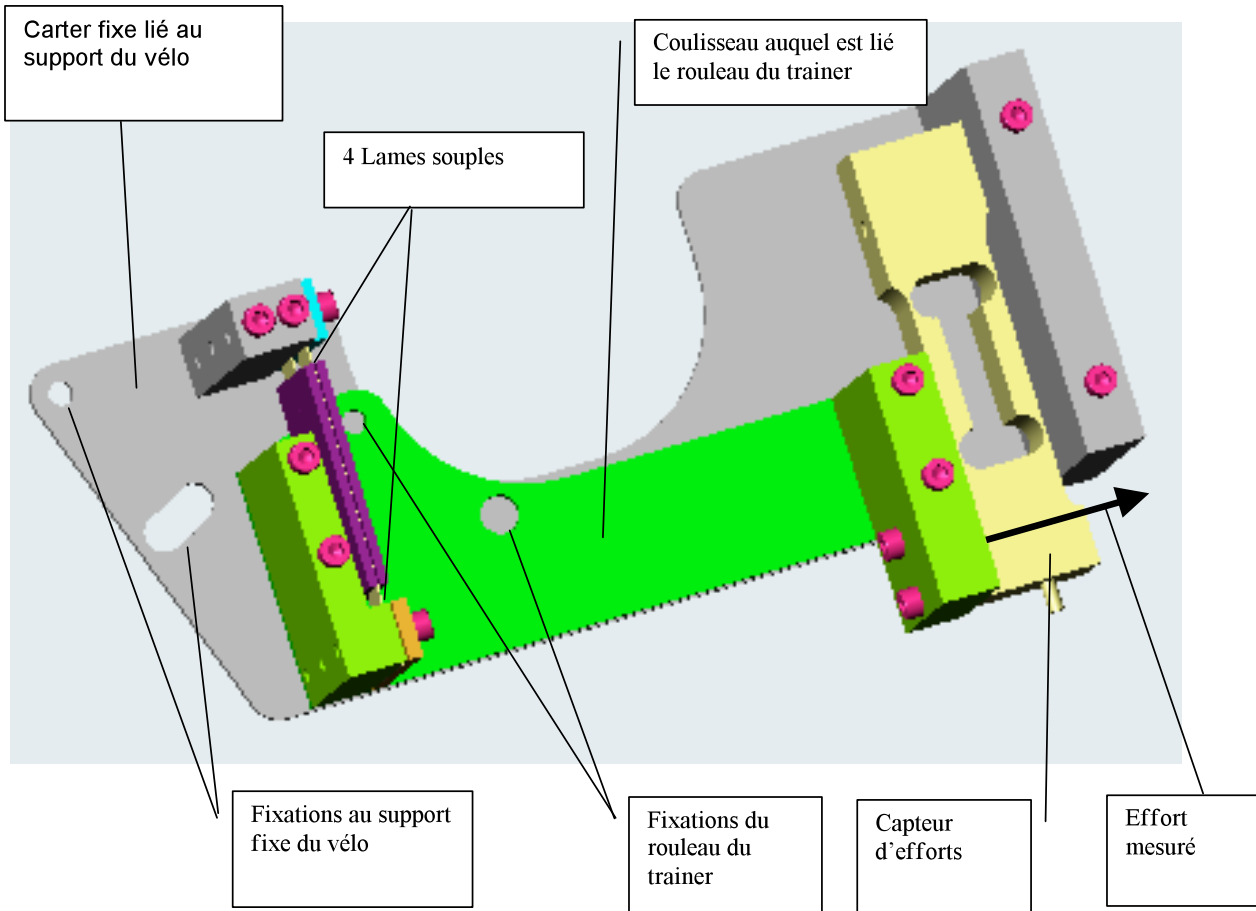
Situer sur le système, le potentiomètre permettant de mesurer le couple de pédalage. Relever à partir du logiciel DIGIVIEW, la valeur de la tension aux bornes du potentiomètre.

À partir des résultats de l'expérimentation, calculer la puissance mécanique P_{cycliste} fournie par le cycliste.

4.3.1.3 Détermination de P_{roue} puissance au niveau de la roue

- $P_{\text{roue}} = C_{\text{roue}} \omega_{\text{roue}}$ est calculée à partir des images de ω_{roue} et C_{roue}
- Le couple au niveau de la roue est mesuré par l'intermédiaire d'un capteur à jauges de déformation qui permet d'obtenir une image de l'effort tangentiel à la roue.
- ω_r en rad/s est à lire directement sur les résultats expérimentaux. **Attention aux unités.**
- Le schéma d'implantation du capteur d'effort tangentiel F_t est fourni ci-dessous.





Activité 15

Rappeler le principe de fonctionnement des jauges de déformation qui permettent de mesurer un effort.

Expliquer en utilisant une description sous forme de blocs fonctionnels, le principe de mesure de l'effort tangentiel F_t installé sur le Vélo instrumenté dont vous disposez.

Justifier que seul l'effort tangentiel F_t est l'image du couple de la roue.

Activité 16

Relever à partir du logiciel DIGIVIEW, la valeur de l'effort tangentiel au niveau de la roue et la vitesse de rotation de la roue.

À partir des résultats de l'expérimentation, calculer la puissance mécanique P_{roue} permettant de propulser le vélo et le cycliste.

4.3.1.4 Conclusion

Activité 17

Analyser vos résultats par rapport à la figure donnant la répartition des puissances fournie par le constructeur.

Quantifier l'écart et discuter les variations notamment vis-à-vis des hypothèses formulées.

4.3.2 Vérification sur toute la plage d'utilisation

L'étude qui suit envisage de **vérifier la proportion de l'assistance** fournie par le système PAS sur toute la plage de fonctionnement du vélo.

Le protocole d'essai décrit ci-dessous, a permis d'obtenir la répartition des puissances donnée sur la figure 3.

Configuration matérielle :

Pente 9 sélectionnée.

4^{ème} vitesse sur le vélo sélectionnée.

Boîtier arrière du vélo PAS dans la configuration ci-contre.

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

Procédure d'essai :

Augmentation progressive (sans à-coup) de la fréquence de pédalage de $N_p = 30$ à $N_p=90$ tours par minute en 20 secondes. Acquisition des données à l'aide du logiciel DIGIVIEW.

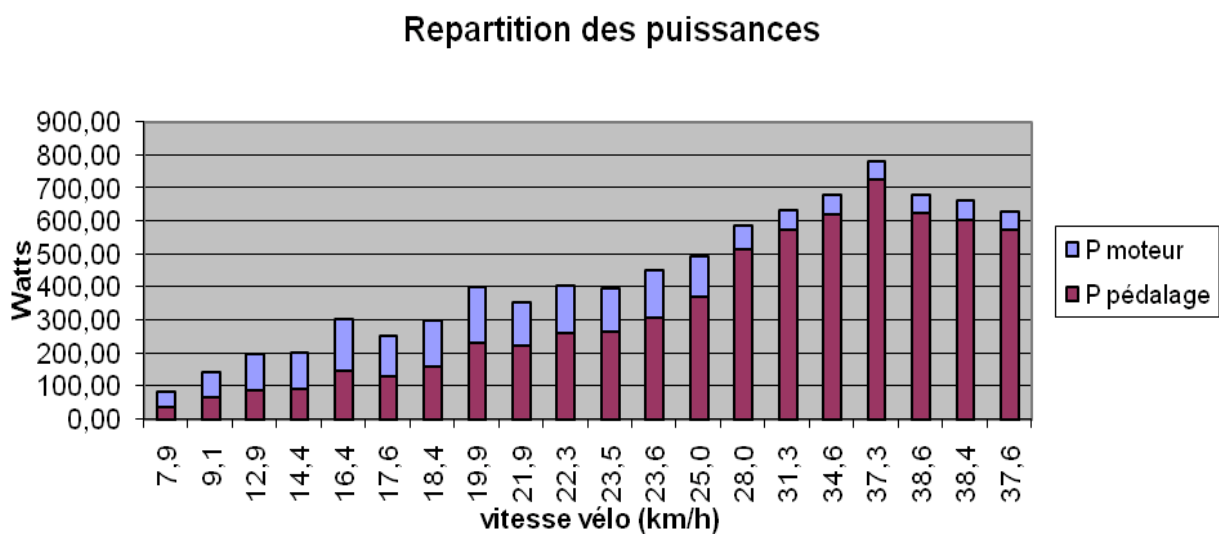


Figure 3 : Répartition des puissances

Activité 18

Commenter ce graphe en le comparant aux données constructeur. Les performances de l'assistance annoncées par le constructeur sont elles validées ?

5 VERIFIER QUE LE VELO A ASSISTANCE AU PEDALAGE RESPECTE LA LEGISLATION EN VIGUEUR

5.1 OBJECTIF

Pour respecter la législation en vigueur sur le port du casque, la vitesse du vélo en propulsion assistée ne doit pas excéder une vitesse limite $V = 24 \text{ km.h}^{-1}$.

Pour une vitesse $V > 24 \text{ km/h}$, le moteur à courant continu doit être inopérant.

Les objectifs de l'étude qui suit sont les suivants :

- **vérifier** que le vélo à assistance au pédalage respecte la législation
- **justifier** la solution technologique adoptée par le constructeur et **proposer** deux évolutions de solution technologique en vue d'optimiser la durée de vie de la batterie.

5.2 MISE EN ŒUVRE EXPERIMENTALE

Activité 19

Calculer la fréquence de pédalage permettant de dépasser une vitesse de déplacement du vélo de 24 km.h^{-1} .

Procéder à une séquence de pédalage en dépassant 24 km.h^{-1} en 4^{ème} vitesse conformément à la procédure d'essai décrite ci-contre et ci-dessous.

Régler les autres paramètres sur l'ordinateur de bord qui permettent d'atteindre l'objectif.

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

Procédure d'essai :

Appliquer la procédure : Acquis / ACQUISITION / AD EXE.

Monter sur le vélo et **pédaler** pendant 5 secondes pour atteindre la vitesse de 24 km.h^{-1} .

Descendre du vélo et **cliquer** sur le bouton STOP de la fenêtre Acq.

5.3 ANALYSE DES RESULTATS

Activité 20

Analyser la courbe du courant absorbé par le moteur, et déterminer l'instant où l'assistance devient inopérante.

Analyser la courbe de la fréquence de rotation de la roue, et vérifier que la législation est bien respectée.

Activité 21

Analyser la courbe de la fréquence de rotation du moteur et proposer une solution technologique permettant de justifier la déformation de la courbe au moment de la perte de l'assistance.

A l'aide de la mallette et du modèle numérique, détailler la solution technologique adoptée par le constructeur.

Analyser la courbe du courant absorbé par le moteur lorsque le cycliste pédale sans assistance.

Déterminer le mode de fonctionnement de la machine à courant continu lorsque l'assistance est inopérante.

5.4 CONCLUSION

Activité 22

Déterminer la structure de base du convertisseur statique permettant d'obtenir le fonctionnement analysé précédemment.

L'autonomie est-elle optimale avec les solutions technologiques retenues par le constructeur sur le vélo à assistance au pédalage dont vous disposez ?

6 PROPOSER DES EVOLUTIONS DE SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Activité 23

Proposer une première modification du système permettant d'optimiser la distance de déplacement du vélo à assistance au pédalage sans changer les solutions technologiques retenues.

Donner les avantages et les inconvénients de cette modification.

Activité 24

Proposer une seconde modification du système permettant d'optimiser la distance de déplacement du vélo à assistance au pédalage en changeant certaines des solutions technologiques retenues.

Préciser alors la structure de base du convertisseur statique à utiliser.

Quelles conséquences cela produirait-il au niveau des sensations du cycliste ?