

Vélo électrique YAMAHA PAS XPC 26

Dossier technique



Sommaire

1	LE PRODUIT	3
2	ANALYSE FONCTIONNELLE PARTIELLE DU VELO YAMAHA XPC26	4
2.1	RAISON D'ETRE DU VELO ELECTRIQUE	4
2.2	GESTION DE L'ASSISTANCE	4
2.3	FONCTION DE SERVICE : ASSISTER UN CYCLISTE AU PEDALAGE	5
2.3.1	<i>Les milieux extérieurs en phase de vie « assistance »</i>	5
2.3.2	<i>Les fonctions de service</i>	6
2.3.3	<i>Critères d'appréciation des fonctions de service</i>	6
2.3.4	<i>Satisfactions des clients de bicyclettes classiques</i>	7
3	LA CHAINE D'ENERGIE ET LE SYSTEME PAS	7
3.1	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	7
3.2	GESTION DE L'ASSISTANCE	7
3.3	F.A.S.T. DU SYSTEME PAS	7
3.4	SCHEMA FONCTIONNEL DU SYSTEME PAS	7
3.5	LE DERAILLEUR NEXUS	8
3.6	RAPPORT DE CHAINE	8

1 LE PRODUIT

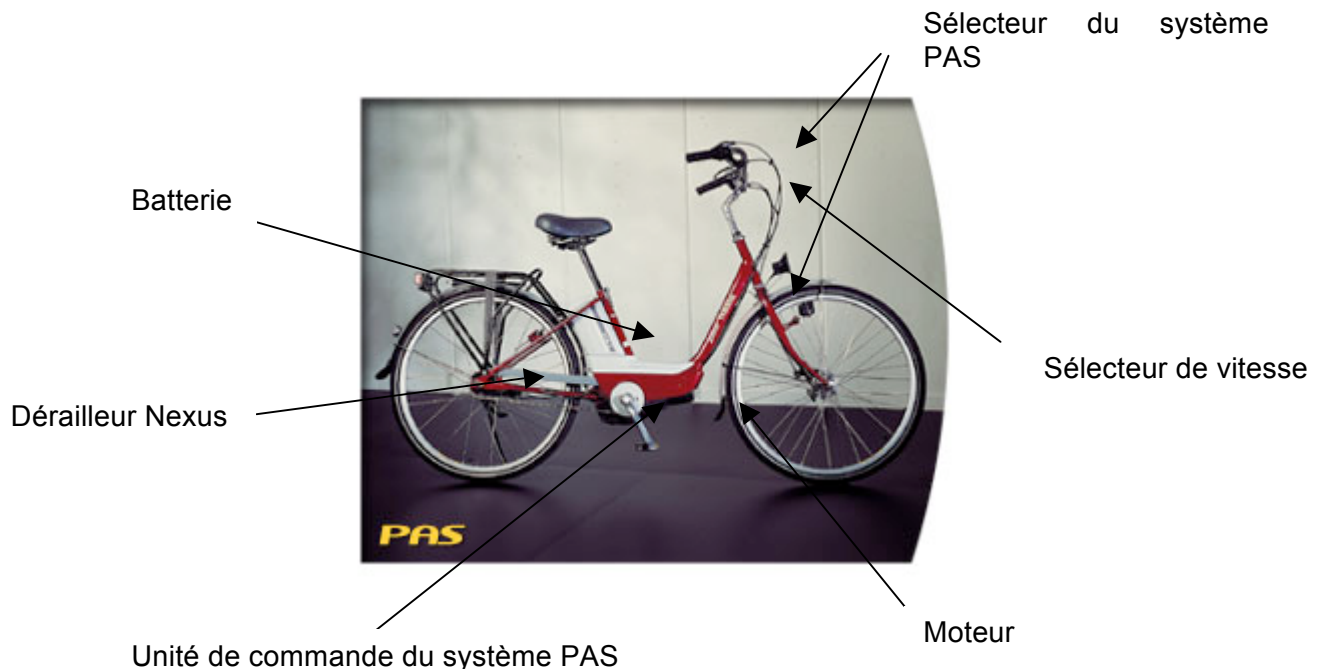
Depuis son invention, il y a près d'un siècle et demi, la bicyclette n'a cessé de suivre les évolutions technologiques liées aux principes de transmission de puissance, aux matériaux et à leur mise en forme. Jusqu'alors, seule l'énergie développée par le cycliste était motrice et celui-ci peinait lorsqu'il lui fallait fournir un effort important. Depuis 1997, la société japonaise Yamaha propose un produit dont le principe repose sur l'utilisation d'une énergie d'appoint qui prend en charge une partie du travail à fournir lorsque le pédalage devient difficile (démarrage, montées, vent de face ...).

Le système d'aide au pédalage est un système commandé puisque son assistance dépend de :

- l'effort de pédalage ;
- la vitesse de la bicyclette.

Ce nouveau concept de vélo utilise :

- Le système d'assistance électrique PAS (Power Assist System) développé par la société Yamaha. Ce système est monté sur l'axe de pédalier. Un sélecteur trois positions (Off – On – Eco) monté sur le guidon du vélo permet de couper ou non le système PAS.
- Un dérailleur Nexus 4 à trains épicycloïdaux et à frein intégré développé par la société Shimano. Ce dérailleur est situé dans le moyeu de la roue arrière. La sélection des vitesses pour le dérailleur Nexus 4 est manuelle.
- Une batterie NiCd de 24 V et 5 Ah facilement escamotable pour être rechargée en quelques heures sur simple prise de courant. Un indicateur de charge est placé sur le guidon du vélo permettant de connaître le taux de charge disponible.



2 ANALYSE FONCTIONNELLE PARTIELLE DU VELO YAMAHA XPC26

2.1 RAISON D'ETRE DU VELO ELECTRIQUE

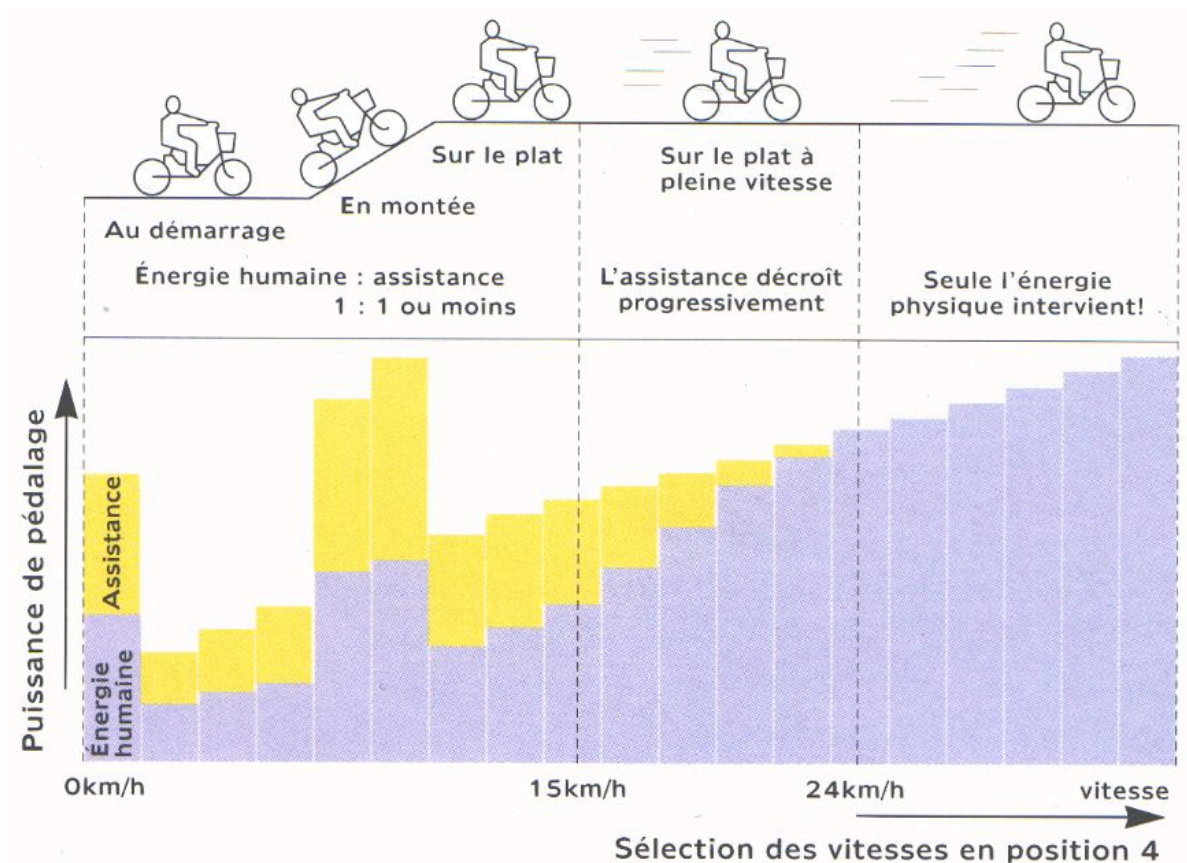
Assister le cycliste dans l'effort

2.2 GESTION DE L'ASSISTANCE

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 et 24 km/h, l'assistance décroît progressivement au fur et à mesure que la vitesse augmente ;
- à partir de 24 km/h, l'assistance est nulle et seule la puissance du cycliste est motrice.

Le graphique ci-dessous, extrait d'une brochure commerciale, met en évidence la variation de l'assistance :



La puissance d'appoint est délivrée par le moteur électrique qui est commandé par le calculateur. Celui-ci transmet les consignes élaborées selon une loi préprogrammée en fonction de la puissance fournie par le cycliste (information collectée par l'intermédiaire de capteurs).

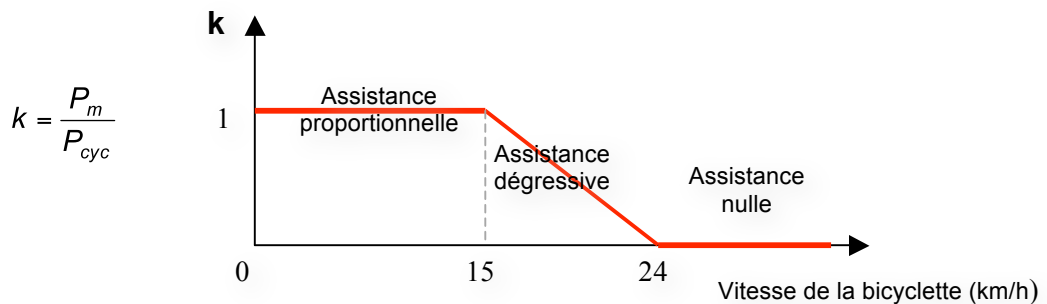
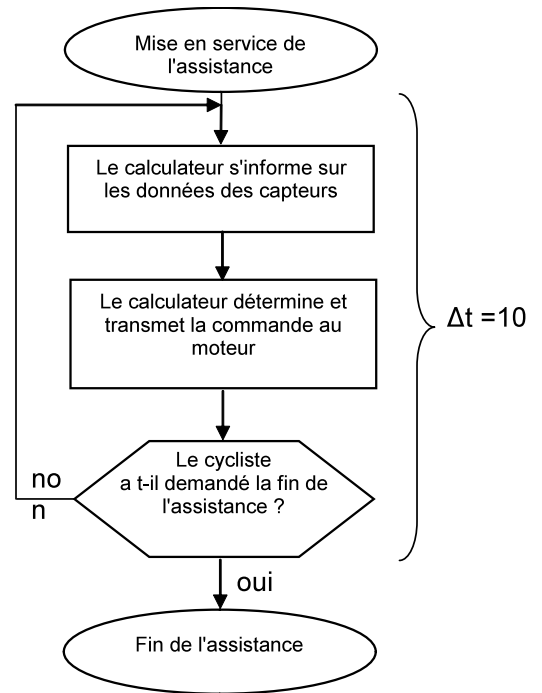
Ce mode de fonctionnement correspond au cycle défini ci-contre :

Le temps de cycle est de 10 ms lorsque le cycliste ne demande pas la fin de l'assistance.

La faible durée du temps de cycle permet au constructeur de ne pas envisager une commande asservie tout en conservant une précision suffisante sur l'assistance. Ainsi, le moteur est commandé en boucle ouverte sans boucle de retour d'information au calculateur.

Pour respecter la législation sur le port du casque dans un certain nombre de pays, la vitesse du vélo en propulsion ne doit pas excéder 25 km/h. Le système de commande doit donc impérativement mettre hors tension le moteur d'assistance avant d'avoir atteint cette vitesse. Pour le confort de l'utilisateur, l'assistance doit s'interrompre de manière progressive.

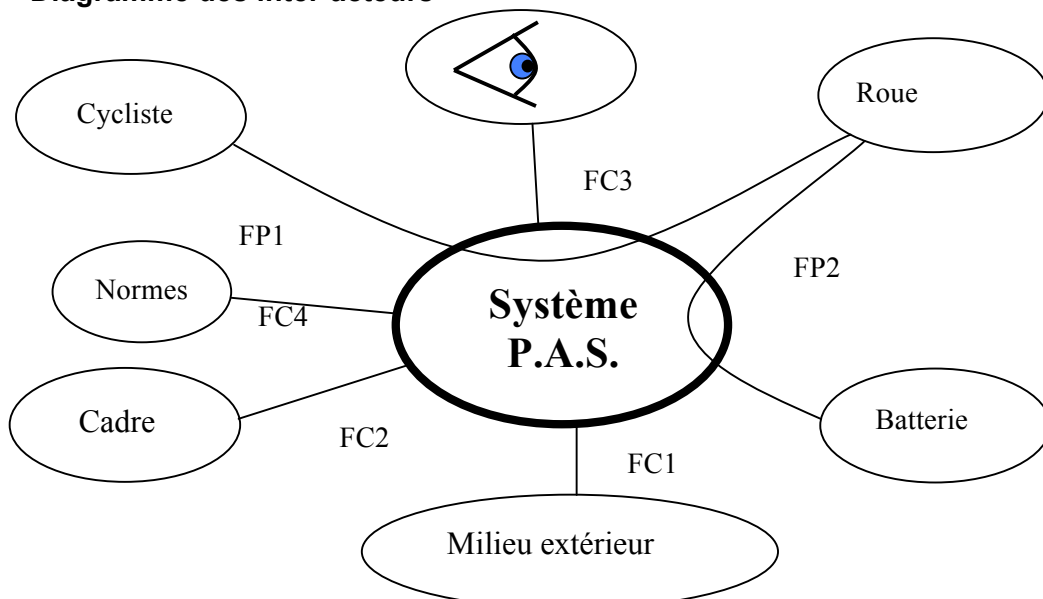
Le constructeur présente la loi de commande en fonction de la vitesse de la bicyclette lorsque le sélecteur de vitesses est en position 4 (quatrième vitesse) comme suit :



2.3 FONCTION DE SERVICE : ASSISTER UN CYCLISTE AU PEDALAGE

2.3.1 Les milieux extérieurs en phase de vie « assistance »

- Diagramme des inter-acteurs



- **Les milieux extérieurs**

Le cycliste	Personne normalement constituée d'un âge supérieur à 16 ans Public visé : toute personne
Roue	Equipée d'un pneu gonflé sur un vélo classique
Cadre	Cadre d'un vélo classique
Batterie	24 V, autonomie permettant de parcourir 30 Km à moyenne puissance
Milieu extérieur	Pluie, poussière, boue

La masse du système PAS doit rester inférieur à 7 kg

2.3.2 Les fonctions de service

FP1	Transmettre la puissance du cycliste à la roue.
FP2	Fournir une puissance d'appoint en fonction du couple de pédalage et de la vitesse
FC1	Résister à la corrosion et aux agressions du milieu extérieur.
FC2	S'adapter au cadre de la bicyclette
FC3	Plaire au client
FC4	Respecter les normes de sécurité

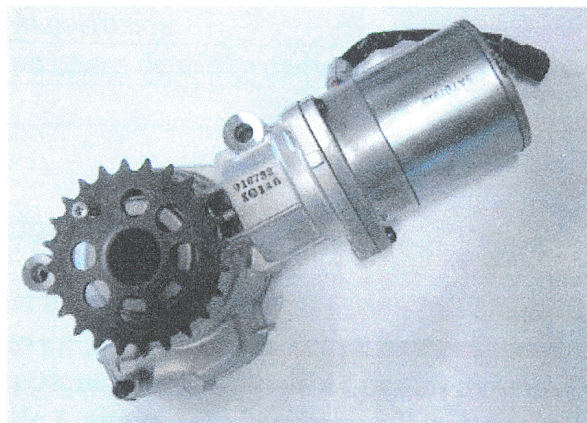
2.3.3 Critères d'appréciation des fonctions de service

Transmettre la puissance du cycliste à la roue.	Capacité d'un cycliste peu entraîné Effort sur une pédale pour obtenir l'assistance Vitesse de croisière en fonction du relief	100 W en régime de croisière, 150 W maxi < 150 Newtons 10 km/h en pente de 2°/horizontale 15 km/h sur le plat
Fournir une puissance d'appoint en fonction du couple de pédalage et de la vitesse du cycliste.	Capacité moteur Loi d'assistance Autonomie sur terrain plat	235 W (24 Volts) Conforme à la réglementation 30 km minimum
Résister à la corrosion et aux agressions du milieu extérieur.	Etanchéité à la pluie Etanchéité aux poussières Corrosion	Protégé contre les projections d'eau Pas de pénétration de corps étrangers ($\Phi=5\mu\text{m}$) Pas d'amorce de corrosion avant 7000 km
S'adapter au cadre de la bicyclette.	Masse du système PAS Encombrement Localisation des points d'encrage	< 7 kg Longueur, largeur, hauteur : < 320, 150, 100 Doit s'adapter à la bicyclette Yamaha
Plaire au client	Mener une enquête auprès des consommateurs	
Respecter les normes de sécurité	Vitesse maxi du cycliste sous assistance seule	24 km.h ⁻¹

2.3.4 Satisfactions des clients de bicyclettes classiques

Une étude des satisfactions "client" a montré que les rapports des vitesses sur les vélos classiques étaient satisfaisants et que les puissances à transmettre aux pédales ne devaient pas changer.

3 LA CHAÎNE D'ENERGIE ET LE SYSTEME PAS



3.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le système PAS est un système de transmission mécanique à deux entrées et une sortie. La puissance motrice sur la roue est la somme de la puissance musculaire fournie par le cycliste et de la puissance électrique d'appoint fournie par un moteur à courant continu **11**. Cet apport complémentaire de puissance est fonction du couple de pédalage et de la fréquence de rotation de la couronne **7** ($Z_7= 69$ dents).

Lorsque l'assistance n'est pas en service, toute la puissance est fournie par le cycliste à travers l'axe de pédalier **12**. Cette puissance est transmise par l'intermédiaire du train d'engrenages à la couronne **7** ($Z_7= 69$ dents), en liaison encastrement avec le pédalier **8**. Un mécanisme roue libre complète la chaîne cinématique.

Lorsque l'assistance est en service, le moteur à courant continu **11** fournit une puissance d'appoint à la couronne **7** ($Z_7= 69$ dents) 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.

3.2 GESTION DE L'ASSISTANCE

Le couple de pédalage est déterminé à partir du déplacement angulaire du levier **18** monté sur le planétaire **6** ($Z_6= 33$ dents). Ce planétaire est partiellement arrêté en rotation par le ressort **14** qui se comprime plus ou moins suivant le couple de pédalage ; le décalage angulaire est alors enregistré par le potentiomètre **10** qui transmet l'information à un calculateur.

À couple de pédalage constant, lorsque la fréquence de rotation de la couronne **7** ($Z_7= 69$ dents) augmente, la puissance d'appoint diminue et éventuellement le moteur est désaccouplé.

3.3 F.A.S.T. DU SYSTEME PAS

(dossier ressources)

3.4 SCHEMA FONCTIONNEL DU SYSTEME PAS

(dossier ressources)

3.5 LE DERAILEUR NEXUS

Le schéma cinématique ci-dessous représente la modélisation adoptée pour l'étude cinématique des 2^{ème}, 3^{ème} ou 4^{ème} vitesses du dérailleur Nexus4.*

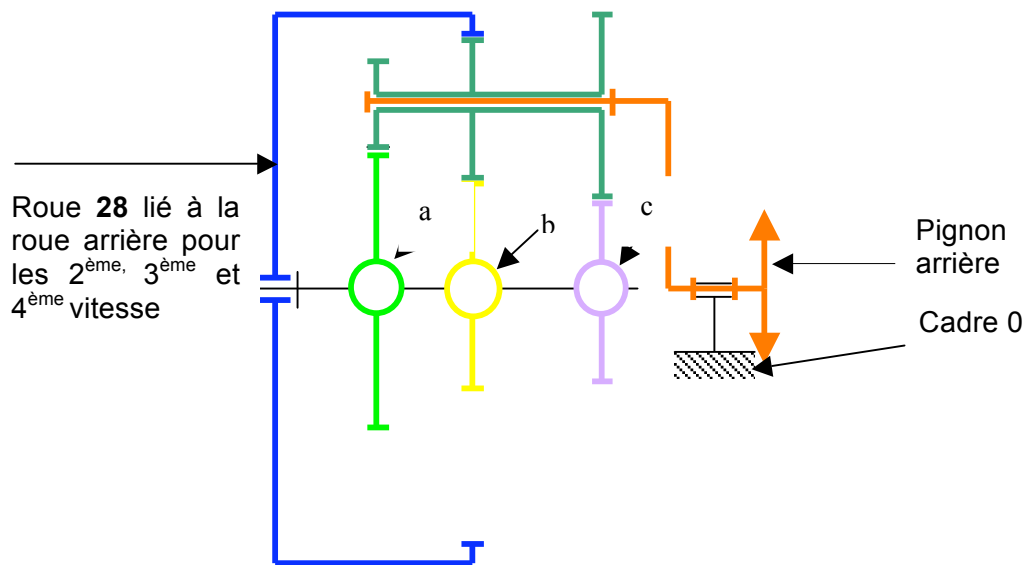


Schéma cinématique du dérailleur Nexus

Le passage des différentes vitesses (2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème}) s'effectue en bloquant un des trois planétaires par rapport au bâti.

Vitesse	Nature des liaisons					
	Complète			Pivot		
	a	b	c	a	b	c
2			X	X	X	
3				X		X
4	X				X	X

Rapport de transmission	Première vitesse	Deuxième vitesse	Troisième vitesse	Quatrième vitesse
$K_i = \frac{\omega_{27/0}}{\omega_{28/0}}$	1	0,80	0,66	0,54

3.6 RAPPORT DE CHAINE

Le rapport de la chaîne est de 0,91

Vélo électrique instrumenté Média

Dossier technique



Sommaire

1	PRESENTATION DU BANC DE MESURE	2
2	BANC DE MESURE MEDIA.....	3
3	LES MESURES	4
3.1	SYNOPTIQUE DE CABLAGE DU BANC DE MESURE	4
3.2	INSTRUMENTATION DU SYSTEME P.A.S.	5

1 LE BANC DE MESURE

La société Media commercialise un banc de mesure du vélo Yamaha PAS dont les principaux constituants sont :

- un vélo Yamaha PAS sur lequel :
 - les signaux « tension du moteur à courant continu », « intensité du moteur à courant continu » et « tension du capteur de mesure de l'effort de pédalage » sont prélevés et envoyés au boîtier MEDIA.
 - un capteur de vitesse de rotation du moteur à courant continu a été placé dans le prolongement de l'arbre moteur. Le signal de sortie de ce capteur est envoyé au boîtier MEDIA.
- un boîtier électronique MEDIA qui :
 - met en forme les divers signaux en vue d'une acquisition de ceux-ci par une carte électronique implantée dans le micro-ordinateur.
 - permet, grâce aux interrupteurs situés sur sa face arrière, de travailler selon les trois modes suivants :
 - le mode « PEDALAGE – SYSTEME PAS » : au cours d'une séquence normale d'utilisation (avec cycliste et le sélecteur PAS sur On), 6 grandeurs physiques sont mesurables par la carte d'acquisition Digimétrie
 - le mode « SIMULATION – SYSTEME PAS » : un effort de pédalage est alors simulé. Pour cela, la carte Digimétrie, via le boîtier MEDIA, envoie un signal à l'unité de commande du système PAS à la place de celui du capteur d'effort de pédalage. 6 grandeurs physiques sont toujours mesurables. Aucun cycliste n'est nécessaire.
 - le mode « SIMULATION – INHIBITION PAS » : l'unité de commande du système PAS est alors inhibé. Pour cela, la carte Digimétrie, via le boîtier MEDIA, envoie un signal au moteur à courant continu du système PAS à la place de celui de l'unité de commande du système PAS. 6 grandeurs physiques sont toujours mesurables. Aucun cycliste n'est nécessaire.
- un trainer « Tacx Cycleforce », principalement constitué d'un simulateur de résistance, qui comporte un capteur de vitesse de rotation de la roue arrière. Le signal de sortie de ce capteur est prélevé et envoyé au boîtier MEDIA.
- un capteur d'effort tangentiel Ft implanté sur le simulateur de résistance du trainer. Le signal de sortie de ce capteur d'effort est envoyé au boîtier MEDIA.
- une carte d'acquisition Digimétrie. Implantée dans le micro-ordinateur, elle comporte 7 voies d'Entrée/Sortie analogiques.
 - 6 de ces voies sont configurées en entrée et permettent d'acquérir 6 tensions électriques, images des grandeurs physiques prélevées sur le banc.
 - une voie est configurée en sortie. Elle est utilisée en mode « simulation ».
- un micro-ordinateur. Muni du logiciel « Digiview32 », il permet l'exploitation des données d'Entrée/Sortie de la carte Digimétrie.

2 BANC DE MESURE MEDIA

boîtier Média

Sélecteur du système PAS

Ordinateur de bord

Information :

- Vitesse en km. h⁻¹
- Cadence de pédalage
- Puissance du cycliste

Réglage :

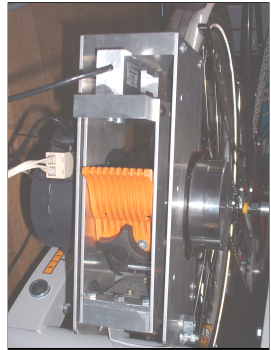
- Freinage du trainer par courant de Foucault



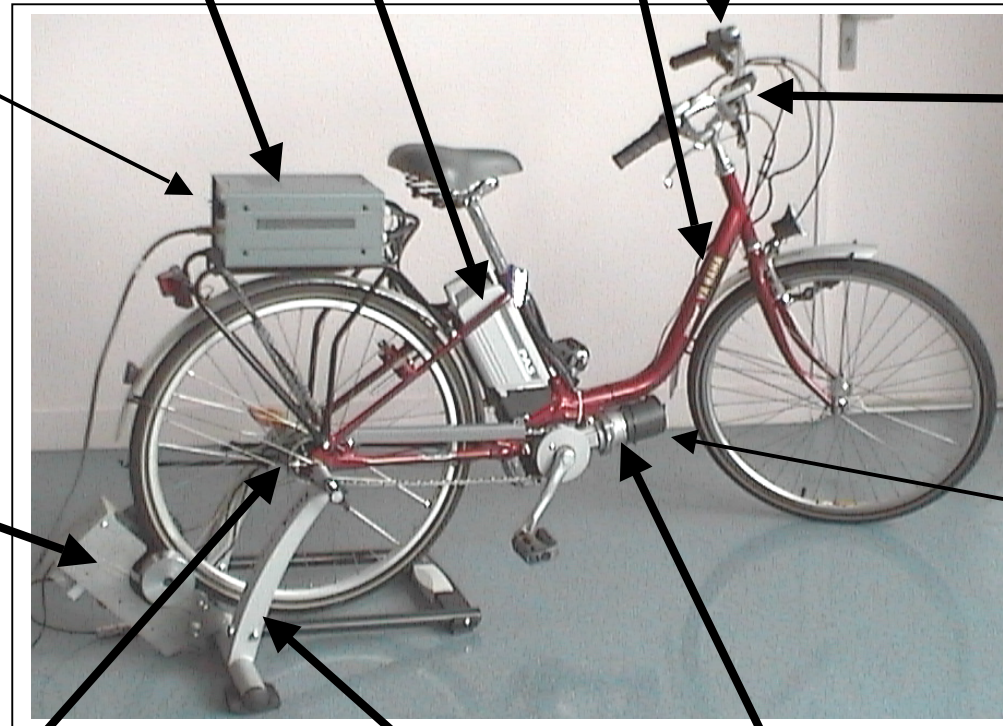
Face arrière du boîtier Média



Batterie



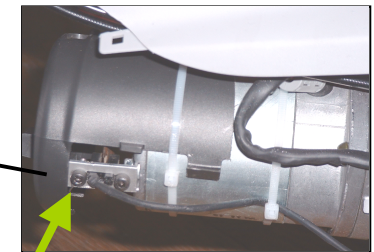
- Capteur d'effort tangentiel



Boîte de vitesse NEXUS

Trainer

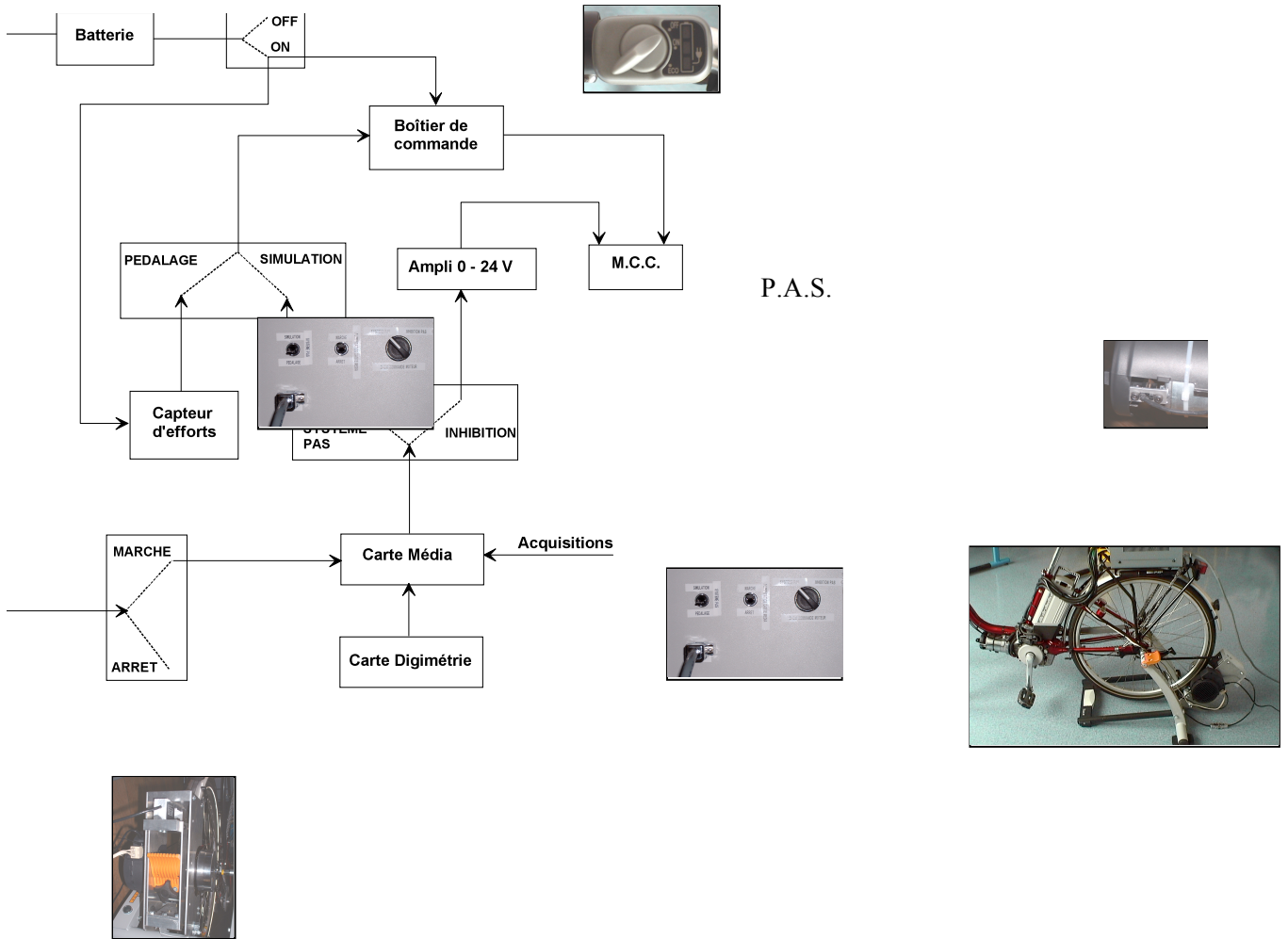
Système PAS



Capteur de vitesse de rotation Moteur du système PAS

3 LES MESURES

3.1 LE CABLAGE DU BANC DE MESURE



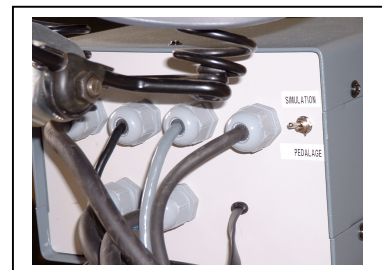
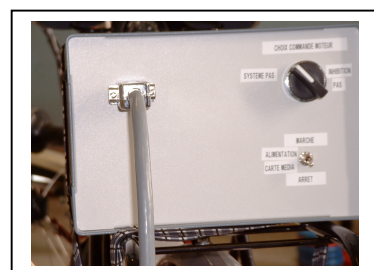
P.A.S.

- V0 : U potentiomètre
- V1 : U Moteur
- V2 : I moteur
- V3 : N roue
- V4 : Ft roue
- V6 : N moteur

Signal V5

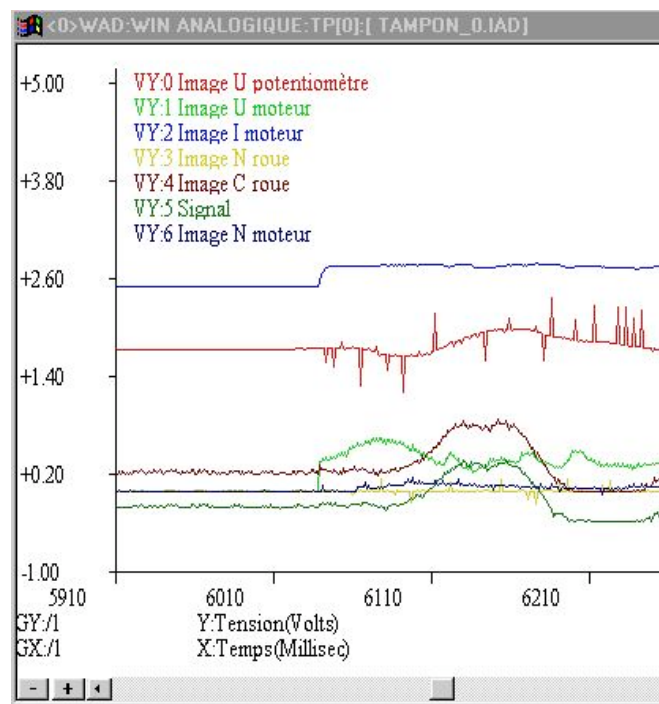


Faces avant et arrière



3.2 INSTRUMENTATION DU SYSTEME P.A.S.

Une acquisition avec la carte Digimétrie montre que ce système est équipé de 6 capteurs.



Chaque capteur envoie un signal électrique sous la forme d'une tension, qui correspond à l'image de la grandeur mesurée :

- **sur la voie 0**, image de la tension du potentiomètre de mesure du couple de pédalage C_p
- **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 rotation de la roue arrière,
- **sur la voie 4**, image de l'effort tangentiel appliqué sur la roue arrière,
- **sur la voie 6**, image de la vitesse de rotation du moteur à courant continu.

Pour les voies 0,1 et 2, le signal est capté et envoyé dans la carte Media située dans le boîtier fixé sur le porte-bagages.

Pour la voie 3, le signal du trainer, qui permet d'obtenir la vitesse en $km.h^{-1}$ sur l'afficheur fixé sur le guidon, est envoyé lui aussi à la carte Media.

Ces signaux sont filtrés puis envoyés à la carte Digimétrie.

Remarque : La voie 5 correspond au signal qui est généré depuis la carte Digimétrie et qui est envoyé au boîtier de commande.

DOSSIER RESSOURCE

UTILISATION DU TRAINER TACX CYCLEFORCE



UTILISATION DU TRAINER TACX CYCLEFORCE

Le trainer « Tacx Cycleforce » est utilisé sur le banc MEDIA pour simuler une résistance sur la roue arrière du vélo Yamaha PAS.

Ce trainer est principalement constitué :

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



Capteur de cadence

Cadre pliable

Simulateur de résistance



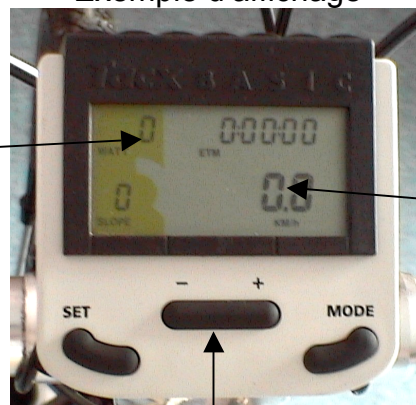
Ordinateur de bord

- 1 Trois types de données sont enregistrés et visualisables par l'ordinateur de bord :
 - la vitesse du vélo (en km.h^{-1})
 - la puissance totale fournie (en Watt)
 - la cadence de pédalage (en tr.min^{-1})

Avec les touches + et - vous pouvez commuter le visuel de vitesse à puissance et ainsi de suite.

Exemple d'affichage

Affichage de la puissance totale (Watt)



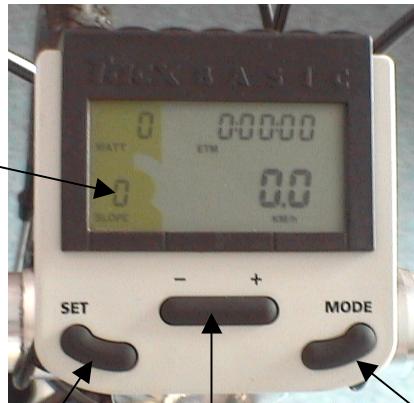
Affichage de la vitesse (km.h^{-1})

Touches + et -

	Utilisation du Trainer Tacx Cycle force	
--	--	--

- 2 Avec le trainer, il est possible de simuler une résistance sur la roue arrière du vélo. Cela se fait sur l'ordinateur de bord au moyen de la variable **SLOPE**. Cette variable agit sur le rouleau du simulateur. Le constructeur a défini quatorze paliers de résistance, c'est-à-dire que la variable **SLOPE** peut varier de - 4 à + 9. Après avoir pressé sur la touche **SET**, vous verrez clignoter dans l'angle inférieur gauche la résistance en montée (**SLOPE**), qui est réglée d'usine sur 0. Avec les touches **+** et **-**, vous pouvez faire varier la résistance de - 4 à + 9. En appuyant ensuite sur la touche **MODE**, vous pourrez fixer le nouveau paramètre de résistance.

Affichage de la résistance en montée (SLOPE)



Touche SET

Touches + et -

Touche MODE

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