# الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

الدورة العادية 2018

-الموضوع-

NS 44

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي

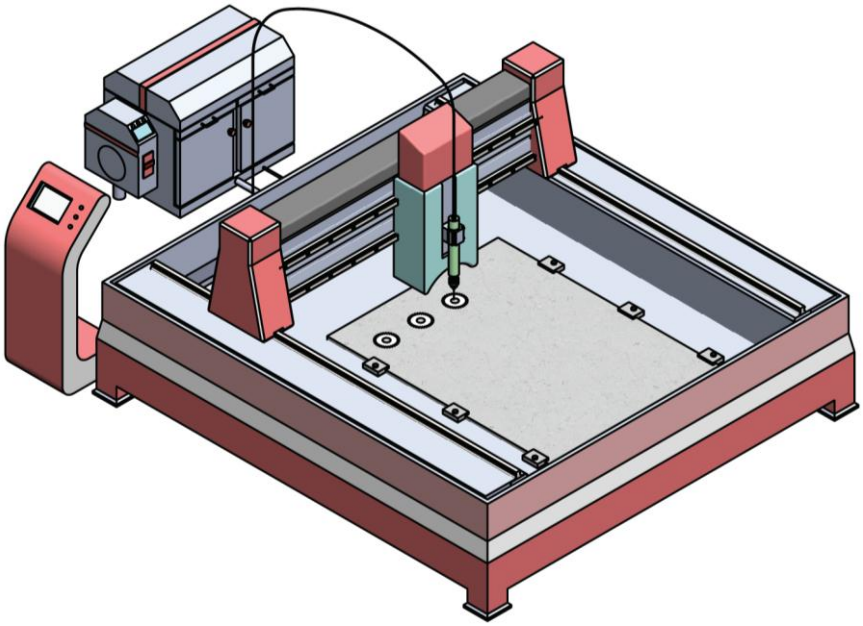
المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | مدة الإنجاز | علوم المهندس | المادة |
| 3 | المعامل | شعبة العلوم الرياضية : مسلك العلوم الرياضية "ب" | الشعبة أو 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, 12.** |
| | Documents ressources **D.Res** | **pages 13, 14, 15, 16, 17, 18.** |

## Volet 1 : Présentation de l'épreuve



| | |
|---|---|
| Système à étudier : | Machine de découpe à jet d'eau. |
| Durée de l'épreuve : | **3 h.** |
| Coefficient : | **3**. |
| Moyens de calcul autorisés : | Calculatrices scientifiques non programmables. |
| Documents autorisés : | Aucun. |

- Vérifier que vous disposez bien de tous les documents de **1/18** à **18/18**.
- Faire une lecture attentive afin de vous imprégner du sujet.
- Rédiger les réponses aux questions posées sur les documents réponses **D.Rep**.

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

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

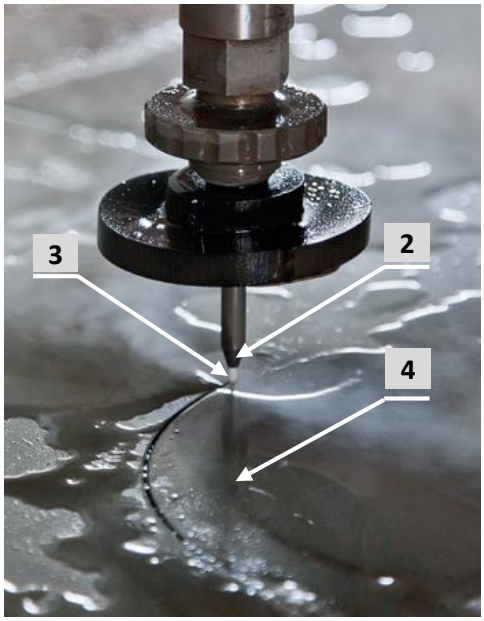
Moutamadris.ma

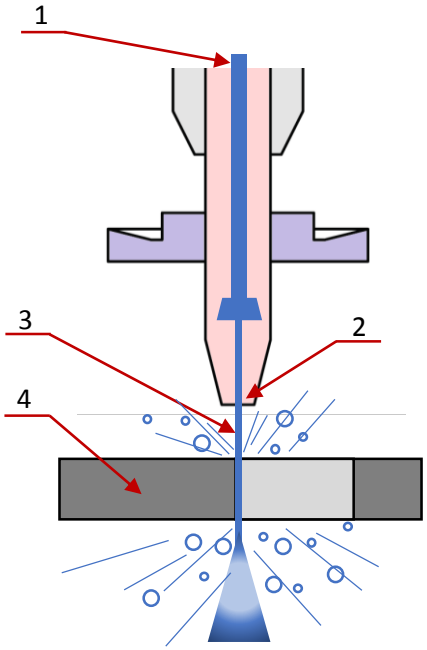
## Volet 2 : Présentation du système

### 1. Mise en situation (Voir figures ci-dessous)

Le **découpage à jet d'eau pure** est une technologie de pointe utilisée pour **découper des pièces spéciales en matériaux** tels que mousse, cuir, matériaux métalliques, matériaux composites, avec une précision élevée et sans influence thermique sur ces matériaux.

Les matériaux sont découpés au moyen du **jet d'eau 3**, projeté à **très grande vitesse** (2 à 3 fois la vitesse du son), cette mise en vitesse est réalisée en forçant un débit d'eau à travers **la buse 2** de très petit diamètre, avec des pressions comprises entre **2000** et **4000 bars**.




**1** : Entrée d'eau **à Très Haute Pression THP**.
**2** : Buse de ∅ 0,1 mm.
**3** : Jet d'eau.
**4** : Pièce à découper.

### 2. Présentation de la machine de découpe à Jet d'eau.

La **machine de découpe à jet d'eau**, objet de notre étude, est constituée de **trois unités** :

**L'unité de déplacement à 3 axes** (Voir **D.Res 1** et **D.Res 2**) :

Elle est responsable du mouvement de la **buse** et est constituée de :

- 3 systèmes linéaires (**SL**) de déplacement en translation suivant les trois axes **X**, **Y** et **Z** :
  - Le système **SLX** permet de déplacer le **chariot X** suivant l'axe **X** par l'intermédiaire de deux systèmes **vis-écrou à billes** actionnés par deux **moteurs identiques à courant continu MX1** et **MX2** ;
  - Le système **SLY** permet de déplacer le **chariot Y** suivant l'axe **Y**, par l'intermédiaire d'un système **poulies-courroie crantée** actionné par un **moteur à courant continu MY** ;
  - Le système **SLZ** permet de déplacer le **chariot Z** (porte buse) suivant l'axe **Z**, par l'intermédiaire d'un système **vis-écrou à billes** actionné par un **moteur à courant continu MZ.**
- Codeurs **Cdx1**, **Cdx2**, **CdY** et **CdZ** pour contrôler respectivement la vitesse et la position des actionneurs **MX1**, **MX2**, **MY** et **MZ** ;
- **Capteurs de fin de course** pour limiter les mouvements des chariots **X**, **Y** et **Z**.

**L'unité hydraulique** (Voir **D.Res 1** et **D.Res 3**) :

Elle est constituée de :

- Un groupe **motopompe hydraulique** composé d'une **pompe haute pression PHP** actionnée par un **moteur électrique asynchrone triphasé M1** commandé par un **variateur de vitesse** ;
- Un **vérin 1A** à double étage (huile/eau), appelé **intensifieur** qui pressurise l'eau à **très haute pression THP** à partir de l'huile sous pression ;
- Un accumulateur qui permet de stocker l'eau à **très haute pression THP** pour assurer une continuité du jet d'eau ;
- Une **canalisation à haute résistance** qui conduit cette eau pressurisée vers la **buse** ;

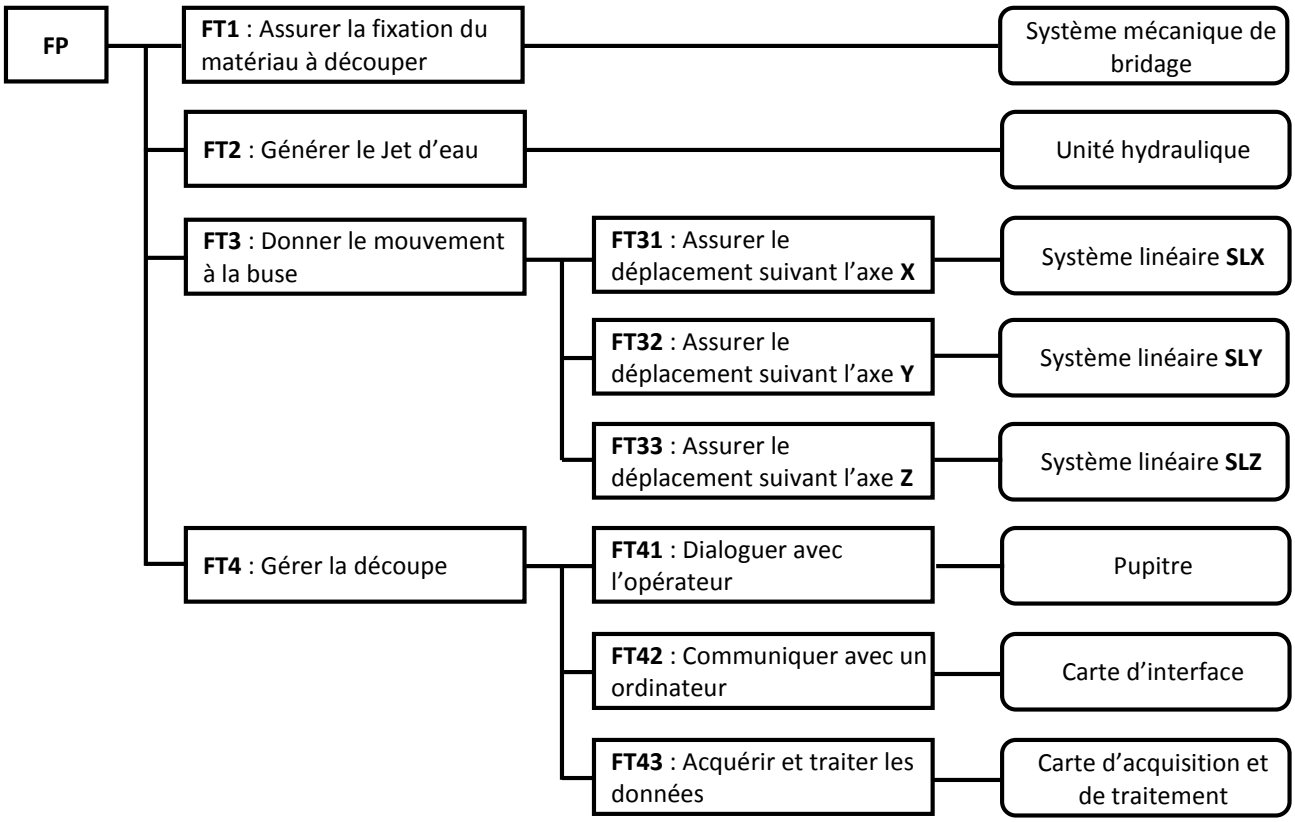
Moutamadris.ma

**L'unité de commande** (Voir **D.Res 1**) :

Elle est Constituée d'une **armoire de commande** contenant :

- Une **carte d'acquisition et de traitement** de données ;
- Une **carte d'interface** pour connecter un ordinateur à la machine ;
- Un **pupitre** de dialogue avec l'opérateur.

## 3. FAST relatif à la fonction principale de la machine de découpe à Jet d'eau.




## 4. Extrait du CdCF de la machine de découpe à Jet d'eau.

| Fonction de service | Critère | Niveau | Flexibilité |
|---|---|---|---|
| FP | **Pression de l'eau de découpe** | **4000 Bars** | **± 5%** |
| | Débit d'eau de découpe | 0,335 l/min | |
| | Pression de l'huile | 160 Bars | |
| | Courses X, Y, Z maximales | 2970 x 2390 x 350 mm | |
| | Vitesse maximale de découpe | 43,78 m/min | |
| | **Précision de positionnement** | **0,01 mm** | |
| | Répétabilité | ± 0,030 mm | |

Moutamadris.ma

## Volet 3 : Substrat de sujet

Pour être compétitif dans le secteur de l'habillage intérieur des avions par l'augmentation de la production (qualité et délai), une société locale envisage d'investir par l'acquisition d'une **machine de découpe à jet d'eau** pour réaliser des pièces spécifiques.
Vous êtes membre de l'équipe qui va identifier certains choix de solutions technologiques employées dans cette machine et vérifier quelques-unes de ses caractéristiques à travers les trois situations d'évaluation suivantes :

| Situation d'évaluation n°**1** | 5,25 Pts |
|---|---|

On vous invite à utiliser les outils de l'analyse fonctionnelle pour vous aider à appréhender les solutions employées dans la **machine de découpe à jet d'eau** et leurs fonctions à travers les tâches suivantes :

**Tâche n°1** : Expression du besoin et identification des fonctions de service.

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

**Q.01.** Exprimer le besoin en complétant la « **Bête à cornes** ». 0,25 pt

**Q.02.** Compléter le diagramme des interactions et le tableau des fonctions de service. 1,75 pt

**Tâche n°2** : Identification des solutions technologiques utilisées pour réaliser les fonctions « **FT2** » et « **FT32** ».

A partir du **volet n°2** et des **D.Res 1**, **D.Res 2** et **D.Res 3**, sur le **D.Rep 2**.

**Q.03.** Compléter le **FAST** relatif à la fonction « **FT2** ». 2,00 pts

**Q.04.** Compléter le **FAST** relatif à la fonction « **FT32** ». 1,25 pt

| Situation d'évaluation n°**2** | 4,50 Pts |
|---|---|

L'unité hydraulique responsable de la production du jet d'eau à très haute pression influe directement sur la qualité de la découpe. L'étude de cette unité passe par l'identification de ses composants et par la vérification de ses caractéristiques. Pour cela, on vous demande de réaliser les tâches suivantes :

**Tâche n°1** : Identification des constituants de l'unité hydraulique.

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

**Q.05.** Compléter le tableau par le nom et la fonction des éléments de l'unité hydraulique. 1,50 pt

**Q.06.** Pendant le fonctionnement normal de l'unité hydraulique, la pression indiquée par l'élément **0V4** est-elle une haute pression (**HP**) ou une très haute pression (**THP**) ? 0,25 pt

**Tâche n°2** : Schématisation de l'intensifieur en position travail.

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

**Q.07.** Compléter le schéma de câblage de puissance de l'intensifieur dans les deux positions travail. 1,00 pt

**Q.08.** Indiquer l'état (**bloqué** ou **passant**) des clapets dans la position **travail à droite**. 0,25 pt

**Tâche n°3** : Vérification de la pression de découpe.

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

**Q.09.** Donner l'expression théorique de l'effort **Fh** engendré par la poussée de l'huile sur le piston de l'intensifieur en fonction de la pression de l'huile **Ph** et des diamètres **D** et **d**. 0,25 pt

**Q.10.** Donner l'expression théorique de l'effort **Fe** appliqué sur l'eau par la tige de l'intensifieur en fonction de la pression de l'eau **Pe** et du diamètre **d**. 0,25 pt

**Q.11.** Sachant que **Fe = Fh** (Pas de pertes), montrer que **Pe** = **24** x **Ph**. 0,50 pt

**Q.12.** Sachant que la pression de l'huile est **Ph=160 bars**, Calculer la pression de l'eau **Pe** (en bars). Conclure sur la correspondance de cette valeur avec celle annoncée par le constructeur dans le CdCF. 0,50 pt

Moutamadris.ma

## Situation d'évaluation n°3 — 10,25 Pts

La vérification des performances de la **machine de découpe à jet d'eau** notamment le type de matériaux à découper et la vitesse de découpe, passe par la mobilisation des connaissances pluridisciplinaires permettant d'aborder :

- Sa cinématique ;
- le contrôle du déplacement ;
- la validation de sa motorisation.

Pour arriver à ce but, on vous demande de réaliser les tâches suivantes :

### **Tâche n°1** : Etude de la structure cinématique et des solutions constructives utilisées dans l'unité de déplacement à 3 axes.

A partir des **D.Res 2**, **D.Res 4** et **D.Res 5**, sur les **D.Rep 4** et **D.Rep 5**.

**Q.13.** Compléter le tableau des classes d'équivalence de l'unité de déplacement à 3 axes. — 1,50 pt

**Q.14.** Compléter le tableau par le nom de la liaison et le mouvement possible entre les classes d'équivalence (Mettre une Croix « **X** » dans la case convenable). — 0,75 pt

**Q.15.** Donner la solution employée par le constructeur pour réaliser la liaison entre **CE2** et **CE4**. — 0,25 pt

**Q.16.** Compléter le schéma cinématique de l'unité de déplacement à 3 axes par les deux liaisons manquantes entre les classes d'équivalence **CE1** et **CE2** d'une part et entre **CE6** et **CE7** d'autre part. — 0,50 pt

**Q.17.** Compléter le tableau relatif à la liaison entre l'arbre **73** et la poulie **64**. — 0,75 pt

**Q.18.** Compléter le dessin de l'arbre **73** en : — 2,50 pts

- Vue de face ;
- vue de droite.

### **Tâche n°2** : Vérification de la précision de positionnement de la machine de découpe à jet d'eau.

Sachant que tous les codeurs sont identiques et montés sur les axes des moteurs (Voir **D.Res 2**). A partir du **D.Res 5** et **D.Res 6**, sur le **D.Rep 6**. Calculer en prenant **quatre chiffres** après la virgule :

**Q.19.** Le déplacement $dx_{42}$ (en **mm**) du chariot **X** pour un tour du moteur **MX1**. — 0,25 pt

**Q.20.** La précision théorique **px** (en **mm**) obtenue par le codeur **Cdx1**. — 0,25 pt

**Q.21.** Le déplacement $dy_{66}$ (en **mm**) du chariot **Y** pour un tour du moteur **MY**. (On donne le rapport global **kg = 0,073**) — 0,25 pt

**Q.22.** La précision théorique **py** (en **mm**) obtenue par le codeur **Cdy**. — 0,25 pt

**Q.23.** La précision de positionnement **pm** (en **mm**) de la machine. Conclure sur la correspondance de cette valeur avec celle annoncée par le constructeur dans le CdCF. — 0,50 pt

### **Tâche n°3** : Validation du choix du moteur **MY**.

Lorsqu'on découpe des matériaux composites, le moteur **MY** absorbe un courant **I** de **4 A** sous une tension **U** de **70 V**. Dans ces conditions et à partir du **D.Res 6**, sur le **D.Rep 7** :

**Q.24.** Calculer le couple **Cmy** (en **N.m**) développé par le moteur **MY**. — 0,25 pt

**Q.25.** Calculer la valeur de la force électromotrice **E** (en **V**) puis déduire la vitesse de rotation **NmY** (en **tr/min**). — 0,50 pt

**Q.26.** Calculer alors la puissance $P_Y$ (en **W**) développée par le moteur **MY**. — 0,25 pt

**Q.27.** Calculer la puissance $P_{66}$ (en **W**) disponible au niveau de la courroie **66**. — 0,25 pt

**Q.28.** On prendra pour **Nmy** la valeur **2300 tr/min**, Calculer la vitesse de rotation $N_{64}$ (en **tr/min**) puis la vitesse linéaire $V_{66}$ (en **m/s**). — 0,50 pt

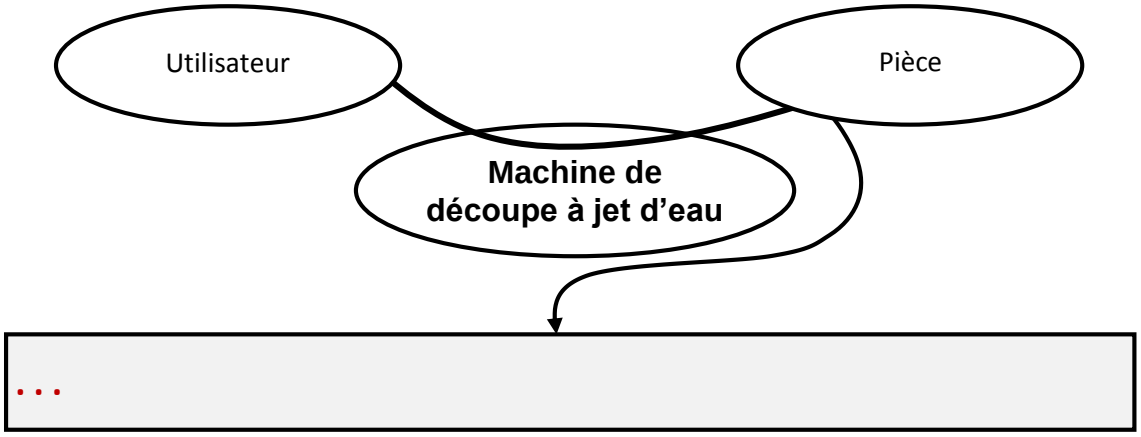
**Q.29.** Calculer alors la force de poussée $F_{66}$ (en **N**) disponible au niveau de la courroie **66**. — 0,25 pt

**Q.30.** Le moteur **MY** est-il valide si on considère que la force de poussée $F_y$ minimale pour déplacer le chariot **Y** est estimée à **470 N** ? Justifier votre réponse. — 0,50 pt

Moutamadris.ma

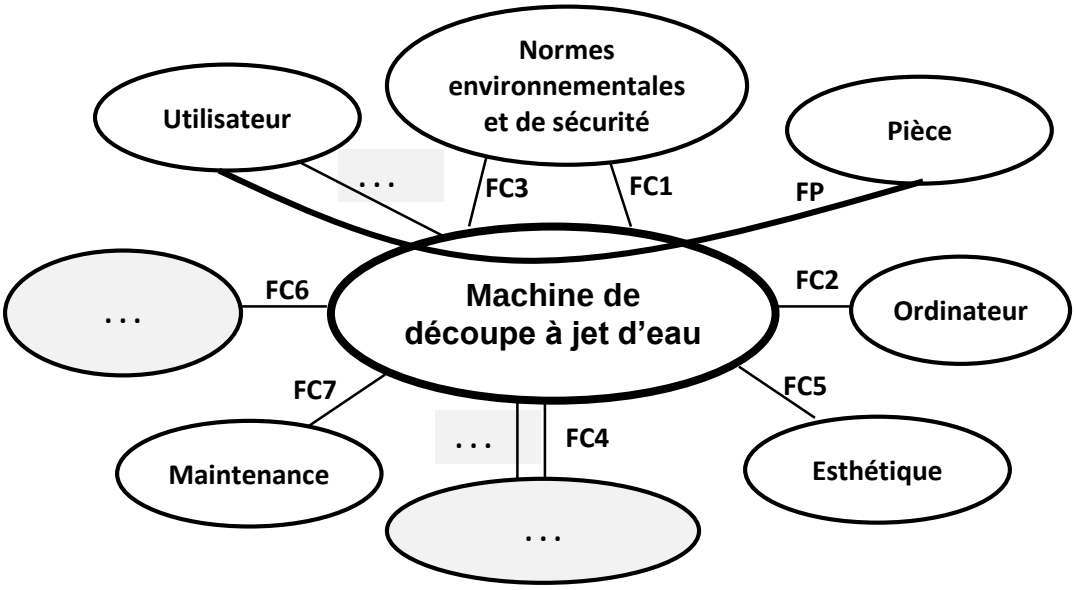
## D.Rep 1 (2,00 Pts)

**Q.01.** « **Bête à cornes** ».




/0,25

**Q.02.** Digramme des interactions et tableau des fonctions de service.




/1,75

| | |
|---|---|
| **FP** | . . . |
| **FC1** | Respecter les normes environnementales. |
| **FC2** | . . . |
| **FC3** | . . . |
| **FC4** | Utiliser l'eau du réseau de l'eau potable. |
| **FC5** | Etre esthétique. |
| **FC6** | Utiliser l'énergie électrique du réseau électrique. |
| **FC7** | Avoir une maintenance aisée |
| **FC8** | Déminéraliser l'eau |
| **FC9** | Garantir la sécurité de l'utilisateur |

Moutamadris.ma

## D.Rep 2 (5,00 Pts)

**Q.03. FAST** relatif à la fonction « **FT2** ». **/2,00**

- **FT2** : Générer le jet d'eau
  - **FT21** : Mettre l'huile à haute pression **HP**
    - **FT211** : Distribuer l'énergie électrique alternative — ...
    - **FT212** : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation — ...
    - **FT213** : Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique — ...
  - **FT22** : Mettre l'eau à très haute pression **THP**
    - **FT221** : Distribuer l'énergie hydraulique — ...
    - **FT222** : Convertir l'énergie hydraulique huile en énergie hydraulique eau — ...
    - **FT223** : Accumuler l'eau à **THP** et Réguler le flux dans la canalisation — ...
    - **FT224** Amener l'eau à **THP** vers la tête de découpe à jet d'eau — ...
  - **FT23** : Mettre l'eau à très grande vitesse — ...

**Q.04. FAST** relatif à la fonction « **FT32** ». **/1,25**

- **FT32** : Assurer le déplacement suivant l'axe **Y**
  - **FT321** : Commander le mouvement de translation du chariot **Y**
    - **FT3211** : Détecter la position du chariot **Y** — ...
    - **FT3212** : Limiter le déplacement suivant l'axe **Y** — ...
    - **FT3213** : Distribuer l'énergie électrique — Pont en H
  - **FT322** : Entrainer le chariot **Y** en translation
    - **FT3221** : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation — ...
    - **FT3222** : Adapter le mouvement de rotation — ...
    - **FT3223** : Transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation — ...
    - **FT3224** : Guider le chariot **Y** en translation — Rails

**Q.05.** Nom et fonction des éléments de l'unité hydraulique. **/1,50**

| Repère | Nom | Fonction |
|---|---|---|
| **0V5** | ... | ... |
| **B1** | ... | ... |
| **1V5** | ... | ... |

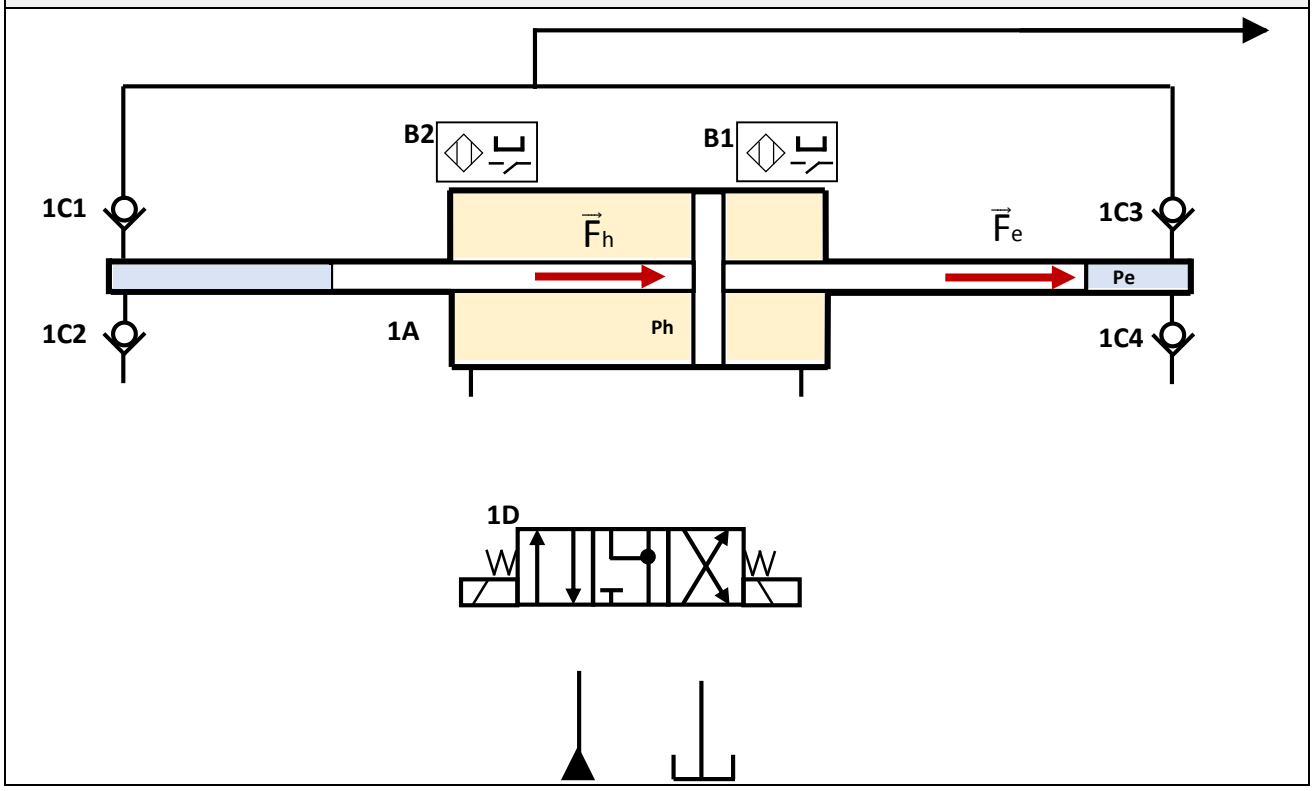
**Q.06.** Pression indiquée par l'élément **0V4**. **/0,25**

Moutamadris.ma

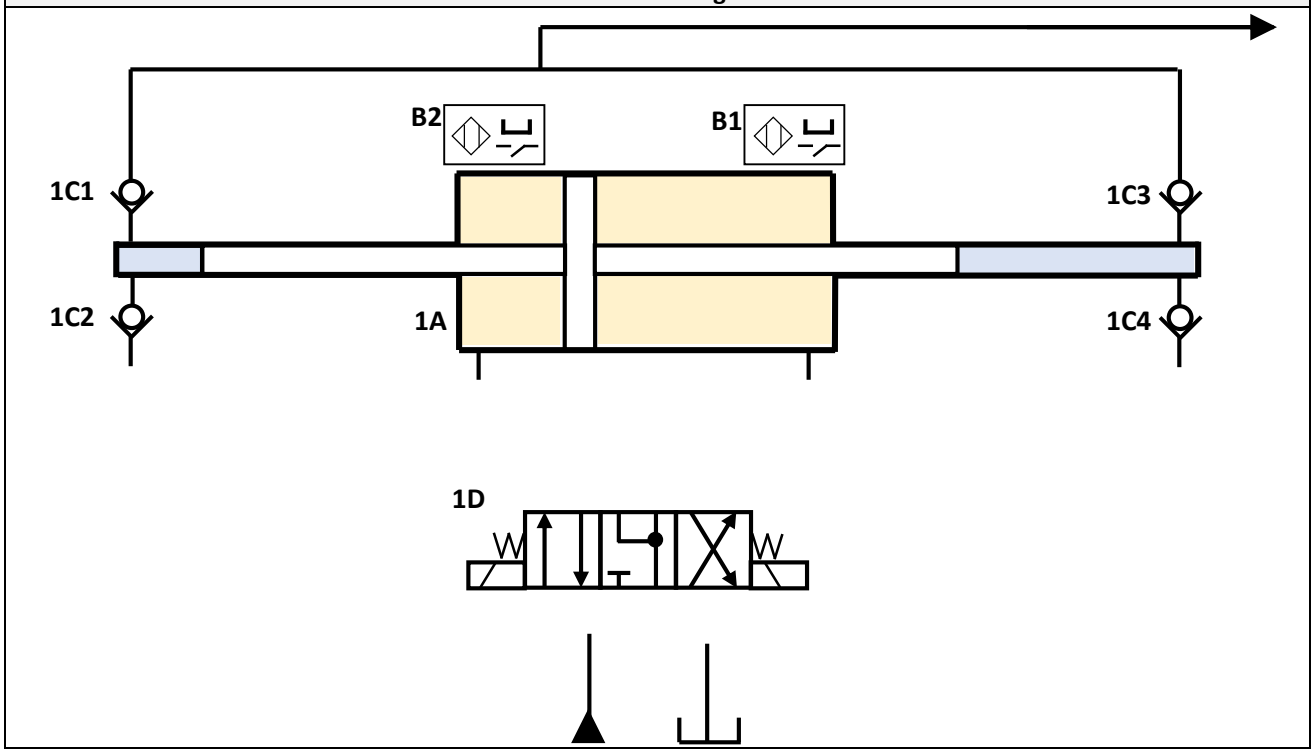
## D.Rep 3 (1,25 Pt)

**Q.07.** Schéma de câblage de puissance de l'intensifieur dans les deux positions travail. **/1,00**

**Position travail à droite**




**Position travail à gauche**




**Q.08.** Etat des clapets (**Bloqué** ou **Passant**) dans la position **travail à droite**. **/0,25**

| Clapet | 1C1 | 1C2 | 1C3 | 1C4 |
|---|---|---|---|---|
| Etat | . . . | . . . | . . . | . . . |

Moutamadris.ma

## D.Rep 4 (3,00 Pts)

**Q.09.** Expression théorique de l'effort **Fh** en fonction de la pression de l'huile **Ph** et des diamètres **D** et **d**. **/0,25**

**Q.10.** Expression théorique de l'effort **Fe** en fonction de la pression de l'eau **Pe** et du diamètre **d**. **/0,25**

**Q.11.** Démonstration de **Pe = 24** x **Ph.** **/0,50**

**Q.12.** Calcul de **Pe** et conclusion. **/0,50**

**Q.13.** Tableau des classes d'équivalence de l'unité de déplacement à 3 axes. **/1,50**

| Constituants | Classes d'équivalence | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CE0 | CE1 | CE2 | CE3 | CE4 | CE5 | CE6 | CE7 |
| Châssis **40** | X | | | | | | | |
| Vis **41** | | | | | | | | |
| Ecrou à billes **42** | | | | | | | | |
| Poulie **62** | | | | | | | | |
| Poulie **64** | | | | | | | | |
| Poulie **65** | | | | | | | | |
| Arbre **73** | | | | | | | | |

Moutamadris.ma

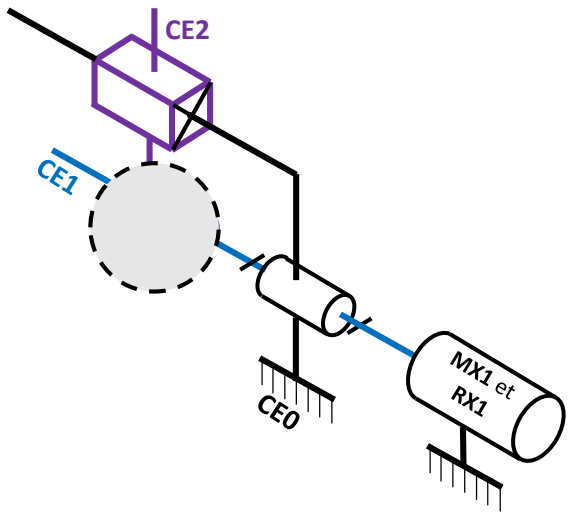
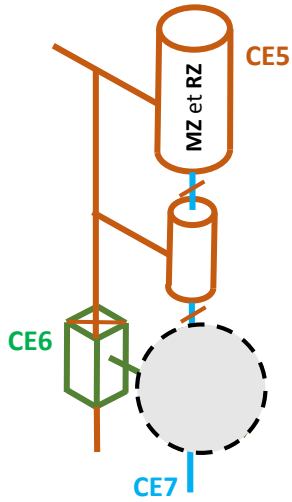
## D.Rep 5 (4,75 Pts)

**Q.14.** Tableau des noms des liaisons et des mouvements possibles. **/0,75**

| | Nom de la liaison | Tx | Ty | Tz | Rx | Ry | Rz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CE1 – CE2** | . . . | | | | | | |
| **CE2 – CE5** | . . . | | | | | | |
| **CE6 – CE7** | . . . | | | | | | |

**Q.15.** Solution employée par le constructeur pour réaliser la liaison entre **CE2** et **CE4**. **/0,25**

**Q.16.** Schéma cinématique de l'unité de déplacement à 3 axes. **/0,5**

| Liaisons entre les classes d'équivalence **CE1** et **CE2** | Liaisons entre les classes d'équivalence **CE6** et **CE7** |
|---|---|
|  |  |

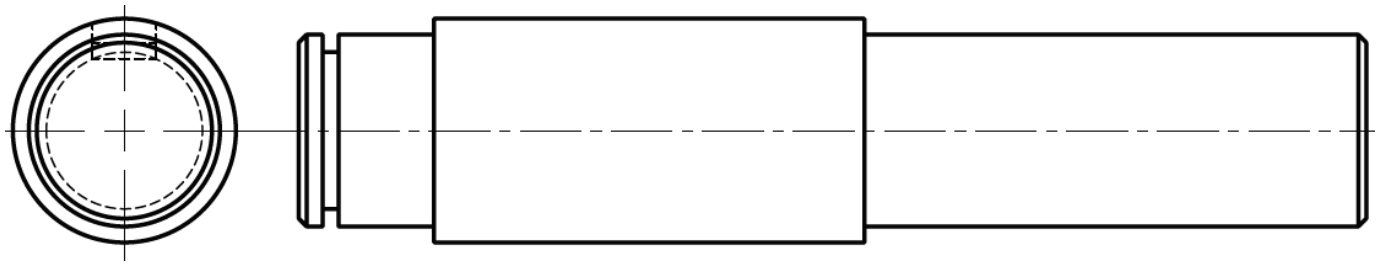




**Q.17.** Tableau relatif à la liaison entre l'arbre **73** et la poulie **64**. **/0,75**

| Liaison entre | Nom de la liaison | MIP | MAP |
|---|---|---|---|
| **73** et **64** | . . . | . . . | . . . |

**Q.18.** Dessin de l'arbre **73**. **/2,50**



Moutamadris.ma

## D.Rep 6 (1,50 Pt)

**Q.19.** Calcul du déplacement **$dx_{42}$** (en **mm**) du chariot **X** pour un tour du moteur **MX1**. **/0,25**

**Q.20.** Calcul de la précision théorique **px** (en **mm**) obtenue par le codeur **Cdx1**. **/0,25**

**Q.21.** Calcul du déplacement **$dy_{66}$** (en **mm**) du chariot **Y** pour un tour du moteur **MY**. (On donne le rapport global **kg = 0,073**) **/0,25**

**Q.22.** Calcul de la précision théorique **py** (en **mm**) obtenue par le codeur **Cdy**. **/0,25**

**Q.23.** Calcul de la précision de positionnement **pm** (en **mm**) de la machine et conclusion. **/0,50**

Moutamadris.ma

## D.Rep 7 (2,50 Pts)

**Q.24.** Calcul du couple **Cmy** (en **N.m**) développé par le moteur **MY**. **/0,25**

**Q.25.** Valeur de la force électromotrice **E** (en **V**) et déduction de la vitesse de rotation **NmY** (en **tr/min**). **/0,50**

**Q.26.** Calcul de la puissance $P_Y$ (en **W**) développée par le moteur **MY**. **/0,25**

**Q.27.** Calcul de la puissance $P_{66}$ (en **W**) disponible au niveau de la courroie **66**. **/0,25**

**Q.28.** Pour **Nmy** = **2300 tr/min**, calcul de la vitesse de rotation $N_{64}$ (en **tr/min**) et de la vitesse linéaire $V_{66}$ (en **m/s**). **/0,50**

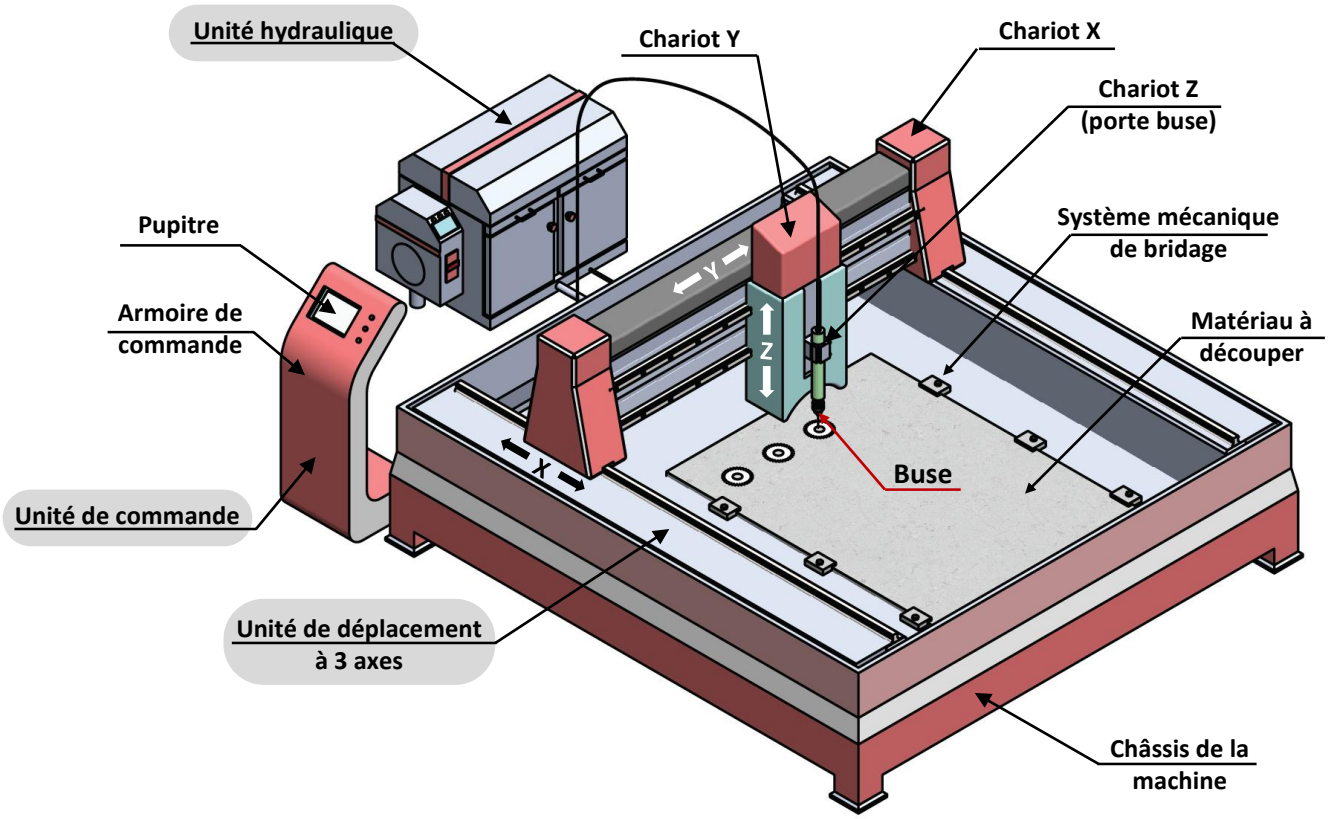
**Q.29.** Calcul de la force de poussée $F_{66}$ (en **N**) disponible au niveau de la courroie **66**. **/0,25**

**Q.30.** Validation du moteur **MY** et justification. **/0,50**

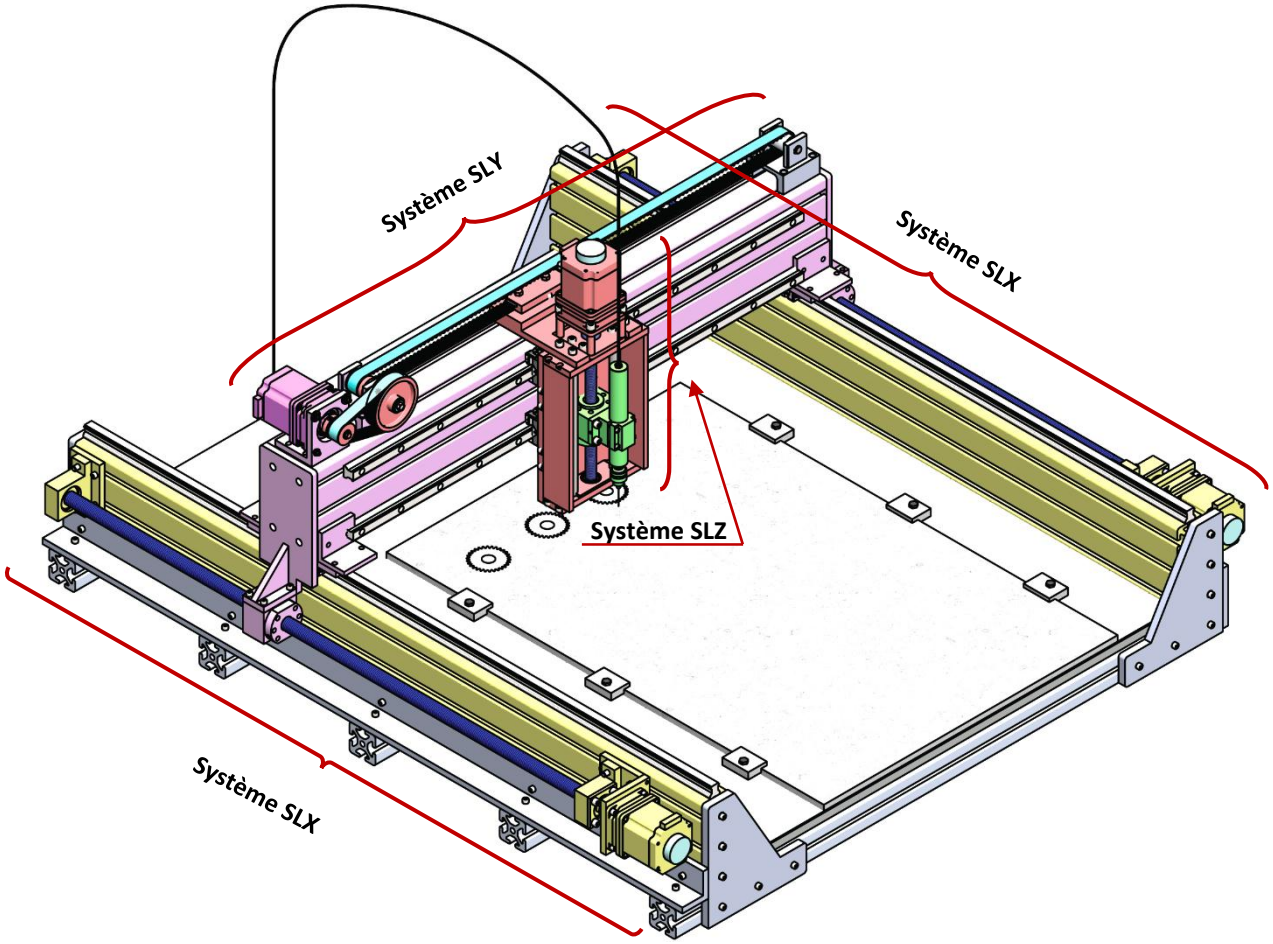
Moutamadris.ma

# D.Res 1

## Vue 3D de la machine de découpe à jet d'eau



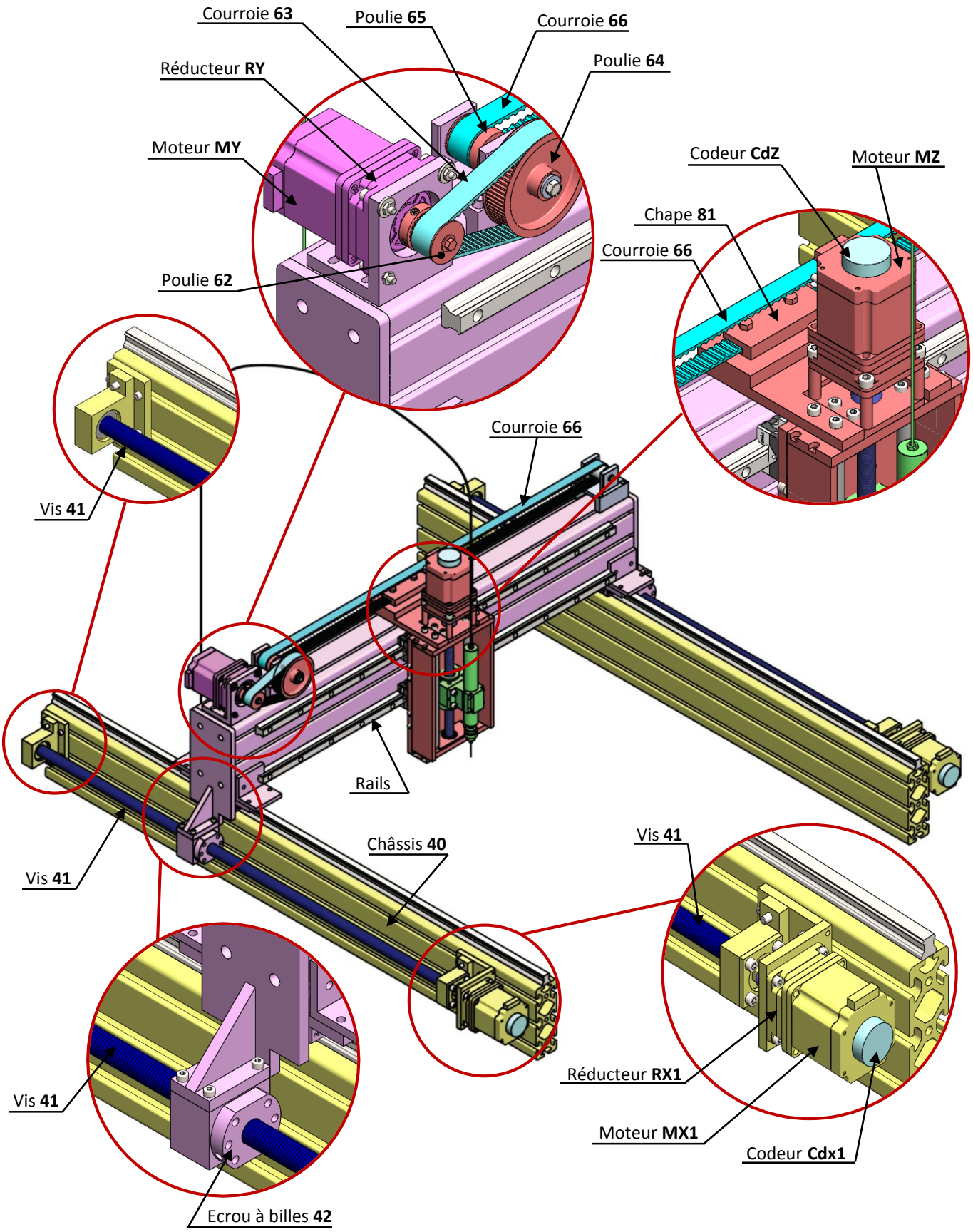

## Structure de l'unité de déplacement à 3 axes




Moutamadris.ma

# D.Res 2

**Constituants des 3 systèmes linéaires de déplacement SLX, SLY et SLZ.**




Moutamadris.ma

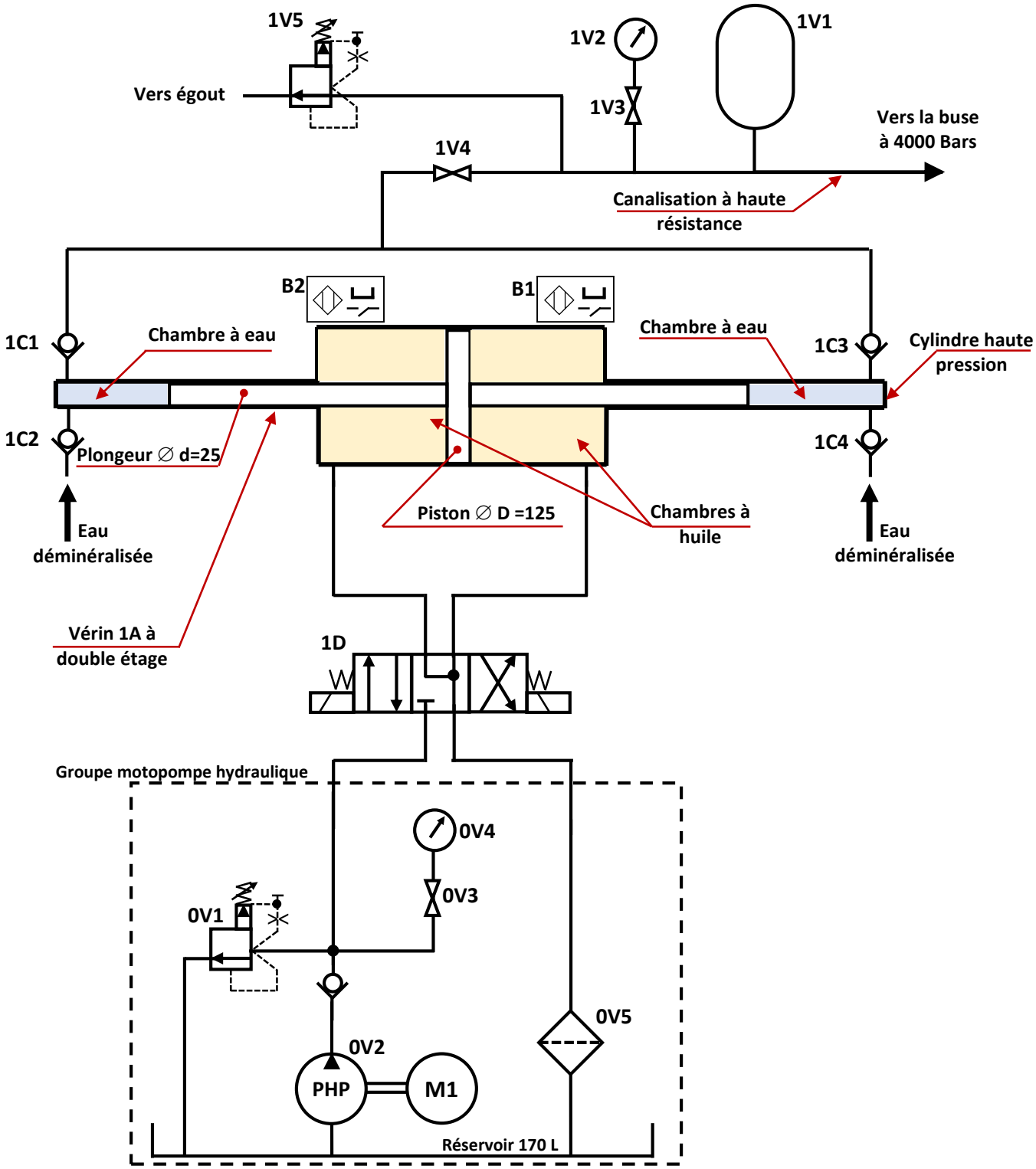
# D.Res 3

**Principe de fonctionnement de l'intensifieur.**

L'intensifieur applique la loi de Pascal et utilise la différence des sections entre le piston diamètre **D** (coté hydraulique **huile**) et le plongeur diamètre **d** (coté hydraulique **eau**) pour générer la très haute pression **(THP)**. Il est caractérisé par un coefficient multiplicateur de pression qui peut être de l'ordre de **20 fois**, **24 fois**, **30 fois** jusqu'à **36 fois**.

Le piston effectue un mouvement de va et vient entre **B1** et **B2** qui fournissent le signal de pilotage du distributeur hydraulique **1D** qui inverse le sens de déplacement du piston. L'eau est pressurisée successivement dans les cylindres haute pression de droite puis de gauche par les deux plongeurs puis injectée dans la canalisation à haute résistance**.**

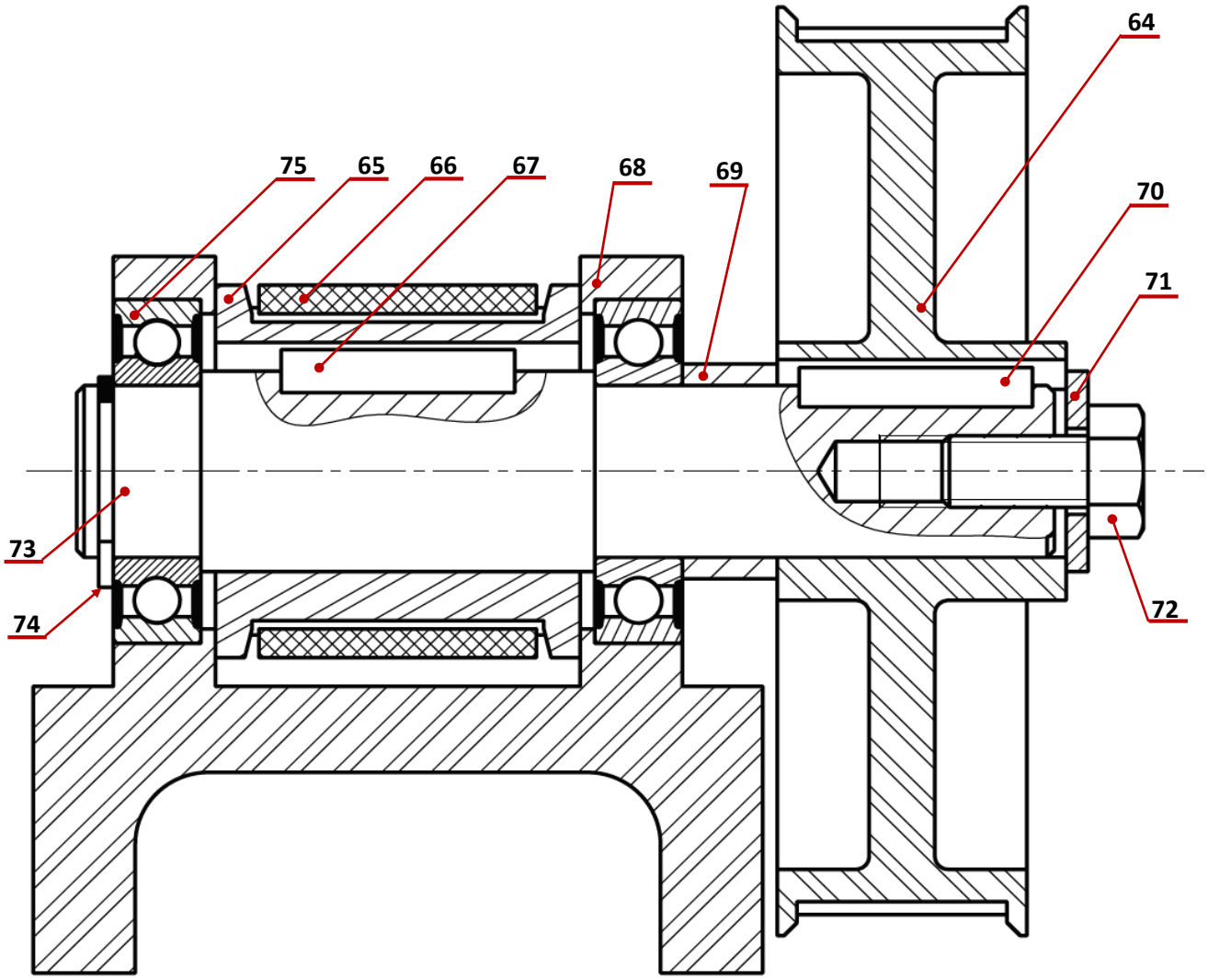
**Schéma de l'unité hydraulique**




Moutamadris.ma

# D.Res 4

**Dessin 2D de la classe d'équivalence CE4 à l'échelle 1 : 1**




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 75 | 2 | | | |
| 74 | 1 | Anneau élastique | | |
| 73 | 1 | Arbre | E335 | |
| 72 | 1 | Vis H-M10-22 | | |
| 71 | 1 | Rondelle | | |
| 70 | 1 | Clavette parallèle | | |
| 69 | 1 | Bague | | |
| 68 | 1 | Support de fixation | | |
| 67 | 1 | Clavette parallèle | | |
| 66 | 1 | Courroie crantée d'entrainement | | |
| 65 | 1 | Poulie d'entrainement | | **$D_{65}$ = 48 mm** |
| 64 | 1 | Poulie réceptrice | | **$D_{64}$ = 128 mm** |
| **REP.** | **NB.** | **DESIGNATION** | **MATIERE** | **OBSERVATION** |

Moutamadris.ma

# D.Res 5

**Schéma cinématique 3D des systèmes de déplacement SLX, SLY, SLZ.**

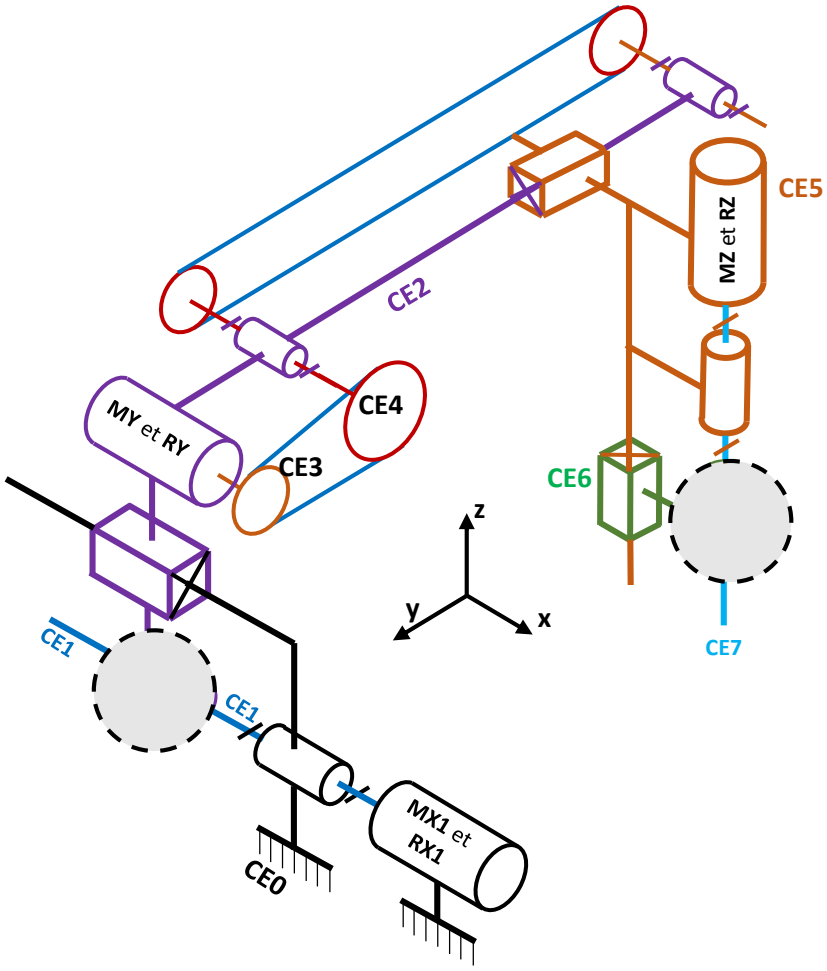
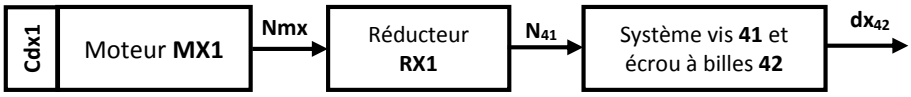



**Schéma synoptique du système linéaire SLX**




| Caractéristiques du réducteur **RX1** | |
|---|---|
| Rapport de transmission **k** | **0,195** |
| Rendement $\eta_3$ | **0,91** |

| Caractéristiques des systèmes **Vis-écrous à billes** | |
|---|---|
| Pas **p** de la vis **41** | **10 mm** |
| Course maximale $xm_{42}$ de l'écrou **42** | **2970 mm** |
| Rendement $\eta_2$ | **0,96** |

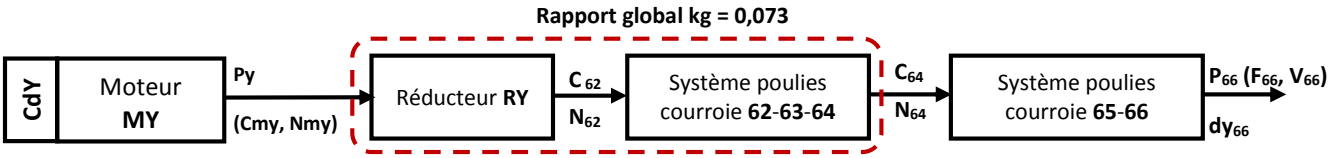
**Caractéristiques des codeurs Cdx1, Cdx2, CdY et CdZ**

| | |
|---|---|
| Type | **Incrémental** |
| Nombre de points **Nb** (Résolution) | **1024 points** |

Moutamadris.ma

# D.Res 6

## Schéma synoptique du système linéaire SLY




| Caractéristiques du réducteur **RY** | |
|---|---|
| Rapport de transmission **k** | **0,195** |
| Rendement $\eta_3$ | **0,91** |

| Caractéristiques du système poulies courroie **62-63-64** | |
|---|---|
| Type de courroie | **Courroie crantée** |
| Diamètres des poulies (**mm**) | $D_{62}$ = **48**, $D_{64}$ = **128** |
| Rendement $\eta_4$ | **0,97** |

| Caractéristiques du système poulies courroie **65-66** | |
|---|---|
| Type de courroie | **Courroie crantée** |
| Diamètres des deux poulies **65** (**mm**) | $D_{65}$ = **48** |
| Course maximale $ym_{66}$ de la courroie **66** | **2390 mm** |
| Rendement $\eta_5$ | **0,97** |

## La précision théorique d'un codeur incrémental est :

$$pr = \frac{dp}{Nb}$$

$pr$ : Précision théorique du codeur.
$dp$ : Déplacement du chariot pour un tour du codeur.
$Nb$ : Nombre de point du codeur.

## La formule donnant la précision de positionnement suivant les axes X et Y est :

$$pp \approx \frac{x\,.\,\Delta x + y\,.\,\Delta y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$pp$ : Précision de positionnement en **mm.**
$x$ : Course maximale suivant l'axe **X**.
$\Delta x$ : Précision de déplacement suivant l'axe **X**.
$y$ : Course maximale suivant l'axe **Y**.
$\Delta y$ : Précision de déplacement suivant l'axe **Y**.

## Extrait des caractéristiques du moteur MY

| Caractéristiques du moteur **MY (aimant permanent)** | |
|---|---|
| Tension nominale **Un** | **75** V |
| Courant nominal **In** | **5,2** A |
| Vitesse maximale **N** | **4000** tr/min |
| Vitesse nominale **Nn** | **2500** tr/min |
| Puissance **Pu** | **300** W |
| Résistance de l'induit **Ra** | **1,1** Ω |
| Couple nominal **Cn** | **1,18** N.m |
| Constante de vitesse **ke** | **0,0286** V/tr.min$^{-1}$ |
| Constante de couple **Kc** | **0,273** N.m/A |
| Rendement $\eta_1$ | **0,92** |

Moutamadris.ma

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي

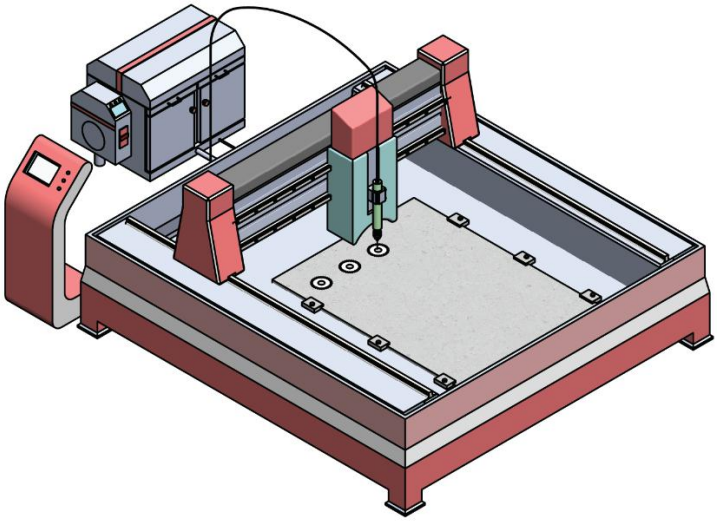
المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2018
-عناصر الإجابة-

NR 44

| | | | |
|---|---|---|---|
| المادة | علوم المهندس | مدة الإنجاز | 3 |
| الشعبة أو المسلك | شعبة العلوم الرياضية : مسلك العلوم الرياضية "ب" | المعامل | 3 |

# Eléments de corrigé

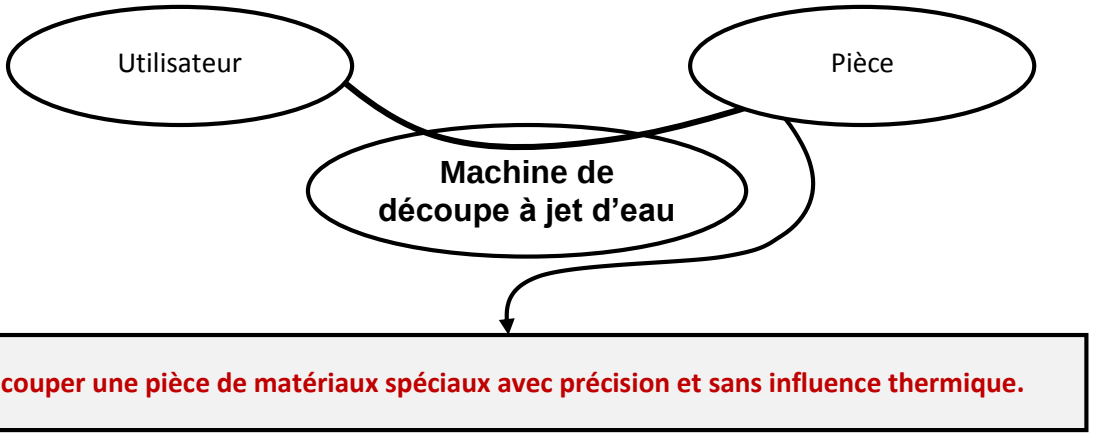


Machine de découpe à jet d'eau

Moutamadris.ma

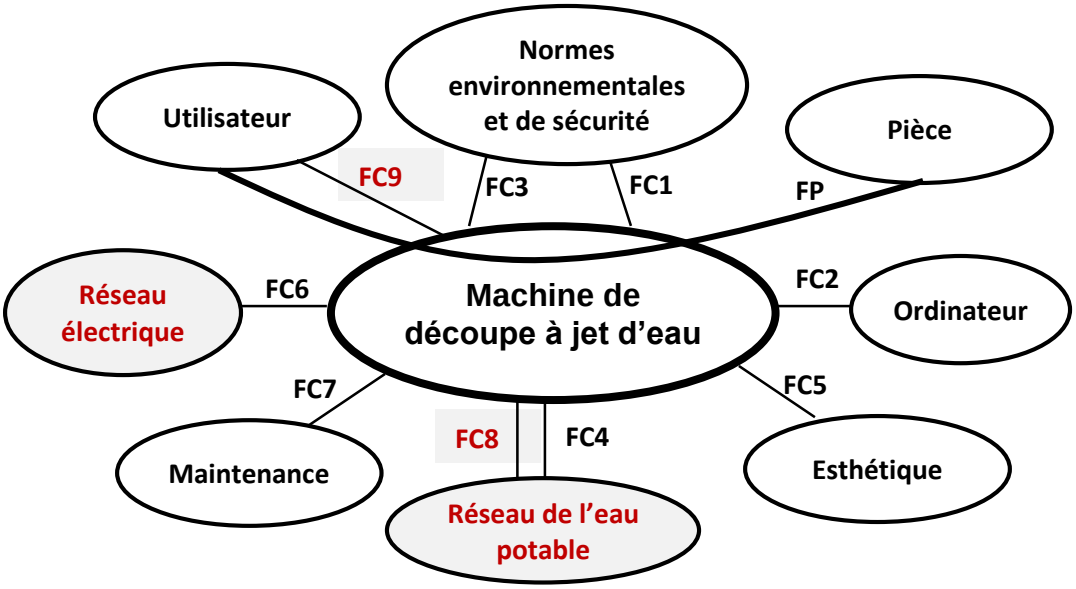
## D.Rep 1 (2,00 Pts)

**Q.01.** « **Bête à cornes** ».




/0,25

**Q.02.** Digramme des interactions et tableau des fonctions de service.




/1,75

| | |
|---|---|
| **FP** | **Découper une pièce de matériaux spéciaux avec précision et sans influence thermique.** |
| **FC1** | Respecter les normes environnementales. |
| **FC2** | **Se connecter à un ordinateur.** |
| **FC3** | **Respecter les normes de sécurité.** |
| **FC4** | Utiliser l'eau du réseau de l'eau potable. |
| **FC5** | Etre esthétique. |
| **FC6** | Utiliser l'énergie électrique du réseau électrique. |
| **FC7** | Avoir une maintenance aisée |
| **FC8** | Déminéraliser l'eau |
| **FC9** | Garantir la sécurité de l'utilisateur |

Moutamadris.ma

## D.Rep 2 (5,00 Pts)

**Q.03. FAST** relatif à la fonction « **FT2** ». **/2,00**

- **FT2** : Générer le jet d'eau
  - **FT21** : Mettre l'huile à haute pression **HP**
    - **FT211** : Distribuer l'énergie électrique alternative — **Variateur de vitesse**
    - **FT212** : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation — **M1**
    - **FT213** : Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique — **PHP**
  - **FT22** : Mettre l'eau à très haute pression **THP**
    - **FT221** : Distribuer l'énergie hydraulique — **1D**
    - **FT222** : Convertir l'énergie hydraulique huile en énergie hydraulique eau — **1A**
    - **FT223** : Accumuler l'eau à **THP** et Réguler le flux dans la canalisation — **1V1**
    - **FT224** Amener l'eau à **THP** vers la tête de découpe à jet d'eau — **Canalisation à haute résistance**
  - **FT23** : Mettre l'eau à très grande vitesse — **Buse**

**Q.04. FAST** relatif à la fonction « **FT32** ». **/1,25**

- **FT32** : Assurer le déplacement suivant l'axe **Y**
  - **FT321** : Commander le mouvement de translation du chariot **Y**
    - **FT3211** : Détecter la position du chariot **Y** — **Codeur incrémentale CdY**
    - **FT3212** : Limiter le déplacement suivant l'axe **Y** — **Capteurs de fin de course**
    - **FT3213** : Distribuer l'énergie électrique — Pont en H
  - **FT322** : Entrainer le chariot **Y** en translation
    - **FT3221** : Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation — **MY**
    - **FT3222** : Adapter le mouvement de rotation — **RY + poulies-courroie 62-63-64**
    - **FT3223** : Transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation — **Poulies-courroie 65-66**
    - **FT3224** : Guider le chariot **Y** en translation — Rails

**Q.05.** Nom et fonction des éléments du l'unité hydraulique. **/1,50**

| Repère | Nom | Fonction |
|---|---|---|
| **0V5** | **Filtre** | **Filtrer l'huile** |
| **B1** | **Capteur ILS (Interrupteur à lame souple)** | **Détecter la position du piston de l'intensifieur** |
| **1V5** | **Limiteur de pression** | **Limiter la pression de l'eau THP dans les canalisations à haute résistance** |

**Q.06.** Pression indiquée par l'élément **0V4**. **/0,25**

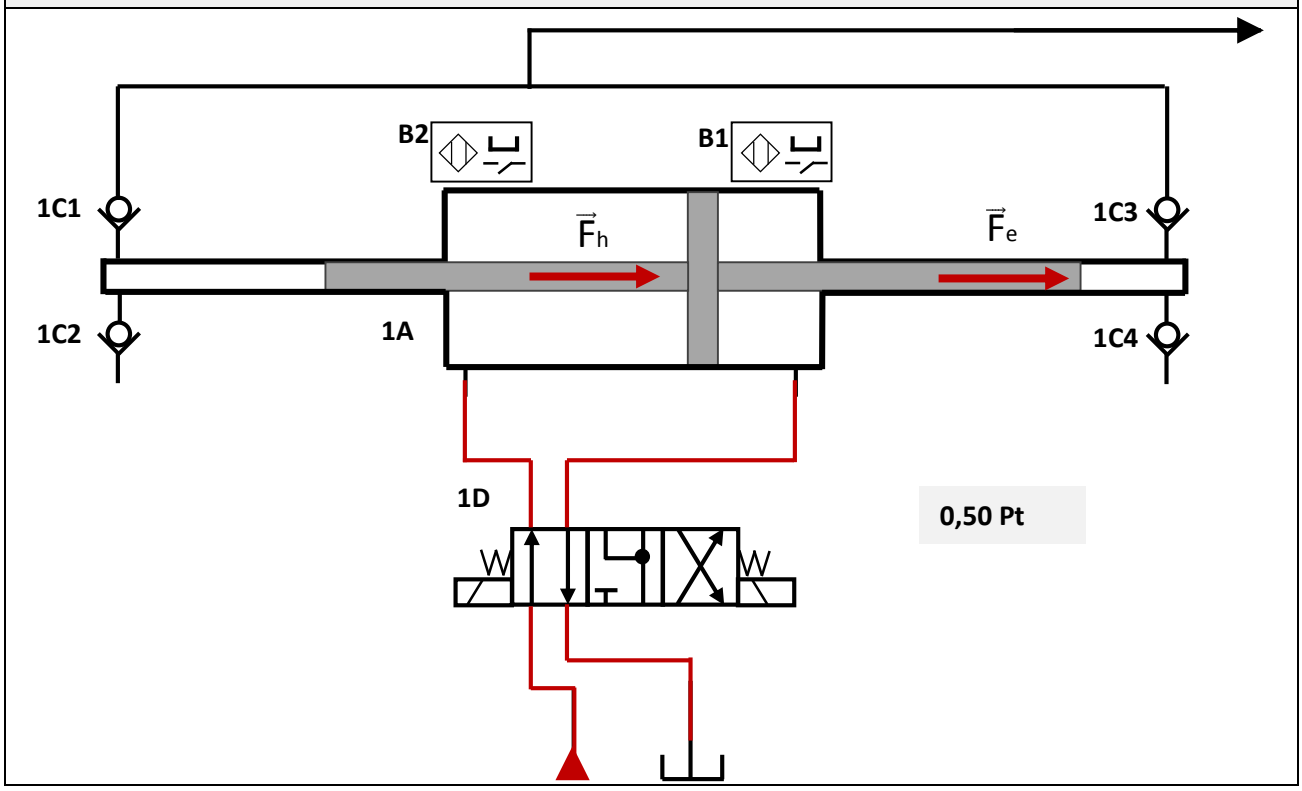
Haute pression (**HP**)

Moutamadris.ma

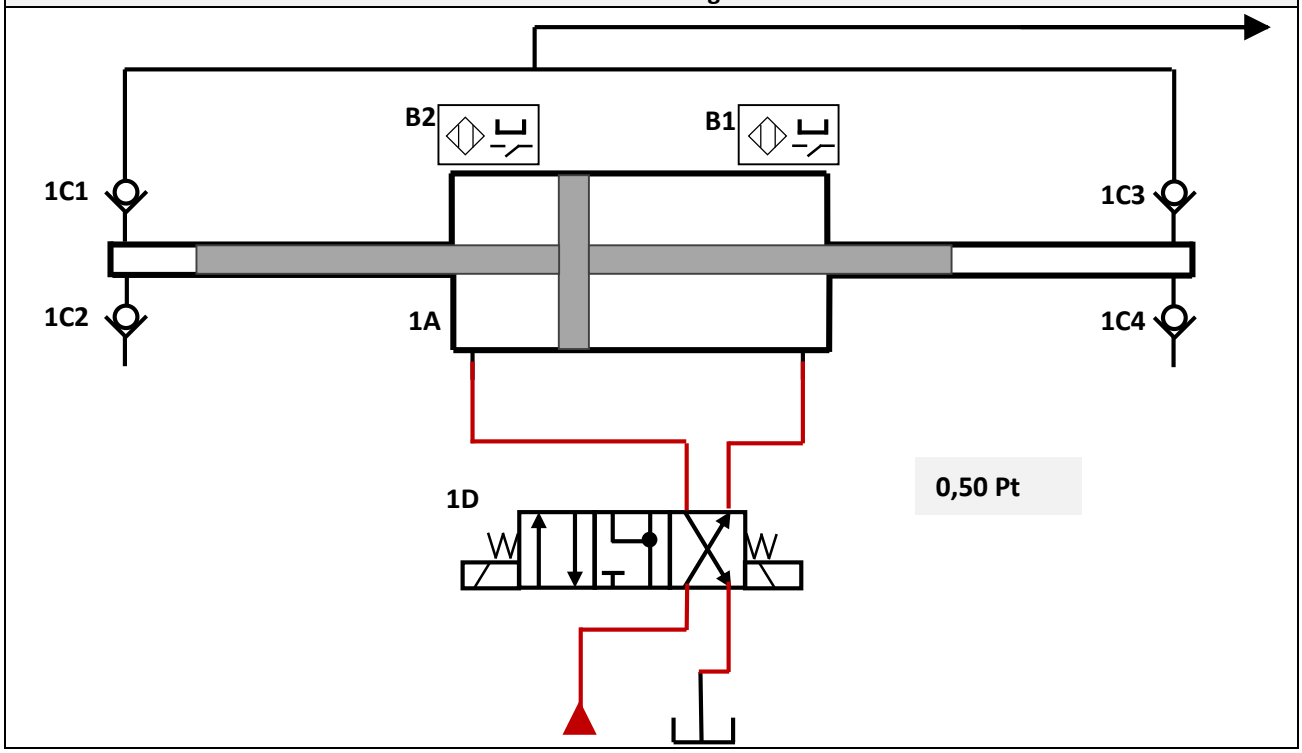
## D.Rep 3 (1,25 Pt)

**Q.07.** Schéma de câblage de puissance de l'intensifieur dans les deux positions travail. **/1,00**

**Position travail à droite**




**Position travail à gauche**




**Q.08.** Etat des clapets (**Bloqué** ou **Passant**) dans la position **travail à droite**. **/0,25**

| Clapet | 1C1 | 1C2 | 1C3 | 1C4 |
|---|---|---|---|---|
| Etat | Bloqué | Passant | Passant | Bloqué |

Moutamadris.ma

## D.Rep 4 (3,00 Pts)

**Q.09.** Expression théorique de l'effort **Fh** en fonction de la pression de l'huile **Ph** et des diamètres **D** et **d**. /0,25

$$Fh = Ph \times \pi \times \frac{D^2 - d^2}{4}$$

**Q.10.** Expression théorique de l'effort **Fe** en fonction de la pression de l'eau **Pe** et du diamètre **d**. /0,25

$$Fe = Pe \times \pi \times \frac{d^2}{4}$$

**Q.11.** Démonstration de **Pe = 24** x **Ph.** /0,50

**Fe = Fh donc**

$$Pe \times \pi \times \frac{d^2}{4} = Ph \times \pi \times \frac{D^2 - d^2}{4}$$

Donc

$$Pe = Ph \times \frac{D^2 - d^2}{d^2}$$ 0,25 Pt

A.N. $$Pe = \frac{125^2 - 25^2}{25^2} \times Ph = 24 \times Ph$$ 0,25 Pt

**Q.12.** Calcul de **Pe** et conclusion. /0,50

**Pe = 24 x Ph** donc **Pe = 24 x 160 = 3840 bars** 0,25 Pt

**La pression de l'eau de découpe selon le CdCF est : 4000 bars ± 5%.**
**Donc 3800 bars < Pression de l'eau < 4200.** 0,25 Pt

**Pe = 3840 bars, donc elle correspond bien à la valeur annoncée par le constructeur dans le CdCF.**

**Q.13.** Tableau des classes d'équivalence de l'unité de déplacement à 3 axes. /1,50

| Constituants | Classes d'équivalence | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CE0 | CE1 | CE2 | CE3 | CE4 | CE5 | CE6 | CE7 |
| Châssis **40** | X | | | | | | | |
| Vis **41** | | X | | | | | | |
| Ecrou à billes **42** | | | X | | | | | |
| Poulie **62** | | | | X | | | | |
| Poulie **64** | | | | | X | | | |
| Poulie **65** | | | | | X | | | |
| Arbre **73** | | | | | X | | | |

Moutamadris.ma

## D.Rep 5 (4,75 Pts)

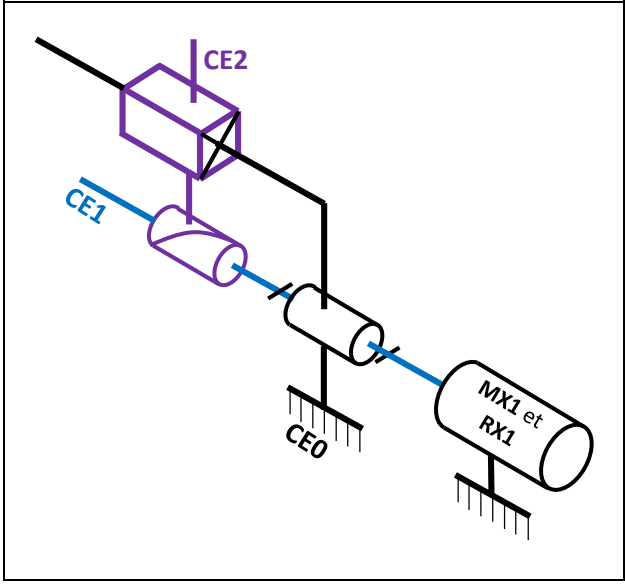
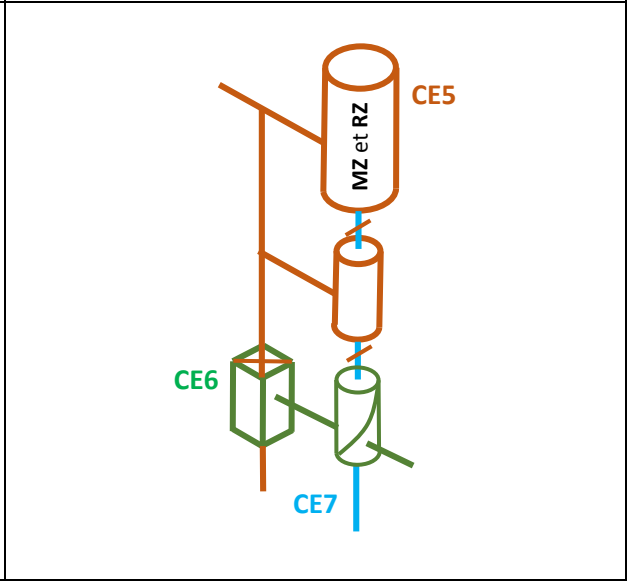
**Q.14.** Tableau des noms des liaisons et des mouvements possibles. **/0,75**

| | Nom de la liaison | Tx | Ty | Tz | Rx | Ry | Rz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CE1 – CE2 | Hélicoïdale | X | | | X | | |
| CE2 – CE5 | Glissière | | X | | | | |
| CE6 – CE7 | Hélicoïdale | | | X | | | X |

**Q.15.** Solution employée par le constructeur pour réaliser la liaison entre **CE2** et **CE4**. **/0,25**

**Par Roulements à billes**

**Q.16.** Schéma cinématique de l'unité de déplacement à 3 axes. **/0,5**

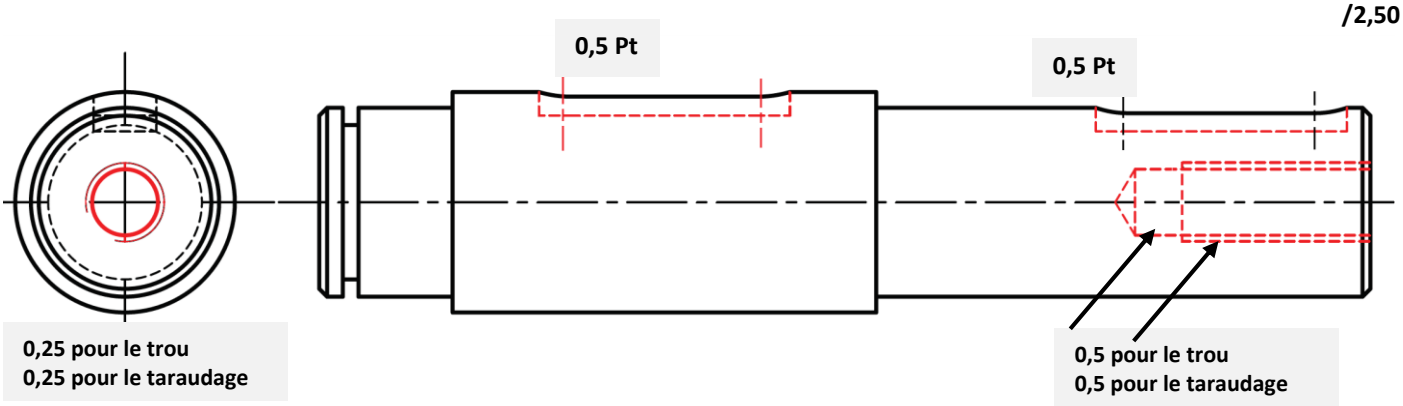
| Liaisons entre les classes d'équivalences **CE1** et **CE2** | Liaisons entre les classes d'équivalences **CE6** et **CE7** |
|---|---|
|  |  |



**Q.17.** Tableau relatif à la liaison entre l'arbre **73** et la poulie **64**. **/0,75**

| Liaison entre | Nom de la liaison | MIP | MAP |
|---|---|---|---|
| **73** et **64** | Encastrement | Surface plane + S. cylindrique + clavette | Vis 72 + rondelle 71 |

**Q.18.** Dessin de l'arbre **73**. **/2,50**




Ne pas tenir compte de l'intersection cylindre/plan

Moutamadris.ma

## D.Rep 6 (1,50 Pt)

**Q.19.** Calcul du déplacement **$dx_{42}$** (en **mm**) du chariot **X** pour un tour du moteur **MX1**. **/0,25**

$dx_{42} = n_{41} \times p = n_{mx1} \times k \times p$

$n_{mx1}$ = 1 tour, k = 0,195 et p = 10 mm

$dx_{42}$ = 1,95 mm

**Q.20.** Calcul de la précision théorique **px** (en **mm**) obtenue par le codeur **Cdx1**. **/0,25**

$px = \frac{d_{x42}}{Nb} = \frac{1,95}{1024} = 0,0019$ mm

**Q.21.** Calcul du déplacement **$dy_{66}$** (en **mm**) du chariot **Y** pour un tour du moteur **MY**. **(On donne le rapport global kg = 0,073)** **/0,25**

$dy_{66} = n_{65} \times \pi \times D_{65}$

$dy_{66} = n_{my} \times kg \times \pi \times D_{65}$

$dy_{66} = 1 \times 0,073 \times \pi \times 48 = 11,0081$ mm

**Q.22.** Calcul de la précision théorique **py** (en **mm**) obtenue par le codeur **Cdy**. **/0,25**

$py = \frac{d_{y66}}{Nb} = \frac{11,0081}{1024} = 0,0107$ mm

**Q.23.** Calcul de la précision de positionnement **pm** (en **mm**) de la machine et conclusion. **/0,50**

$$pm = \frac{xm_{42}.px + ym_{66}.py}{\sqrt{xm_{42}^2 + ym_{66}^2}}$$

$$pm = \frac{2970 . 0,0019 + 2390 . 0,0107}{\sqrt{2970^2 + 2390^2}}$$

pm = 0,0067 mm

**0,25 Pt**

pm < à la précision annoncée dans le CdCF = 0,01 mm

**0,25 Pt**

Moutamadris.ma

## D.Rep 7 (2,50 Pts)

**Q.24.** Calcul du couple **Cmy** (en **N.m**) développé par le moteur **MY**. /0,25

$Cmy = kc \times I = 0,273 \times 4$

$Cmy = 1,09$ N.m

**Q.25.** Valeur de la force électromotrice **E** (en **V**) et déduction de la vitesse de rotation **NmY** (en **tr/min**). /0,50

$E = U - Ra \times I = 70 - 1,1 \times 4 = E = 65,6$ V

0,25 Pt

$E = ke \times Nmy$

donc $Nmy = E/ke = 65,6/0,0286$

$Nmy = 2293,70$ tr/min

0,25 Pt

**Q.26.** Calcul de la puissance $P_Y$ (en **W**) développée par le moteur **MY**. /0,25

$Py = Cmy \times \pi \times Nmy/30$

$Py = 1,09 \times \pi \times 2293,70/30$

$Py = 261,81$ W

**Q.27.** Calcul de la puissance $P_{66}$ (en **W**) disponible au niveau de la courroie **66**. /0,25

$P_{66}/Py = \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5$

$P_{66} = Py \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5$

$P_{66} = 261,81 \times 0,91 \times 0,97 \times 0,97$

$P_{66} = 224,17$ W

**Q.28.** Pour **Nmy** = **2300 tr/min**, calcul de la vitesse de rotation $N_{64}$ (en **tr/min**) et de la vitesse linéaire $V_{66}$ (en **m/s**). /0,50

$\frac{N_{64}}{N_{my}} = kg = 0,073$

$N_{64} = N_{my} \times 0,073 = 2300 \times 0,073 = 167,9$ tr/min

0,25 Pt

$V_{66} = \omega_{65} \times \frac{D_{65}}{2} = \pi \times \frac{N_{64}}{30} \times \frac{D_{65}}{2} = \pi \times \frac{167,9}{30} \times \frac{48}{2}$

$V_{66} = 422,98$ mm/s $= 0,42$ m/s

0,25 Pt

**Q.29.** Calcul de la force de poussée $F_{66}$ (en **N**) disponible au niveau du chariot **Y**. /0,25

$P_{66} = F_{66} \times V_{66}$ donc $F_{66} = \frac{P_{66}}{V_{66}}$

$F_{66} = \frac{224,17}{0,42} = 533,74$ N

**Q. 30.** Validation du moteur **MY** et justification. /0,50

Oui, parce que $F_{66} = 533,74 > 470$ N (Force minimale pour déplacer le chariot Y)

Moutamadris.ma