

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Épreuve Commune de Contrôle Continu

E3C

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Coefficient 5

Durée : 2 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Constitution du sujet :

- **Présentation du produit** Pages 2
- **Exercice n°1 : étude d'une performance du rameur**.....Pages 3 à 5
- **Exercice n°2 : commande du fonctionnement du produit
ou modification de son comportement**..... Pages 6 à 10

Rappel du règlement de l'épreuve

Le sujet comporte deux exercices indépendants l'un de l'autre, équilibrés en durée et en difficulté, qui s'appuient sur un produit unique.

Un premier exercice s'intéresse à l'étude d'une performance du produit. Les candidats doivent mobiliser leurs compétences et les connaissances associées pour qualifier et/ou quantifier cette performance, à partir de l'analyse, de la modélisation de tout ou partie du produit ou de relevés expérimentaux.

Le second exercice porte sur la commande du fonctionnement du produit ou la modification de son comportement. L'étude s'appuie sur l'algorithmique et de la programmation, à partir de ressources fournies au candidat qu'il devra exploiter, compléter ou modifier.

L'usage de la calculatrice est autorisé dans les conditions précisées par les textes en vigueur.

PRÉSENTATION DU RAMEUR

Au sens de l'OMS, la santé est un état de bien-être physique, mental et social. Le sport contribue à maintenir ce bon état de santé. L'accès à une pratique sportive pour tous est un enjeu primordial pour notre société.

Le sujet porte sur l'étude de la pratique de l'aviron, dans un premier temps sur l'eau, dans un second temps sur un rameur qui se pratique en salle que l'on appelle « aviron adapté ». L'aviron adapté est une pratique reconnue pour l'amélioration de l'état de santé.

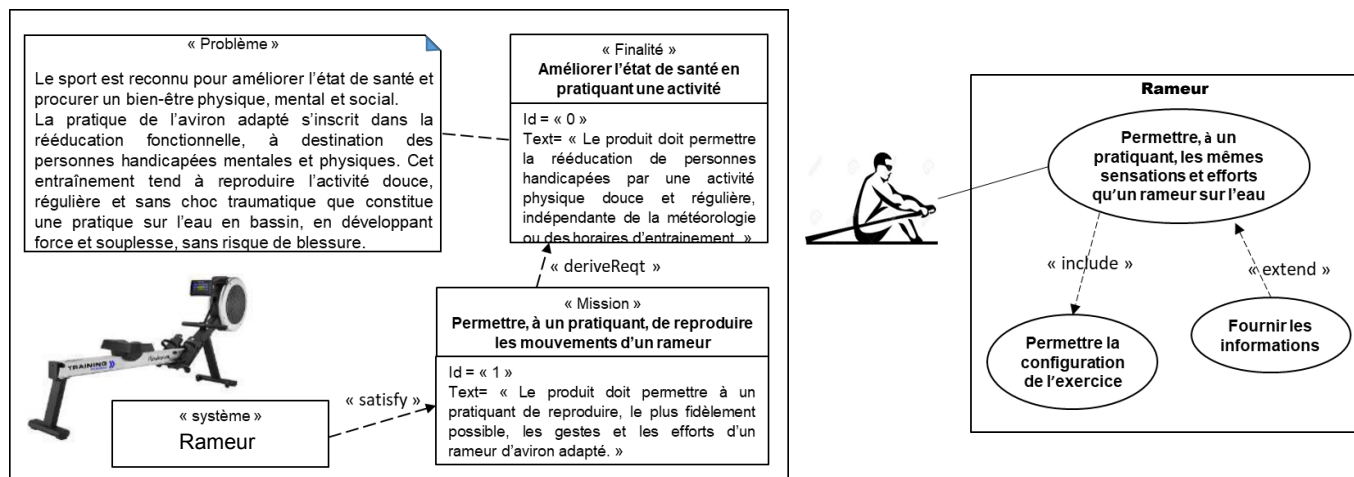


Figure 1 : mission et cas d'utilisation du rameur

Problématique : la pratique de l'aviron adapté sur un rameur en salle peut-elle procurer les mêmes effets physiques que la pratique de l'aviron sur l'eau ?

EXERCICE 1 - ÉTUDE D'UNE PERFORMANCE DU RAMEUR

Étude la puissance instantanée développée par le rameur (l'utilisateur) lors de la pratique de l'aviron sur l'eau.

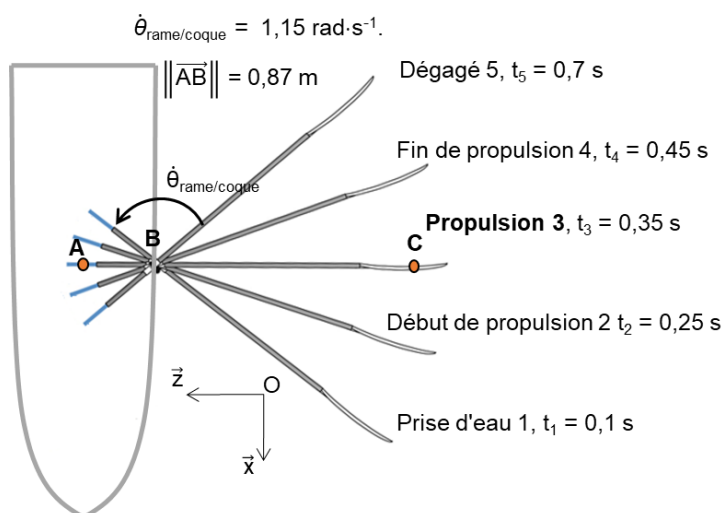


Figure 2 : engagement de la rame dans l'eau

Lors de la pratique de l'aviron sur l'eau, la rame passe par différentes phases qui sont illustrées par l'image chronophotographique de la figure 2.

La rame est considérée comme étant en liaison pivot d'axe $(B, \vec{y})$ par rapport à la coque.

Des relevés montrent que la vitesse angulaire de la rame par rapport à la coque est constante pendant la phase propulsion.

L'ensemble de l'étude s'effectue à la date $t = 0,35 \text{ s}$.

Question I-1

Figure 3

Donner la relation littérale liant $\|\vec{V}_{A \in \text{rame/coque}}\|$, $|\dot{\theta}_{\text{rame/coque}}|$ **et** $\|\vec{AB}\|$.

Calculer $\|\vec{V}_{A \in \text{rame/coque}}\|$ **la norme de la vitesse instantanée du point A appartenant à la rame par rapport à la coque.**

En effectuant l'hypothèse d'une étude dans un plan $(O, \vec{z}, \vec{x})$, les actions mécaniques extérieures appliquées à la rame, pour un bras de l'utilisateur, sont représentées figure 3.

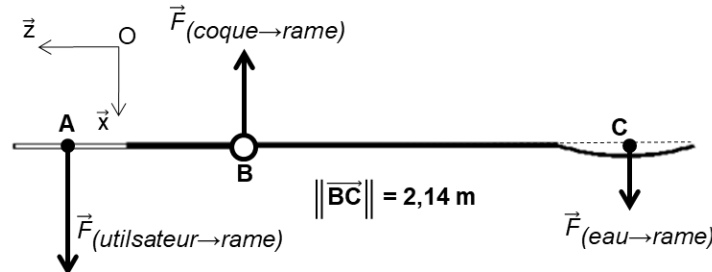


Figure 3 : actions mécaniques sur la rame

Une mesure expérimentale donne l'action mécanique extérieure de l'eau sur la rame. Elle est modélisée par :

$$\{\tau(\text{eau} \rightarrow \text{rame})\} = \begin{Bmatrix} \vec{F}_{(\text{eau} \rightarrow \text{rame})} = 150 \vec{x} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C$$

Avec la relation :

$$\|\vec{BC}\| \cdot \|\vec{F}_{(\text{eau} \rightarrow \text{rame})}\| - \|\vec{AB}\| \cdot \|\vec{F}_{(\text{utilisateur} \rightarrow \text{rame})}\| = 0$$

Question I-2

Figure 2

Figure 3

Déterminer $\|\vec{F}_{(\text{utilisateur} \rightarrow \text{rame})}\|$.

Déterminer la puissance instantanée développée par un bras puis par les deux bras de l'utilisateur.

Pour la suite du sujet, la puissance instantanée développée par les deux bras de l'utilisateur sera prise égale à 720 W.

Étude la puissance instantanée développée par l'utilisateur en salle avec le rameur.

Le schéma cinématique figure 4 présente la structure du système aérodynamique de dissipation d'énergie mécanique du rameur.

Le fonctionnement normal du rameur est le suivant :

- le pratiquant met en mouvement la barre solidaire de la sangle ;
- la sangle en se déroulant provoque la rotation du tambour ;
- la poulie 1, lié cinématiquement au tambour, entraîne la poulie 2 par l'intermédiaire de la courroie. Le glissement poulies/courroie est considéré comme négligeable ;
- la roue aérodynamique, solidaire de la poulie 2, génère un flux d'air.

La variation du flux d'air provoque un moment (couple) résistant opposé à la rotation de la roue (moment aérodynamique). Le moment aérodynamique est transmis à l'utilisateur sous forme d'un effort recopiant l'effort $\vec{F}_{(\text{utilisateur} \rightarrow \text{rame})}$.

- la roue libre permet une rotation libre de la roue aérodynamique lors du retour de la barre.

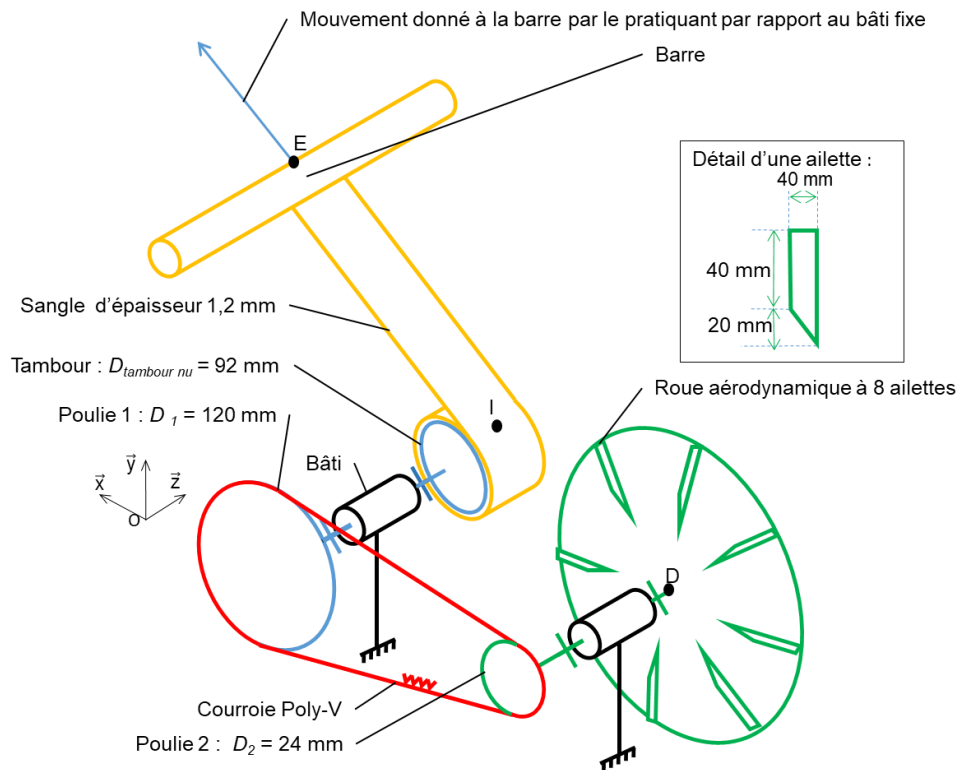


Figure 4 : schéma cinématique du système aérodynamique de dissipation d'énergie mécanique

À l'instant considéré, la vitesse de la sangle par rapport au bâti vaut $\|\vec{V}_{\text{lesangle/bâti}}\| = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Question I-3
Figure 4

Déterminer le rapport de transmission $r = \frac{\dot{\theta}_{\text{poulie 1 / bâti}}}{\dot{\theta}_{\text{poulie 2 / bâti}}}$ à partir des données du schéma cinématique figure 4.

Déterminer la vitesse angulaire $\dot{\theta}_{\text{poulie 1 / bâti}}$ à partir de la valeur de la vitesse de la sangle par rapport au bâti et de son rayon d'enroulement.

Dans les conditions d'utilisation, le moment aérodynamique $\|\vec{M}_D(\text{air} \rightarrow \text{roue})\|$ que crée l'air sur la roue est donné par la relation :

$$\|\vec{M}_D(\text{air} \rightarrow \text{roue})\| = \frac{1}{2} \cdot R_{\text{moyen-roue}} \cdot (\dot{\theta}_{\text{roue/bâti}} \cdot R_{\text{moyen-roue}})^2 \cdot C_x \cdot S_{\text{aillette}} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot N \cdot K$$

$\dot{\theta}_{\text{roue / bâti}} = 110 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ (vitesse angulaire de la roue aérodynamique)

$R_{\text{moyen-roue}} = 0,09 \text{ m}$ (rayon moyen de la roue aérodynamique)

$C_x = 1,1$ (coefficient aérodynamique d'une ailette)

S_{aillette} = aire de l'aillette en m^2

$\rho_{\text{air}} = 1,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (masse volumique de l'air)

N = nombre d'ailettes

$K = 50$ (coefficient de pondération)

Question I-4

Calculer le moment aérodynamique $\|\vec{M}_D(\text{air} \rightarrow \text{roue})\|$.

Déterminer $P_{\text{aéro}}$ la puissance dissipée par la roue aérodynamique.

Conclusion sur la correspondance des puissances dissipées par l'utilisateur avec le rameur en salle et lors de la pratique de l'aviron sur l'eau.

Question I-5
Figure 5

Comparer la puissance instantanée développée, par le rameur (l'utilisateur) lors de la pratique de l'aviron sur l'eau et par l'utilisateur, en salle avec le rameur.

Déduire de la lecture de la figure 5 l'élément permettant de reproduire la puissance instantanée développée, par le rameur (l'utilisateur) lors de la pratique de l'aviron sur l'eau et par l'utilisateur, en salle avec le rameur.

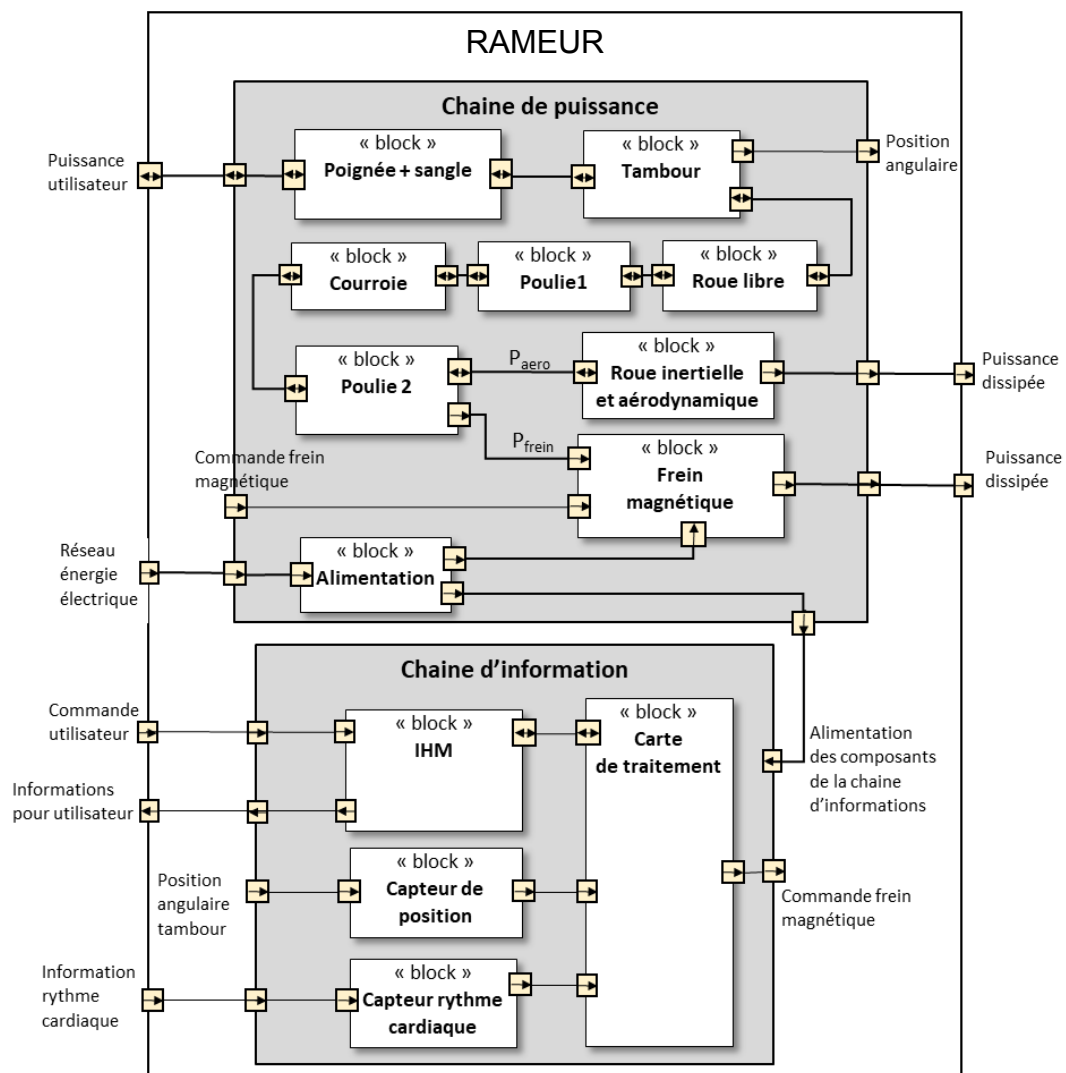


Figure 5 : IBD du rameur

EXERCICE 2 - MODIFICATION DU COMPORTEMENT DU RAMEUR

Dans le cadre d'une rééducation fonctionnelle, les pratiquants n'ont pas tous la même condition physique. Il est nécessaire d'adapter la rééducation au profil du pratiquant.

L'interface IHM du rameur permet de régler le niveau de difficulté et de programmer des profils d'entraînement pour chaque pratiquant.

L'affichage du rameur (figure 6) donne les indications suivantes :

- LEVEL (niveau de difficulté) de 0 à 16 ;
- WATT (puissance moyenne sur un mouvement en Watt) ;
- CALORIES (CAL, dissipées par l'utilisateur) ;
- METER (distance parcourue) ;
- STOKES (coups de rames) ;
- TIME ;
- PULSE (pulsation cardiaque).

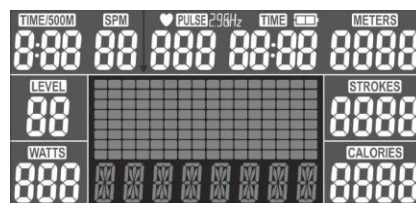
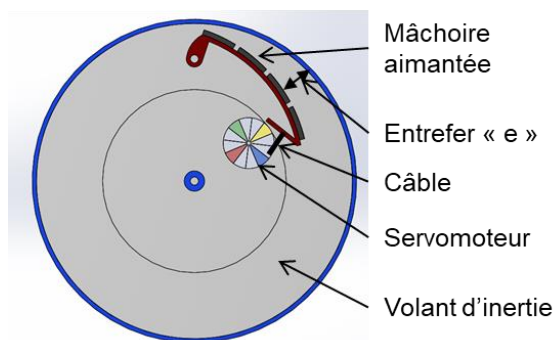


Figure 6 : afficheur du rameur

Problématique : en choisissant un niveau de résistance et en programmant un profil, le rameur permet-il un contrôle de l'intensité des efforts selon les capacités de l'utilisateur ainsi qu'une fluidité de mouvement ?

Le constructeur a décidé de compléter le système de dissipation aérodynamique par un frein électrique. Ce frein fonctionne selon un principe électromagnétique pour créer un effort résistant. Un volant d'inertie métallique est en rotation au voisinage d'aimants. Lorsqu'on approche les aimants de la périphérie du volant d'inertie, le champ magnétique génère une force de Laplace qui s'oppose au mouvement du volant. (figures 7 et 8).



Le couple de freinage augmente lorsque l'entrefer « e » diminue et inversement.

La position représentée figure 8-1 représente le freinage le moins fort, la position représentée figure 8-3 représente le freinage le plus fort

Figure 7 : schéma du frein magnétique

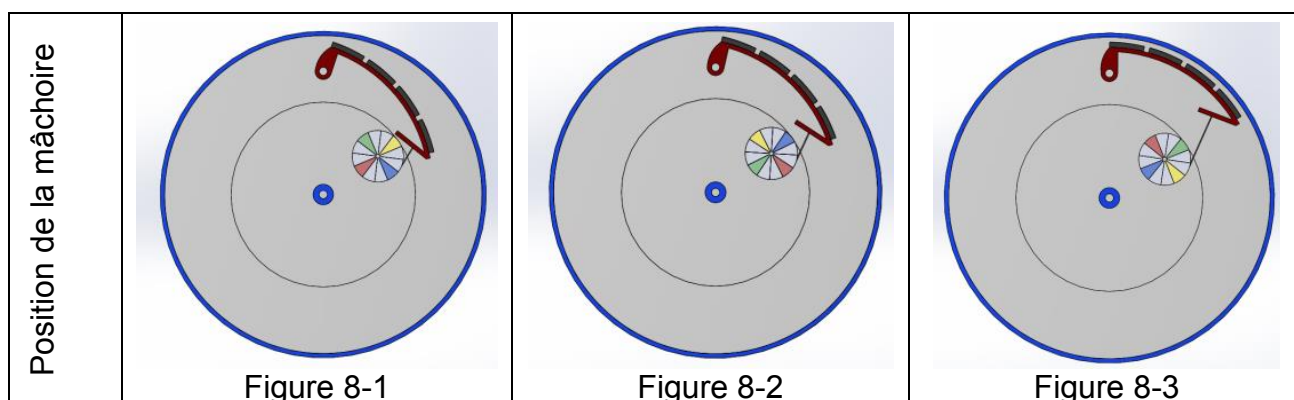


Figure 8 : représentations de la « position de la mâchoire aimantée »

Le pratiquant paramètre la grandeur LEVEL de 0 à 16 (0 étant facile et 16 étant difficile). La figure 8-2 représente LEVEL 4.

Question II-1 **Définir**, parmi les figures 8-1, 8-2, 8-3, lesquelles sont associées au LEVEL 1 et au LEVEL 16. **Justifier** votre réponse.

Un servomoteur (voir schéma cinématique figure 9) permet de faire varier l'entrefer « e ». Le servomoteur entraîne un train d'engrenages qui provoque la rotation du treuil et par conséquent le mouvement du câble qui déplace la mâchoire.

Le pratiquant paramètre la grandeur LEVEL de 0 à 16, pour chaque incrémentation du niveau de résistance (LEVEL), le treuil a une rotation de 12° et le codeur S_1 fournit 2 impulsions.

Le système est en position initiale. Le pratiquant programme LEVEL 3. Le câble se déroule, l'entrefer diminue.

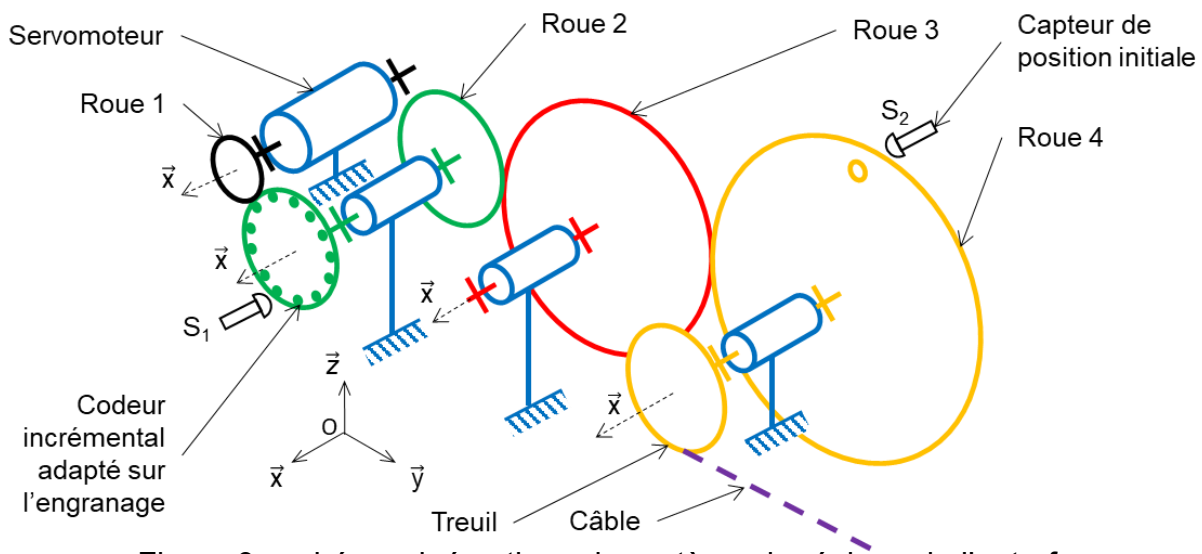


Figure 9 : schéma cinématique du système de réglage de l'entrefer

Question II-2 **À l'aide de la figure 9, déterminer les sens de rotation du treuil, des roues intermédiaires (sens trigonométrique ou anti trigonométrique) sachant que le moteur tourne dans le sens trigonométrique. Déterminer le nombre d'impulsions du codeur S_1 pour passer du LEVEL 1 au LEVEL 3.**

L'utilisateur, lors de ses séances de rééducation doit programmer un profil d'entraînement (le LEVEL) afin de travailler la puissance qu'il souhaite dissiper.

Une partie du plan de rééducation est décrite ci-dessous :

- 1 min de phase d'attente à LEVEL 0 ;
- 4 min à LEVEL 6, effort soutenu ;
- 2,5 min à LEVEL 4, effort modéré ;
- 1 min de récupération à LEVEL 0.

L'algorithme (figure 10) décrit la commande du servomoteur en fonction du LEVEL.
L'étude portera uniquement sur la partie du plan de rééducation présentée.

Déclaration des variables :

- S_2 : capteur de position initiale ;
- LEVEL : niveau de résistance ;
- C_{imp} : comptage des impulsions du codeur S_1 ;
- $\downarrow S_1$: front descendant (passage de 1 à 0) du signal S_1 ;
- Rot+ : rotation du treuil en sens anti trigonométrique de 6° ;
- Rot- : rotation du treuil en sens trigonométrique de 6° .

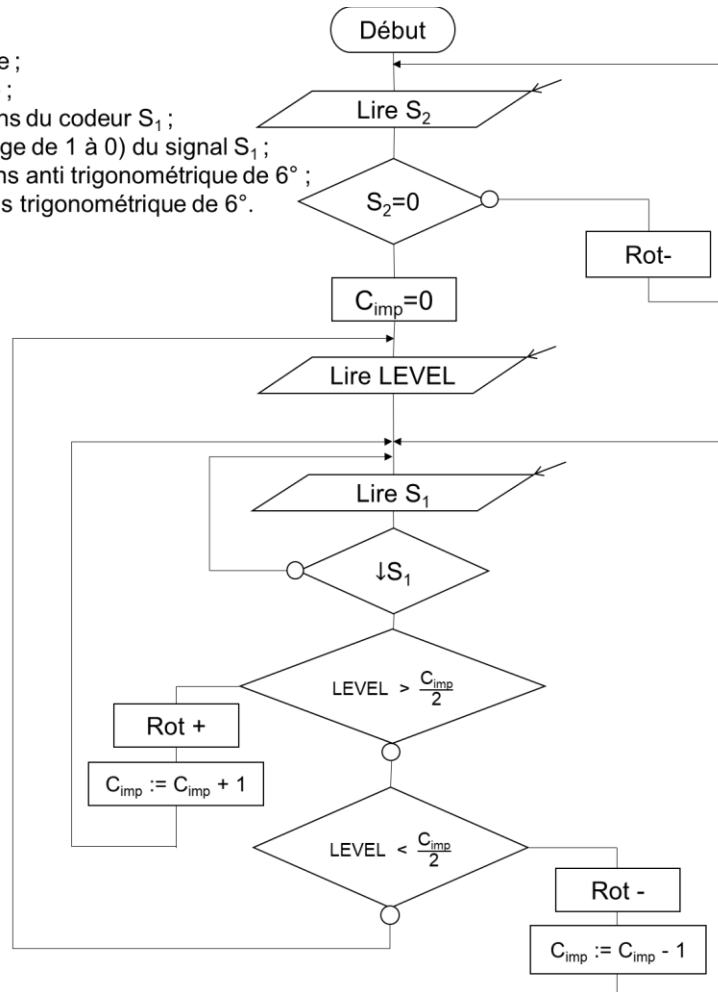


Figure 10 : algorithme de fonctionnement du système de réglage de l'entrefer

Question II-3 **Compléter**, à l'aide de l'algorithme (figure 10), sur le chronogramme (DR1), le compteur d'impulsions (Imp) et l'angle de rotation du moteur pour les phases 2 et 3.

Afin d'améliorer la précision du réglage de l'effort résistant dû au frein magnétique, le servomoteur et le codeur incrémental sont remplacés par un motoréducteur associé à un capteur analogique.

La plage d'utilisation de celui-ci est 0 - 5V, il est monté directement sur le treuil et peut mesurer un angle allant de 0° à 240° . Le signal est numérisé par un convertisseur analogique numérique sur 10 bits.

Ce capteur permet, à la chaîne d'information, d'acquérir une image de la position angulaire du treuil.

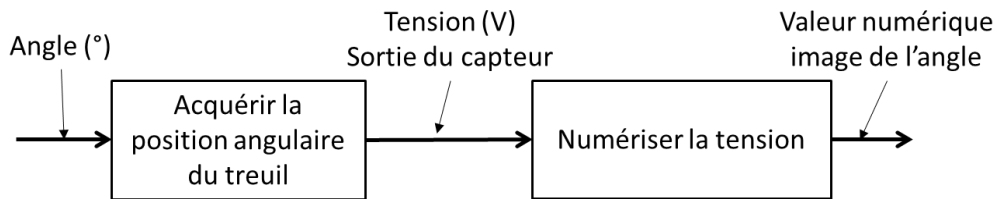


Figure 2 : schéma de description fonctionnelle de la mesure de l'angle

LEVEL	Position angulaire du treuil α	N exprimé décimal	Tension U
0	0	0	0
1	12°		
16	184°		
	240°		5V

Tableau 1 : relation entre la grandeur acquise et son image transmise

Question II-4 **Indiquer** si le capteur est utilisé sur l'intégralité de sa capacité de mesure. **Donner** la résolution de mesure, en degré, induite par la numérisation du signal.

Question II-5 **Donner** les tensions issues du capteur caractéristiques pour les LEVEL 1 et 16. **Exprimer** la relation liant la position angulaire α du treuil et les valeurs numériques images de l'angle (exprimées en décimal).

Question II-6 **Conclure** quant à la qualité du contrôle de l'intensité des efforts pour un capteur analogique monté directement sur le treuil. **Proposer**, en utilisant le capteur analogique, une solution augmentant la résolution.

DR1, question II-3

