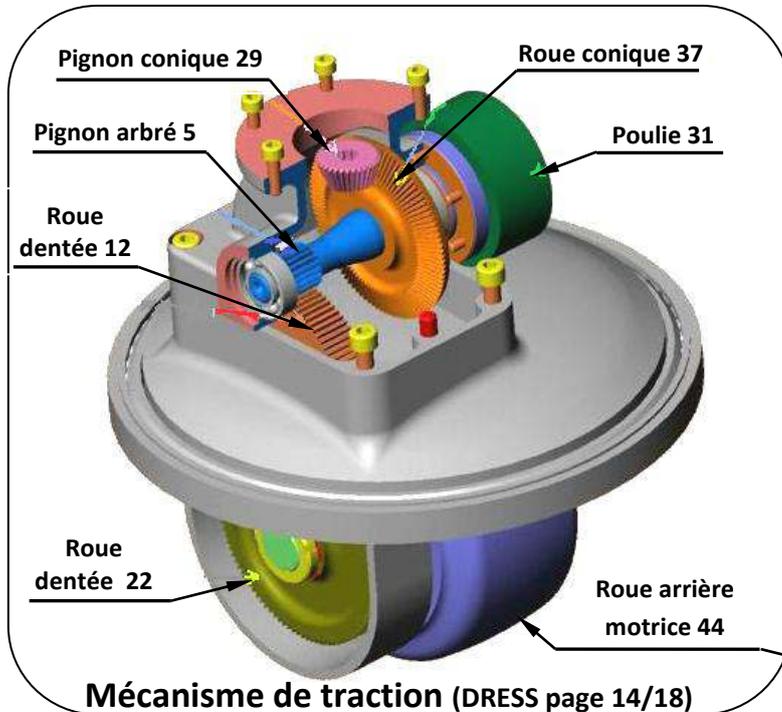


Volet 2 : Présentation du support

L'évolution du transport de marchandise fait croître chaque année le besoin en chariots de manutention. Une société, spécialisée en matériel d'entreprise destiné principalement au chargement-déchargement de palettes, souhaite faire évoluer le produit pour développer un chariot élévateur trois roues (**figure ci-dessous**) ayant sensiblement la même conception que le chariot actuel qui ne peut soulever, déplacer et déposer qu'une charge maximale de **1250 kg**, d'une position initiale à une position finale.



Description du chariot élévateur trois roues :

Le chariot élévateur trois roues est actionné par trois moteurs :

- Un moteur de traction (non représenté sur **DRESS page 14/18**) entraîne la roue arrière motrice **44**, pour déplacer le chariot élévateur trois roues, grâce au mécanisme de traction ;
- Un moteur de levée actionne une pompe hydraulique qui alimente à son tour le circuit hydraulique en pression suffisante (schéma partiel de l'installation hydraulique **DRESS page 16/18**) pour soulever ou déposer une charge ;
- Un moteur de direction de puissance **0,85 kW** (voir schéma cinématique incomplet **DREP page 6/18**).

Les trois moteurs sont alimentés par une batterie **48 V**.

Le nouveau chariot élévateur trois roues comporte aussi, entre autres, les organes suivants : rails de guidage de la charge avec les fourches, poste du conducteur et afficheur à sept segments (**figure ci-dessus**).

A partir d'une source d'énergie électrique, emmagasinée dans une batterie **48 V**, le nouveau chariot élévateur trois roues permettra de **soulever, déplacer** et **déposer** une charge de **2000 kg** d'une position initiale à une position finale.

Pour atteindre cette performance, le bureau d'étude de la société s'est fixé les objectifs suivants :

- Accroître la capacité de l'actuel chariot élévateur trois roues pour pouvoir soulever une charge maximale de **2000 kg**. Pour ce faire, on doit choisir :
 - ✓ un moteur de traction de puissance adéquate ;
 - ✓ une pompe hydraulique d'une puissance convenable ;
 - ✓ les matériaux convenables des pièces sollicitées.
- Prévoir, sur le nouveau chariot élévateur trois roues, un système d'acquisition et d'affichage de la masse de la charge à soulever, pour prévenir le conducteur en cas d'une surcharge ;
- Avoir des pièces de rechange pour assurer la maintenance du nouveau chariot élévateur trois roues.

Volet 3 : Substrat du sujet**SITUATION D'ÉVALUATION 1 :**

Avant toute étude d'amélioration des performances, il est utile de comprendre d'abord le fonctionnement du nouveau chariot élévateur trois roues et celui de ses différents organes, en particulier le mécanisme de traction et le système d'acquisition et d'affichage de la masse de la charge soulevée.

Tâche 1.1 :

Dans cette tâche, il s'avère nécessaire d'appréhender le fonctionnement des différents organes du nouveau chariot élévateur trois roues. En se référant au **DRESS pages (14/18), (15/18)** et au **F.A.S.T** partiel à compléter **DREP page (5/18)**, répondre aux questions des **DREP pages (5/18 et 6/18)**.

Tâche 1.2 :

Dans le but de transmettre la puissance mécanique du moteur de traction à la roue arrière motrice **44**, il est nécessaire d'établir la liaison complète, par l'intermédiaire de la clavette **50**, entre l'arbre du moteur de traction **53** et l'arbre d'entrée **27 (DREP page (6/18))** et d'assurer le guidage en rotation de ce dernier grâce aux roulements **26 et 51**.

Pour ce faire, répondre aux questions du **DREP page (6/18)**.

Tâche 1.3 :

La masse transportée par le nouveau chariot élévateur trois roues ne doit pas dépasser **2000 kg**. Le conducteur doit avoir la possibilité de lire à tout moment, sur un indicateur de la masse (afficheur à sept segments), la valeur de la masse de la charge soulevée. Les éléments de la chaîne d'information relative à l'acquisition et à l'affichage de la valeur de la masse de la charge sont représentés par le schéma incomplet du **DREP page (7/18)**.

Dans le but de comprendre le fonctionnement de la chaîne d'information et en se référant au **DRESS page (16/18)**, répondre aux questions du **DREP page (7/18)**.

SITUATION D'ÉVALUATION 2 :

Pour pouvoir soulever, déplacer et déposer une charge maximale de **2000 kg**, il est nécessaire de déterminer le type du moteur de traction convenable, la pompe hydraulique qui va alimenter le circuit hydraulique en pression suffisante pour soulever et déposer cette charge et vérifier la résistance des pièces sollicitées et choisir leur matériau. A ce propos, effectuer les tâches suivantes :

Tâche 2.1 :

La force maximale de traction F_T du chariot en charge résulte de la transmission de la puissance mécanique du moteur de traction. La transmission de cette puissance mécanique à la roue arrière motrice **44** est assurée par le mécanisme de traction (voir **DRESS pages (14/18, 15/18 et 16/18)** et le schéma cinématique incomplet **DREP page (6/18)**). On doit donc choisir le type du moteur électrique convenable pour déplacer le chariot chargé. Pour ce faire, répondre aux questions des **DREP pages (7/18 et 8/18)**, en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Pendant le déplacement du chariot élévateur trois roues, les directions de la force de traction et la vitesse de translation sont confondues.
- Il y a roulement sans glissement au point de contact **A** entre la roue arrière motrice **44** du chariot et le sol **DREP page (6/18)**.

Tâche 2.2 :

Le schéma partiel de l'installation hydraulique **DRESS page (16/18)** montre que c'est la pompe hydraulique qui alimente le vérin hydraulique central pour soulever ou déposer une charge maximale estimée à $F=30000\text{ N}$ (poids de palette + accessoires mobiles). Il faut donc choisir le calibre de la pompe hydraulique convenable assurant l'alimentation de ce vérin. En tenant compte des hypothèses de la page suivante **(4/18)** et des données du **DRESS page (16/18)**, répondre aux questions des **DREP pages (8/18 et 9/18)**.

Hypothèses :

- Le fluide utilisé est supposé incompressible de masse volumique $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ et de viscosité cinématique $\nu = 0,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Le fluide se déplace à la **même vitesse** dans la conduite d'aspiration **0-1** et de refoulement **2-3** ;
- Les pertes de charges dans la conduite de refoulement **2-3** sont estimées à $J_{2-3} = -50 \text{ J/kg}$;
- Le travail fourni par la pompe hydraulique est estimé à $W_{1-2} = 15,24 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$;
- La différence des niveaux entre les points **2** et **3** est négligée ($Z_2 = Z_3$).

Tâche 2.3

Une étude préalable a montré que pour déplacer le chariot chargé, l'axe **40** doit transmettre à la roue arrière motrice **44** une puissance $P = 6000 \text{ W}$ à la vitesse de rotation constante $N_{40} = 150 \text{ tr/min}$. La transmission de cette puissance sollicite les pièces en particulier l'axe **40** qui est surtout sollicité à la torsion. On doit donc vérifier sa résistance à la torsion et choisir son matériau.

En tenant compte des données et des hypothèses ci-dessous et du **DRESS page (17/18)**, répondre aux questions du **DREP page (9/18)**.

Données et hypothèses :

- L'axe **40**, assimilé à un arbre cylindrique plein de diamètre $d = 24 \text{ mm}$, est en acier pour lequel on souhaite déterminer la résistance élastique R_e ;
- On adopte pour cette construction un coefficient de sécurité $s = 2,5$;
- Les singularités de formes au niveau de l'axe **40** provoquent une concentration de contraintes estimée à $K_t = 1,5$;
- $R_{eg} = 0,7 \times R_e$; (R_e : résistance élastique à la traction et R_{eg} : résistance élastique au glissement) ;
- Le poids des pièces liées à l'axe **40** est négligé. Cet axe est guidé en rotation par deux paliers supposés sans frottement. Toutes les forces appliquées à l'axe **40** sont supposées dans des plans parallèles au plan perpendiculaire à son axe.

SITUATION D'EVALUATION 3 :

Parmi les pièces les plus sollicitées aux déformations, on trouve l'axe **40** qui entraîne en rotation la roue arrière motrice **44**. On doit donc assurer son interchangeabilité dans le temps.

En tenant compte de ce paramètre lors de sa fabrication en série et en vous aidant des **DRESS pages (17/18 et 18/18)**, vous allez faire partie de l'équipe chargée de mener une partie de cette étude de fabrication. Pour cela, on vous demande d'effectuer les tâches suivantes :

Tâche 3.1 :

Toute étude de production commence par une analyse du dessin de définition. En utilisant les **DRESS pages (17/18 et 18/18)**, répondre aux questions des **DREP pages (9/18 et 10/18)**.

Tâche 3.2 :

L'étude du dessin de définition de l'axe **40** **DRESS page (18/18)** va aboutir à l'établissement de l'avant projet d'étude de fabrication (**A.P.E.F.**). A ce propos, répondre aux questions des **DREP pages (10/18 et 11/18)**.

Tâche 3.3 :

On se limite à l'étude de l'outil de coupe utilisé en finition de l'opération réalisant (**D2, F3**) dans la phase de tournage [(**D2, F3**), (**D3, F4**), gorges (**G1, G2, G3**), **C3, C4, A1**] de l'axe **40** et à la validation de la machine-outil choisie. En utilisant les **DRESS pages (17/18 et 18/18)**, répondre aux questions du **DREP (12/18)**.

Tâche 3.4 :

En vue d'améliorer d'avantage la productivité et la précision des pièces fabriquées, on décide de réaliser l'axe **40** sur un tour à commande numérique deux axes, par programmation manuelle.

On se limitera à l'étude du programme partiel du profil ébauche des surfaces (**D2, F3**) et (**D3, F4**) **uniquement**, relatif à la phase de tournage.

En utilisant les **DRESS pages (17/18 et 18/18)**, répondre aux questions du **DREP (13/18)**.

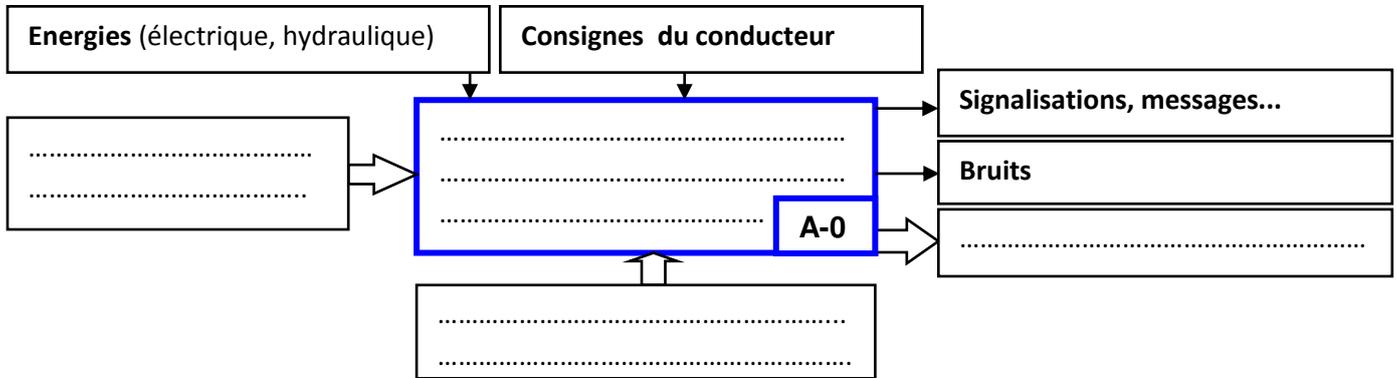
Documents réponses

SITUATION D'ÉVALUATION 1 :

Tâche 1.1 :

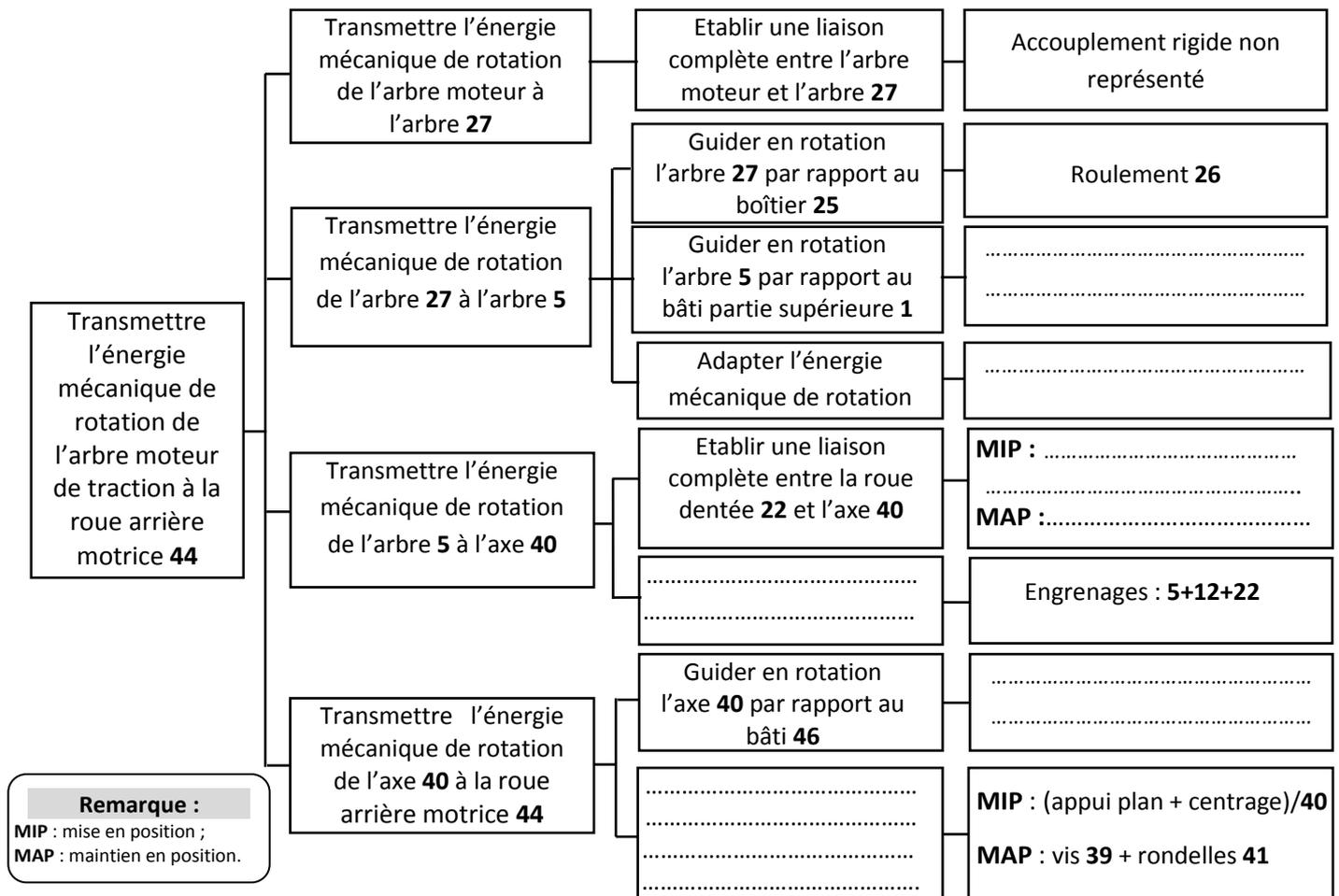
a- Compléter l'actigramme de niveau A-0 du chariot élévateur trois roues :

/1pt



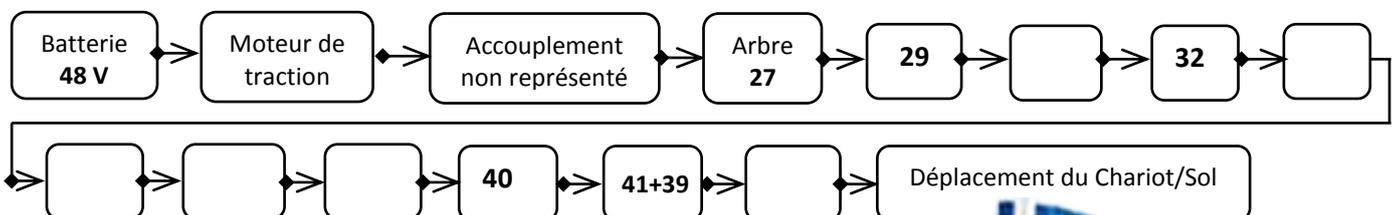
b- Compléter le diagramme F.A.S.T partiel suivant :

/1,5 pt



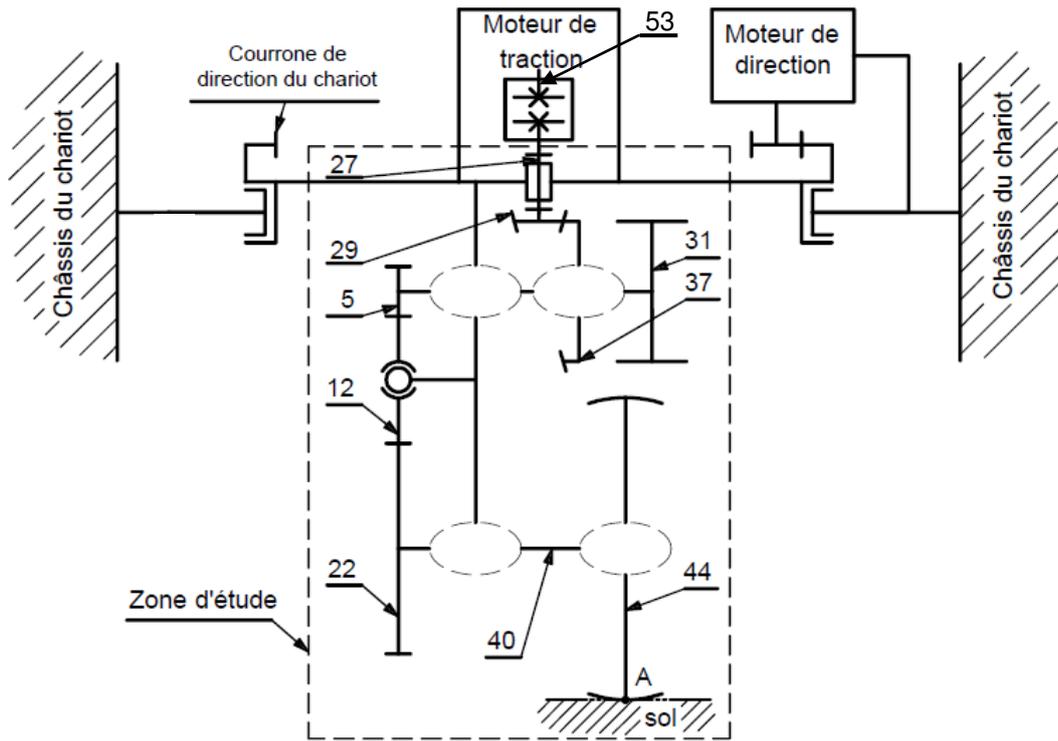
c- Compléter, par leurs repères, les éléments du graphe cinématique du mécanisme de traction qui permettent la transmission du mouvement de l'arbre 27 à la roue arrière motrice 44 :

/1,5 pt



d- Compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme de traction :

/2 pts

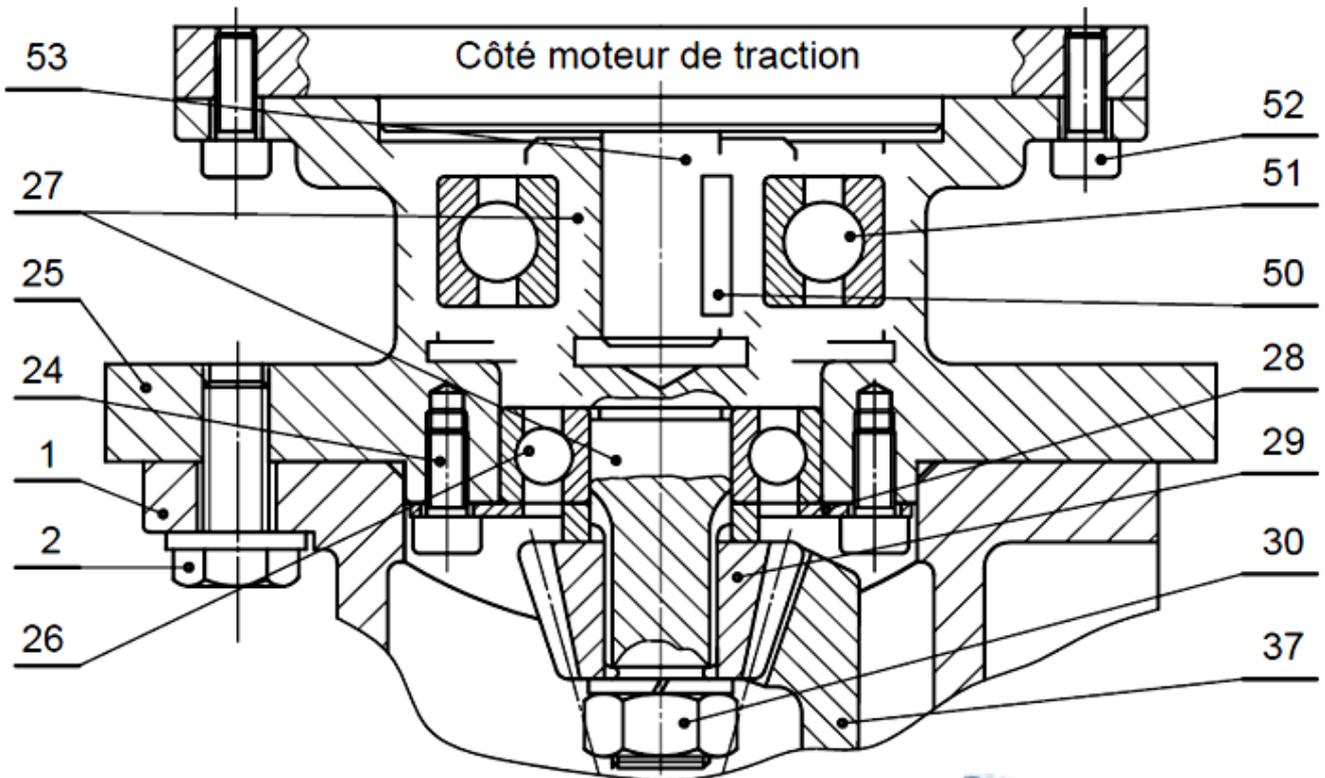


Tâche 1.2 :

a- Donner le nom de l'élément, symbolisé sur le schéma cinématique ci-dessus, assurant la liaison entre l'arbre 53 du moteur de traction et l'arbre d'entrée 27 (figure ci-dessous) : /0,5 pt

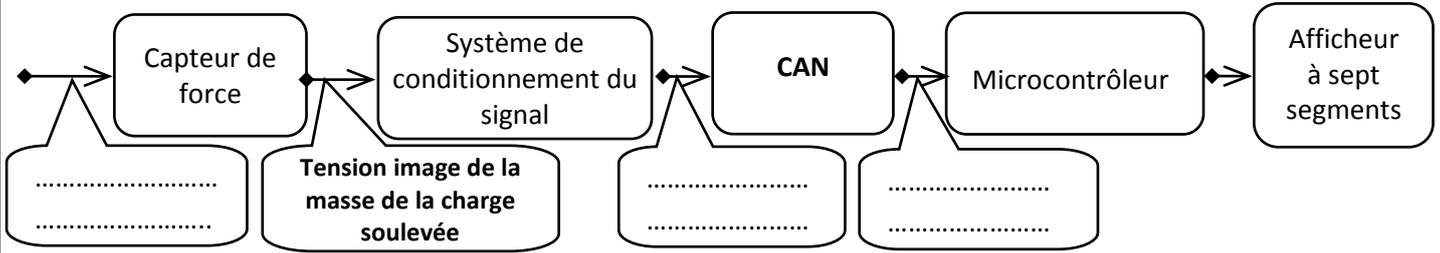
b- Compléter sur le dessin ci-dessous :

- b.1. la liaison complète entre l'arbre 53 du moteur de traction et l'arbre d'entrée 27 ; / 1 pt
- b.2. le montage des roulements 26 et 51. / 2 pts



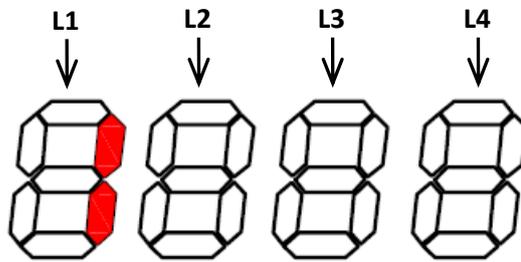
Tâche 1.3 :

a- Compléter les grandeurs d'entrées/sorties manquantes de la chaîne d'information ci-dessous : /0,75pt



b- Donner l'élément assurant la fonction "Traiter" dans la chaîne ci-dessus : /0,5pt

c- Noircir, sur la figure ci-dessous et en utilisant DRESS (page 16/18), les segments des afficheurs sept segments L2, L3 et L4 qui seront allumés dans le cas où la masse de la charge soulevée est 1624 kg : /0,75pt



d- Compléter le tableau de fonctionnement des segments des quatre afficheurs affichant la masse de la charge soulevée de 1624 kg (segment allumé : 1 ; segment éteint : 0) /1pt

	a	b	c	d	e	f	g
L1							
L2							
L3							
L4							

SITUATION D'ÉVALUATION 2 :

Tâche 2.1 :

a. Calculer le rapport de transmission $k = \frac{N_{44}}{N_{27}}$ et en déduire la fréquence de rotation N_{44} (en tr/min) :/1pt

.....

.....

.....

.....

.....

b. Calculer la vitesse angulaire de la roue arrière motrice 44 ω_{44} (en rad/s) : /0,5pt

.....

.....

.....

c. Calculer la vitesse de déplacement V (en m/s) du chariot : /1 pt

.....
.....
.....

d. En déduire la puissance nécessaire P (en kW) pour déplacer le chariot : /1 pt

.....
.....
.....

e. Calculer la puissance utile P_u (en kW) du moteur de traction : /1 pt

.....
.....
.....
.....

f. Choisir le type du moteur électrique qui convient (voir DRESS page (16/18)) : /0,5pt

Le type du moteur choisi est :

● Tâche 2.2 :

a. Calculer la pression hydraulique P_3 (en bar) dans le vérin hydraulique central : /1pt

.....
.....
.....
.....

b. Calculer la vitesse V_f (en m/s) du fluide dans la conduite 2-3 : /1pt

.....
.....
.....
.....

c. Calculer le nombre de RYNOLDS \mathcal{R} et en déduire la nature de l'écoulement : /1 pt

.....
.....
.....

d. Appliquer le théorème de BERNOULLI entre les points 2-3 et en déduire la valeur de la pression hydraulique P_2 (en bar) en prenant $P_3 = 137,55 bar$: /2 pts

.....
.....
.....
.....

e. Calculer la puissance nette P_n (en kW) de la pompe : /1 pt

.....
.....
.....
.....

f. En déduire la puissance mécanique P_m (en kW) de la pompe : /1 pt

.....

g. Choisir le calibre convenable de la pompe hydraulique DRESS page (17/18) : /0,5 pt

.....

Tâche 2.3 :

a. Déterminer la valeur du couple C (en N.m), appliqué à l'axe 40, et déduire le moment de torsion M_t (en N.m) auquel il est soumis : /1,5 pt

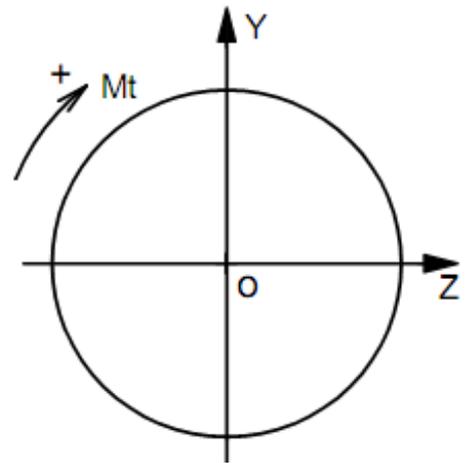
.....

b. Calculer, en prenant $M_t=385$ N.m, la contrainte tangentielle maximale τ_{max} (en N/mm²) et représenter la répartition des contraintes tangentielles de torsion sur la figure ci-contre :

/1,5 pt

.....

Echelle: 10 mm → 100 N/mm²



c. Déterminer la résistance élastique au glissement R_{eg} (en N/mm²) du matériau afin de respecter la condition de résistance et en déduire la résistance élastique R_e (en N/mm²) : /1,5 pt

.....

d. Choisir la nuance du matériau qui convient pour cette construction (voir DRESS page (17/18)) :
 La nuance du matériau choisie est : /0,5 pt

.....

SITUATION D'ÉVALUATION 3 :

Tâche 3.1 :

a. Spécifier le type d'acier de l'axe 40 en précisant s'il est non allié ou faiblement allié ou fortement allié et donner le pourcentage du chrome relatif aux cinq nuances proposées sur le tableau du choix de la nuance usuelle (DRESS page (17/18)) : /1 pt

Type d'acier :

% de chrome :

b. Citer les deux modes d'élaboration de l'acier : /1 pt

.....

c. Compléter le tableau en indiquant la signification et le type de tolérance de chaque symbole : /1,5 pt

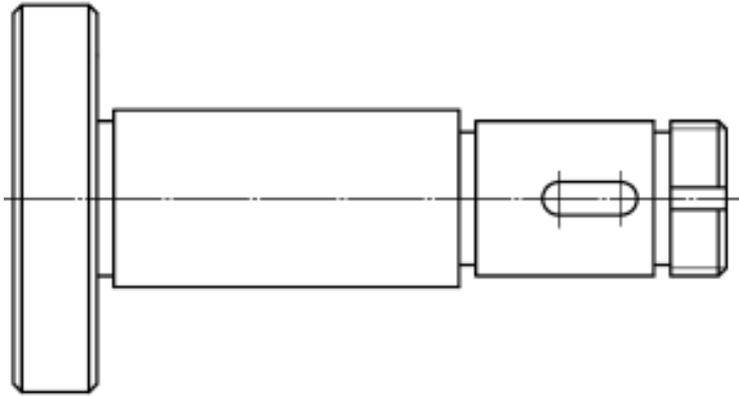
Symbole	Signification	Type de tolérance
⊥
≡
R

d. Cocher le procédé d'élaboration de l'axe 40, sachant qu'il est forgé : /0,5 pt

	Estampage		Matriçage
--	-----------	--	-----------

e. Compléter le dessin du brut capable de l'axe 40 en indiquant les surépaisseurs d'usinage, le plan de joint, les arrondis et les dépouilles. Ensuite, préciser le rôle des dépouilles : /2,5 pt

Rôle des dépouilles :



f. Citer deux avantages du procédé d'élaboration de brut de l'axe 40 : /1 pt

.....
.....

g. Donner le type de traitement thermique à appliquer pour remédier au défaut du grossissement des grains dû à l'opération de forgeage à cause de l'élévation de température : /1pt

.....

Tâche 3.2 :

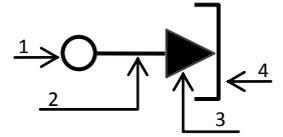
a. Classer par ordre, de la phase 10 à la phase 60, les phases de l'A.P.E.F de l'axe 40 : /1,25 pt

Phase	Ordre (Phase 10 à phase 60)
Fraisage des rainures R1, R2
Rectification de D2, D3
Tournage de F1, D1, C1	Phase 10
Tournage de (D2,F3), (D3,F4), gorge (G1,G2,G3), C3,C4,A1
Perçage-Taraudage de 6xA2
Tournage de F2, C2

b. La phase de **Perçage-Taraudage** des six trous taraudés **6xA2** est réalisée à l'aide d'un montage d'usinage (au plafond) dont la mise en position est décrite sur le croquis ci-dessous.

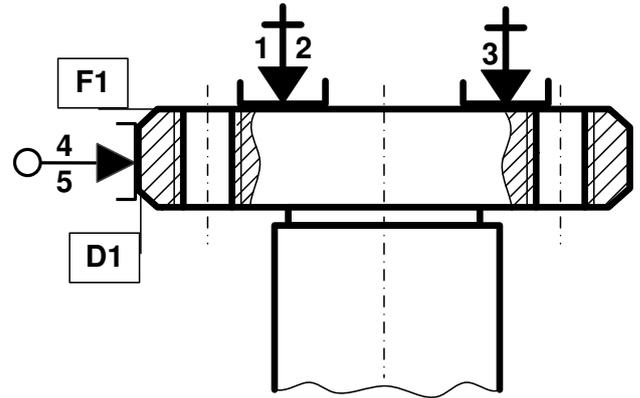
b.1. Donner la signification de chacune des quatre parties du symbole suivant : /1 pt

- 1 :
 2 :
 3 :
 4 :



b.2. Justifier le choix de cette mise en position : /1 pt

-



b.3. Installer les cotes fabriquées sur le croquis ci-contre : /1 pt

b.4. Choisir, dans les listes suivantes des tableaux ci-dessous en cochant la bonne réponse, la machine et les outils à utiliser pour l'usinage du perçage-taraudage de **A2=M8x1,5** : /0,75 pt
 Opération 1 : Percer $\varnothing 6,5$; Opération 2 : Tarauder **M8x1,5** ;

Machine	Choix
Fraiseuse horizontale	
Fraiseuse verticale	
Perceuse-taraudeuse	
Tour parallèle	

Outil	Choix
Fraise deux tailles	
Foret $\varnothing 6,5$	
Alésoir machine	
Taraud M8x1,5	

b.5. Calculer le temps technologique **Tt** (en **cmin**) de l'opération de perçage d'un seul trou de diamètre $\varnothing 6,5$ mm, sachant que : **Vc = 35 m/min**, l'avance **f = 0,1mm/tr**, l'angle de direction d'arête **Kr=60°** et l'engagement **e=2 mm**, le dégagement **e'= 2mm**. Voir aussi le **DRESS page (18/18)**. /2pts

- Calculer **L** (en **mm**) :

X=

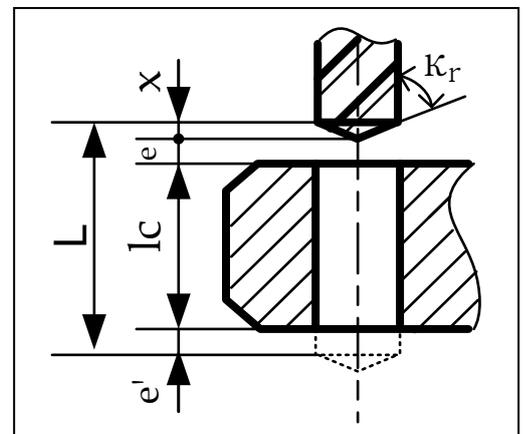
L =

- Calculer **Vf** (en **mm/min**) :

.....

- Calculer **Tt** (en **cmin**) :

.....



c. Compléter, à partir de la liste d'inventaire des instruments de métrologie disponibles DRESS page (17/18), le tableau en précisant les moyens de contrôle des spécifications suivantes : /1,5pt

Spécifications	Instruments
$15^{\pm 0,1}$
A2= M8x1,5
λ

Tâche 3.3 :

a. Donner le nom de l'outil représenté ci-dessous : /0,5pt

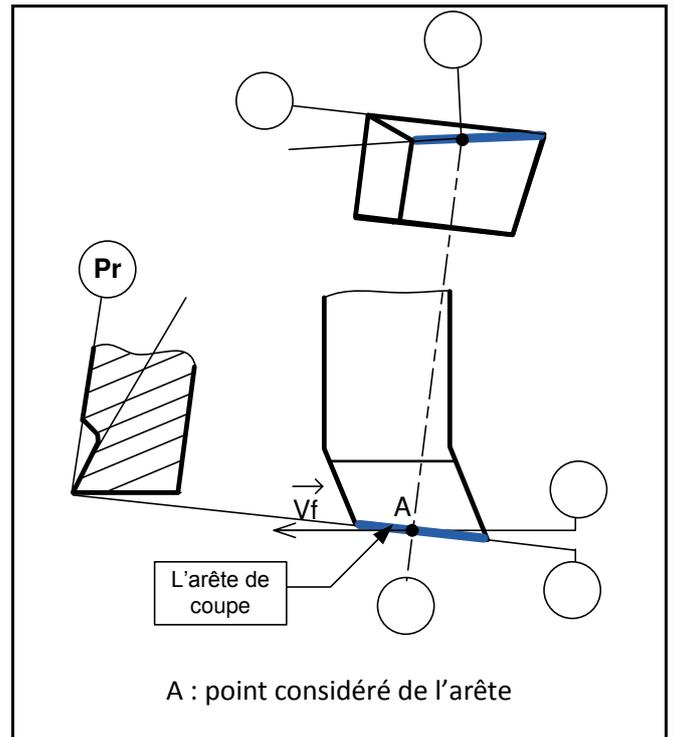
.....

b. Donner l'orientation de l'arête de l'outil (à gauche ou à droite) : /0,5 pt

.....

c. Indiquer la face de coupe, la face de dépouille, les plans du référentiel en main, dans le cas du chariotage de D2 (plan de travail Pf, plan d'arête Ps, plan de référence Pr, le plan orthogonal Po et le plan normal Pn), l'angle de direction d'arête κ_r , les angles de coupe orthogonaux (α_o , β_o et γ_o) et l'angle d'inclinaison d'arête λ_s .

/3 pts



d. Valider le choix de la machine utilisée en répondant aux questions suivantes :

d.1. Calculer la puissance de coupe nécessaire Pc (en W) : /1,5pt

.....
.....

d.2. Déterminer la puissance à fournir par le moteur de la machine Pm (en KW) : /1pt

.....

d.3. Conclure sur la validation de la machine choisie : /0,5pt

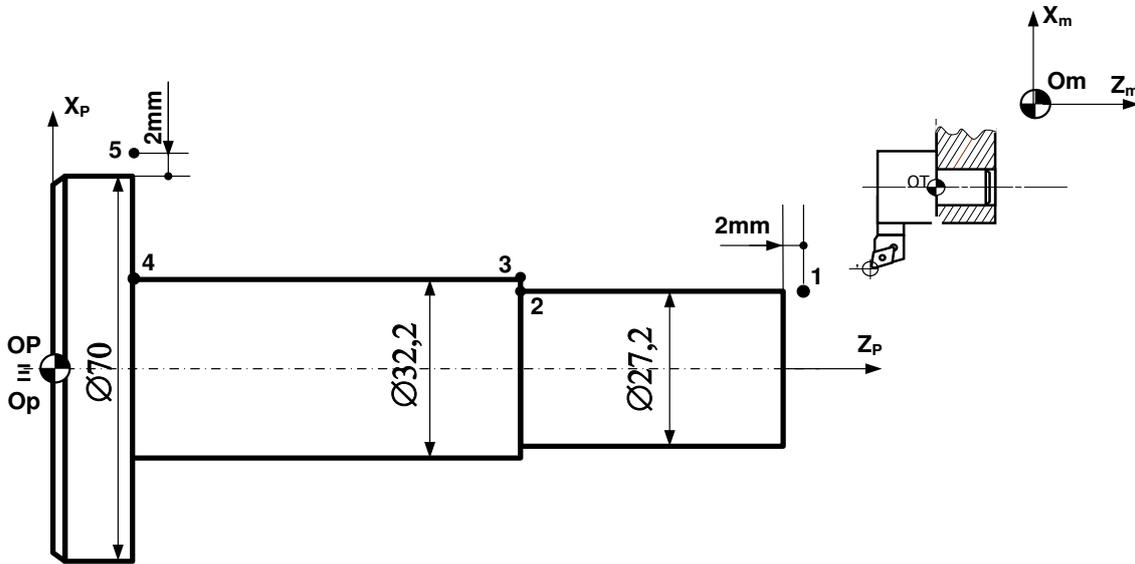
.....

Tâche 3.4 :

a. Installer sur la figure ci-dessous, les PREF X, PREF Z, Jauges (JX, JZ) et donner la valeur du DEC1 :

DEC1 =

/1,25 pt



b. Compléter le tableau des coordonnées du profil ébauche (points 1 à 5) en mode absolu G90, en tenant compte des dimensions indiquées sur la figure ci-dessus et en utilisant le DRESS (page 18/18) : /1,75pt

Point	X (\varnothing)	Z
1	27,2
2	80,5
3
4	15,5
5

c. Identifier les mots du bloc N°20 :

/0,5 pt

d. Compléter le programme du profil ébauche (points 1 à 5) et retour au point O_m en mode absolu G90 :

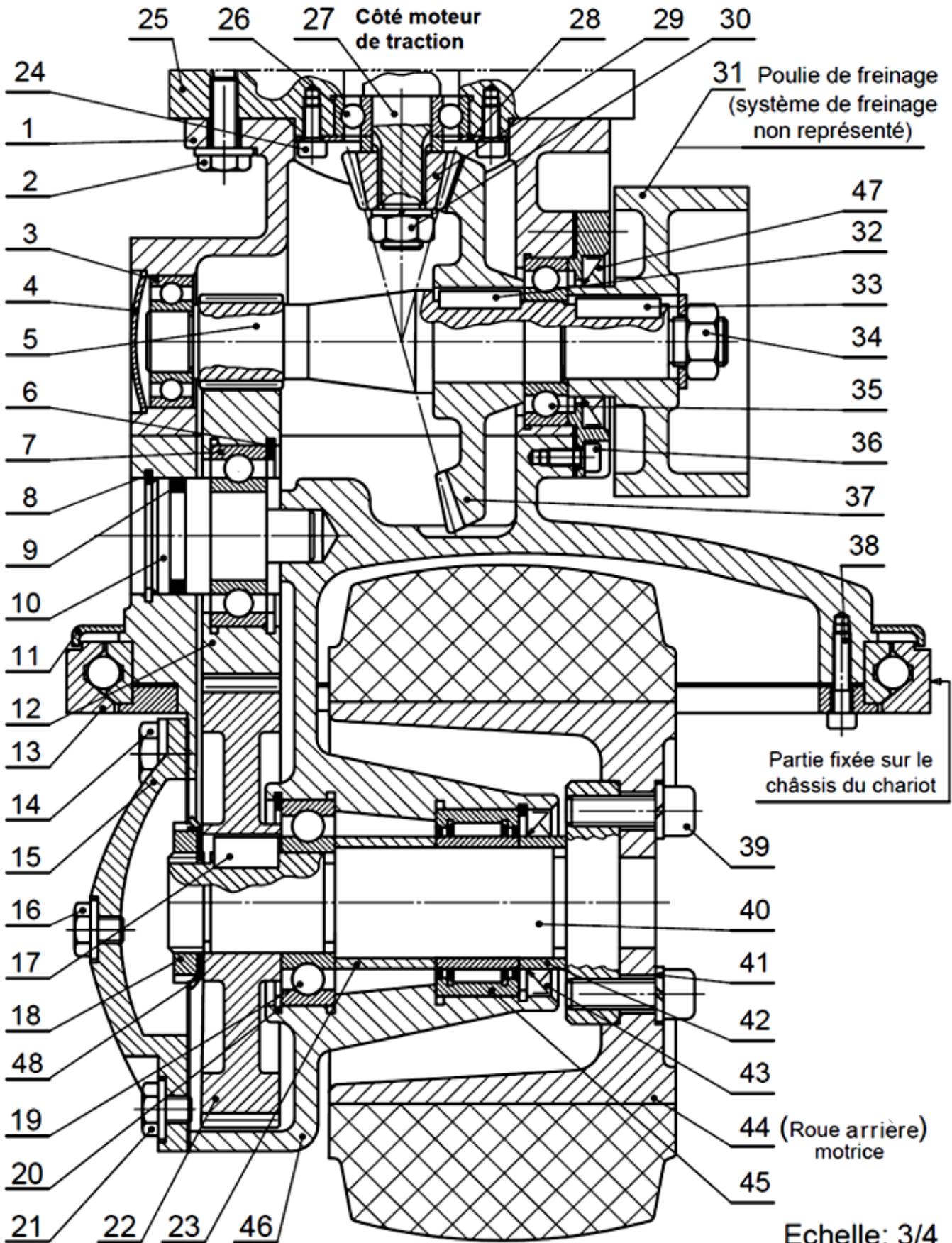
/2,5 pts

Programme
% Axe 40
N10 G80 G90 G40 M05 M09
N20 G00 G52 X0 Z0
N30 T..... D..... M.....
N40 G97 S..... M..... M.....
N50 S.....
N60
.....
.....
.....
N110 G77 N..... N.....
N120.....



Volet 4 : Documents ressources

➤ Dessin d'ensemble du mécanisme de traction :

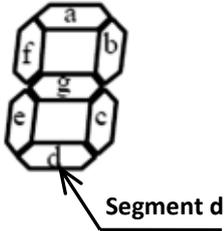


➤ **Nomenclature partielle :**

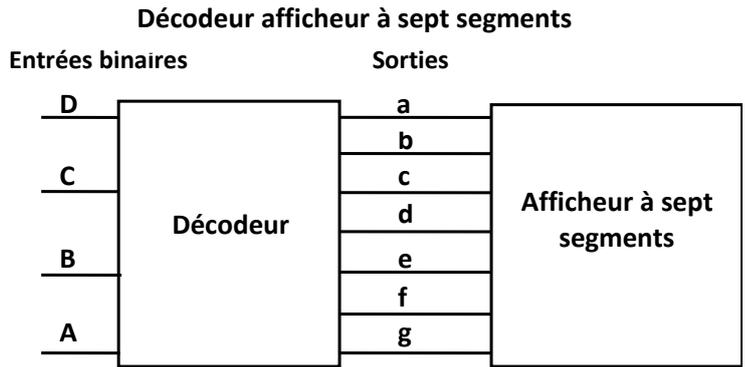
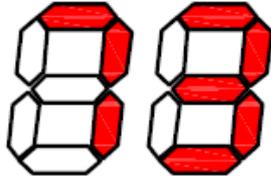
48	1	Rondelle frein à Longuettes		NF E 25 - 534
47	1	Joint à lèvres, type AS, 28 x 47 x 7		
46	1	Bâti partie inférieure	EN-GJL-200	
45	1	Roulement à aiguilles		
44	1	Roue arrière motrice : diamètre d= 180 mm		
43	1	Joint à lèvres, type AS, 35 x 47 x 7		
42	1	Entretoise : L = 12	C 60	
41	6	Rondelle - W 8		NF E 25 - 515
40	1	Axe (porte roue)	Acier	
39	6	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M8 x 16	25 Cr Mo 4	Traité
38	7	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M8 x 22	25 Cr Mo 4	Traité
37	1	Roue conique : Z₃₇= 64 dents		Dents Trempées
36	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M5 x 10		NF NE ISO 4762
35	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
34	1	Ecrou hexagonal ISO 4032 - M16 - 08		
33	1	Clavette forme A, 6 x 6 x 21	C 35	NF E 22 -177
32	1	Clavette forme A, 6 x 6 x 20	C 35	NF E 22 -177
31	1	Poulie de freinage		
30	1	Ecrou hexagonal ISO 4032 - M12 - 08		
29	1	Pignon conique : Z₂₉= 16 dents		Dents Trempées
28	1	Couvercle	E 360	
27	1	Arbre d'entrée N₂₇ = 3000 tr/min		
26	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
25	1	Boîtier	EN-GJL-200	
24	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M5 x 10	25 Cr Mo 4	Traité
23	1	Entretoise : L = 25	C 60	
22	1	Roue dentée : Z₂₂= 85 dents		Dents Trempées
21	1	Bouchon de vidange	Acier	
20	1	Anneau élastique pour alésage, 55 x 2	C 60	Phosphaté
19	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
18	1	Ecrou à encoches ISO 2982-24		
17	1	Clavette forme A, 8 x 7 x 18	C 35	NF E 22 -177
16	1	Bouchon de remplissage	Acier	
15	1	Couvercle	E 360	
14	5	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M6 x 20	25 Cr Mo 4	Traité
13	1	Partie fixée sur le châssis du chariot		
12	1	Roue dentée : Z₁₂= 60 dents		Dents Trempées
11	1	Couvercle de protection		
10	1	Axe intermédiaire	C 35	
9	1	Joint torique 21,89 x 2,62.		
8	1	Anneau élastique pour alésage, 30 x 1,2	C 60	Phosphaté
7	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
6	1	Anneau élastique pour alésage, 45 x 1,75	C 60	Phosphaté
5	1	Pignon arbré : Z₅= 17 dents		
4	1	Bouchon de protection		
3	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
2	5	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M8 x 20	25 Cr Mo 4	Traité
1	1	Bâti partie supérieure	EN-GJL-200	
Rep	Nb	Désignation	Matériau	Observation

➤ Données pour la tâche 1.3 :

Exemple Afficheur à sept segments



Exemple d'affichage du nombre 73 (Segments noircies)



➤ Données pour la tâche 2.1 :

- La vitesse de rotation du moteur de traction est $N = 3000 \text{ tr/min}$;
- Nombre de dents des roues dentées :

$Z_{29} = 16 \text{ dents}$	$Z_{37} = 64 \text{ dents}$	$Z_5 = 17 \text{ dents}$	$Z_{12} = 60 \text{ dents}$	$Z_{22} = 85 \text{ dents}$
-----------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------

- Le diamètre de la roue arrière motrice 44 est $d_{44} = 180 \text{ mm}$;
- Le rendement de la chaîne de transmission de l'arbre 27 à la roue arrière motrice 44 est estimé à $\eta_r = 0,8$;
- La force maximale de traction du chariot en charge est $F_T = 3500 \text{ N}$;
- Tableau du choix du moteur :

Types de moteur	LS 112 M	LS 132 S	LS 132 S	LS 132 M	LS 160 M
Puissance en kW	4	5,5	7,5	9	11

➤ Données pour la tâche 2.2 :

L'installation hydraulique est composée :

- d'un vérin hydraulique central à double effet de diamètre intérieur $d_v = 63 \text{ mm}$ et de rendement $\eta_v = 0,7$;
- d'une pompe hydraulique de rendement $\eta_p = 0,85$ qui alimente le circuit hydraulique par un débit volumique $Q_v = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;
- d'une conduite de refoulement 2-3 de diamètre $d = 18 \text{ mm}$;

On donne :

$F = 30000 \text{ N}$

Avec $F = \eta_v \cdot S_v \cdot P_3$ (S_v : section intérieure du vérin)

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$

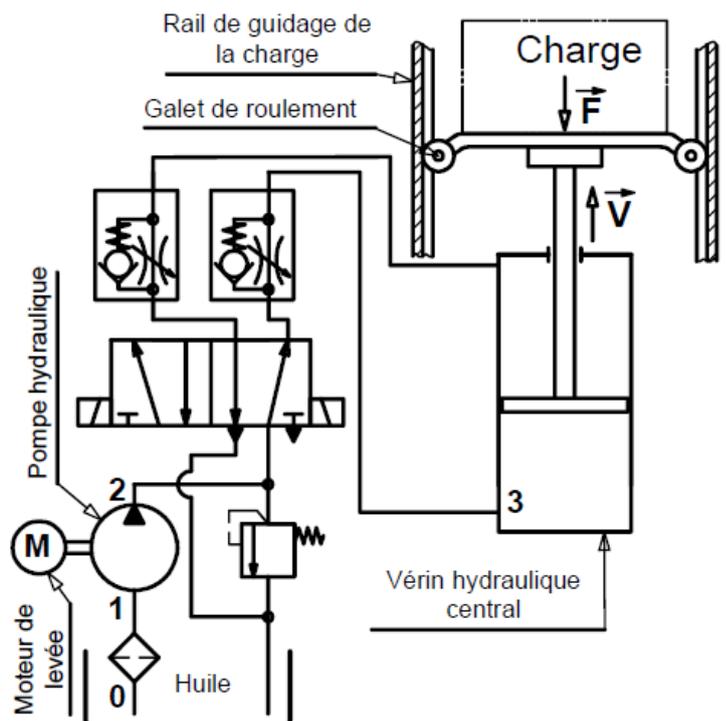
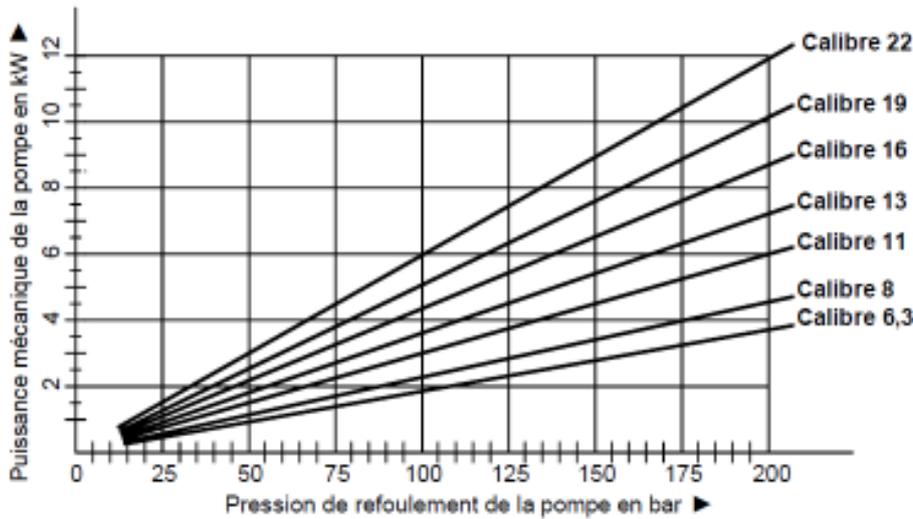


Schéma partiel de l'installation hydraulique

➤ Graphe du choix du calibre de la pompe hydraulique :



➤ Données pour les tâches 2.3 et 3.1 :

Tableau du choix de la nuance usuelle :

Nuances usuelles	37 Cr 4	41 Cr 4	35 Cr Mo 4	42 Cr Mo 4	51 Cr V 4
Re (N/mm ²)	700	740	770	850	1080

➤ Liste d'inventaire des instruments de métrologie disponibles :

- Calibre à coulisse (1/50) ;
- Jauge de profondeur (1/50) ;
- Micromètre d'extérieur (1/100) ;
- Micromètre d'intérieur (1/100) ;
- Comparateur (1/100) ;
- Tampon fileté ;
- Marbre ; Vé ; Cylindre étalon ; Banc à pointes.

➤ Données pour la tâche 3.3 :

Vitesse de coupe (Vc)	L'avance (f)	La profondeur de passe (a)	La puissance machine (Pm)	Le rendement machine (η)	La pression spécifique de coupe (Kc)
60 m/min	0,1 mm/tr	0,2 mm	3 kW	0,8	530 daN/mm ²

➤ Données pour la tâche 3.4 :

Vc = 320 m/min, N=1000 tr/min (code S) ;
f=0,1 mm/tr (code F) ;
Outil : T3 D3, Gamme M41

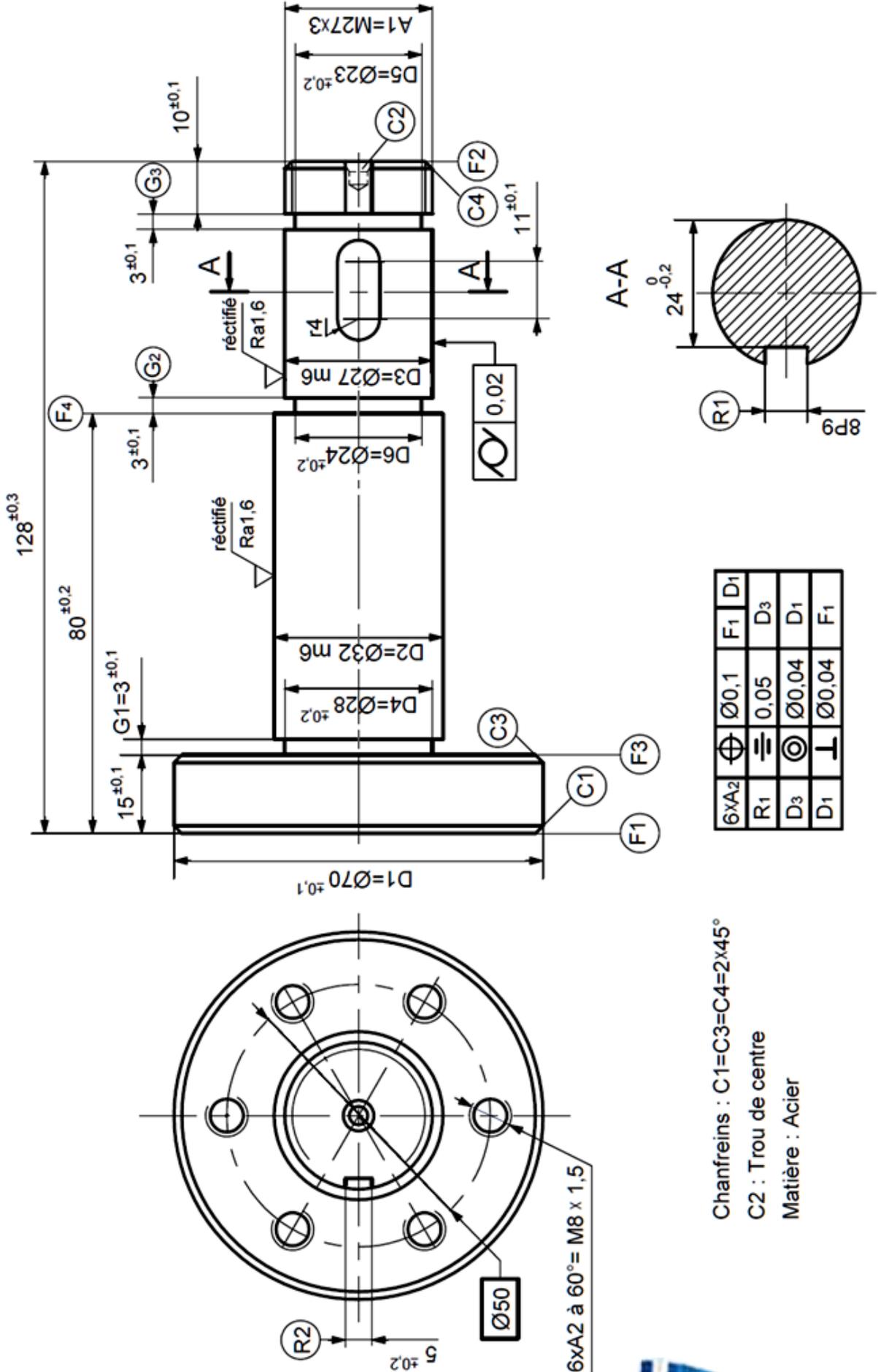
Fonctions M

M02 : Fin du programme
M03 : Rotation de broche sens horaire
M04 : Rotation de broche sens trigonométrique
M05 : Arrêt broche
M06 : Changement d'outil
M08 : Arrosage n° 1
M09 : Arrêt d'arrosage
M41 : Gamme de vitesse de broche

Fonctions G

G00 : Interpolation linéaire en rapide
G01 : Interpolation linéaire en avance programmée
G02 : Interpolation circulaire sens horaire
G03 : Interpolation circulaire sens trigonométrique
G40 : Annulation de la correction d'outil
G41 : correction du rayon d'outil à gauche du profil
G42 : correction du rayon d'outil à droite
G52 : Programmation absolue (origine mesure)
G77 : Appel inconditionnel de blocs
G90 : Programmation absolue des coordonnées
G92 : Limitation de la vitesse de broche
G95 : Vitesse d'avance en mm/tr
G96 : Vitesse de coupe en m/min
G97 : Vitesse de rotation broche en tr/min

Dessin de définition de l'axe 40





4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

Observation

Le correcteur est tenu de respecter à la lettre les consignes relatives aux répartitions des notes indiquées sur les éléments de correction

Documents réponses

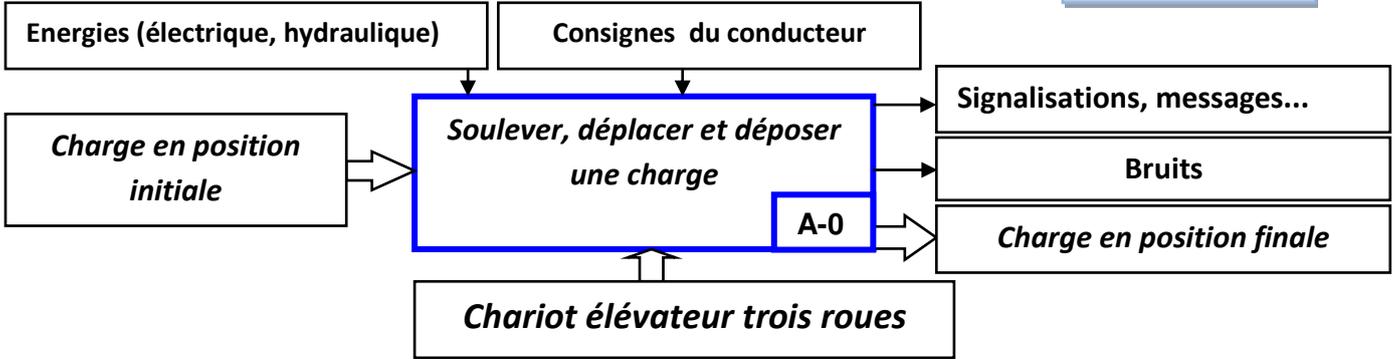
SITUATION D'EVALUATION 1 :

Tâche 1.1 :

/1pt

a- L'actigramme de niveau A-0 du chariot élévateur :

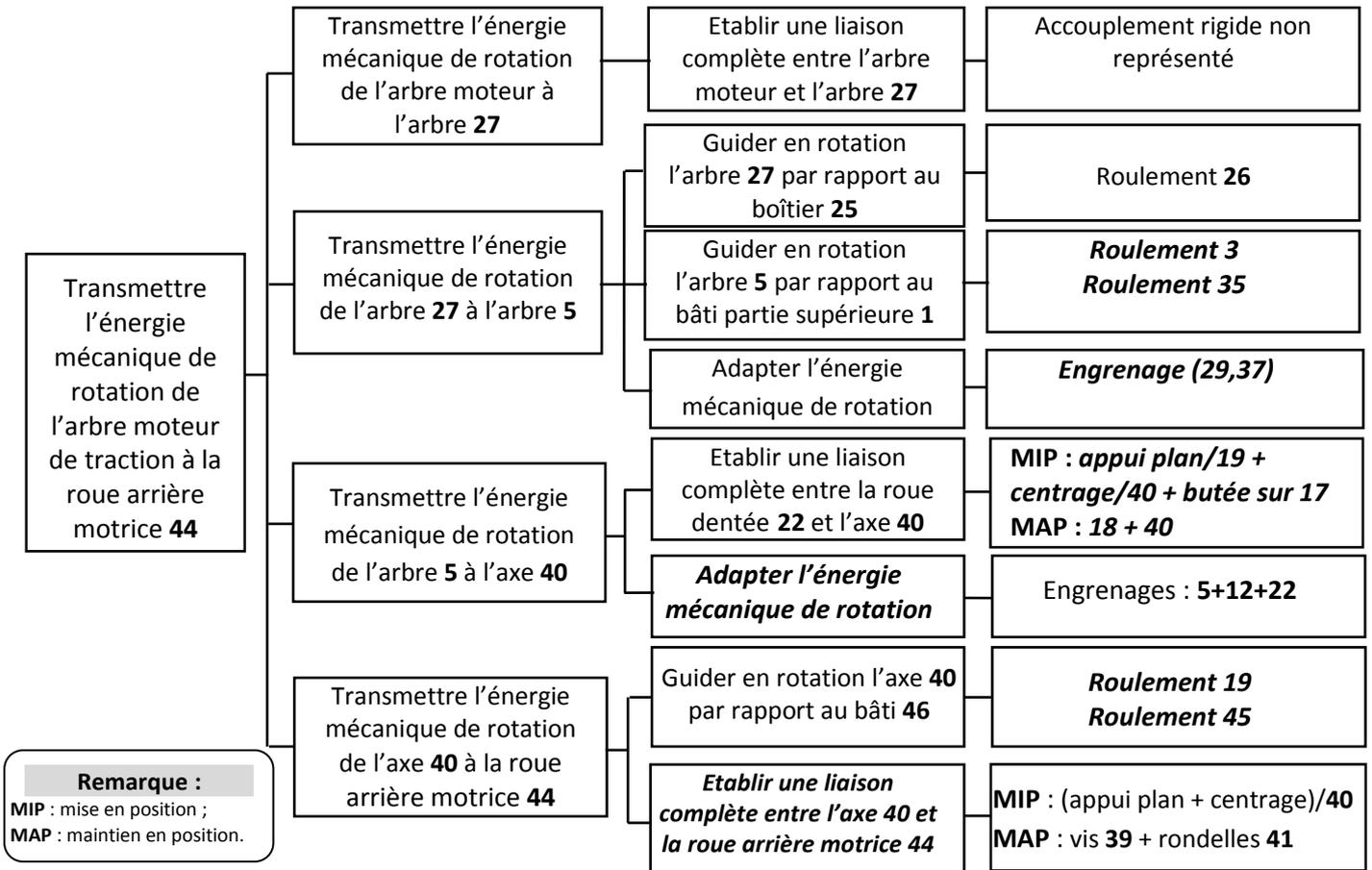
0.25 pt par réponse



b- Le diagramme F.A.S.T partiel:

0.25 pt par réponse

/1,5 pt

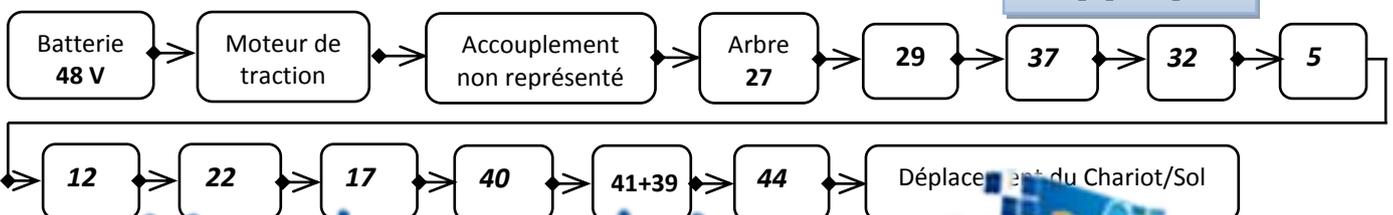


Remarque :
MIP : mise en position ;
MAP : maintien en position.

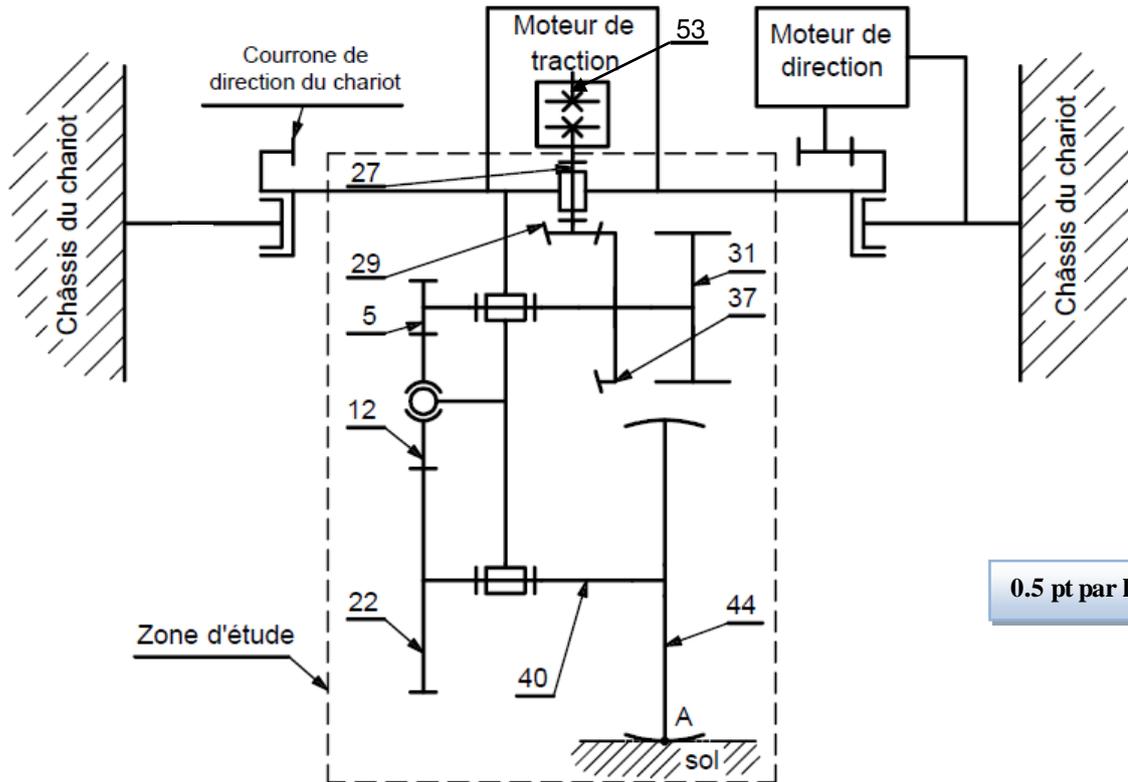
c- Les éléments du graphe cinématique du mécanisme de traction qui permettent la transmission du mouvement de l'arbre 27 à la roue arrière motrice 44 :

0.25 pt par réponse

/1,5 pt



d- Le schéma cinématique minimal du mécanisme de traction: /2 pts



0.5 pt par liaison

Tâche 1.2 :

a- Le nom de l'élément, symbolisé sur le schéma cinématique ci-dessus, assurant la liaison entre l'arbre 53 du moteur de traction et l'arbre d'entrée 27 : /0,5pt

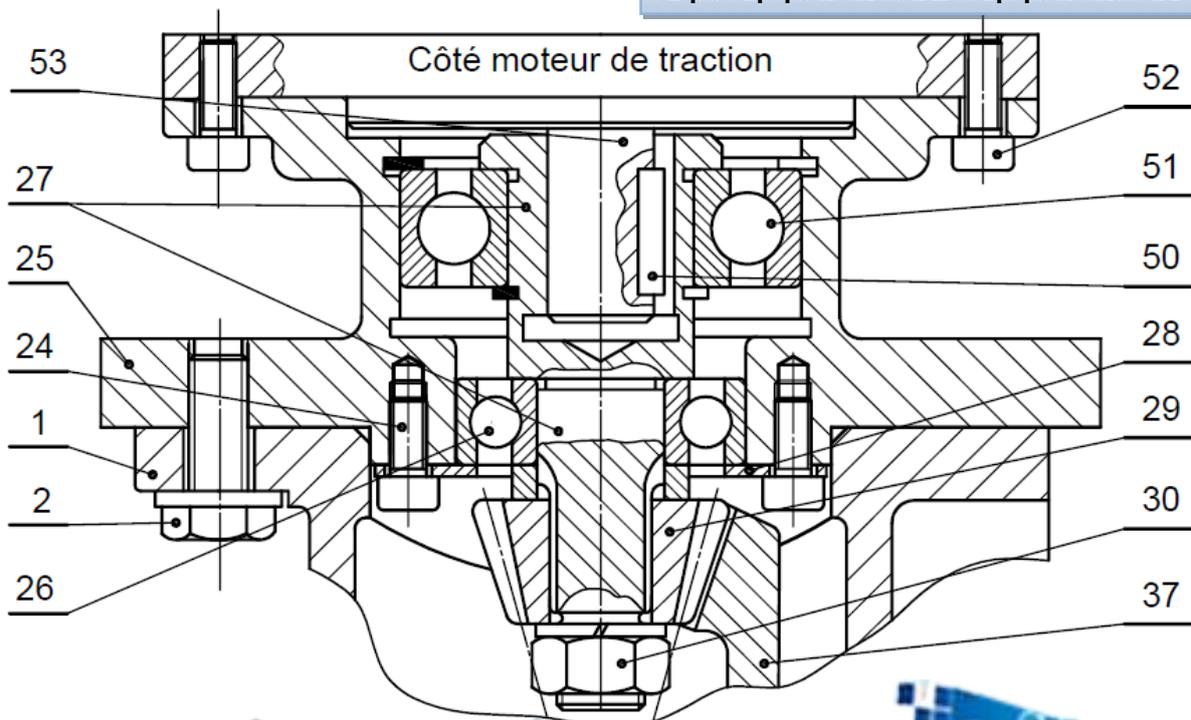
L'élément qui assure la liaison est un accouplement rigide

b- Le dessin :

b.1. la liaison complète entre l'arbre 53 du moteur de traction et l'arbre d'entrée 27 ; /1pt

b.2. le montage des roulements 26 et 51. /2pts

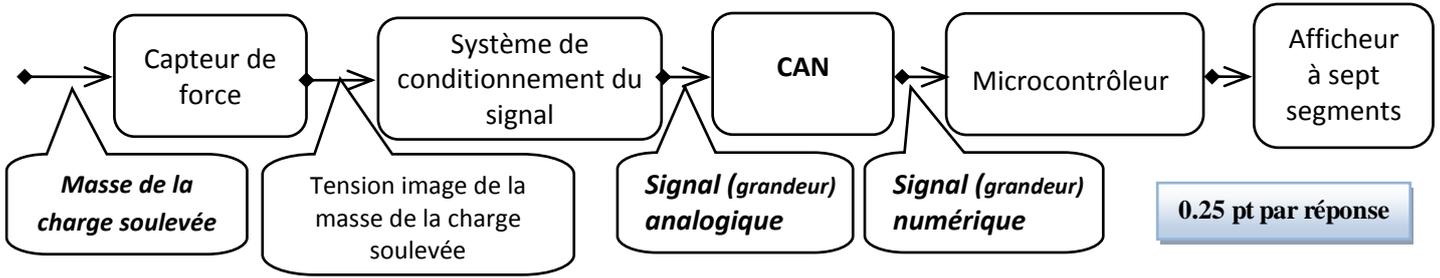
/2 pts : 1pt pour arrêts BE et 1pt pour arrêts BI



Tâche 1.3 :

a- Les grandeurs d'entrées/sorties manquantes de la chaîne d'information :

/0,75pt



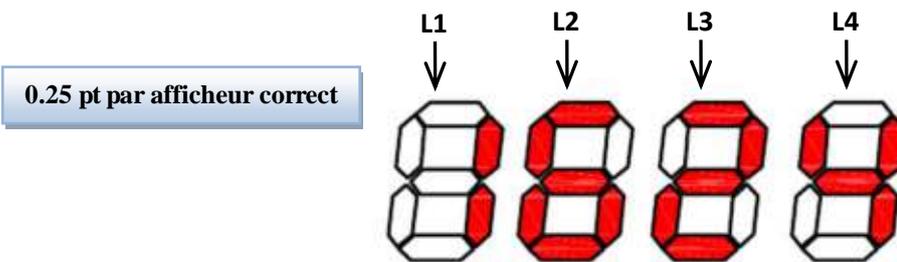
b- L'élément assurant la fonction "Traiter" de la chaîne ci-dessus :

/0,5pt

La fonction "traiter" est assurée par le microcontrôleur.

c- Les segments des afficheurs sept segments L2, L3 et L4 qui sont allumés dans le cas où la masse de la charge soulevée est 1624 kg sont noircis comme suit :

/0,75pt



d- Le tableau de fonctionnement des segments des quatre afficheurs affichant la masse de la charge soulevée de 1624 kg (segment allumé : 1 ; segment éteint : 0).

/1pt

0.25 pt par ligne juste

	a	b	c	d	e	f	g
L1	0	1	1	0	0	0	0
L2	1	0	1	1	1	1	1
L3	1	1	0	1	1	0	1
L4	0	1	1	0	0	1	1

SITUATION D'ÉVALUATION 2 :

Tâche 2.1 :

a. Le rapport de transmission $k = \frac{N_{44}}{N_{27}}$ et la fréquence de rotation N_{44} :

/1 pt

$$k = \frac{N_{44}}{N_{27}} = \frac{Z_{29} \times Z_5}{Z_{37} \times Z_{22}} = \frac{16 \times 17}{64 \times 85} = \frac{1}{20} = 0,05$$

$$N_{44} = k \times N_{27} = 0,05 \times 3000 = 150 \text{ tr/min}$$

b. La vitesse angulaire de la roue ω_{44} (en rad/s) :

/0,5 pt

$$\omega_{44} = \frac{2\pi \times N_{44}}{60} = \frac{2\pi \times 150}{60} = 15,70 \text{ rad/s}$$

- c. La vitesse de déplacement V (en m/s) du chariot : /1 pt

$$V = \omega_{44} \cdot \frac{d_{44}}{2} = 15,7 \times 90 \cdot 10^{-3} = 1,41 \text{ m/s}$$

- d. La puissance nécessaire P (en kW) pour déplacer le chariot : /1 pt

$$P = F_T \times V = 3500 \times 1,41 = 4935 \text{ (Watt)} = 4,935 \text{ kW}$$

- e. La puissance utile P_u (en kW) du moteur de traction : /1 pt

$$P_u = \frac{P}{\eta_r} = \frac{4,935}{0,8} = 6,168 \text{ kW}$$

- f. Le type du moteur électrique qui convient : /0,5pt

Le moteur choisi est LS 132 S

Tâche 2.2 :

- a. La pression hydraulique P_3 (en bar) dans le vérin hydraulique central : /1 pt

$$P_3 = \frac{F}{S_v} \times \frac{1}{\eta_v} = \frac{4 \times F}{\pi \times d_v^2} \times \frac{1}{\eta_v} = \frac{4 \times 30000 \times 10}{\pi \times 63^2} \times \frac{1}{0,7} = 137,48 \text{ bar}$$

- b. La vitesse V_f (en m/s) du fluide dans la conduite 2-3 : /1 pt

$$V_f = \frac{Q_v}{S_{Conduite}} = \frac{4 \times Q_v}{\pi \times d^2} = \frac{4 \times 0,5 \times 10^{-3} \times 10^6}{\pi \times 18^2} = 1,964 \text{ m/s}$$

- c. Le nombre de RYNOLDS (R) et la nature de l'écoulement : /1 pt

$$R = \frac{V_f \times d}{\nu} = \frac{1,964 \times 18 \times 10^{-3}}{0,25 \times 10^{-4}} = 1414,71$$

$R=1414,7 < 2000$ donc l'écoulement est laminaire

- d. Le théorème de BERNOULLI entre les points 2-3 et la valeur de la pression hydraulique P_2 en prenant $P_3 = 137,55 \text{ bar}$: /2 pts

$$\frac{1}{2} [(V_3)^2 - (V_2)^2] + g \times (Z_3 - Z_2) + \frac{1}{\rho} (P_3 - P_2) = J_{2-3} + W_{2-3}$$

$$\frac{1}{\rho} (P_3 - P_2) = J_{2-3} \Leftrightarrow P_2 = P_3 - \rho \times J_{2-3} = 137,55 - 900 \times (-50) \cdot 10^{-5} = 138 \text{ bar}$$

$$P_2 = 138 \text{ bar}$$

- e. La puissance nette P_n (en kW) de la pompe : /1 pt

$$P_n = \rho \times Q_v \times W_{1-2} = 900 \times 0,5 \times 10^{-3} \times 15,24 \times 10^3 \times 10^{-3} = 6,858 \text{ kW}$$

- f. La puissance mécanique P_m (en kW) de la pompe : /1 pt

$$P_m = \frac{P_n}{\eta_p} = \frac{6,858}{0,85} = 8,068 \text{ kW}$$

- g. Le calibre convenable de la pompe hydraulique : /0,5 pt

La pompe choisie a pour calibre 22

Tâche 2.3 :

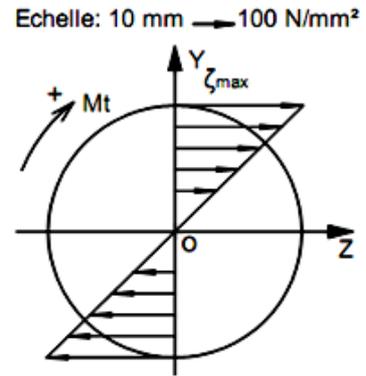
a. La valeur du couple **C** appliqué à l'axe **40** (en **N.m**) et déduction du moment de torsion **M_t** : /1,5 pt

$$P_u = C \times \omega_{40} \Leftrightarrow C = \frac{P}{\omega_{40}} = \frac{30 \times P}{\pi \times N_{40}} = \frac{30 \times 6000}{150 \times \pi} = 381,971 \text{ N.m donc } M_t = 381,971 \text{ N.m}$$

b. Calcul, en prenant **M_t = 385 N.m**, de la contrainte tangentielle maximale **ζ_{max}** (en **N/mm²**) et la représentation de la répartition des contraintes tangentielles de torsion sur la figure ci-dessous : /1,5 pt

$$\zeta_{max} = \frac{k_t \times M_t}{I_0} \times \frac{d}{2} = \frac{16 \times k_t \times M_t}{\pi \times d^3}$$

$$\zeta_{max} = \frac{16 \times 1,5 \times 385 \times 10^3}{\pi \times 24^3} = 212,759 \text{ N/mm}^2$$



c. Détermination de la résistance élastique au glissement **R_{eg}** (en **N/mm²**) du matériau afin de respecter la condition de résistance et déduction de la résistance élastique **R_e** (en **N/mm²**) : /1,5 pt

Condition de résistance à la torsion

$$\zeta_{max} \leq \frac{R_{eg}}{s} \Leftrightarrow R_{eg} \geq s \times \zeta_{max} = 2,5 \times 212,759$$

$$\Leftrightarrow R_{eg} \geq 531,897 \text{ N/mm}^2$$

$$R_e = \frac{R_{eg}}{0,7} = \frac{531,897}{0,7} = 759,852 \text{ N/mm}^2$$

d. La nuance du matériau qui convient pour cette construction : /0,5 pt
La nuance du matériau choisie est celle dont Re=770 N/mm², c'est donc 35 Cr Mo 4

SITUATION D'ÉVALUATION 3 :

Tâche 3.1 :

a. Le type d'acier de l'axe **40** (non allié ou faiblement allié ou fortement allié) et le pourcentage du chrome relatif aux cinq nuances proposées sur le tableau du choix de la nuance usuelle : /1pt

- ✓ Type d'acier : **faiblement allié** ;
- ✓ % du chrome : **1 %**.

0.5 pt /réponse

b. Les deux modes d'élaboration de l'acier : /1pt
Acier à oxygène et acier électrique.

0.5 pt / réponse

c. La signification et le type de tolérance des symboles suivants : /1,5pt

Symbole	Signification	Type de tolérance
⊥	Perpendicularité	Orientation
≡	Symétrie	Position
∅	Cylindricité	Forme

0.25 pt / réponse



d. Le procédé d'élaboration de l'axe 40 sachant qu'il est forgé : /0,5pt

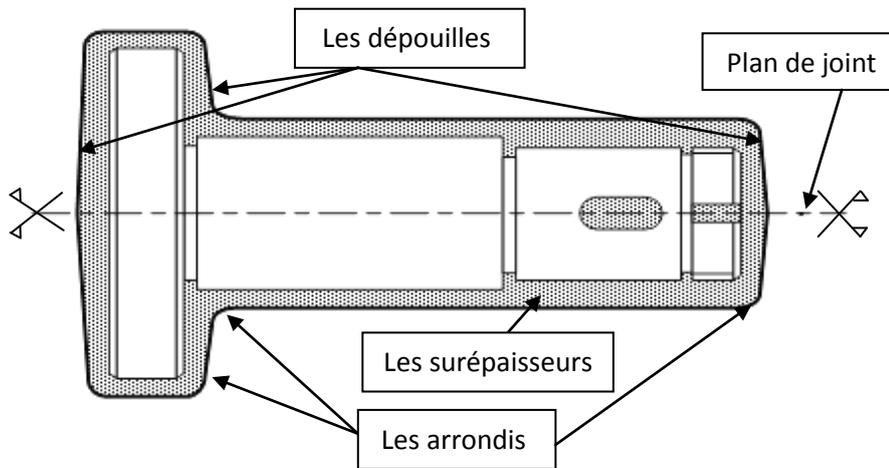
Estampage Matricage

e. Le dessin du brut capable de l'axe 40 : /2,5pts

Les surépaisseurs d'usinage, le plan de joint, les arrondis et les dépouilles :

Le rôle de la dépouille : *faciliter l'extraction de la pièce des matrices.* 0.5 pt

Les surépaisseurs d'usinage : 0,5 pt
Le plan de joint : 0,75 pt
Les arrondis : 0,25 pt
La dépouille : 0,5 pt



f. Deux avantages du procédé d'élaboration de brut de l'axe 40 : /1 pt

- ✓ *Qualité dimensionnelle obtenue 9 à 11 ;*
- ✓ *Caractéristiques mécaniques accrues par rapport à celles du matériau d'origine, car ce procédé améliore la compacité et provoque « un fibrage » dans les pièces.*

Tenir compte des autres réponses justes de l'élève

g. Le type de traitement thermique à appliquer pour remédier au défaut du grossissement de grains dû à l'opération de forgeage à cause de l'élévation de température : /1 pt

Recuit de régénération ou Recuit de recristallisation.

Tâche 3.2 :

a. Les phases de l'A.P.E.F de l'axe 40 par ordre : /1,25 pt

Phase	Ordre des phases
Fraisage des rainures R1, R2	Phase 40
Rectification de D2, D3	Phase 60
Tournage de F1, D1, C1	Phase 10
Tournage de (D2, F3), (D3, F4), gorge G1, G2, G3, C3, C4, A1	Phase 30
Perçage-Taroudage de 6x2	Phase 50
Tournage de F2, C2	Phase 20

Les deux solutions possibles

0.25 pt / réponse

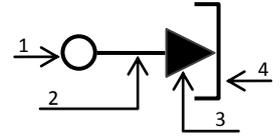
b. La phase de **Perçage-Taraudage** :

b.1. La signification de chacune des quatre parties du symbole suivant :

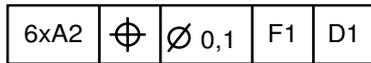
/1 pt

- 1 : *Type de technologie des éléments (centrage fixe) ;*
- 2 : *Nature de la surface d'appui (usinée) ;*
- 3 : *Fonction de l'appui (mise en position) ;*
- 4 : *Nature du contact avec la surface (contact surfacique).*

0.25 pt / réponse



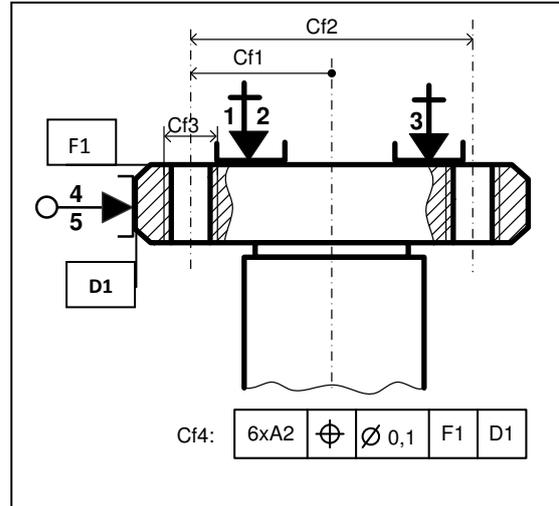
b.2. Justification du choix de cette mise en position : /1 pt



Référence primaire appui plan (1, 2, 3) / F1,
Référence secondaire centrage court (4,5) / D1.

b.3. Les cotes fabriquées : /1 pt

0.25 pt / cf



Cf4: 6xA2, centering symbol, diameter symbol with 0,1, F1, D1

b.4. La machine et les outils à utiliser pour l'usinage du perçage-taraudage de **A2= M8x1,5** : /0,75 pt

0.25 pt / réponse

Machine	Machine à utiliser
Fraiseuse horizontale	
Fraiseuse verticale	
Perceuse-taraudeuse	
Tour parallèle	

Outil	Outils à utiliser
Fraise deux tailles	
Foret Ø 6,5	
Alésoir machine	
Taraud M8	

b.5. Le temps technologique **Tt** (en **cmin**) de l'opération de perçage d'un seul trou :

/2pts

$$L = X + e + lc + e' ; \quad X = \frac{R}{tg\kappa_r} = \frac{3,25}{1,732} = 1,876 \text{ mm}$$

$$L = X + e + lc + e' = 1,876 + 2 + 15 + 2 = 20,876 \text{ mm}$$

$$Vf = N \cdot f = \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D} \cdot f = \frac{35000}{\pi \cdot 6,5} \cdot 0,1 = 171,397 \text{ mm/min}$$

$$Tt = \frac{L}{Vf} = \frac{20,876}{171,397} = 0,1217 \text{ min} = 12,17 \text{ cmin} ;$$

L /0,5pt ;
Vf /0,5pt ;
Tt /1pt.

Tt = 12,17 cmin

c. Les moyens de contrôle des spécifications suivantes :

/1.5 pt

Spécification	Instrument
15 ^{±0,1}	Calibre à coulisse
A2= M8x1,5	Tampon fileté
∅	Comparteur + banc à pointe ou Comparteur + Vé

0.5 pt / réponse

● Tâche 3.3 :

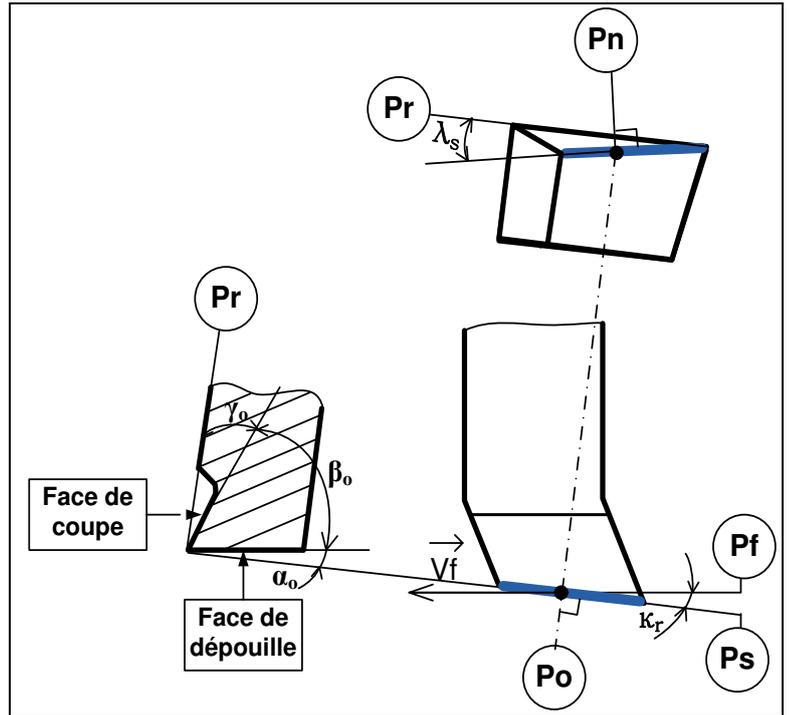
a. Le nom de l'outil utilisé, représenté ci-dessous : /0,5pt
Outil à dresser d'angle (raccordé)

b. L'orientation de l'arête de l'outil (à gauche ou à droite) : /0,5 pt
Outil à droite (R)

c. la face de coupe, la face de dépouille, les plans du référentiel en main (plan de travail **Pf**, plan d'arête **Ps**, plan de référence **Pr**, le plan orthogonal **Po** et le plan normal **Pn**), l'angle de direction d'arête κ_r , les angles de coupe orthogonaux (α_o , β_o et γ_o) et l'angle d'inclinaison d'arête λ_s .

/3 pts

0.25 pt / réponse



d. Validation du choix de la machine :

d.1- Calcul de la puissance de coupe nécessaire **Pc** (en W) : /1,5pt

$$P_c = F_c \cdot V_c = K_c \cdot a \cdot f \cdot V_c = 5300 \cdot 0,2 \cdot 0,1 \cdot \frac{60}{60} = 106 \text{ W}$$

d.2- Détermination de la puissance à fournir par le moteur de la machine **Pm** (en kW) :

$$P_m = \frac{P_c}{\eta} = \frac{106}{0,8} = 132,5 \text{ W} = 0,132 \text{ kW} \quad /1\text{pt}$$

d.3. Conclusion sur la validation de la machine choisie :

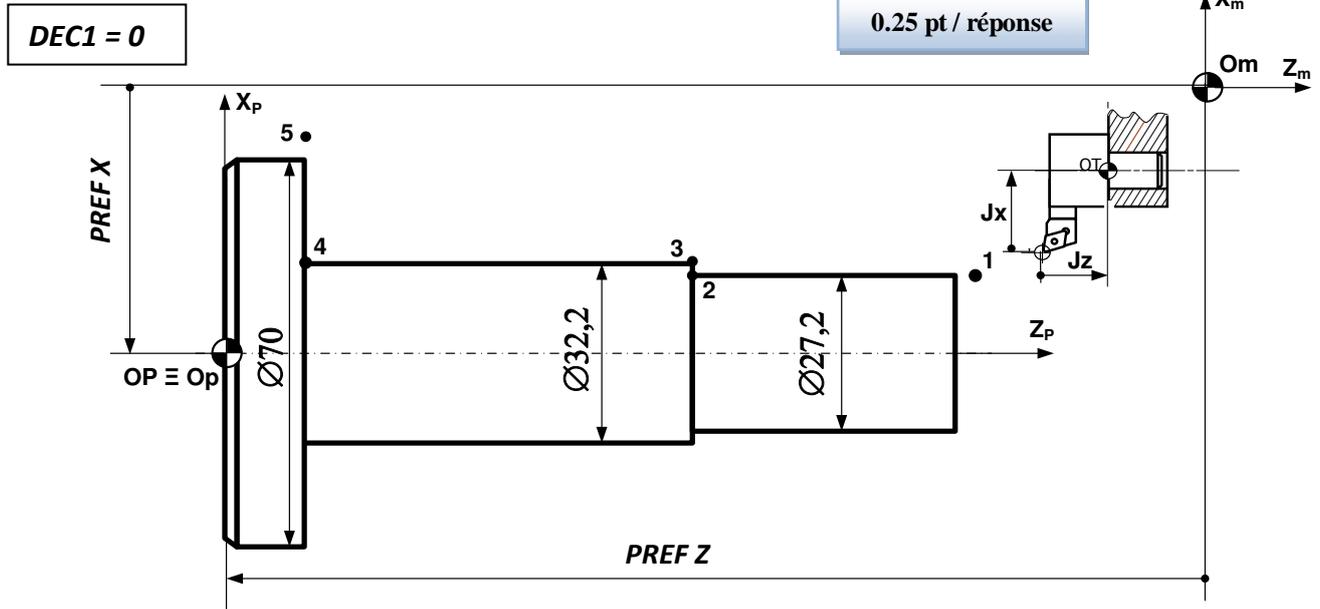
La machine choisie est convenable

/0,5pt

Tâche 3.4 :

a. les PREF X, PREF Z, Jauges (JX, JZ) et la valeur du DEC1:

/1,25 pt



b. Le tableau des coordonnées du profil ébauche (points 1 à 5) en mode absolu G90 :

/1,75pt

Points	X (∅)	Z
1	27,2	130
2	27,2	80,5
3	32,2	80,5
4	32,2	15,5
5	74	15,5

0.25 pt / case

c. Identification des mots du bloc N°20 :

/0,5 pt

Interpolation linéaire en rapide à l'origine mesure (Om)

d. Le programme du profil (points 1 à 5) et retour au point Om en mode absolu G90 :

/2,5 pts

Programme

```
% Axe 40
N10 G80 G90 G40 M05 M09
N20 G00 G52 X0 Z0
N30 T3 D3 M06
N40 G97 S1000 M04 M41
N50 G96 S320
N60 G90 X27,2 Z130
N70 G01 G42 G95 Z80,5 F0,1 M08
N80 X32,2
N90 Z15,5
N100 X74
N110 G77 N10 N20
N120 M02
```

0.25 pt / ligne