

LE VELO ELLIPTIQUE VE 750 DOMYOS

1 PRESENTATION

Le vélo elliptique VE 750 est un appareil de fitness pour la remise en forme.

Il associe les mouvements circulaires du vélo, les mouvements horizontaux de la marche à pied et ceux verticaux du stepper : c'est donc un entraînement cardio-vasculaire très complet et sans impact sur les articulations, car les pieds restent toujours en contact avec les pédales.

Le mouvement très particulier, en forme d'ellipse, avant ou arrière des pieds, associé au mouvement des bras, permet de simuler le mouvement naturel de la marche tout en faisant travailler l'ensemble du corps. Cet appareil développe les dorsaux, les pectoraux, les fessiers, les quadriceps, les mollets et les muscles des bras.

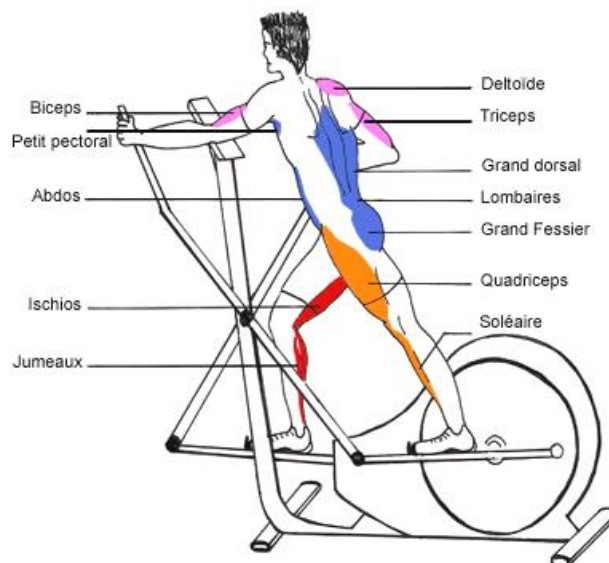


Fig.1 : Travail musculaire

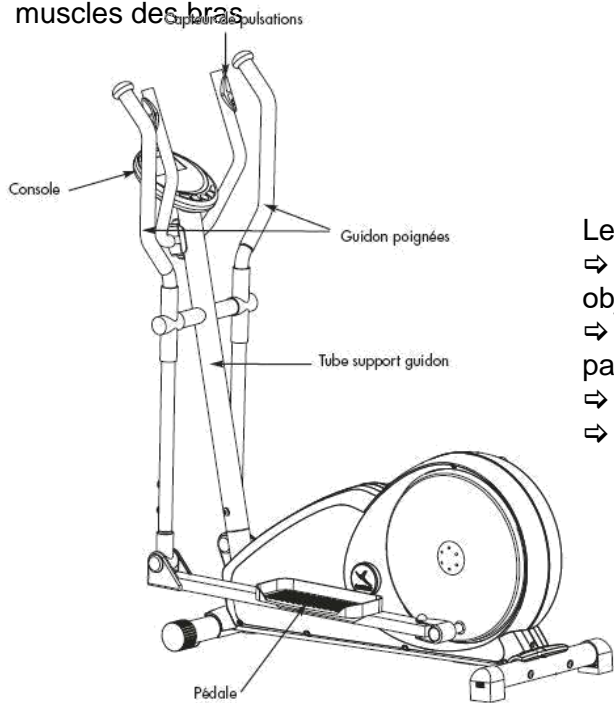


Fig.2 : Vélo elliptique

Le vélo est équipé :

- ⇒ d'une console afin de choisir et d'afficher les objectifs et les mesures de l'activité,
- ⇒ de capteurs de pulsations cardiaques saisis par les paumes de la main,
- ⇒ d'une roue d'inertie de 8 kg,
- ⇒ d'un réglage motorisé de la résistance au pédalage.

2 SOLUTIONS TECHNIQUES

2.1 DESCRIPTION DU SYSTEME

Lors de l'entraînement, l'utilisateur génère un mouvement de rotation du pédalier. Ce mouvement est transmis à une roue d'inertie par un système de poulies courroie. Cette roue d'inertie s'oppose aux accélérations et décélérations brutales du mouvement. Elle permet donc de fluidifier le mouvement.

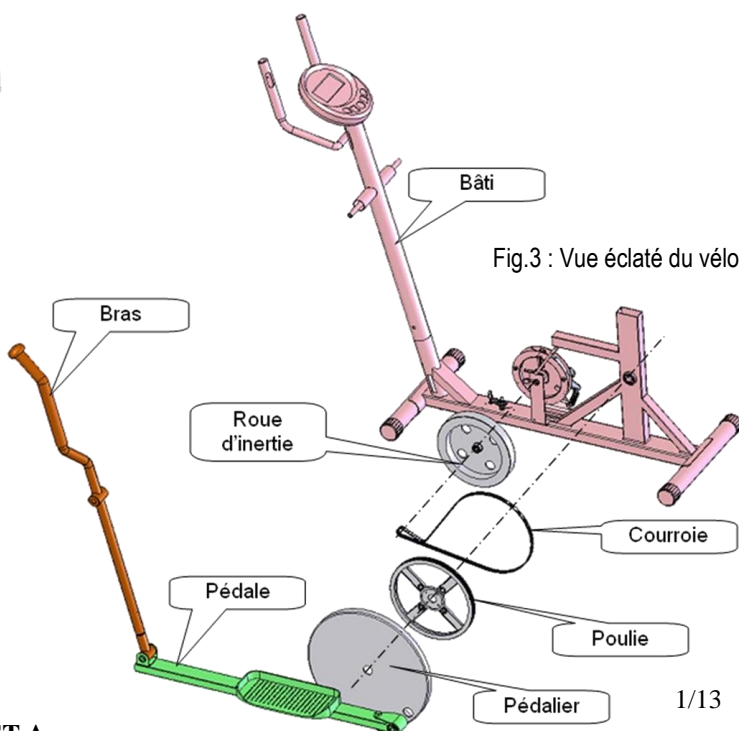


Fig.3 : Vue éclatée du vélo

2.2 LIAISONS CINEMATQUES DU VELO

Liaison entre le bras 2 et le bâti 1 :

- Pivot de centre A et de direction \vec{x}

Liaison entre le bras 2 et la pédale 3 :

- Pivot de centre B et de direction \vec{x}

Liaison entre la pédale 3 et le pédalier 4 :

- Pivot de centre C et de direction \vec{x}

Liaison entre le pédalier 4 et le bâti 1 :

- Pivot de centre D et de direction \vec{x}

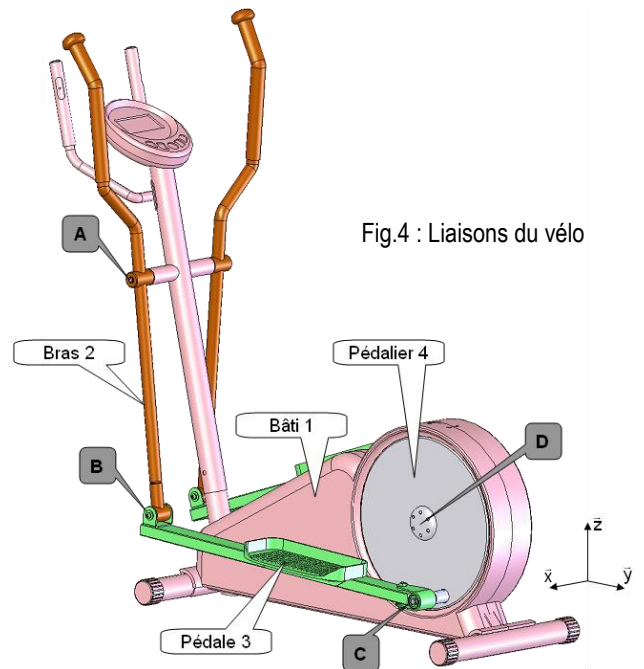


Fig.4 : Liaisons du vélo

2.3 TRANSMISSION ENTRE LE PEDALIER ET LA ROUE D'INERTIE

La transmission entre le pédalier et la roue d'inertie est réalisée par un système de poulies et courroie.

Le schéma ci-dessous donne les caractéristiques de cette transmission.

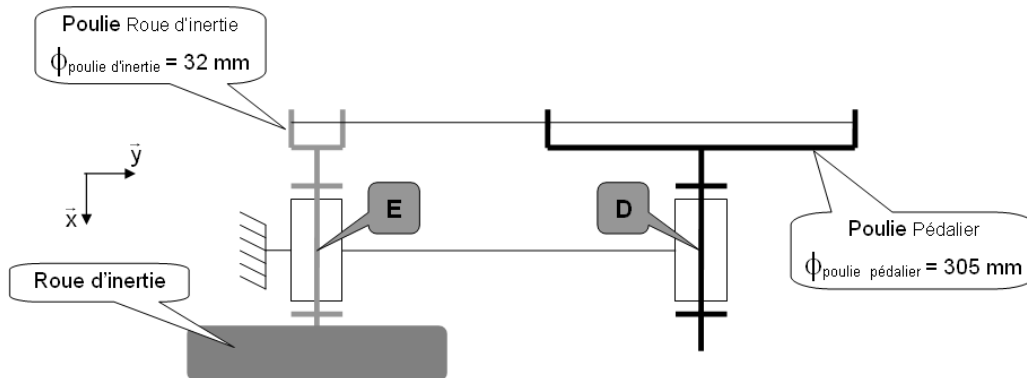


Fig.5 : Transmission pédalier / roue d'inertie

2.4 DESCRIPTION DU FREINAGE DE LA ROUE D'INERTIE

Pour faire varier la difficulté de l'entraînement, un **système magnétique** vient freiner la roue d'inertie. En approchant des aimants de la roue, ceux-ci génèrent des courants induits dans la roue (appelés courants de Foucault). Ces courants, combinés au champ magnétique, engendrent des forces qui s'opposent au mouvement de rotation pour ainsi durcir l'effort de pédalage. Par ailleurs, ils provoquent un échauffement de la roue par application de l'effet Joules.

Le **déplacement** des aimants est **motorisé** : un ensemble **moto-réducteur-enrouleur** permet de tendre ou de détendre un câble métallique afin d'approcher ou d'éloigner les aimants de la roue d'inertie ce qui permet de régler précisément la résistance au pédalage. Huit niveaux d'efforts sont disponibles et sélectionnables à partir de la console.

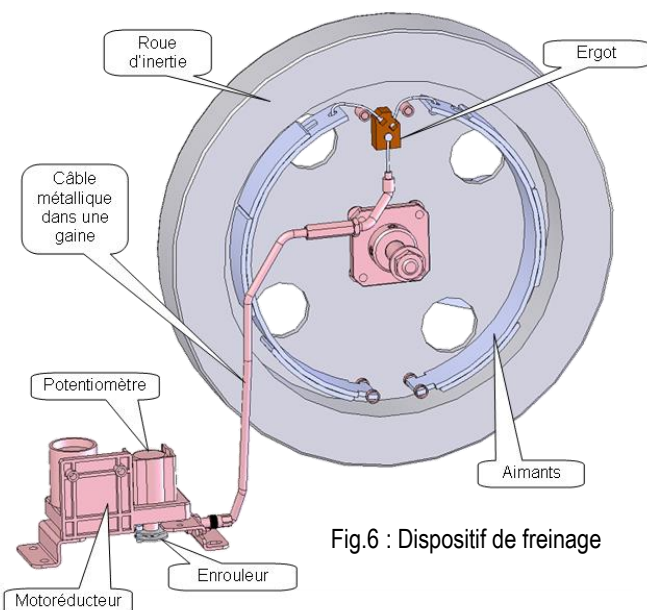


Fig.6 : Dispositif de freinage

Ci-dessous, le schéma-blocs montrant l'ordonnancement des constituants du dispositif de freinage :

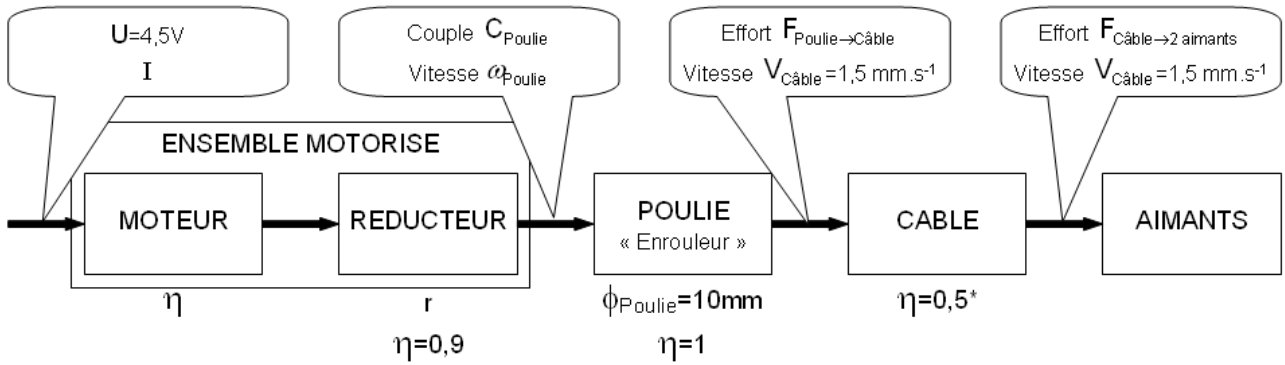


Fig.7 : Chaîne fonctionnelle du dispositif de freinage

(* : ce faible rendement est dû aux frottements du câble dans sa gaine)

Au **niveau 1** du réglage, l'ensemble motoréducteur-enrouleur **enroule le câble** au maximum. Les aimants sont éloignés de la roue d'inertie. La **résistance** au pédalage est **faible**. En déplaçant les aimants vers le centre, les ressorts se compriment.

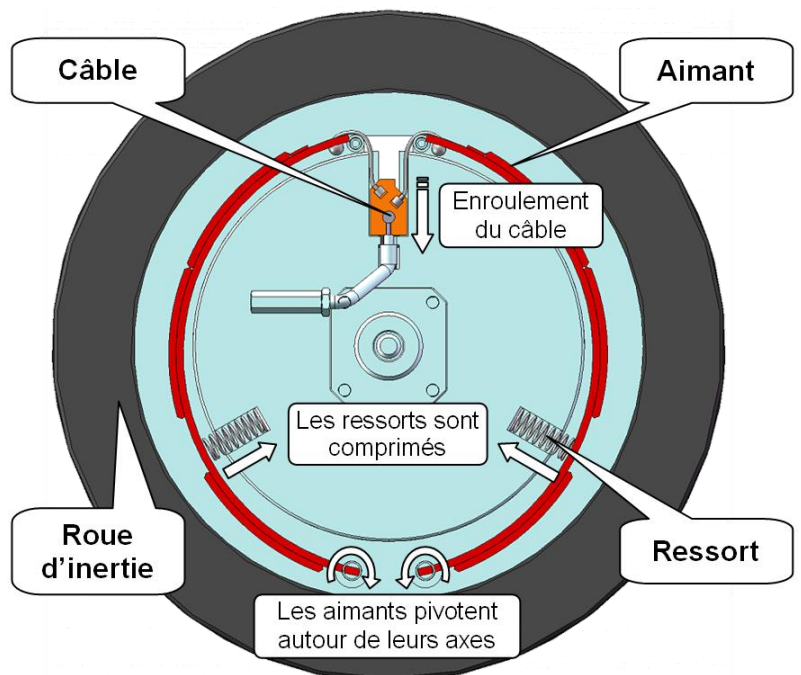


Fig.8 : Freinage minimal

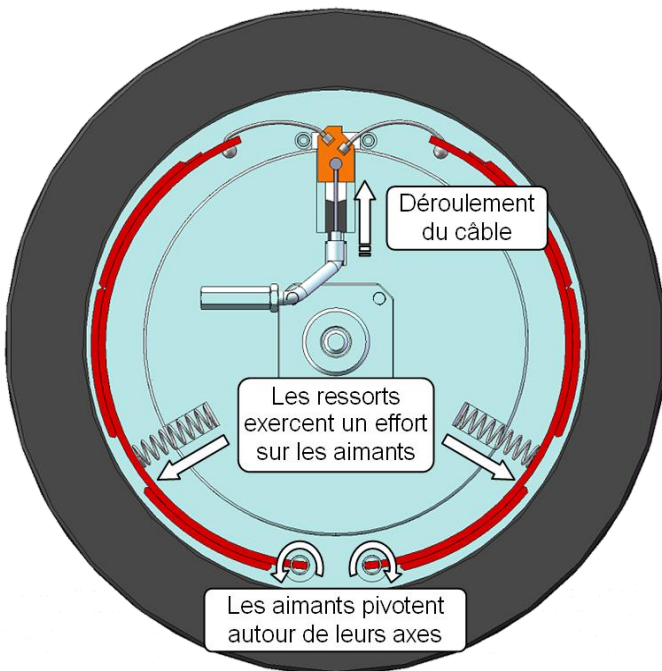


Fig.9 : Freinage maximal

Au **niveau 8** du réglage, l'ensemble motoréducteur-enrouleur **déroule le câble** au maximum. Les ressorts provoquent le déplacement des aimants vers la roue d'inertie. La **résistance** au pédalage est **importante**.

Entre le niveau 1 et le niveau 8, le câble est déroulé de 15,7 mm.

La courbe ci-dessous donne l'effort développé par un ressort sur un aimant en fonction du niveau sélectionné :

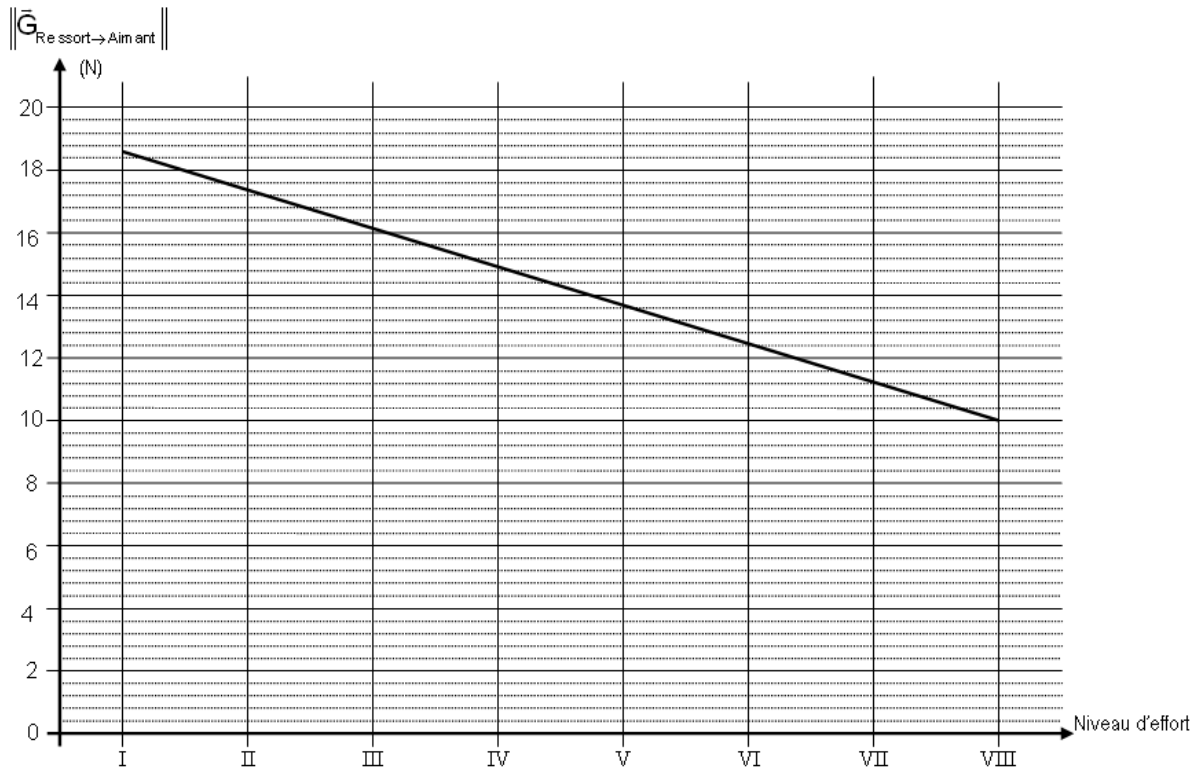


Fig.10 : Courbe $\|\bar{G}_{\text{Re ressort} \rightarrow \text{Aimant}}\|$ en fonction du niveau d'effort

2.5 STRUCTURE DE LA TRANSMISSION « TENDRE LE CÂBLE »

Pour tendre le câble, on enroule celui-ci autour d'une poulie appelée enrouleur. Sa rotation est provoquée par un ensemble motoréducteur à 4 étages (Voir fig. 11 et 12 ci-dessous). Sur l'axe de l'enrouleur est placé un potentiomètre permettant d'acquérir l'enroulement du câble et donc une image de la position des aimants.

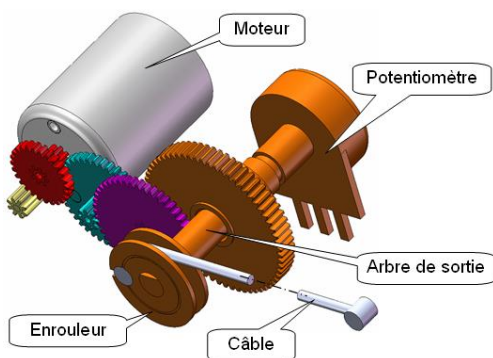


Fig.11 : Perspective DAO du réducteur

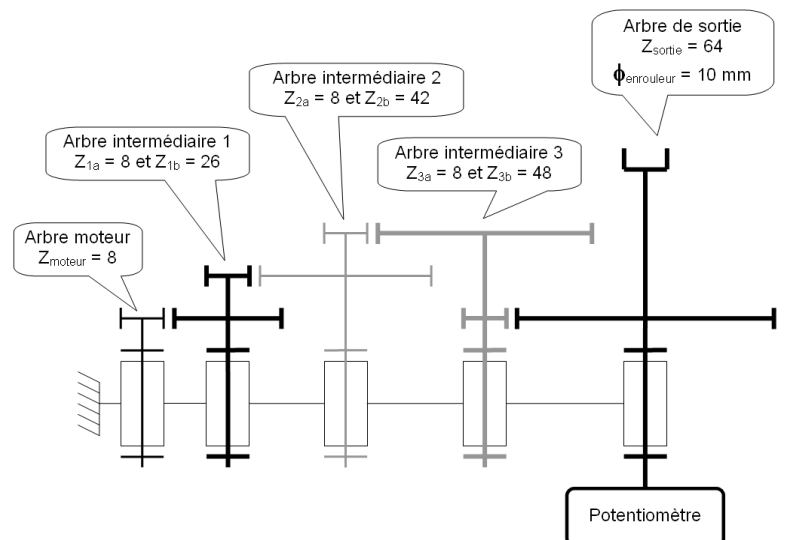


Fig.12 : Schéma cinématique du réducteur

2.6 LOI ENTREE-SORTIE DU POTENTIOMETRE

La courbe ci-dessous donne la représentation de la tension U_{FREINAGE} envoyée vers le microcontrôleur de traitement des informations sur le système en fonction de l'angle d'enroulement.

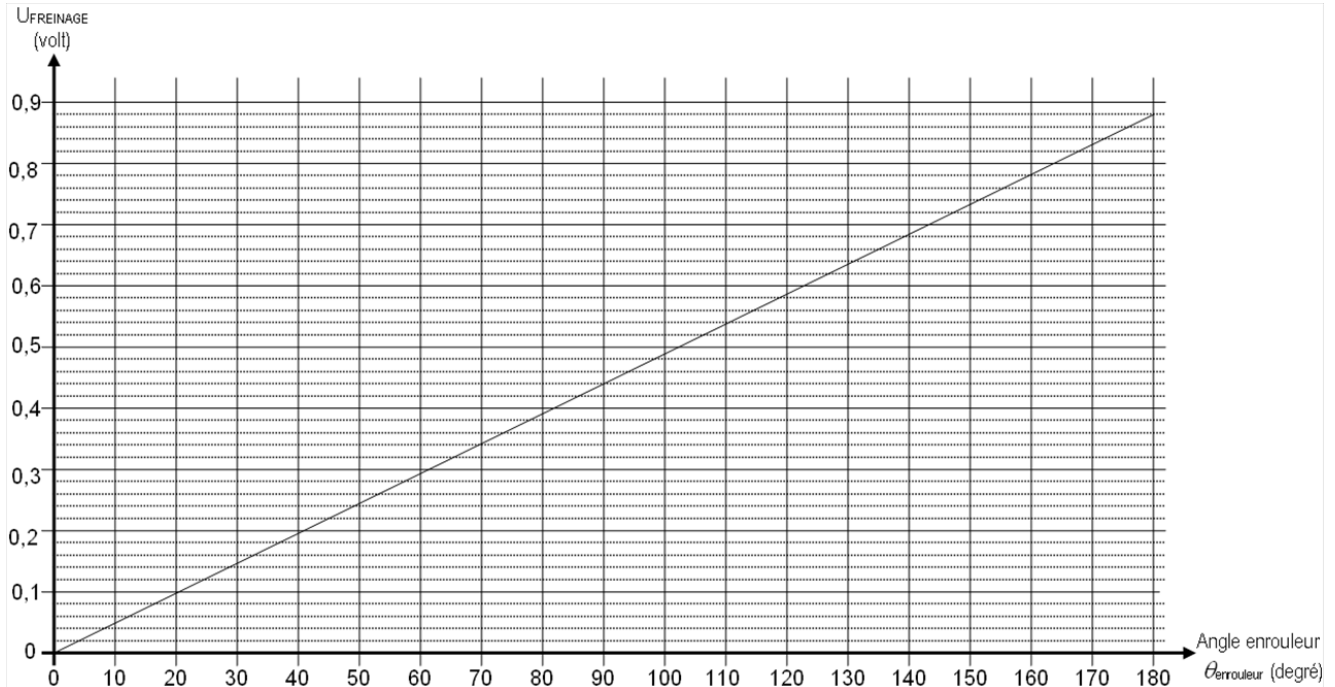


Fig.13 : Courbe U_{freinage} en fonction de l'angle de l'enrouleur

2.7 LA CONSOLE DU VELO ELLIPTIQUE VE750

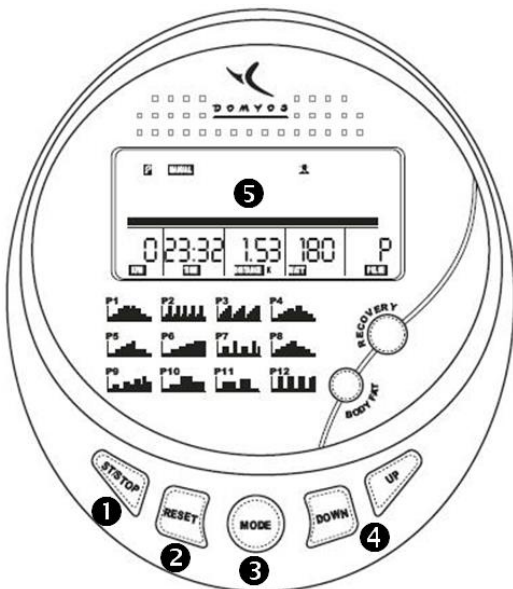


Fig.14 : Console

Les touches de la console :

- ❶ ST/STOP : Démarre et arrête l'exercice,
- ❷ RESET : Appui court : Positionne la console en mode de départ pour choisir le mode d'entraînement souhaité « MANUAL, PROGRAM....
Appui long : Permet de paramétrer différents utilisateurs U1 à U9 ou de choisir son propre profil utilisateur déjà paramétré pour votre entraînement personnalisé.
- ❸ MODE : Permet de fixer un objectif de mesure comme le temps d'entraînement, les calories à brûler,...
- ❹ BP_UP/BP_DOWN : Incrémente / Décrémte en mode MANUEL le niveau d'effort. Il y a 8 niveaux d'efforts entre 1 le plus faible et 8 le plus fort.
- ❺ L'écran LCD : Affiche la vitesse de pédalage, le temps, la distance, le nombre de calories brûlées, la fréquence cardiaque et des bargraphes indiquant la résistance au pédalage.

2.8 ORGANISATION FONCTIONNELLE

L'organisation fonctionnelle de ces composants est présentée dans le schéma bloc suivant :

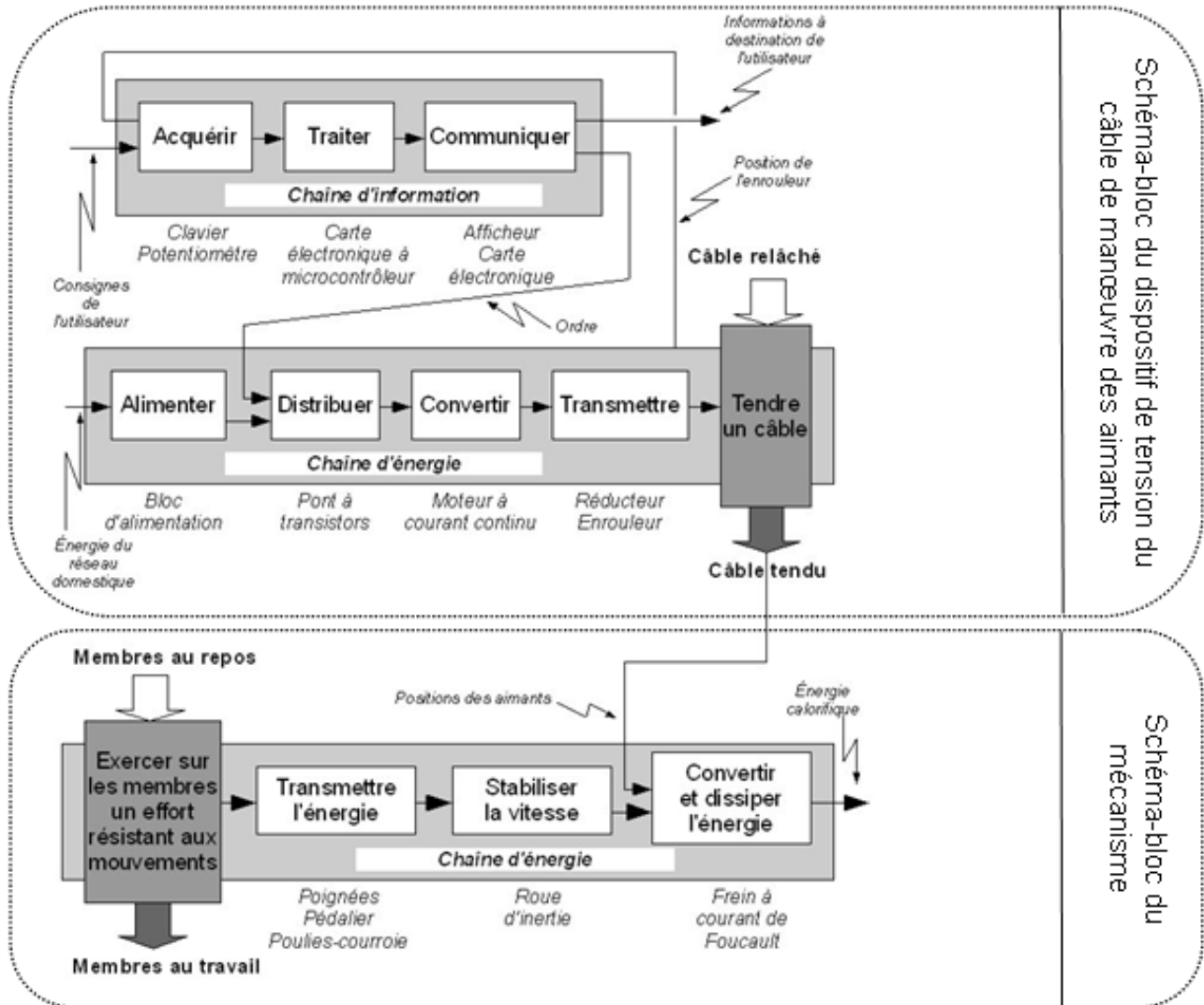


Fig.15 : Organisation fonctionnelle du vélo elliptique

3 EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

Fonctions de services	Critères	Niveau
Générer un mouvement des bras	Amplitude horizontale	350mm +/-10%
	Amplitude verticale	Inférieur à 50mm
Générer un mouvement des pieds	Forme du mouvement	Elliptique
	Amplitude horizontale	380mm +/-10%
	Amplitude verticale	220mm +/-10%

VELO ELLIPTIQUE VE750

PROBLEMATIQUE

Dans un premier temps, on souhaite vérifier si les mouvements des bras et des pieds respectent le cahier des charges donné.

Dans un deuxième temps, on apporte une modification au système actuel pour répondre à une enquête de satisfaction auprès des utilisateurs. Celle-ci fait ressortir que la difficulté de pédalage est importante lorsqu'on passe d'un niveau d'effort à celui immédiatement supérieur. En conséquence, on souhaite doubler la gamme de réglages possibles pour obtenir une plus grande progressivité dans les changements d'efforts.

TRAVAIL DEMANDE

Traiter les questions après avoir pris connaissance du dossier technique (15 min).

1^{ère} Partie : Vérification des amplitudes (45min, 8 points)

Question 1-1 (1 point) :

Le document réponse n°1 page 11 présente la structure fonctionnelle globale du dispositif de tension du câble étudié sous forme de schéma blocs. A partir de ce document, définissez le type et la nature des énergies aux points repérés 2, 3, 4 et 5 de la chaîne d'énergie.

Choisir vos réponses dans la liste suivante :

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| - Énergie mécanique de translation | - Énergie électrique continue |
| - Énergie mécanique de rotation | - Transmission par courroie |
| - Roue d'inertie | - Moteur électrique |

Vous avez vu précédemment que le vélo elliptique permettait de solliciter simultanément la partie supérieure (poitrine, dos, épaules) et la partie basse du corps (cuisses, fessiers et mollets).

L'extrait du cahier des charges fonctionnel (en page 6 du dossier technique) précise les caractéristiques de ces mouvements.

Vous allez vérifier que le vélo elliptique respecte ces amplitudes.

Les tracés seront réalisés sur le document réponse n°2. Les points M et P représentent respectivement les positions des mains et des pieds de l'utilisateur.

Question 1-2 (4 points) :

Définissez la nature du mouvement du bras 2 par rapport au bâti 1 puis tracez les trajectoires $T_{M \in 2/1}$ et $T_{B \in 2/1}$.

En vous aidant des positions du point C, recherchez les différentes positions du point B.

Recherchez les 8 positions du point P et tracez la trajectoire $T_{P \in 3/1}$.

Question 1-3 (1 point) :

Quelle est la forme de cette trajectoire ? Répond-t-elle au cahier des charges ?

Question 1-4 (2 points) :

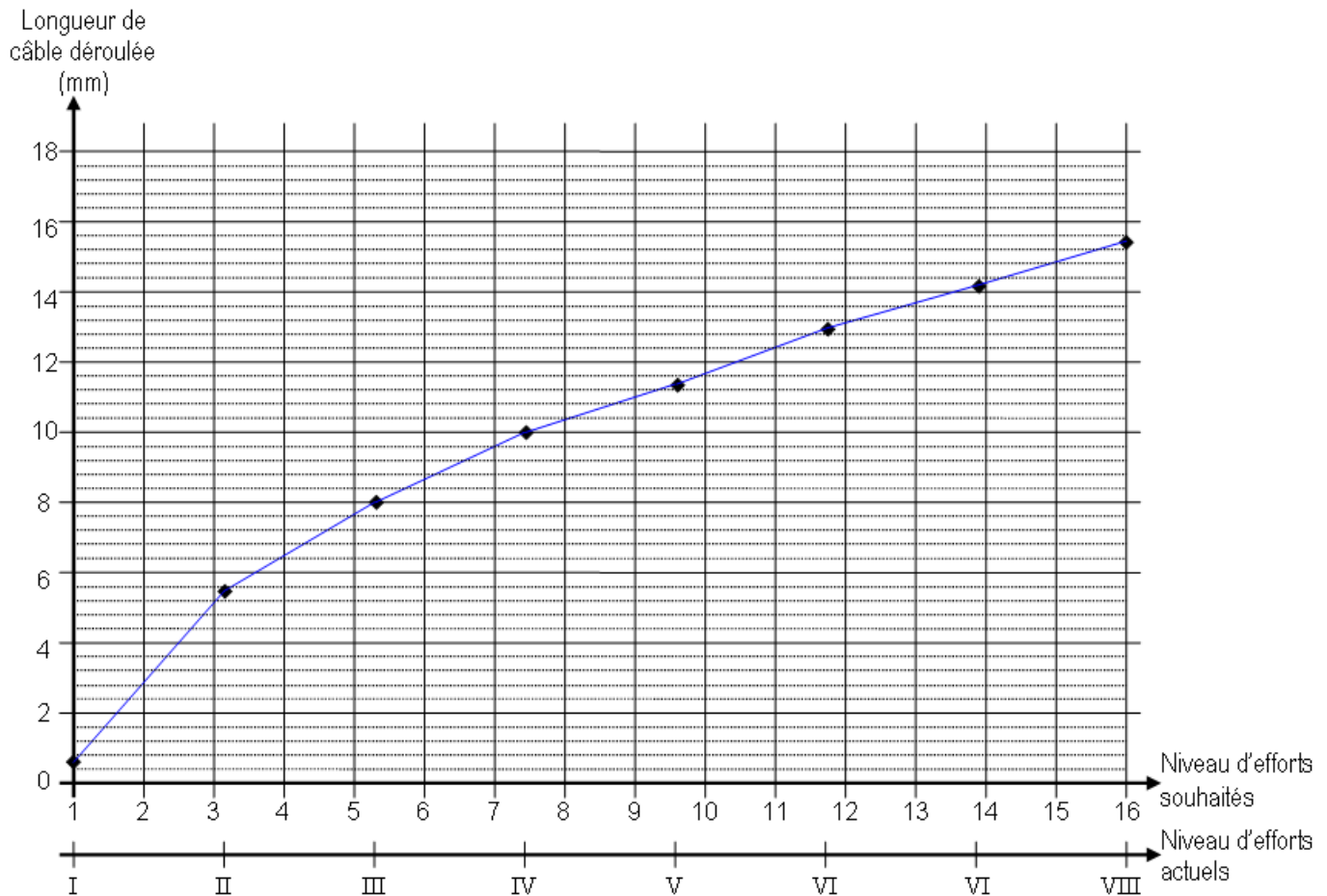
A partir de vos tracés, relevez les amplitudes verticale et horizontale du mouvement des pieds et comparez ces valeurs avec celles du cahier des charges. Respecte-t-on le cahier des charges ?

Réalisez les tracés nécessaires afin de mesurer les amplitudes horizontale et verticale du mouvement des bras et comparez ces valeurs avec celles du cahier des charges. Respecte-t-on le cahier des charges ?

2^{ème} Partie : Modification du système (60min, 12 points)

Pour répondre à la problématique, on passera des 8 choix de niveaux d'efforts actuels (notés de I à VIII) à 16 choix de niveaux d'efforts souhaités notés de 1 à 16.

La courbe ci-dessous montre l'évolution du déplacement du câble permettant d'approcher ou d'éloigner les aimants de la roue d'inertie en fonction des niveaux d'efforts actuels et des niveaux d'efforts souhaités.



Dans cette partie, vous allez rechercher l'angle parcouru par l'enrouleur pour passer d'un niveau d'effort au niveau immédiatement supérieur. Puis, vous allez modifier les algorithmes existants.

Dans un but de simplification, on se limitera à l'étude des trois premiers niveaux d'efforts souhaités.

Question 2-1 (1 point) : A partir de la courbe, donnez la longueur de câble déroulée en mm au niveau 2 puis au niveau 3.

Question 2-2 (1 point) : En vous aidant des figures 11 et 12 page 4 du dossier technique et du résultat précédent, calculez les angles en degré parcourus par l'enrouleur pour obtenir ces déplacements. On négligera le diamètre du câble.

Attention, pour la suite, quels que soient les résultats trouvés précédemment, vous prendrez comme nouvelles valeurs :

- $\theta_{\text{enrouleur}} = 32^\circ$ pour le niveau 2
- $\theta_{\text{enrouleur}} = 60^\circ$ pour le niveau 3

Ces informations d'angles sont transmises via une entrée analogique du microcontrôleur sous la forme d'une tension U_{FREINAGE} (Voir figure n°1) grâce au potentiomètre lié à l'enrouleur (Voir figure n°2 et figure n°3 ci-dessous et figure n°13 page 5 du dossier technique).

Le C.A.N. intégré au microcontrôleur possède les caractéristiques suivantes :

- Résolution : $n = 8$ bits
- Conversion : unipolaire (Pas de signe)
- Tension de pleine échelle : $V_{\text{PE}} = 5\text{V}$
- Code : binaire naturel

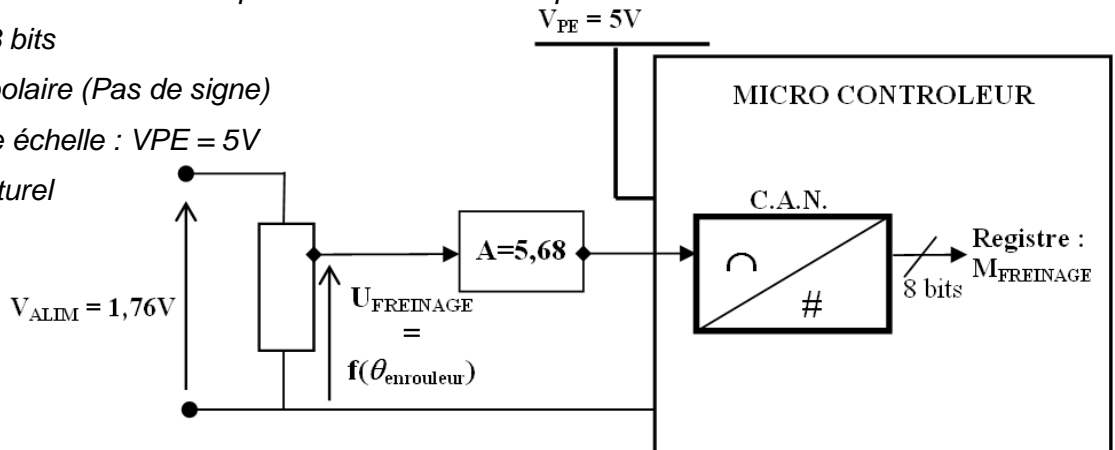


Figure n°1

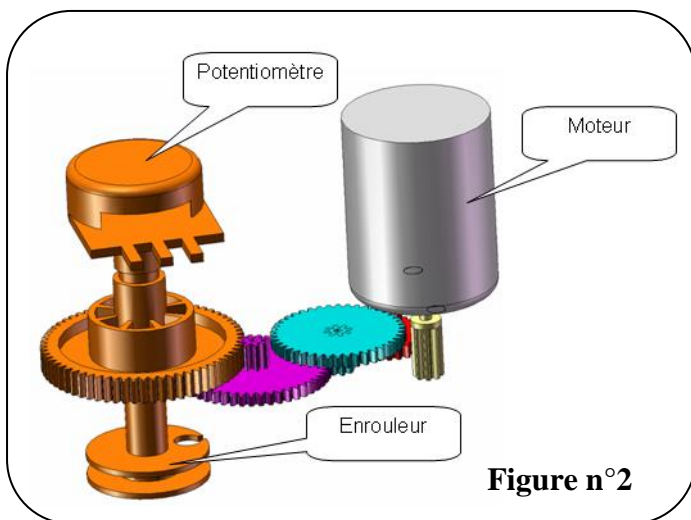


Figure n°2

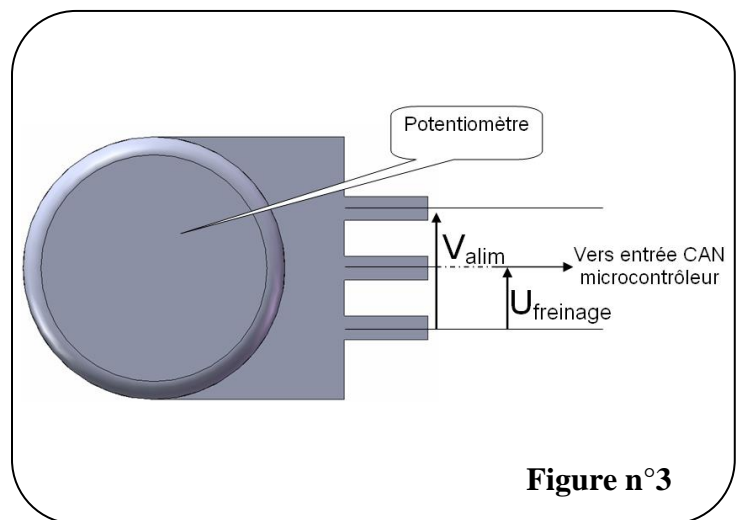


Figure n°3

La tension U_{FREINAGE} est convertie en un mot sur 8 bits nommé M_{FREINAGE} (Voir figure n°1)

Des organigrammes devront générer 16 mots (de $M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_1}}$ à $M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_16}}$) lorsque l'utilisateur demande un changement de niveau d'effort sur la console en mode manuel.

Exemple : Lorsque l'utilisateur passe du niveau 1 au niveau 2 :

- l'ensemble moto-réducteur-enrouleur déroule le câble,
- la tension U_{FREINAGE} augmente,
- le mot M_{FREINAGE} augmente,
- quand M_{FREINAGE} est égal à $M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_2}}$, l'ensemble moto-réducteur-enrouleur s'arrête. Le niveau 2 de résistance au pédalage est actif.

Question 2-3 (1 point) :

Donnez la nature (analogique, numérique, logique) de l'information U_{FREINAGE} envoyée au microcontrôleur.

Question 2-4 (2 points) :

A l'aide de la courbe figure n°13 page 5 du dossier technique et des valeurs de $\theta_{\text{enrouleur}}$, relevez les valeurs $U_{\text{FREINAGE_NIVEAU_2}}$ et $U_{\text{FREINAGE_NIVEAU_3}}$ pour les niveaux 2 et 3 respectifs.

Question 2-5 (1 point) :

Sachant que la valeur décimale du mot $M_{FREINAGE}$ en fonction de $U_{FREINAGE}$ est donnée par l'équation :

$$M_{FREINAGE_NIVEAU_??} = \frac{255 \times U_{FREINAGE_NIVEAU_x}}{0,88} \quad \text{avec : } 1 \leq x \leq 16$$

Calculez la valeur du mot $M_{FREINAGE_NIVEAU_2}$ et $M_{FREINAGE_NIVEAU_3}$.

Question 2-6 (2 points) :

A l'aide des questions précédentes, complétez les pointillés du tableau du document réponse n°2.

Question 2-7 (1 point) :

A partir de la figure n°14 page 5 du dossier technique, donnez le nom des touches permettant d'augmenter et de diminuer l'effort.

Augmenter l'effort :

Diminuer l'effort :

Maintenant vous allez modifier l'organigramme actuel (voir document réponse n°3) pour prendre en compte les 16 niveaux souhaités.

Pour analyser cet organigramme, vous vous aiderez du tableau et de la description littérale suivants :

Repère	Type	Définition
BP_UP	Bit	Variable d'appui sur le bouton «Niveau supérieur» Si BP_UP = 1 : Bouton niveau supérieur appuyé Si BP_UP = 0 : Bouton niveau supérieur relâché
BP_DOWN	Bit	Variable d'appui sur le bouton «Niveau inférieur» Si BP_DOWN = 1 : Bouton niveau inférieur appuyé Si BP_DOWN = 0 : Bouton niveau inférieur relâché
NIVEAU	Octet	Variable interne incrémentée de 1 si appui sur BP_UP Variable interne décrétementée de 1 si appui sur BP_DOWN
MFREINAGE_NIVEAU_x	Octet	Mot représentatif du niveau choisi en hexadécimal avec $1 \leq x \leq VIII$

Description littérale de l'organigramme gérant le mode MANUEL :

La structure N°1 permet de forcer le mot à MFREINAGE_NIVEAU_I : Ce niveau de résistance au pédalage le plus faible est choisi dès la mise sous tension du vélo.

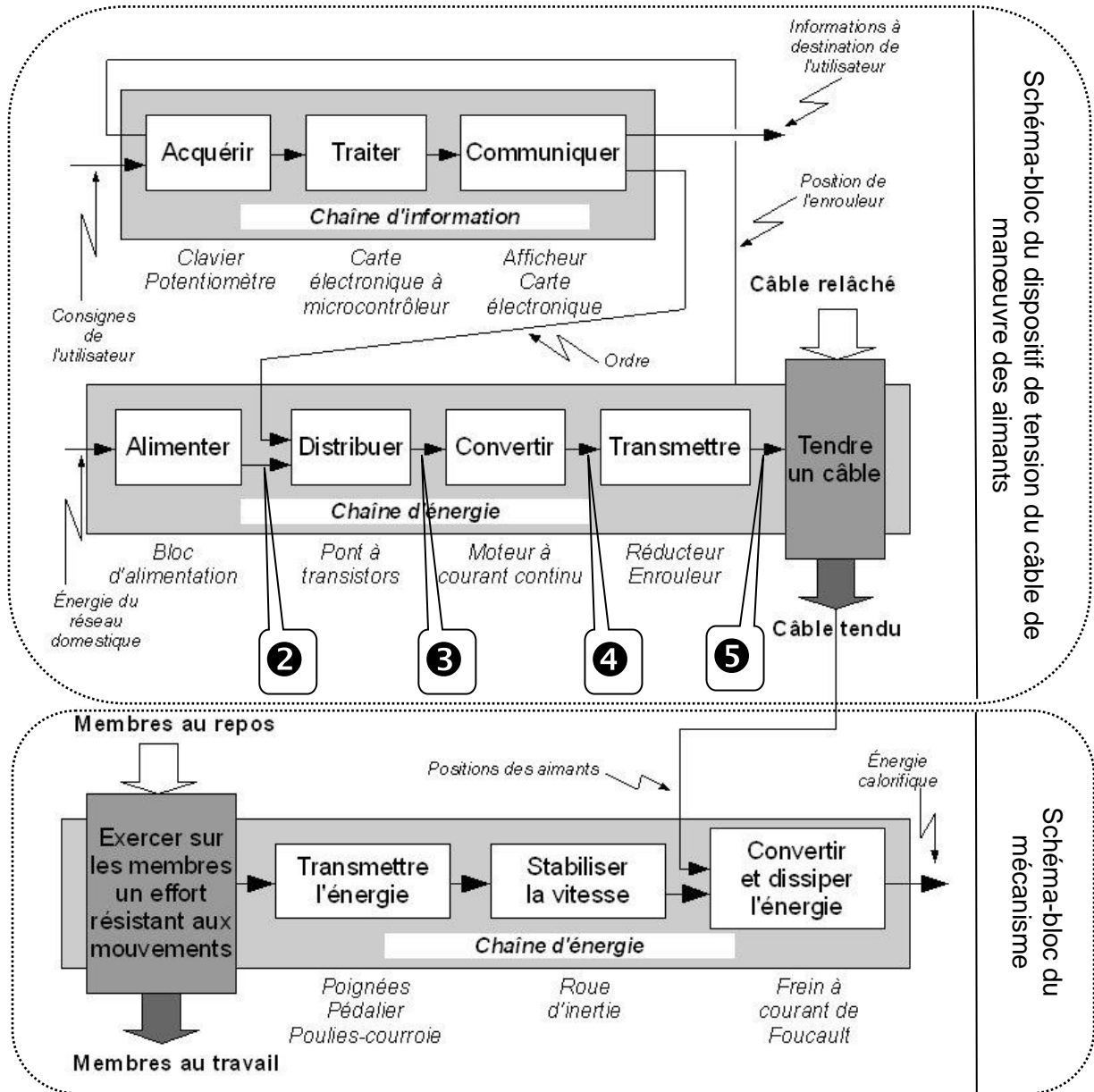
Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton BP_UP, on réalise la structure N°2. Dans cette structure, on vérifie que la position maximale n'est pas atteinte (niveau 8). Si elle n'est pas atteinte, on incrémente la variable NIVEAU et on effectue la macro CODAGE. Cette macro affecte au mot MFREINAGE_NIVEAU_?? sa valeur hexadécimale. Pour sortir de la structure N°2, l'utilisateur est obligé de relâcher le bouton. Si la position maximale est atteinte, ni l'incrémentation, ni la macro CODAGE ne sont réalisées.

Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton BP_DOWN, on réalise la structure N°3. Dans cette structure, on vérifie que la position minimale n'est pas atteinte (niveau 1). Si elle n'est pas atteinte, on décrémente la variable NIVEAU et on effectue la macro CODAGE. Cette macro affecte au mot MFREINAGE_NIVEAU_?? sa valeur hexadécimale. Pour sortir de la structure N°3, l'utilisateur est obligé de relâcher le bouton. Si la position minimale est atteinte, ni la décrémentation, ni la macro CODAGE ne sont réalisées.

Question 2-8 (3 points) :

Avec un stylo rouge, corrigez tous les organigrammes du document réponse n°3 en apportant les modifications nécessaires pour tenir compte des 16 niveaux d'efforts souhaités.

Document réponse n°1



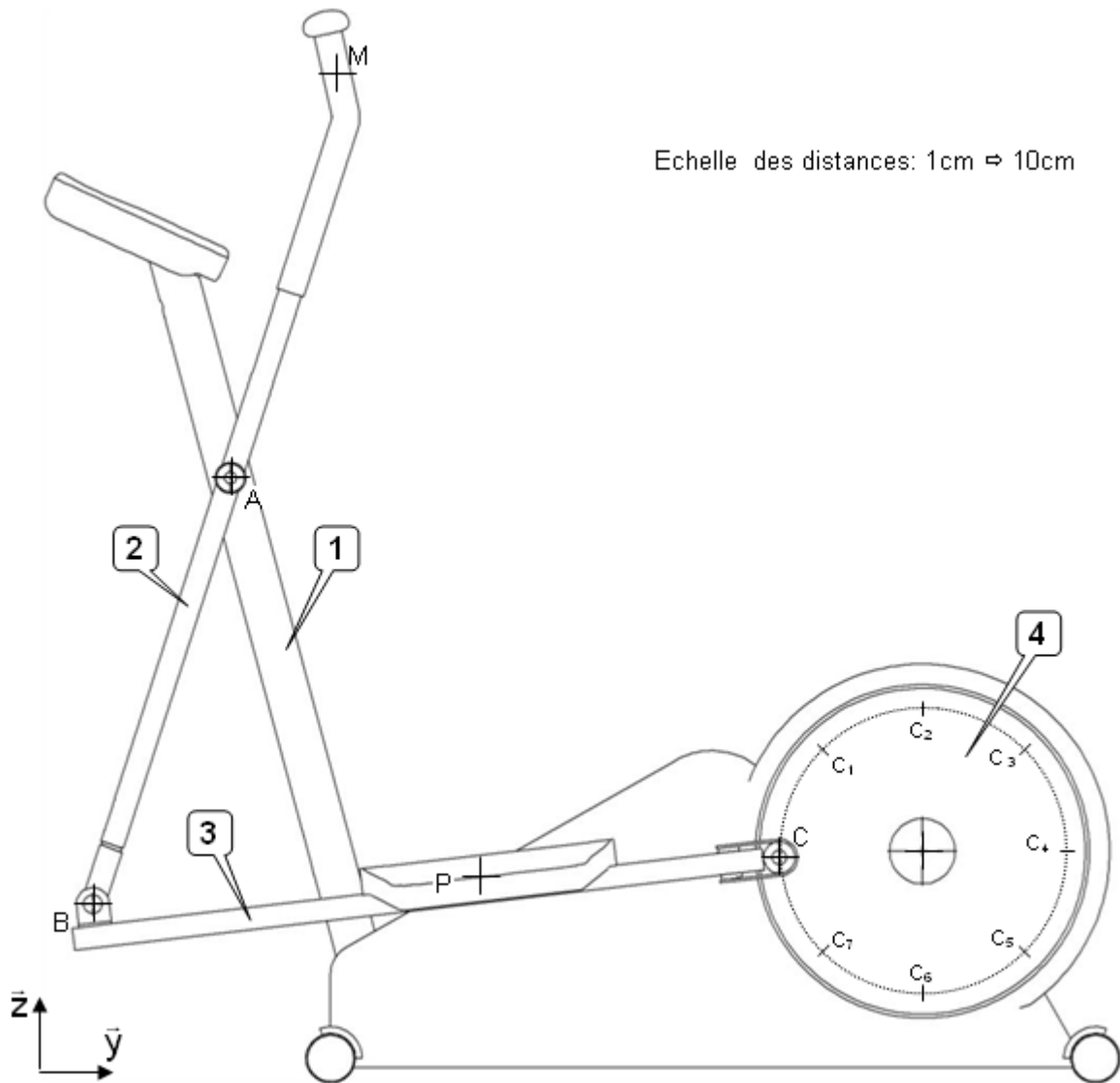
Au point N° ② :

Au point N° ③ :

Au point N° ④ :

Au point N° ⑤ :

Document réponse n°2



- Amplitude horizontale des pieds :
- Amplitude verticale des pieds :
- Amplitude horizontale des mains :
- Amplitude verticale des mains :

	NIVEAU 1		NIVEAU 2		NIVEAU 3	
$\theta_{\text{enrouleur}} (\text{°})$	7		32		60	
$U_{\text{FREINAGE}} (\text{V})$	0,03		.....		.....
Décimal	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_1}}$	.....	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_2}}$	.....	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_3}}$	.....
Binaire	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_1}}$	.....	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_2}}$	.....	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_3}}$	.....
Hexadécimal	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_1}}$	\$.....	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_2}}$	\$.....	$M_{\text{FREINAGE_NIVEAU_3}}$	\$.....

