

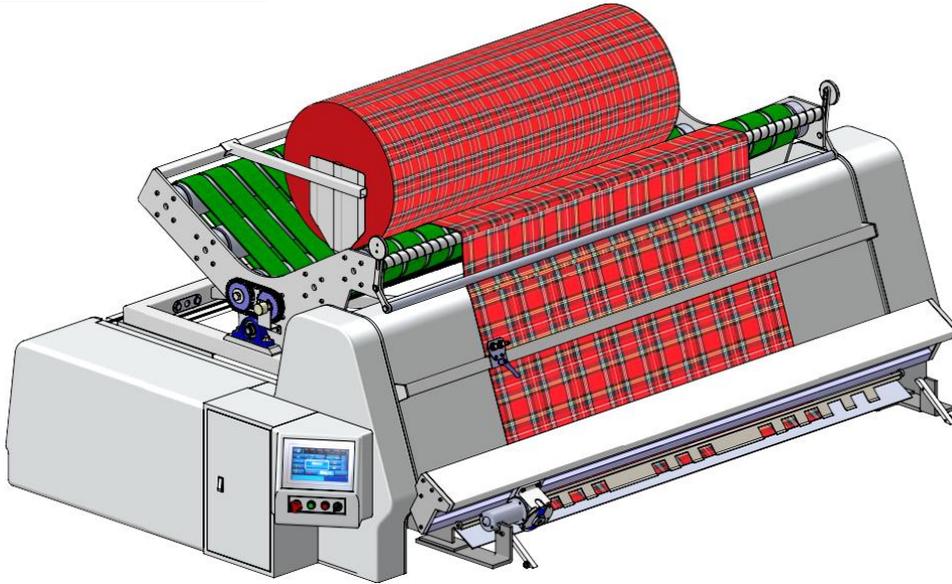
الصفحة	<p>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا</p> <p>الدورة العادية 2024</p> <p>-الموضوع-</p>	<p>المملكة المغربية</p> <p>وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة</p> <p>المركز الوطني للتقويم والامتحانات</p>
1		
16		
***	TTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTT	NS 44

3h	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
3	المعامل	شعبة العلوم الرياضية مسلك العلوم الرياضية (ب)	الشعبة المسلك

### Constitution de l'épreuve

Volet 1 :	Présentation de l'épreuve	page 1.
Volet 2 :	Présentation du système	pages 2, 3.
Volet 3 :	Substrat du sujet	pages 4, 5.
	Documents réponses D.Rep	pages 6, 7, 8, 9, 10, 11.
	Documents ressources D.Res	pages 12, 13, 14, 15, 16.

### Volet 1 : Présentation de l'épreuve



Système à étudier :	<b>Chariot matelasseur automatique.</b>
Durée de l'épreuve :	<b>3 h.</b>
Coefficient :	<b>3.</b>
Moyens de calcul autorisés :	Calculatrices scientifiques non programmables.
Documents autorisés :	Aucun.

- Vérifier que vous disposez bien de tous les documents de 1/16 à 16/16.
- Rédiger les réponses aux questions posées sur les documents réponses D.Rep.

**NB : Tous les documents réponses D.Rep sont à rendre obligatoirement.**

Sauf indication contraire, prendre **deux chiffres après la virgule** pour tous les résultats des calculs.

**Vos réponses** aux questions dépendront beaucoup de l'importance prêtée à la recherche des informations que peuvent contenir les différentes **descriptions** et les **documents ressources**.  
A chaque fois une lecture attentive est nécessaire.

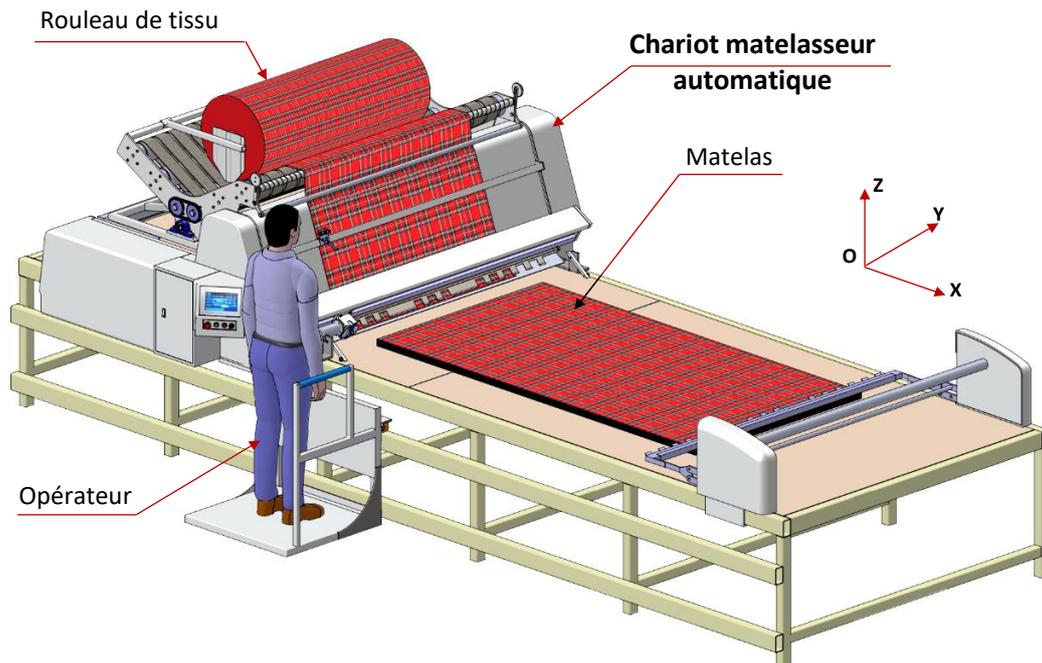
**Volet 2 : Présentation du système****1. Mise en situation**

Le matelassage est une opération qui consiste à dérouler un rouleau de tissu en le déposant sur une table, sous forme de **plusieurs plis (feuilles)** superposés de même longueur (appelé **matelas**). Cette opération peut être manuelle ou automatique.

Le **matelassage automatique** améliore la qualité et la productivité dans l'industrie textile. Il permet aux fabricants de créer des produits finis de haute qualité tout en optimisant les processus de production.

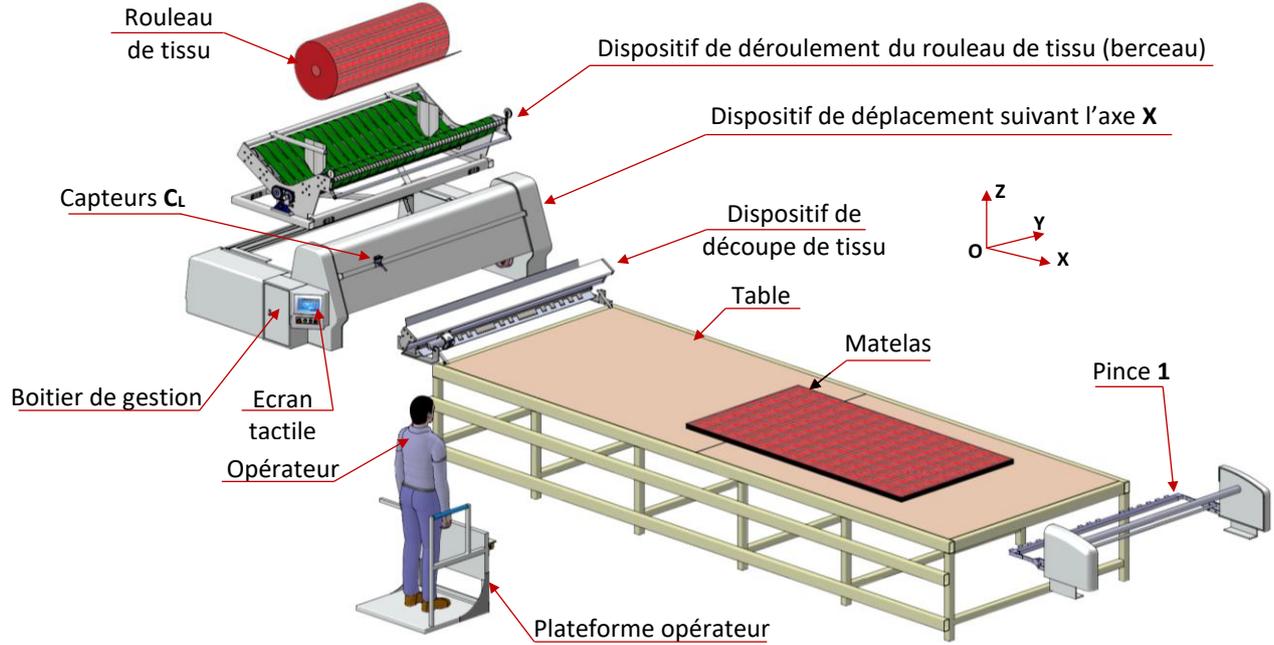
**2. Présentation**

Le **chariot matelasseur automatique** -objet de notre étude- est un système qui permet à l'opérateur de matelasser automatiquement un rouleau de tissu sur une table, selon des paramètres de production bien précis (longueur du matelas, nombre de plis, sens de plis...). Son alimentation en énergie est assurée par le réseau électrique.

**3. Constituants (Voir page suivante)**

Le **chariot matelasseur automatique** est composé d'un :

- ⊙ **Dispositif de déplacement suivant l'axe X** : Permet le déplacement du chariot suivant l'axe **X**, dans les deux sens (+**X** et -**X**) à une vitesse donnée, sur une longueur programmée et pendant un nombre de trajets bien défini ;
- ⊙ **Dispositif de déroulement du rouleau de tissu (berceau)** : Permet le déroulement du rouleau de tissu pour le déposer sur la table à une vitesse convenable en concordance avec la vitesse de déplacement du chariot suivant l'axe **X** ;
- ⊙ **Dispositif lisière** (non représenté) : Permet le déplacement du berceau suivant l'axe **Y** par rapport au déplacement du matelasseur afin d'assurer l'alignement des plis de tissu qui composent le matelas ;
- ⊙ **Dispositif de découpe de tissu** : Permet le découpage de chaque pli de tissu déposé sur la table à la longueur programmée.
- ⊙ **Plateforme opérateur** : Permet le support et le déplacement de l'opérateur avec le chariot matelasseur pendant l'opération de matelassage.
- ⊙ **Ensemble de capteurs** pour :
  - Détecter le zéro du chariot (initialisation = position 0) ;
  - détecter le déplacement suivant l'axe **X** (codeur incrémental **Cdx**) ;
  - détecter la vitesse de déroulement de tissu dans le berceau (codeur incrémental **CdL**) ;
  - assurer la sécurité de l'opérateur (capteurs TOR) ;
  - capteurs de fin de course ;
  - capteurs **C<sub>L</sub>** de la position de la lisière (bord du rouleau).
- ⊙ **Ecran tactile** sert comme moyen de communication avec l'opérateur.
- ⊙ L'ensemble est géré par un automate programmable (**API**).

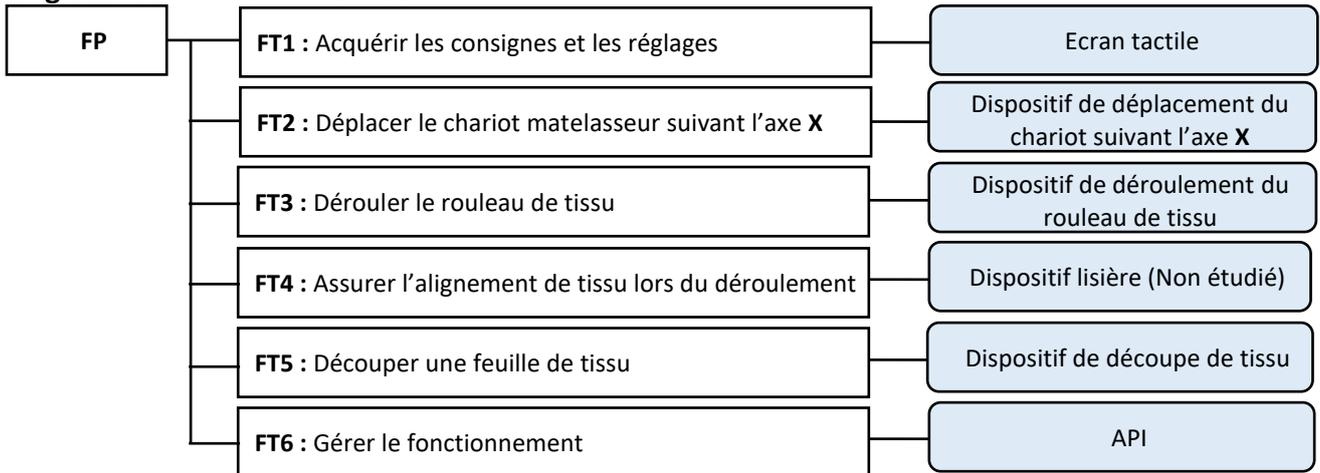


#### 4. Fonctionnement

Après la mise sous tension du système, le chariot prend sa position initiale (position 0), l'opérateur :

- ❶ Dépose le rouleau de tissu dans le berceau ;
- ❷ Saisi les paramètres de matelassage : vitesse, longueur du matelas, nombre de plis, caractéristiques du rouleau de tissu.
- ❸ Donne l'ordre d'exécution du programme :
  - ★ **Étape 1** : avancement du chariot en **+X** d'une distance égale à la longueur programmée du matelas ;
  - ★ **Étape 2** : maintien du bout de tissu à l'aide de la **pince 1** (pincement) ;
  - ★ **Étape 3** : retour du chariot en **-X** à la position **0** ;
  - ★ **Étape 4** : découpe du pli (premier pli de tissu dans ce cas) ;
  - ★ **Étape 5** : reprise des étapes **1, 2, 3 et 4** jusqu'à ce qu'on atteigne le nombre de plis désiré (programmé).

#### 5. FAST global du chariot matelasseur



#### 6. Extrait du CdCF du chariot matelasseur

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
FP	Diamètre maximal du rouleau	900 mm	F1
	Poids maximal du rouleau	250 Kg	F1
	Largeur maximale du rouleau	2400 mm	
	Hauteur de matelassage	220 mm	±5mm
	Vitesse de matelassage	Jusqu'à <b>60 m/min</b>	
	Précision de déplacement	200 µm	

### Volet 3 : Substrat du sujet

Une société leader dans la fabrication des vêtements désire augmenter sa production (qualité et rentabilité), par l'automatisation de l'opération de matelassage.

Le personnel chargé de l'utilisation du chariot matelasseur, devra connaître son fonctionnement et son environnement de travail, il devra aussi interpréter quelques solutions technologiques employées pour contrôler l'opération de matelassage. Et ce à travers les situations ci-après :

Situation d'évaluation n°1	/5,75 Pts
----------------------------	-----------

Dans le but d'appréhender le fonctionnement du chariot matelasseur et son environnement extérieur, on vous propose d'exploiter les outils de l'analyse fonctionnelle en réalisant les tâches suivantes :

**Tâche n°1** : Expression du besoin et identification des interactions du chariot avec son environnement extérieur.

A partir du **volet n°2**, sur le **D.Rep 1**.

**Q.01.** Compléter l'Actigramme **A-0**.

1,00 pt

**Q.02.** Compléter le diagramme des interactions et le tableau des fonctions de services.

2,50 pts

**Tâche n°2** : Identification des solutions constructives employées pour réaliser quelques fonctions techniques.

A partir du **volet n°2**, du **D.Res 1** et du **D.Res 2**, sur le **D.Rep 2**.

**Q.03.** Compléter le FAST partiel de la fonction « **FT2** ».

1,25 pt

**Q.04.** Compléter le FAST partiel de la fonction « **FT5** ».

1,00 pt

Situation d'évaluation n°2	/8,00 Pts
----------------------------	-----------

La charge supportée par le chariot lors de son déplacement horizontal suivant l'axe X et sa stabilité, imposent la validation de la motorisation et les réglages convenables sur certaines solutions constructives. La réalisation des tâches suivantes va permettre de découvrir et de valider ces solutions constructives :

**Tâche n°1** : Validation du choix du moteur du chariot **Mx**.

Pour déplacer le chariot à la vitesse maximale  $V_{chmax}$  annoncé dans le **CdCF**, il faut lui appliquer une force maximale  $F_{chmax}$  allant jusqu'à **400 N**. On se place dans ces conditions pour répondre aux questions suivantes.

A partir du **volet n°2** et du **D.Res 2**, sur le **D.Rep 3**.

**Q.05.** Calculer la puissance maximale  $P_{chmax}$  (en **W**) nécessaire pour déplacer le chariot.

0,25 pt

**Q.06.** Calculer le rendement global  $\eta_g$  de la chaîne de transmission du chariot.

0,25 pt

**Q.07.** Calculer la puissance  $P_{mxmax}$  (en **W**) que doit développer le moteur **Mx** dans ce cas.

0,25 pt

**Q.08.** Calculer la vitesse de rotation  $N_{Rx1}$  (en **tr/min**) de la roue **1** qui correspond à la vitesse maximale  $V_{chmax}$  du chariot.

0,25 pt

**Q.09.** Calculer le rapport de transmission global  $rg$  de la chaîne de transmission du chariot.

0,25 pt

**Q.10.** En déduire la vitesse de rotation  $N_{mxmax}$  (en **tr/min**) du moteur **Mx** dans ce cas.

0,25 pt

**Q.11.** Le moteur **Mx** choisi par le constructeur est-il conforme ? Justifier.

0,50 pt

**Tâche n°2** : Identification des composants du schéma électrique partiel du chariot.

A partir du **D.Res 3**, sur le **D.Rep 4**.

**Q.12.** Donner le nom et la fonction convenables des constituants du circuit électrique du dispositif de déplacement du chariot suivant l'axe **X**.

0,75 pt

**Q.13.** Compléter le tableau par les caractéristiques convenables du réseau électrique **220V/380V-50Hz**.

0,75 pt

**Q.14.** A partir de la **liste 1**, choisir la solution convenable pour réaliser le **bloc A**.

0,25 pt

**Q.15.** A partir de la **liste 2**, compléter le bloc fonctionnel du variateur « **VAR VMx** » par les convertisseurs statiques convenables.

0,50 pt

**Tâche n°3** : Identification des liaisons du système tendeur de la courroie crantée.

A partir du **D.Res 2** et du **D.Res 4**, sur le **D.Rep 4**.

- Q.16. Compléter le schéma cinématique du système tendeur de la courroie crantée. 1,00 pt
- Q.17. Quel est le nombre de tour  $nv$  de la vis **1**, qui permet de déplacer le galet **5** d'une distance  $L_{d5} = 2 \text{ mm}$  ? 0,25 pt
- Q.18. Compléter le dessin de l'écrou **2** en :
- Vue de gauche en coupe **A-A** ;
  - Vue de dessus

2,50 pt

### Situation d'évaluation n°3

/6,25 Pts

Certaines caractéristiques relatives à la précision de déplacement du chariot suivant l'axe X sont liées aux solutions constructives adoptées par le constructeur et aux consignes de fonctionnement du chariot matelasseur. A travers les tâches suivantes vous êtes amenés à découvrir ses caractéristiques et à les comparer avec les consignes de fonctionnement.

**Tâche n°1** : Détermination de la vitesse réelle du chariot détectée par le codeur **Cdx**.

A partir du **D.Res 1**, du **D.Res 2** et du **D.Res 5**, sur le **D.Rep 5**.

- Q.19. Compléter le tableau par la **MOE** et la **MOS** du codeur incrémental **Cdx**. 0,50 pt
- Q.20. Déterminer la période du signal issu de la voie **A** et de la voie **Z** (en **ms**), puis calculer la vitesse angulaire  $\omega_{cdx}$  (en **rd/s**) du disque du codeur **Cdx**. 1,00 pt
- Q.21. Déduire la résolution **R** du codeur **Cdx**. 0,50 pt
- Q.22. Quel est le sens de rotation du disque du codeur ? 0,50 pt
- Q.23. Donner en le justifiant, l'expression de la vitesse angulaire  $\omega_{c1}$  (en **rd/s**) en fonction de  $\omega_{cdx}$ . 0,50 pt
- Q.24. Donner l'expression de la vitesse de déplacement  $V_{ch}$  (en **m/s**) du chariot matelasseur en fonction de  $\omega_{cdx}$  (en **rd/s**),  $Z_{c1}$  et  $p_{c1}$ . 0,50 pt
- Q.25. En déduire la valeur de la vitesse réelle  $V_{ch}$  (en **m/s**) de déplacement du chariot. 0,25 pt
- Q.26. Est-elle compatible avec la valeur annoncée dans le **CdCF** ? 0,25 pt

**Tâche n°2** : Comparaison du signal issu du codeur avec la consigne qui commande le moteur. Pour un cas précis de vitesse.

Le signal issu du codeur incrémental **Cdx** indique que la **vitesse réelle** du chariot est  $V_{ch} = 0,5 \text{ m/s}$ , à travers cette tâche on se propose de vérifier que le variateur de vitesse qui commande le moteur **Mx** délivre la fréquence convenable pour atteindre cette vitesse du chariot.

A partir du **D.Res 2** et du **D.Res 3**, sur le **D.Rep 6**.

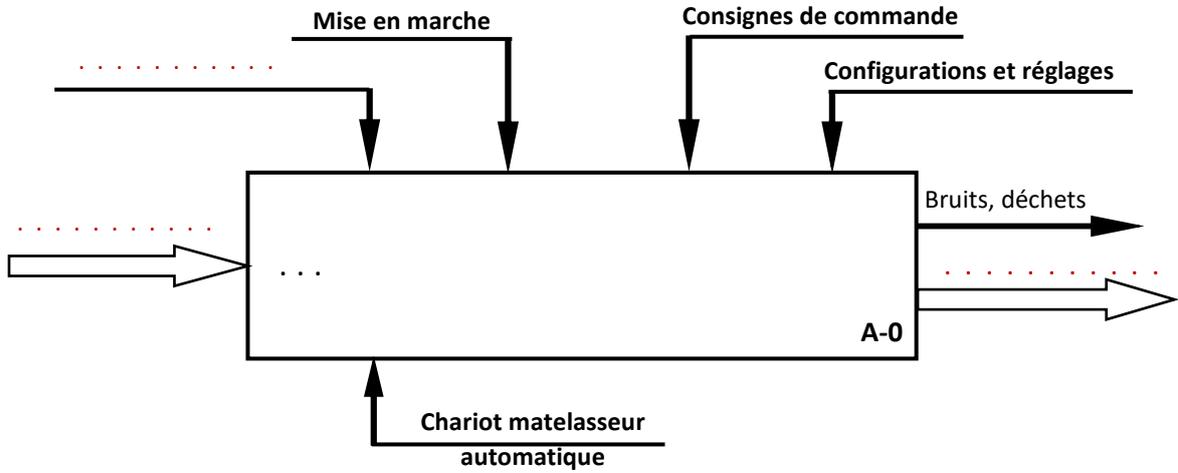
- Q.27. Identifier la nature de la transmission de mouvement (**Adhérence** ou **Obstacle**) des différents composants de la chaîne de transmission suivant l'axe **X** du chariot matelasseur. 0,75 pt
- Q.28. Calculer la vitesse de rotation du moteur  $N_{mx1}$  (en **tr/min**) lorsque  $V_{ch} = 0,5 \text{ m/s}$ . Prendre  $rg = 0,22$ . 0,25 pt
- Q.29. Donner l'expression de la vitesse de rotation  $N_{mx1}$  (en **tr/min**) en fonction de  $g$ ,  $p$  et  $fx$ , ( $fx$  est la fréquence (en **Hz**) des tensions qui alimentent le moteur). 0,25 pt
- Q.30. En déduire la valeur de  $fx$  (en **Hz**) qui correspond à la vitesse de rotation  $N_{mx1}$ . 0,25 pt
- Q.31. Les tensions d'alimentation du moteurs **Mx** ( $u1(t)$ ,  $u2(t)$ ,  $u3(t)$ ) sont représentées sur le **D. Res 3**, donner la valeur de la fréquence  $fxm$  (en **Hz**) de ces tensions. 0,25 pt
- Q.32. Comparer les valeurs de  $fx$  et de  $fxm$  puis conclure. 0,50 pt

**D.Rep 1**

/3,50 Pts

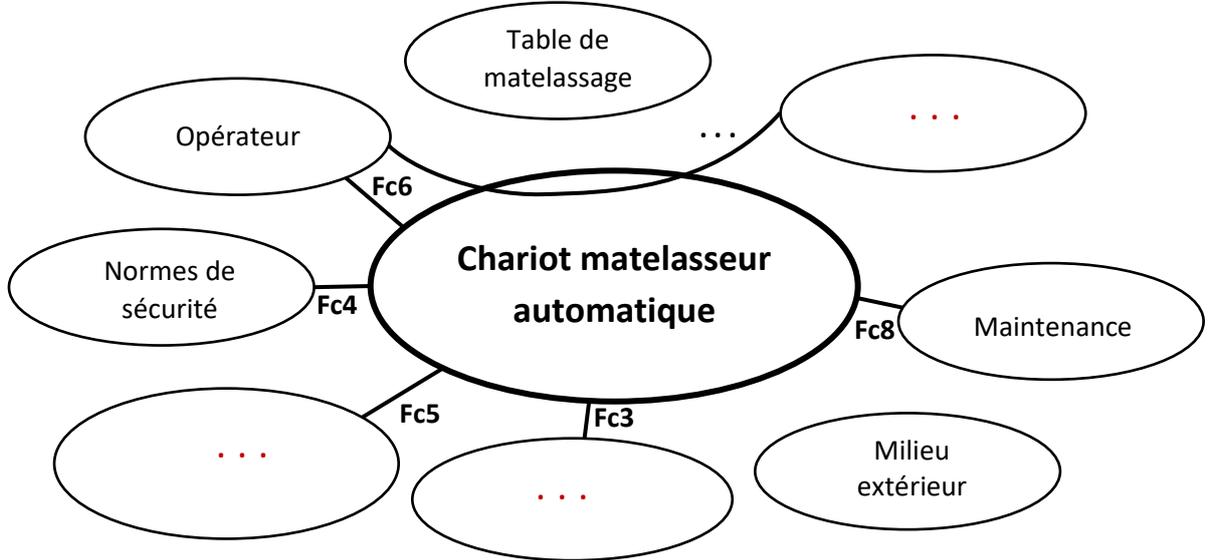
**Q.01.** Actigramme A-0.

1,00 pt



**Q.02.** Diagramme des interactions et tableau des fonctions de services.

2,50 pts



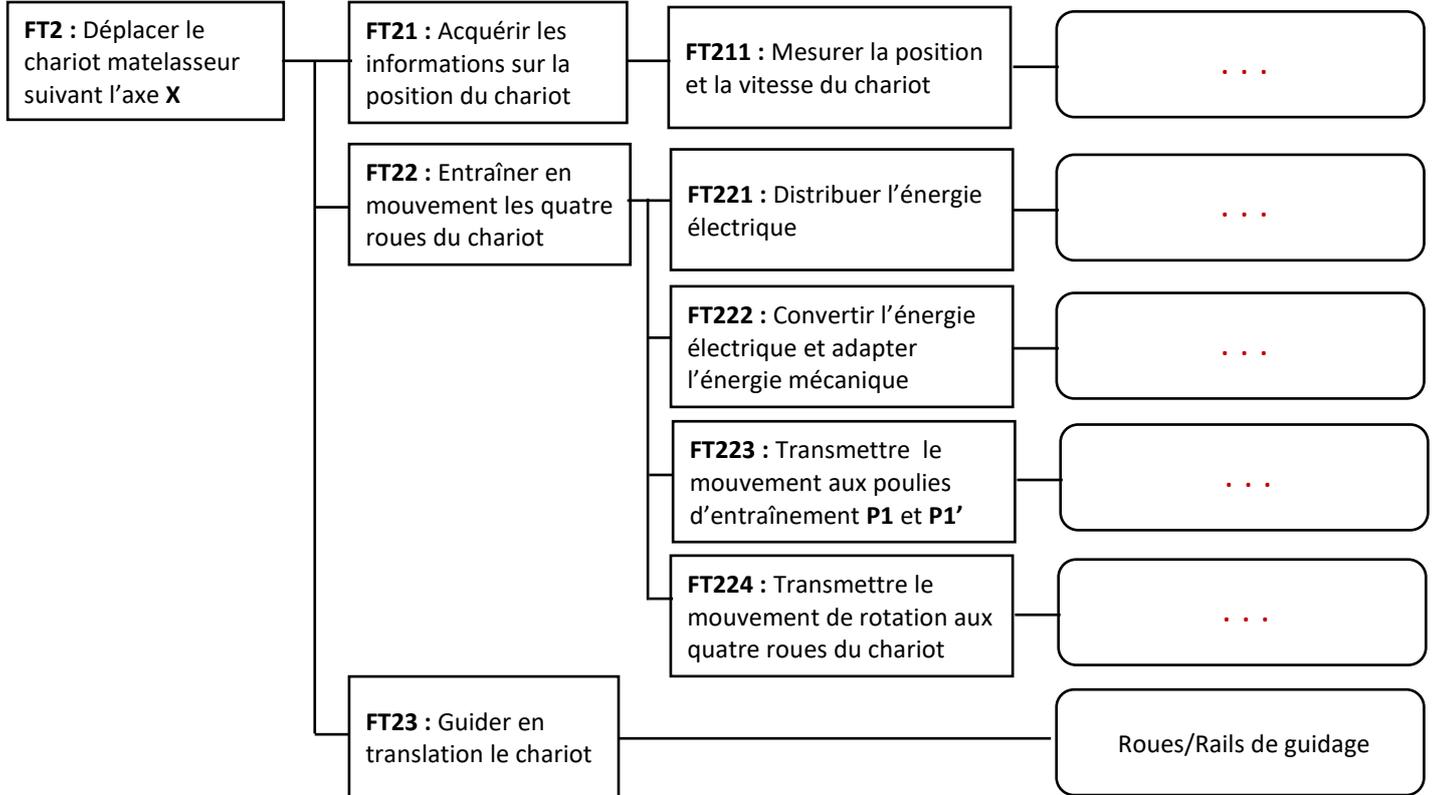
Fs	Identification
FP	
Fc1	Se déplacer aisément sur la table de matelassage.
Fc2	S'adapter à la nature et aux dimensions du rouleau de tissu.
Fc3	S'alimenter en énergie électrique du réseau.
Fc4	...
Fc5	S'adapter à l'espace réservé au matelassage.
Fc6	...
Fc7	Résister aux agressions du milieu extérieur.
Fc8	...

## D.Rep 2

/2,25 Pts

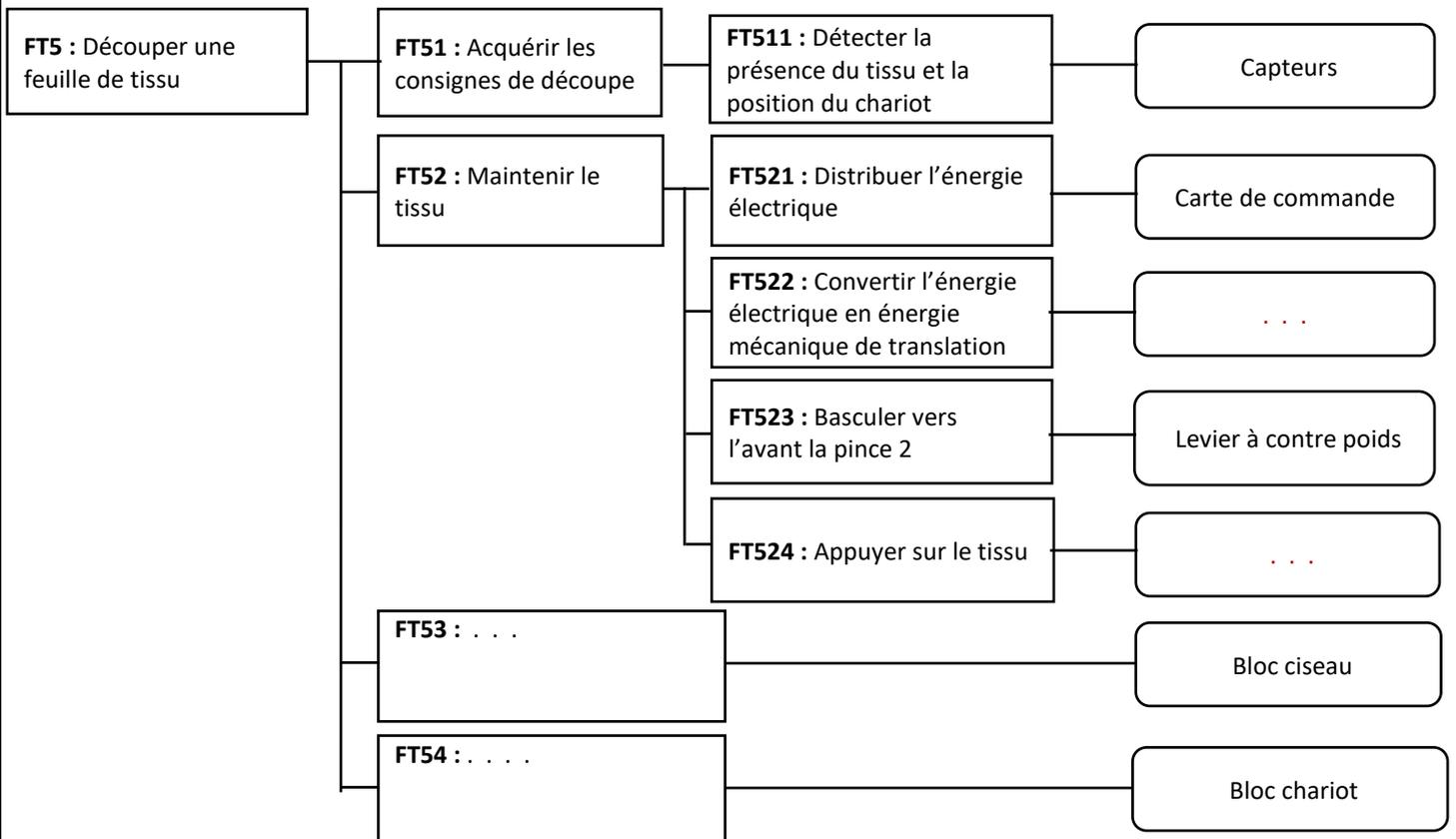
Q.03. FAST partiel de la fonction « FT2 ».

1,25 pt



Q.04. FAST partiel de la fonction « FT5 ».

1,00 pt



## D.Rep 3

/2,00 Pts

Q.05. Calcul de la puissance maximale  $P_{chmax}$  (en **W**) nécessaire pour déplacer le chariot.

0,25 pt

Q.06. Calcul du rendement global  $\eta_g$  de la chaine de transmission du chariot.

0,25 pt

Q.07. Calcul de la puissance  $P_{mxmax}$  (en **W**) que doit développer le moteur **Mx** dans ce cas.

0,25 pt

Q.08. Calcul de la vitesse de rotation  $N_{Rx1}$  (en **tr/min**) de la roue **1** qui correspond à la vitesse maximale  $V_{chmax}$  du chariot.

0,25 pt

Q.09. Calcul du rapport de transmission global  $rg$  de la chaine de transmission du chariot.

0,25 pt

Q.10. Déduction de la vitesse de rotation  $N_{mxmax}$  (en **tr/min**) du moteur **Mx** dans ce cas.

0,25 pt

Q.11. Conformité du moteur **Mx** choisi par le constructeur et justification.

0,50 pt

Q.12. Nom et fonction convenables des constituants du circuit électrique du dispositif de déplacement du chariot suivant l'axe X.

0,75 pt

Composant	Nom	Fonction
QX		
KMX		
Bloc A		

Q.13. Tableau des caractéristiques convenables du réseau électrique 220V/380V-50Hz.

0,75 pt

Tension simple maximale (en V)	Tension composée maximale (en V)	Période (en ms)

Q.14. La solution convenable pour réaliser le bloc A est :

0,25 pt

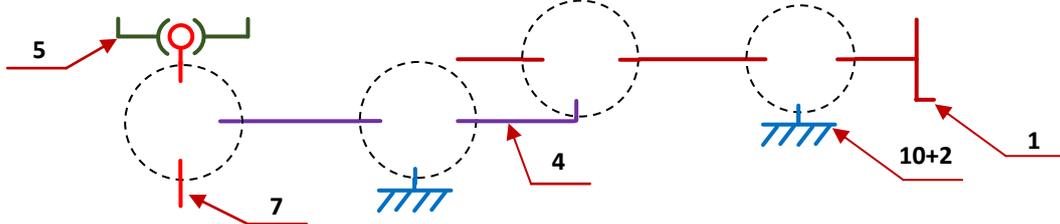
Q.15. Les convertisseurs statiques convenables pour réaliser le variateur « VAR VMx » :

0,50 pt



Q.16. Schéma cinématique du système tendeur de la courroie crantée.

1,00 pt



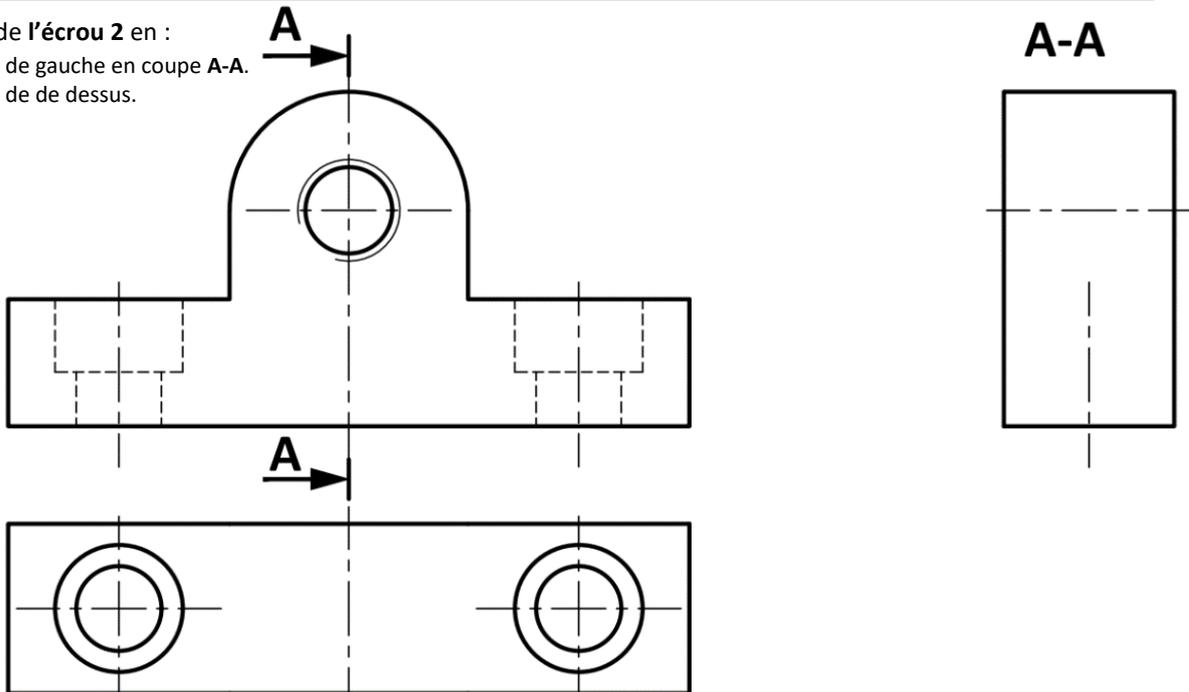
Q.17. Nombre de tour  $nv$  de la vis 1 pour déplacer le galet 5 d'une distance  $L_{d5} = 2$  mm.

0,25 pt

Q.18. Dessin de l'écrou 2 en :

2,50 pts

- Vue de gauche en coupe A-A.
- Vue de de dessus.



**Q.19. MOE et MOS du codeur incrémental Cdx.**

0,50 pt

MOE	.....
MOS	.....

**Q.20. Période du signal issu de la voie A et Z (en ms), et calcul de la vitesse angulaire  $\omega_{Cdx}$  du disque du codeur Cdx.**

1,00 pt

Période de la voie A (en ms)	Période de la voie Z (en ms)	Vitesse angulaire $\omega_{Cdx}$ (en rd/s)
$T_A =$ .....	$T_Z =$ .....	$\omega_{Cdx} =$ .....

**Q.21. Déduction de la résolution R du codeur Cdx.**

0,50 pt

**Q.22. Sens de rotation du disque du codeur.**

0,50 pt

.....

**Q.23. Expression et justification de la vitesse angulaire  $\omega_{c1}$  (en rd/s) en fonction de  $\omega_{Cdx}$ .**

0,50 pt

**Q.24. Expression de la vitesse de déplacement  $V_{ch}$  (en m/s) du chariot matelasseur en fonction de  $\omega_{Cdx}$ ,  $Z_{c1}$  et  $p_{c1}$ .**

0,50 pt

**Q.25. Déduction de la valeur de la vitesse réelle  $V_{ch}$  (en m/s) de déplacement du chariot.**

0,25 pt

**Q.26. Compatibilité de la vitesse de déplacement  $V_{ch}$  avec la valeur annoncée dans le CdCF.**

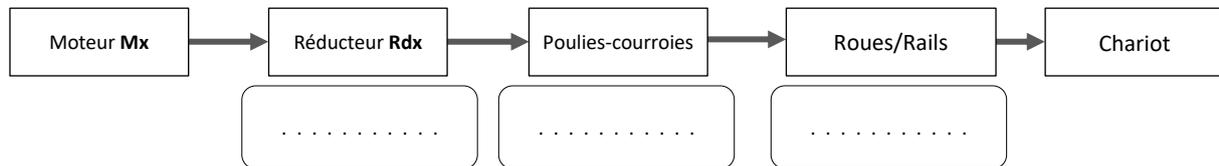
0,25 pt

## D.Rep 6

/2,25 Pts

Q.27. Identification de la nature de la transmission de mouvement (**Adhérence** ou **Obstacle**) des différents composants de la chaîne de transmission du chariot matelasseur.

0,75 pt



Q.28. Calcul de la vitesse de rotation du moteur  $N_{mx1}$  (en **tr/min**) lorsque  $V_{ch} = 0,5$  m/s. Prendre  $rg = 0,22$ .

0,25 pt

Q.29. Expression de la vitesse de rotation  $N_{mx1}$  (en **tr/min**) en fonction  $g$ ,  $p$  et  $fx$  ( $fx$  est la fréquence (en **Hz**) des tensions qui alimentent le moteur).

0,25 pt

Q.30. Dédution de la valeur de la fréquence  $fx$  (en **Hz**) qui correspond à la vitesse de rotation  $N_{mx1}$ .

0,25 pt

Q.31. La valeur de la fréquence  $fxm$  (en **Hz**) des tensions d'alimentations du moteur  $Mx$  ( $u1(t)$ ,  $u2(t)$ ,  $u3(t)$ ).

0,25 pt

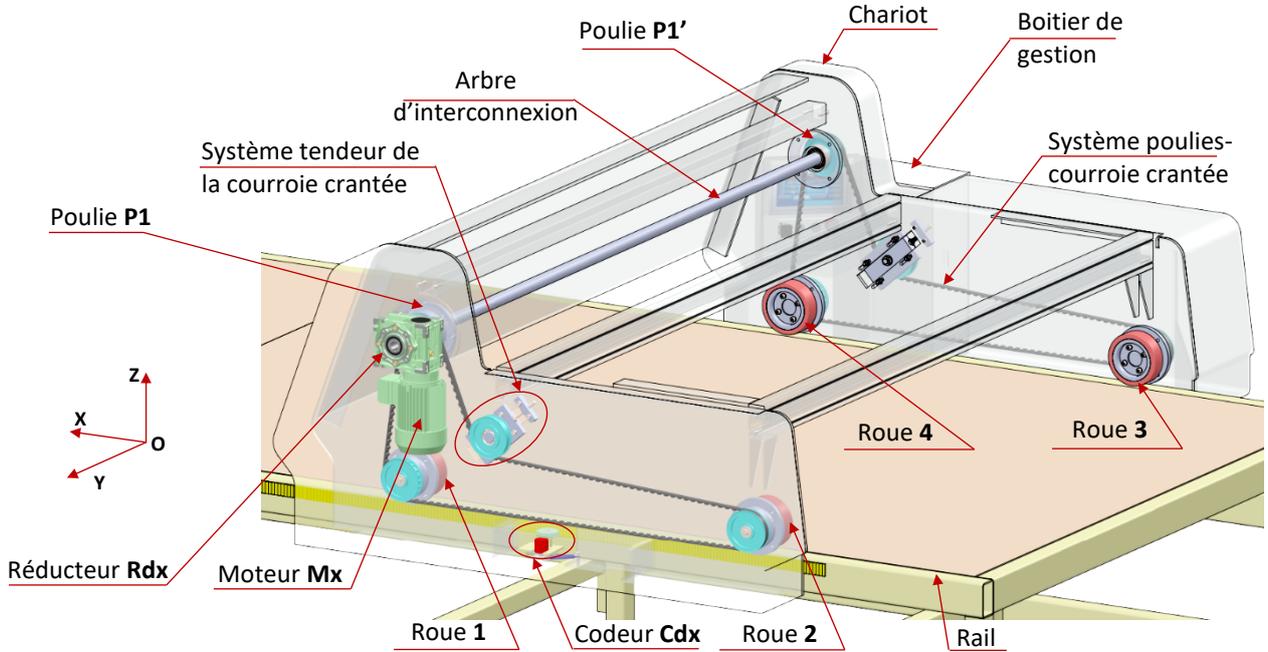
Q.32. Comparaison des valeurs de  $fx$  et de  $fxm$  et conclusion.

0,50 pt

## D.Res 1

**Dispositif de déplacement suivant l'axe X**

Il est constitué d'un **chariot** qui se déplace suivant l'axe **X** par le moyen de quatre **roues** guidées sur deux **rails** de la **table**. Chaque paire de **roues** est entraînée en rotation par un système **poulies-courroie crantée**. Le mouvement de rotation de ces deux systèmes est assuré par un **arbre d'interconnexion** qui est solidaire à l'arbre de sortie du **réducteur Rdx**, ce **réducteur** est entraîné par le **moteur asynchrone Mx**. La commande de la vitesse du **moteur Mx** est confié à un **variateur de vitesse**. Un **codeur incrémental Cdx** permet de détecter le déplacement du chariot suivant l'axe **X**.

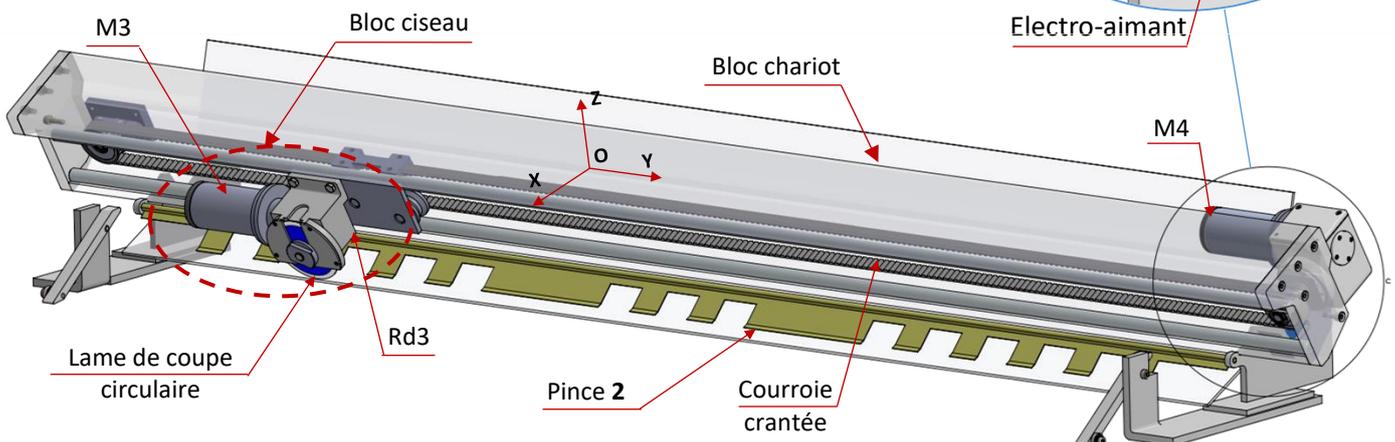
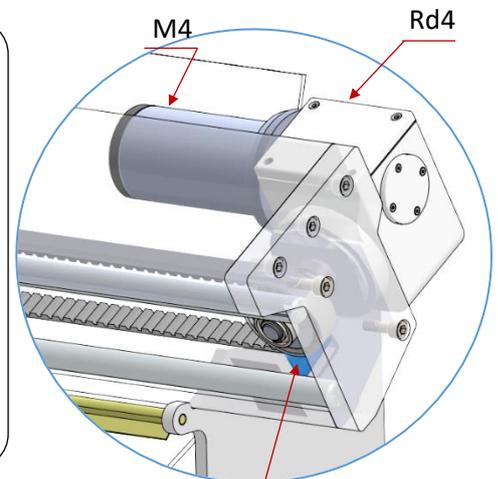
**Dispositif de découpe de tissu**

Il est constitué par deux blocs : Le **bloc ciseau** et le **bloc chariot**.

Le **bloc ciseau** est destiné à la découpe de tissu, il est constitué d'un moteur électrique **M3** à courant continu qui entraîne une **lame circulaire** par l'intermédiaire d'un réducteur **Rd3**. Ce **bloc ciseau** est monté sur le **bloc chariot**.

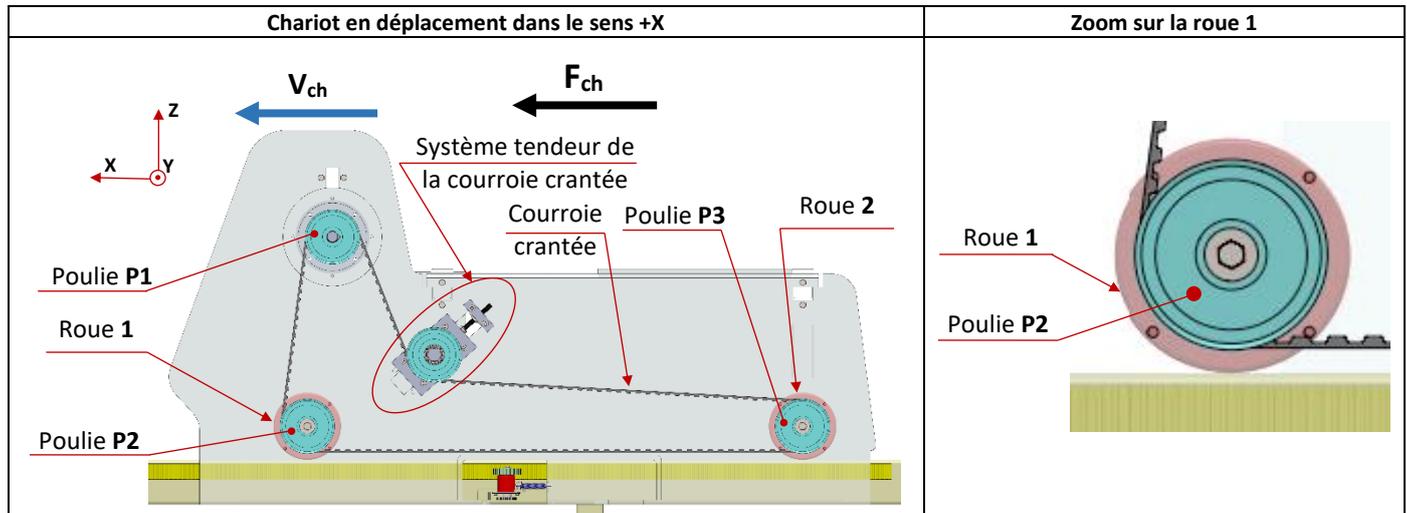
Le **bloc chariot** assure le déplacement du **bloc ciseau** le long de l'axe **Y**, ce dernier est entraîné en translation par une courroie crantée montée sur deux poulies, l'une de ces deux poulies est entraînée en rotation par un moteur électrique **M4** à courant continu et un réducteur **Rd4**.

Une **pince 2** est intégrée au système pour maintenir le tissu en place pendant la découpe. L'ouverture de cette **pince 2** est commandée par un **électro-aimant**.

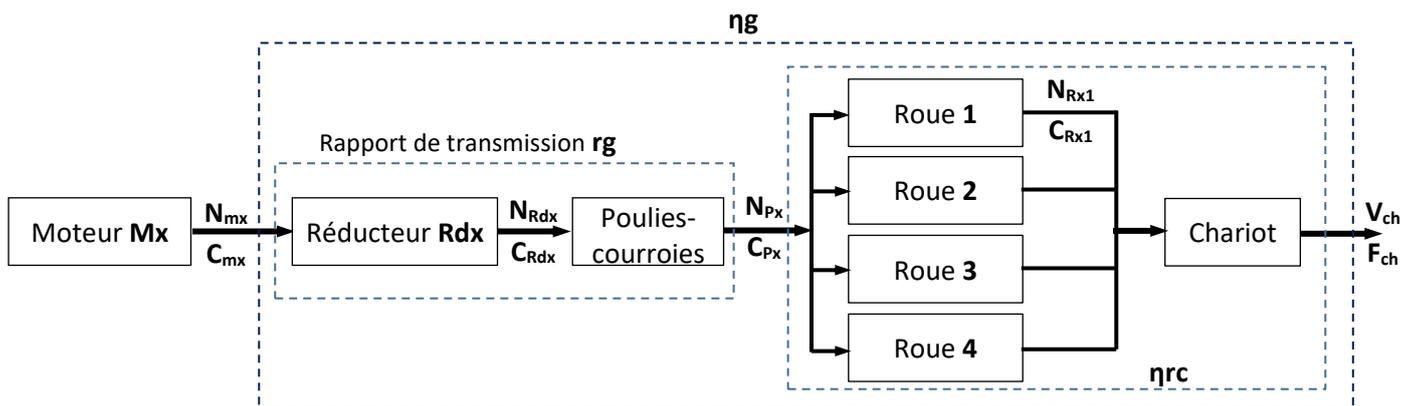


## D.Res 2

## Vue 2D de la chaîne de transmission du chariot (Le moteur Mx et le réducteur Rdx non représentés)



## Schéma synoptique de la chaîne de transmission du chariot



## Caractéristiques des composants de la chaîne transmission du chariot

- **Moteur Mx :**

- ★ Moteur asynchrone triphasé.
- ★ Puissance nominale  $P_n = 2 \text{ kW}$ .
- ★ Vitesse nominale  $N_n = 1420 \text{ tr/min}$ .
- ★ Nombre de paires de pôles  $p = 2$ .
- ★ Glissement  $g = 4\%$ .
- ★ Rendement  $\eta_{Mx} = 94\%$ .

- **Réducteur Rdx :**

- ★ Réducteur à engrenages à deux étages.
- ★ Rapport de transmission  $r_x = 1/4,6$ .
- ★ Rendement  $\eta_{Rdx} = 95\%$ .

- **Poulies-courroies :**

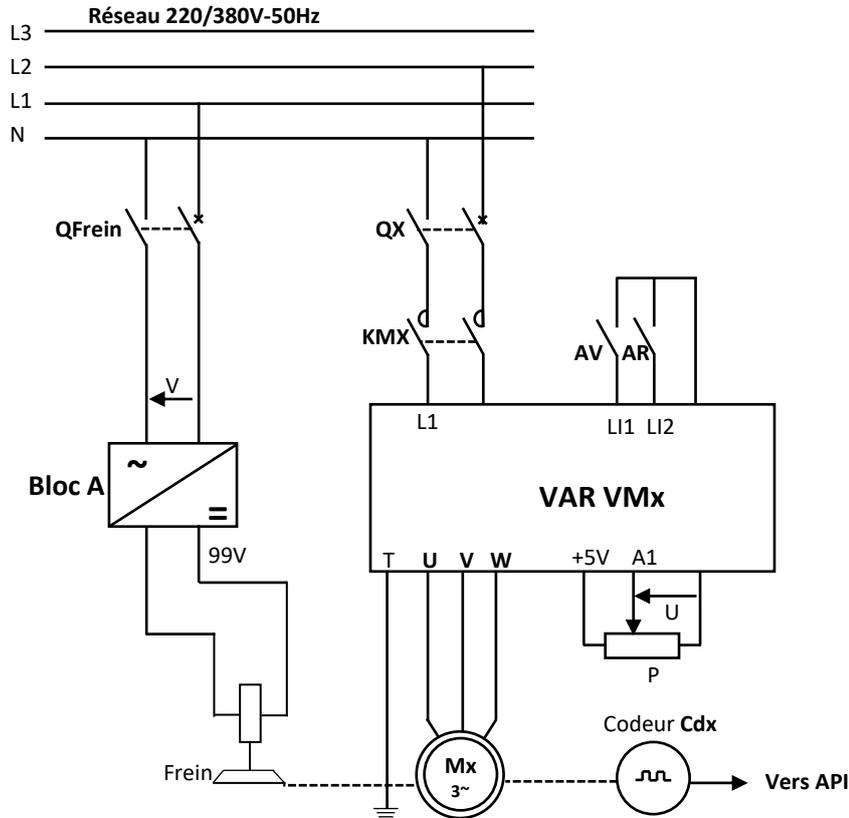
- ★ Diamètre des poulies P1, P2, P3 :  $d_p = 74 \text{ mm}$ .
- ★ Rapport de transmission  $r_{pc}$ .
- ★ Rendement  $\eta_{pc} = 95\%$ .

- **Roues/Rails :**

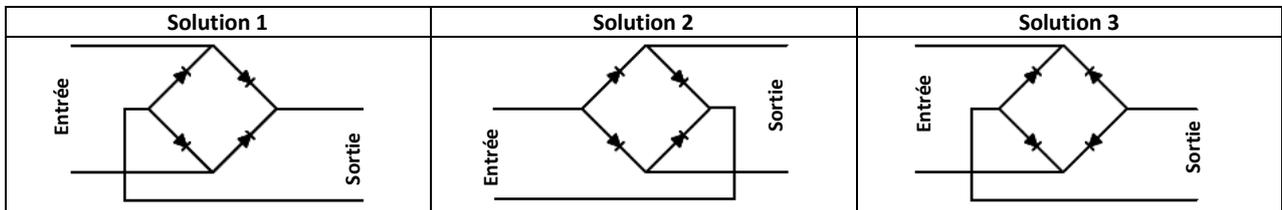
- ★ Nombre de roues : 4.
- ★ Diamètre des roues du chariot :  $d_R = 100 \text{ mm}$ .
- ★ Rendement  $\eta_{rc} = 85\%$ .

D.Res 3

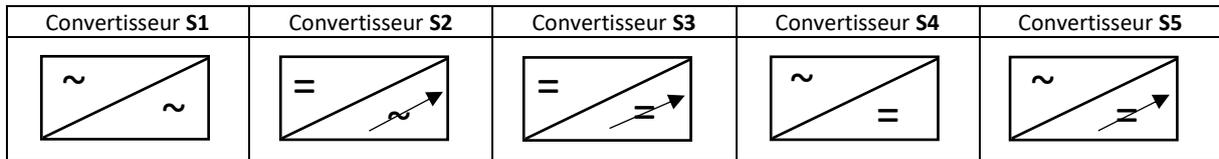
Schéma électrique partiel de commande du moteur Mx



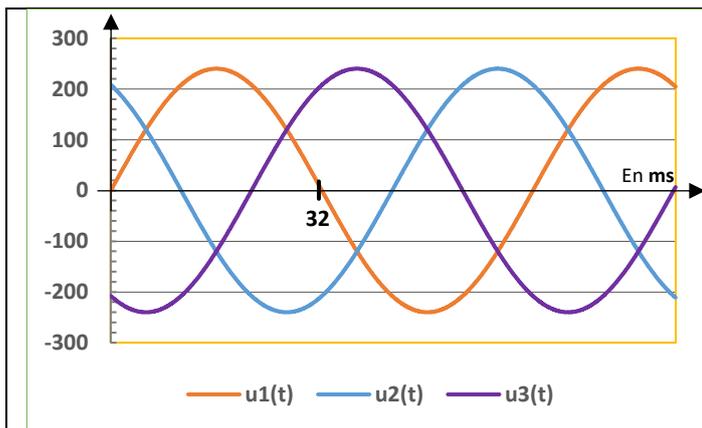
Liste 1 (Pont de diode)



Liste 2 (Convertisseur statique)



Tensions d'alimentation du moteur Mx



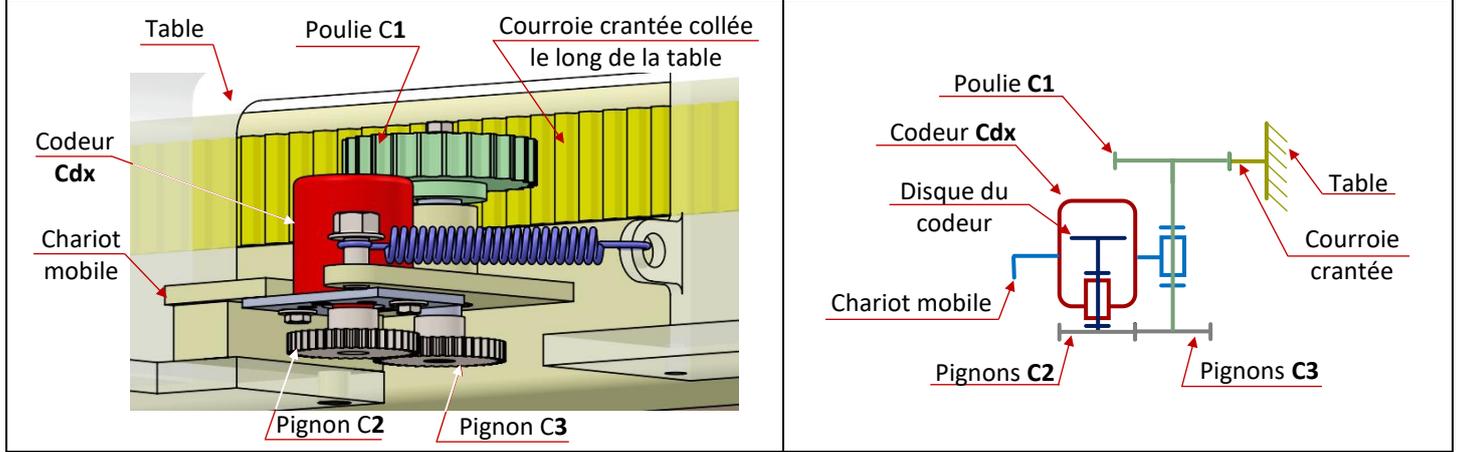
- $u_1(t)$  : Tension entre la borne U et V du variateur VMx.
- $u_2(t)$  : Tension entre la borne U et W du variateur VMx.
- $u_3(t)$  : Tension entre la borne V et W du variateur VMx.



**D.Res 5**

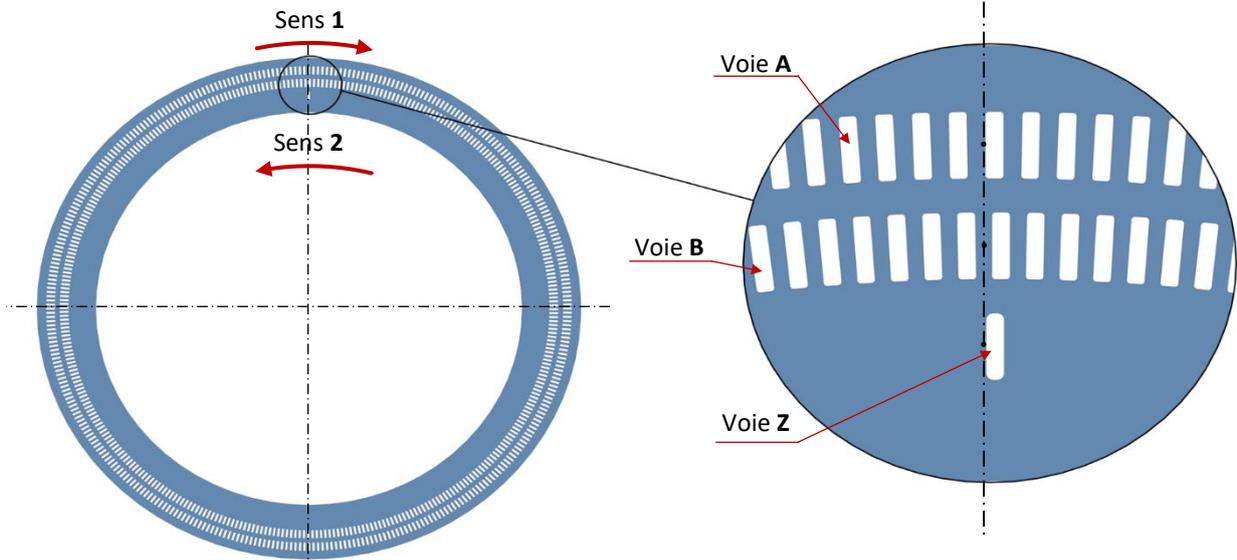
**Codeur incrémental Cdx**

Le codeur incrémental **Cdx** est **solidaire** du corps du chariot mobile, la **courroie crantée** est solidaire de la table de matelassage. Le déplacement à une vitesse  $V_{ch}$  du chariot mobile entraîne la rotation de la poulie **C1** à la vitesse  $\omega_{C1}$ . L'engrenage **C2-C3** transmet cette vitesse au disque du codeur **Cdx**.



- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Poulie d'entraînement <b>C1</b> : | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nombre de dents <math>Z_{C1} = 20</math> dents</li> <li>▪ Pas <math>p_{C1} = 10</math> mm</li> </ul> |
| Pignons <b>C2</b> et <b>C3</b> :  | Nombre de dents $Z_{C2} = Z_{C3} = 40$ dents  |

**Disque du codeur incrémental Cdx**



**Oscillogrammes des signaux de sortie du codeur Cdx**

