

		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 2

DOCUMENTS RÉPONSES : DREP

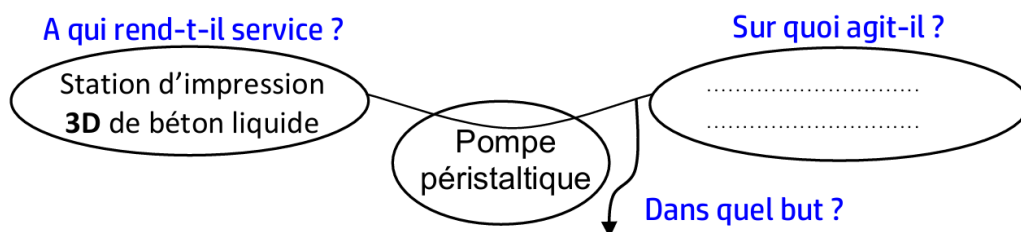
LE CANDIDAT DOIT SE REFERER AUX DOCUMENTS RESSOURCES (DRES) ET AUX ANNEXES (Pages : de 1/12 à 12/12)

SITUATION D'ÉVALUATION N°1 :

Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle partielle de la pompe péristaltique

En se référant à la présentation du support (**pages 2/12 et 3/12**) et aux données des documents ressources **DRES (ANNEXE 1 et ANNEXE 2)**, répondre aux questions suivantes :

1.5 pt	a- Énoncer le besoin relatif à la pompe péristaltique en complétant l'outil bête à cornes :	
--------	--	--



2 pts	b- Donner le nom et la fonction des éléments suivants :	
-------	--	--

Éléments	Nom	Fonction
18		
30		
34		
43		

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية الصفحة 24 / 3

1 pt	c- Mettre une croix (x) dans les cases correctes du type de matériau relatif aux éléments indiqués dans le tableau ci-dessous (voir dessin page suivante) : (Nota : on peut avoir une ou deux réponses justes au maximum)	
------	---	---

Éléments	Type de matériau	
17	Plastique ☐	Acier fortement allié ☐
	Alliage d'Aluminium ☐	Alliage de cuivre ☐
19	Alliage d'Aluminium ☐	Alliage léger ☐
	Alliage de cuivre ☐	Bronze ☐
20	Bois ☐	Caoutchouc ☐
	Électroaimant ☐	Alliage léger ☐

Tâche 1.2 : Étude d'une condition de fonctionnement du galet (25) :

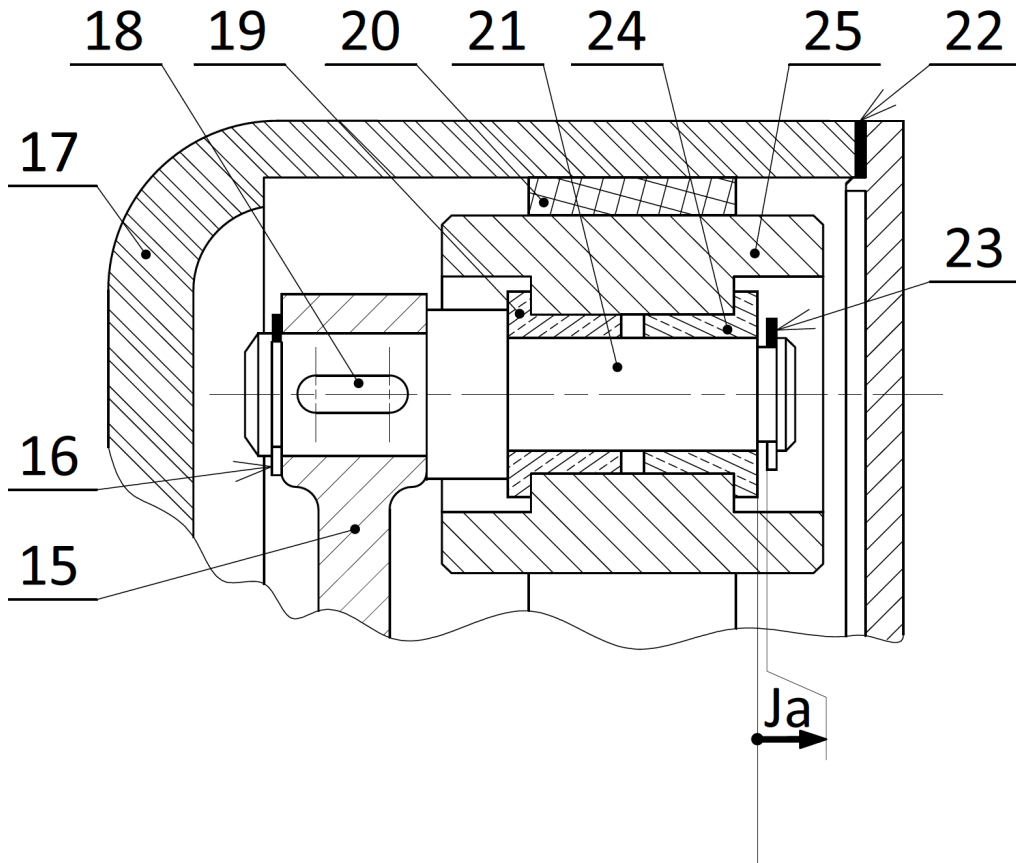
a- Les galets (25) sont guidés en rotation par rapport aux axes (21) par des coussinets (19) et (24). Le jeu "Ja" entre (21) et (23) est imposé (voir **dessin page suivante**) :

0.5 pt	a₁ - Quel est le rôle du jeu "Ja" entre (21) et (23) ? :	
--------	---	---

			✂

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية		الصفحة
			24 / 4

0.5 pt	a₂ - Tracer , sur la figure ci-dessous, la chaîne minimale de cotes relatives à la condition Ja :	
0.5 pt	a₃ - Écrire les équations littérales des conditions Ja_(max) et Ja_(min) :	



Ja_(max) =
Ja_(min) =

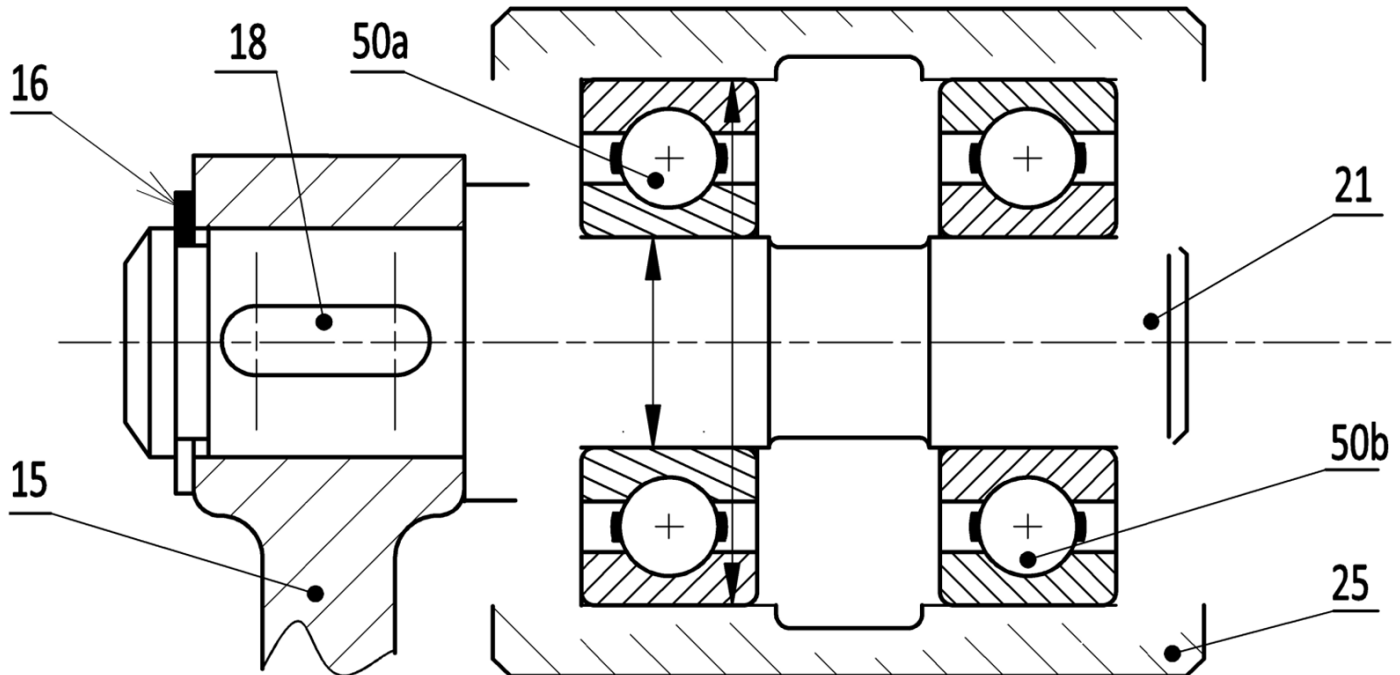
			
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية		الصفحة
			24 / 5

6 pts	b- Le guidage en rotation des galets (25) par rapport aux axes (21) est assuré par deux coussinets (19) et (24). Pour améliorer cette solution de guidage, les coussinets seront remplacés par deux roulements (50a) et (50b) à billes à contact radial type BC . Pour ce faire, on vous demande de compléter le montage (alésage tournant) de ces roulements en :	
-------	--	---

b₁ - **Prévoyant** les arrêts en translation des bagues intérieures et extérieures des roulements ;

b₂ - **Indiquant** par **serré** ou **avec jeu** les ajustements relatifs au montage des deux roulements ;

b₃ - **Complétant** la forme de l'axe (21) et les hachures spécifiques du galet (25) de ce montage.



		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 6

Tâche 1.3 : Étude partielle de l'automatisation du déplacement de la tête d'impression suivant l'axe X :

En se référant aux **DRES (ANNEXE 3 et ANNEXE 3 (Suite))**, répondre aux questions suivantes :

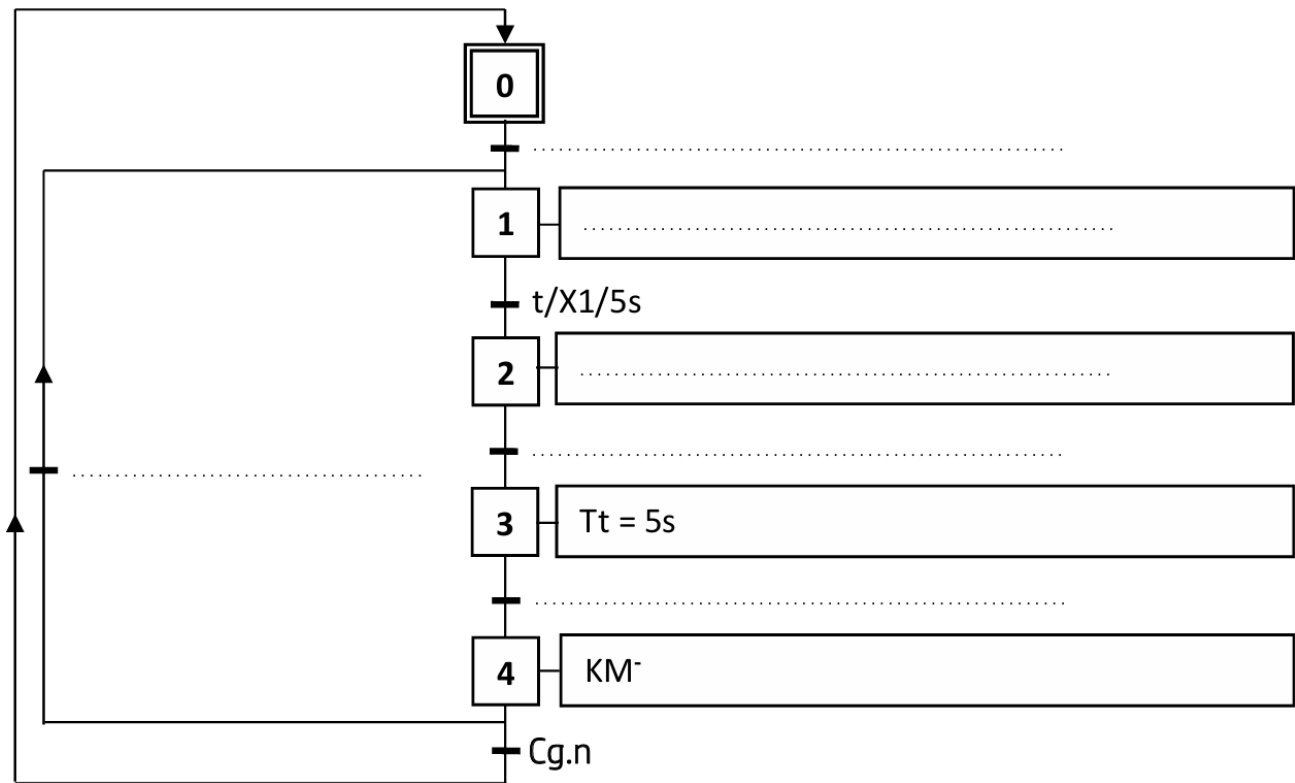
3 pts	a- Compléter le tableau suivant par l'identification de la fonction des éléments et préciser, en cochant par une croix (x), leurs appartenances dans la chaîne fonctionnelle :	
-------	---	--

Nom de l'élément	Fonction assurée	Chaîne d'information	Chaîne d'énergie
Unité de commande	Traiter	☒	☐
Moteur (M)	.....	☐	☐
Capteur de fin de course	.....	☐	☐
Variateur de vitesse	.....	☐	☐
Réducteur à train épicycloïdal	.....	☐	☐
Bouton Dcy	Acquérir	☒	☐
Coffret électrique	.....	☐	☐
Contacteur KM	Distribuer	☐	☒
Câbles de connexion	Communiquer	☒	☐
Relais temporisateur	Distribuer	☐	☒
Pignon crémaillère	.....	☐	☐

			✂

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 7	

1.5 pt	b- Compléter le GRAFCET point de vue partie commande du déplacement du chariot selon l'axe X :	
--------	---	---



1 pt	c- Ecrire les équations d'activation et de désactivation de l' étape 1 :	
------	--	---

Équation d'activation	SX1 =
Équation de désactivation	RX1 =

			✂

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 8	

SITUATION D'ÉVALUATION N°2 :

(Pour tout calcul numérique, prendre 3 chiffres après la virgule : $\pi = 3,141$).

Tâche 2.1 : Étude du système pignon crémaillère : Voir figure 1 (page 2/12) et DRES (ANNEXE 4).

1 pt	a- Calculer la fréquence de rotation N_p (en tr/min) du pignon (P) :	
------	---	--

.....

.....

.....

.....

1 pt	b- Déduire la vitesse de rotation ω_p (en rad/s) du pignon (P) :	
------	--	---

.....

.....

.....

.....

1 pt	c- Calculer la vitesse d'avance V_c (en m/s) de la tête d'impression 3D de béton par rapport au bâti de la station :	
------	---	---

.....

.....

.....

.....

		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 9

1 pt	d- Conclure sur la validité du moteur (M), donné auparavant et justifier votre réponse :	
------	---	---

.....

.....

.....

.....

Tâche 2.2 : Caractéristiques de la pompe péristaltique et sa motorisation :

Voir **figure 2 (page 3/12)** et **DRES (ANNEXE 5)** et répondre aux questions suivantes :

1 pt	a- Mettre une croix (x) dans la case correspondante aux termes particuliers, d'un réducteur à train épicycloïdal, relatifs aux éléments indiqués dans le tableau suivant :	
------	---	---

Éléments	Termes particuliers du réducteur à train épicycloïdal	
1 : Roue dentée	Satellite ☐	Planétaire ☐
	Roue de friction ☐	Excentrique ☐
2 : Pignon	Planétaire ☐	Satellite ☐
	Pignon chaîne ☐	Came ☐
3 : Couronne (Roue dentée intérieure)	Satellite ☐	Planétaire ☐
	Roue dentée ☐	Crémaillère ☐
4 : Arbre coudé	Manivelle ☐	Porte satellite ☐
	Arbre de sortie ☐	Vilebrequin ☐

-----		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		24 / 10

b- On souhaite choisir le moteur adéquat pour le fonctionnement de la pompe. Pour cela, on vous demande de **calculer** :

1 pt	b₁ - la puissance nette P_{np} (en kW) de la pompe :	
------	---	---

.....

.....

.....

.....

1 pt	b₂ - la puissance mécanique P_{M1} (en kW) du moteur (M1) :	
------	---	---

.....

.....

.....

.....

2 pts	b₃ - la fréquence de rotation N₁₅ (en tr/min) du rotor à barillets (15) lié complètement à l'arbre (7), d'entrée de la pompe, accouplé à l'arbre (4) de sortie du réducteur à train épicycloïdal :	
-------	---	---

.....

.....

.....

.....

.....

		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 11

1 pt	b₄ - la fréquence de rotation N_{M1} (en tr/min) du moteur (M1) sachant que N₁₅ = 322 tr/min :	
------	--	---

2 pts	b₅ - le couple C_{M1} (en N.m) du moteur (M1) :	
-------	---	---

1 pt	c- Remplir le tableau ci-dessous et donner le type du moteur adéquat choisi :	
------	---	---

Inscrire ci-dessous, les caractéristiques calculées du moteur (M1)			Type du moteur adéquat choisi
La puissance P_{M1} (en kW)	La fréquence de rotation N_{M1} (en tr/min)	Le couple C_{M1} (en N.m)	
.....			

			✂

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 12	

Tâche 2.3 : Vérification de la résistance à la déformation par flexion plane simple de la crémaillère

En tenant compte des **hypothèses** et **données** du **DRES (ANNEXE 6)**, répondre aux questions suivantes :

2 pts	a- Montrer que $F_A = F_B = q \cdot \frac{\ell}{2}$ (sachant que F_A est l'effort en A et F_B l'effort en B et en appliquant le PFS sur la poutre (crémaillère) à l'équilibre) :	
-------	--	--

.....

.....

.....

.....

.....

.....

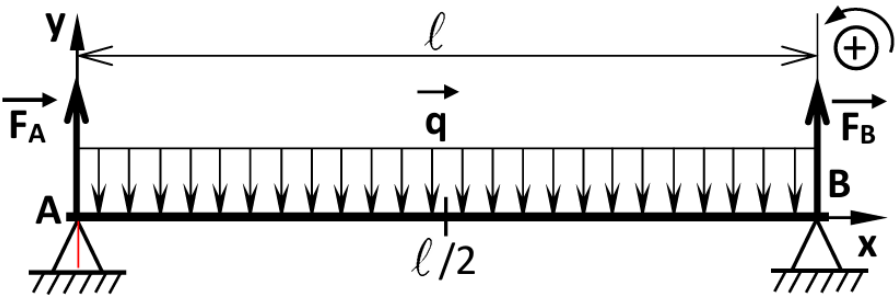
.....

.....

.....

.....

b- À partir de la modélisation de la poutre (crémaillère) ci-dessous, répondre aux questions suivantes : **(b₁)**, **(b₂)** et **(b₃)**



			✂

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 13	

1.5 pt	b₁ - Calculer les valeurs numériques de l'effort tranchant aux points : (0) , $(\ell/2)$ et (ℓ) . Prendre $T_y = q \cdot (x - \ell/2)$	
--------	--	---

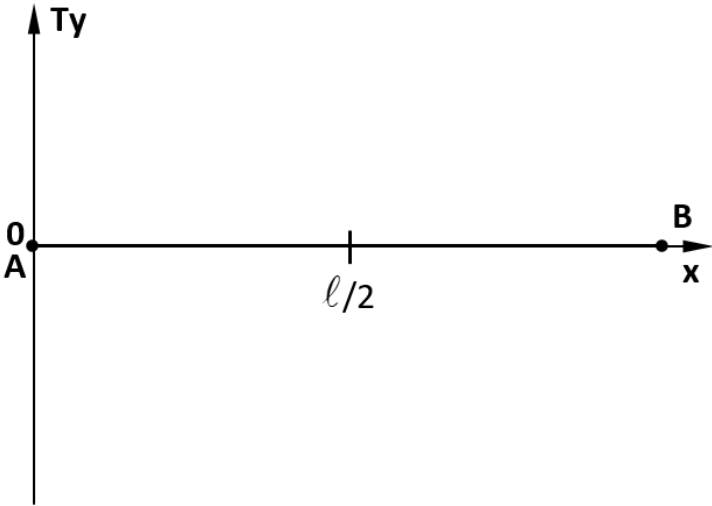
$T_y(0) =$

$T_y(\ell/2) =$

$T_y(\ell) =$

1.5 pt	b₂ - Tracer , le graphe de l'effort tranchant T_y :	
--------	--	---

Échelle des forces : 1 mm  50 N

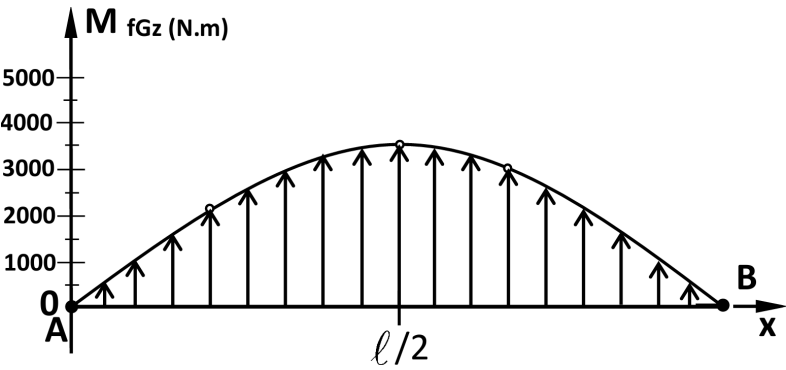


			✂

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 14	

1 pt	b₃ - On donne le tracé du moment fléchissant $M_{fGz}(x)$, le long de la poutre AB . Préciser la valeur du moment fléchissant maximal ainsi que la position (suivant x) de la section la plus sollicitée de la poutre AB :	
------	--	---

- $\|M_{fGzmax}(x)\| \approx \dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
- **Position** de la section la plus sollicitée
est : $\dots\dots\dots$



1.5 pt	c- Montrer que l'expression de la contrainte normale σ_{max} dans la section la plus sollicitée de la poutre AB est égale à : $\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_{fGzmax}}{a^3}$	
--------	---	---

.....

.....

.....

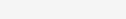
.....

.....

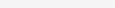
.....

.....

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
	الصفحة 24 / 15

1 pt	d- Donner, en appliquant la condition de résistance, l'expression littérale de la cote "a" de la poutre en fonction de : (M_{fGzmax}), (s) et (Re)	
------	--	---

[illegible]

1 pt	e- Calculer la valeur minimale de la cote “a” (en mm) de la section de la poutre, sachant que la valeur du moment fléchissant maximal est : $M_{fGzmax} = 3532,5 \text{ N.m}$:	
------	--	---

[illegible]

-----		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		24 / 16

SITUATION D'ÉVALUATION N°3 :

Tâche 3.1 : Analyse du dessin de définition et du matériau de l'arbre (7). Voir DRES (**ANNEXE 9**)

3 pts	a- Donner l'interprétation des spécifications suivantes :	
-------	--	--

		Interprétations
Spécification Surfacique	Rectifié Ra 1,6	..... ..... .....
Spécification géométrique	F3 // 0,05 F2	..... ..... .....
Spécification dimensionnelle	D3 = Ø32,3 ⁰_{-0,25}	Le diamètre D3 considéré doit être compris entre D3 _{min} = et D3 _{max} =

1 pt	b- Identifier et expliquer la désignation du matériau de l'arbre (7) :	
------	--	---

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية الصفحة 24 / 17

2 pts	c- Calculer la charge F de l'essai de dureté, déterminer la valeur de la dureté Brinell HB correspondante aux données de l'essai et conclure sur la validation du matériau 25 Cr Mo 4. Voir les données du CdC sur DRES (ANNEXE 7) :	
-------	--	---

Donnée	ØD = 10 mm		
Détermination de la charge «F» (en N)			
Données	d1 = 4,6 mm ; d2 = 4,5 mm		
Détermination de la dureté « HB »			
Validation	Oui ☐	Non ☐	Justification :

2 pts	d- Déterminer en complétant le tableau suivant, la résistance maximale à l'extension R_m, l'allongement après rupture A% et conclure sur la validation du matériau 25 Cr Mo 4. En vous aidant du graphe de la courbe de contrainte-déformation et du CdC dans les DRES (ANNEXE 7 et ANNEXE 7 (Suite)) :	
-------	---	---

Caractéristiques conventionnelles	Valeurs relevées		
R_m	.....		
A%	.....		
Validation	Oui ☐	Non ☐	Justification :

		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 18

e- Un traitement thermique est envisagé. En utilisant le **DRES (ANNEXE 7 (Suite))**, on vous demande de :

1 pt	e₁ - Compléter le tableau suivant par les éléments convenables en se basant sur le diagramme d'équilibre Fer-carbone et sur les schémas présentés de la microstructure correspondante :	
------	--	---

Température	Constituants micrographiques	Schéma de microstructure
T > AC3	.....	Schéma "a"
AC1 < T < AC3	.....	.....
T < AC1	Ferrite + Perlite	.....

2 pts	e₂ - Compléter le tableau suivant par les éléments convenables en se basant sur le diagramme TRC :	
-------	---	---

Courbe de refroidissement	Temps de refroidissement	Constituants micrographiques	Dureté
C1	40 s	.....	.....
C2	1 min 15 s	.....	.....
C3	33 min 30 s	.....	.....
C4	2 h 20 min	.....	.....

1 pt	e₃ - Déduire la courbe de refroidissement optimale permettant d'obtenir la dureté exigée ($225 \leq HV$) :	
------	--	---

.....

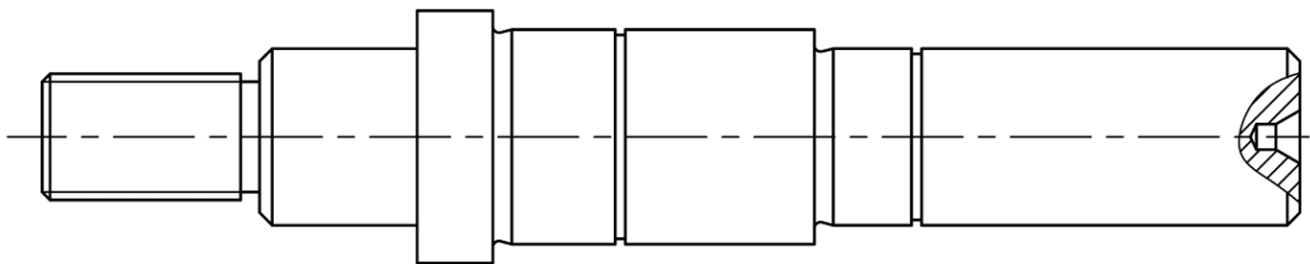
.....

			
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 19	

Tâche 3.2 : Étude de la phase 40 et de l'outil de coupe :

3 pts	a- Mettre en place les symboles technologiques (2 ^{ème} norme) permettant la mise et le maintien en position de l'arbre (7), en montage mixte (mandrin à trois mors doux, butée et pointe tournante). Voir DRES (ANNEXE 8 et ANNEXE 9) :	
-------	---	---

Croquis de la phase 40



- b-** En se basant sur les données de l'outil de coupe choisi du **DRES (ANNEXE 8)**, on vous demande de :
(Pour les calculs numériques, prendre 3 chiffres après la virgule)

1.5 pt	b₁ - Donner les types d'usure associés aux faces principales de l'outil, leurs critères de mesure normalisés et cocher une cause principale pour chaque type d'usure :	
--------	---	---

Face	Type d'usure	Critère normalisé	Causes (Cocher la réponse juste)
Face de coupe			Frottement du copeau ☐
			Frottement de la pièce ☐
Face de dépouille			Frottement du copeau ☐
			Frottement de la pièce ☐

RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 20

2 pts	b₂ - Déterminer les coefficients n et Cv du modèle de TAYLOR simplifié en utilisant les données prélevées de T et Vc du DRES (ANNEXE 8) :	
-------	---	--

1 pt	b₃ - Montrer que la durée de vie T = 38 min pour Vc = 120 m/min , sachant que l'outil possède une plaquette à 2 arrêtes de coupe :	
------	---	--

1 pt	b₄ - Calculer le nombre de pièces Np réalisées pendant la durée de vie de d'outil T , sachant que le temps de coupe nécessaire au tournage du profil de l'arbre (7) est tc = 1,1 min :	
------	---	--

		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 24 / 21

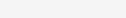
1.5 pt	b₅ - Calculer le nombre de plaquettes Npl nécessaire pour la réalisation de la série de 40 pièces :	

c- Pour valider le choix de la machine utilisée, en utilisant le **DRES (ANNEXE 8)**, on vous demande de :

1 pt	c₁ - Déterminer la pression spécifique de coupe Kc (en daN/mm²), pour f = 0,2 mm/tr , à partir de la courbe de l'évolution de la pression spécifique de coupe Kc :	

1 pt	c₂ - Calculer l'effort de coupe Fc (en N):	

-----		✂
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 - العادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		24 / 22

2 pts	c₃ - Calculer la puissance Pc (en kW) nécessaire à la coupe : (prendre Fc = 1520 N)	
-------	---	---

[illegible]

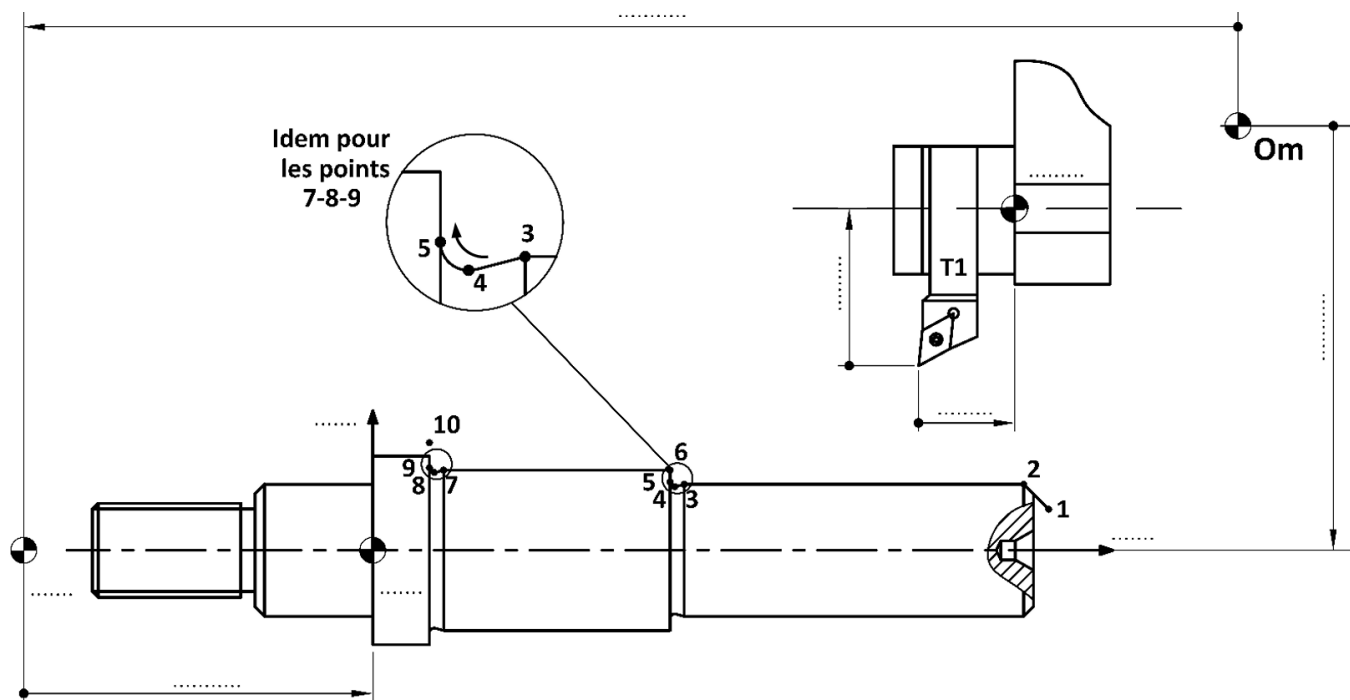
2 pts	c₄ - Calculer la puissance P_{fm} (en kW) que le moteur de la machine doit fournir et conclure sur la validation de son choix :	
-------	--	---

[illegible]

			
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 23	

Tâche 3.3 : Étude partielle du tournage de la phase 40 en commande numérique (profil en finition) :

2.5 pts	a- Sur le croquis suivant, placer les origines OT, Opp, OP ; les PREF X, PREF Z, DEC Z ; les jauges JX, JZ et les axes de la machine (à inscrire sur l' OP).	
---------	---	---



2.5 pts	b- Compléter le tableau des coordonnées des points programmés du profil fini (points de 1 à 10) en mode absolu G90 en se référant au dessin de définition DRES (ANNEXE 9) et au croquis des points caractéristiques ci-dessus. (L'engagement et le dégagement de l'outil est de 2 mm) :	
---------	--	---

Repère	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X (Ø)	20	.....	.....	27	.....	.....	.....	33	35	44
Z	142	.....	.....	64	.....	.....	.....	13	12	12

			
RS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة	
		24 / 24	

7 pts	c- Compléter le programme ISO relatif à l'opération de tournage du profil en passe de finition de la phase 40 en se référant au croquis, au tableau des coordonnées des points programmés (page précédente) et au tableau des codes ISO DRES (ANNEXE 10) . On donne : N = 1200 tr/min ; f = 0,2 mm/tr ; Vc = 120 m/min.	
-------	--	---

2026%						
N10	G40	G80	G90	M09	M05	Bloc d'initialisation
N20	G00	G52	X0	Z0		
N30	.....	.....	.....			Appel d'Outil n° 1, Correcteur n° 1
N40	.....	.....				Limitation de la fréquence de rotation à 1500 tr/min
N50	.....	.....	.....	M42		Fréquence de rotation (en tr/min), sens trigonométrique
N60	.....	.....	.....			Point 1, Correction du rayon d'outil, Arrosage
N70	.....	.....				Vitesse de coupe (en m/min)
N80	.....	.....	.....		.....	Point 2, Vitesse d'avance programmée (en mm/tr)
N90	.....					Point 3
N100	X27	Z64				Point 4
N110	.....	.....	.....			Point 5 : interpolation circulaire sens horaire
N120	.....	.....				Point 6 : interpolation linéaire
N130	.....					Point 7
N140	X33	Z13				Point 8
N150	G02	X35	Z12	R1		Point 9 : interpolation circulaire sens horaire
N160	G01	X44				Point 10 : interpolation linéaire
N170	.....	N10	N20			Appel des blocs d'initialisation
N180	M02					Fin programme

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
دورة 2026

†.XHΛΣ† | HCYΘΣΘ



الملكية المغربية

†.£.U.Θ† | %ΘX£Σ .!£%O

والتعليم الأول والثاني

المركز الوطني للامتحانات المدرسية
وتقييم التعلم

SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSS

الموضوع

SB 45

مدة الإنجاز 4 س

علوم المهندس

المادة

8 | المعامل

شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

الشعبة والمسلك

ملاحق - ANNEXES

CONSTITUTION DES ANNEXES :

- | | |
|---|-----------------------|
| • Volet 1 : Grille de notation | Page 1/12 |
| • Volet 2 : Présentation du support | Pages 2/12 et 3/12 |
| • Volet 3 : Substrat du sujet et situations d'évaluation | Pages 3/12 et 4/12 |
| • Volet 4 : Documents Ressources (DRES) et Annexes | Pages de 5/12 à 12/12 |

CONSIGNES :

- Les candidats rédigeront leurs réponses sur les documents réponses (**DREP**) prévus à cet effet ;
- Avant de répondre, les candidats sont tenus de lire attentivement les **Volet 2** et **Volet 3** ;
- Durant la rédaction des réponses, les candidats doivent se référer aux **Volet 2** et **Volet 4**.

VOLET 1 : GRILLE DE NOTATION :

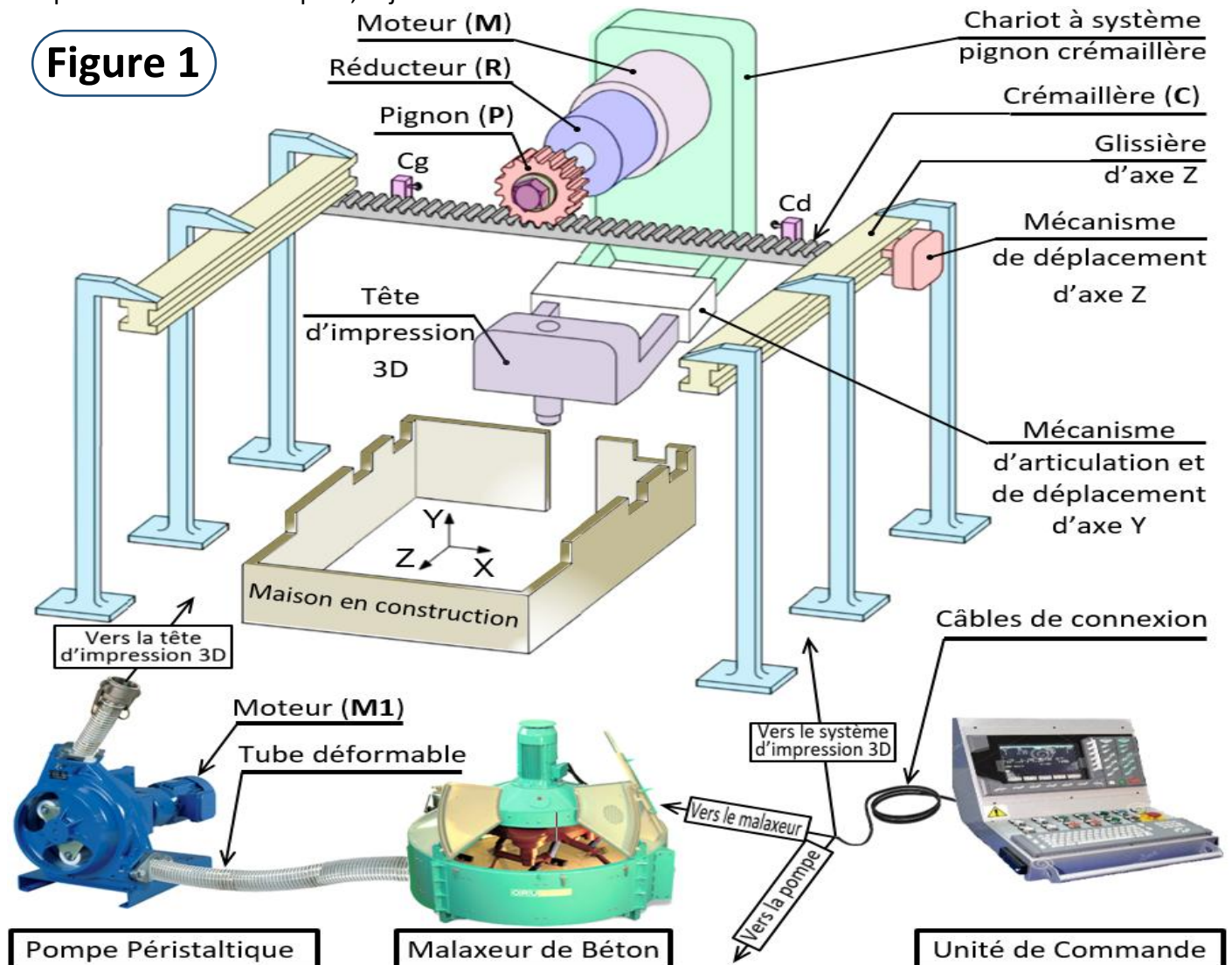
TOTAL : /80 Points

SITUATION D'ÉVALUATION N°1			SITUATION D'ÉVALUATION N°2			SITUATION D'ÉVALUATION N°3		
TACHE 1.1			TACHE 2.1			TACHE 3.1		
a		1,5pt	a		1pt	a		3pts
b		2pts	b		1pt	b		1pt
c		1pt	c		1pt	c		2pts
TACHE 1.2			d		1pt	d		2pts
a	a ₁	0,5pt	TACHE 2.2			e	e ₁	1pt
	a ₂	0,5pt	a		1pt		e ₂	2pts
	a ₃	0,5pt	b	b ₁	1pt		e ₃	1pt
b	b ₁	2pts		b ₂	1pt	TACHE 3.2		
	b ₂	1pt		b ₃	2pts	a		3pts
	b ₃	3pts		b ₄	1pt	b	b ₁	1,5pt
TACHE 1.3		b ₅		2pts	b ₂		2pts	
a		3pts	c		1pt		b ₃	1pt
b		1,5pt	TACHE 2.3				b ₄	1pt
c		1pt	a		2pts		b ₅	1,5pt
			b	b ₁	1,5pt	c	c ₁	1pt
				b ₂	1,5pt		c ₂	1pt
				b ₃	1pt		c ₃	2pts
			c		1,5pt		c ₄	2pts
			d		1pt	TACHE 3.3		
			e		1pt	a		2,5pts
						b		2,5pts
						c		7pts
Total SEV1		17,5 pts	Total SEV2		22,5 pts	Total SEV3		40 pts
TOTAL :/80 Points								

VOLET 2 : PRESENTATION DU SUPPORT (SYSTEME A ETUDIER) :

Dans le domaine de l'architecture, les **architectes** souhaitent régulièrement réaliser des ouvrages innovants avec de nouvelles géométries et des techniques modernes à tendances artistiques. Or les techniques de construction traditionnelles sont pénibles et parfois limitées en termes de possibilités vis-à-vis de certaines demandes. La station d'impression **3D** de béton liquide vient remédier à ces problèmes de construction, elle est basée sur le principe de l'imprimante **3D**, elle extrude un béton liquide et spécifique grâce à une tête d'impression robotisée. La **figure 1** ci-dessous, représente l'architecture partielle et simplifiée d'une station d'impression **3D** de béton liquide, objet de notre étude.

Figure 1

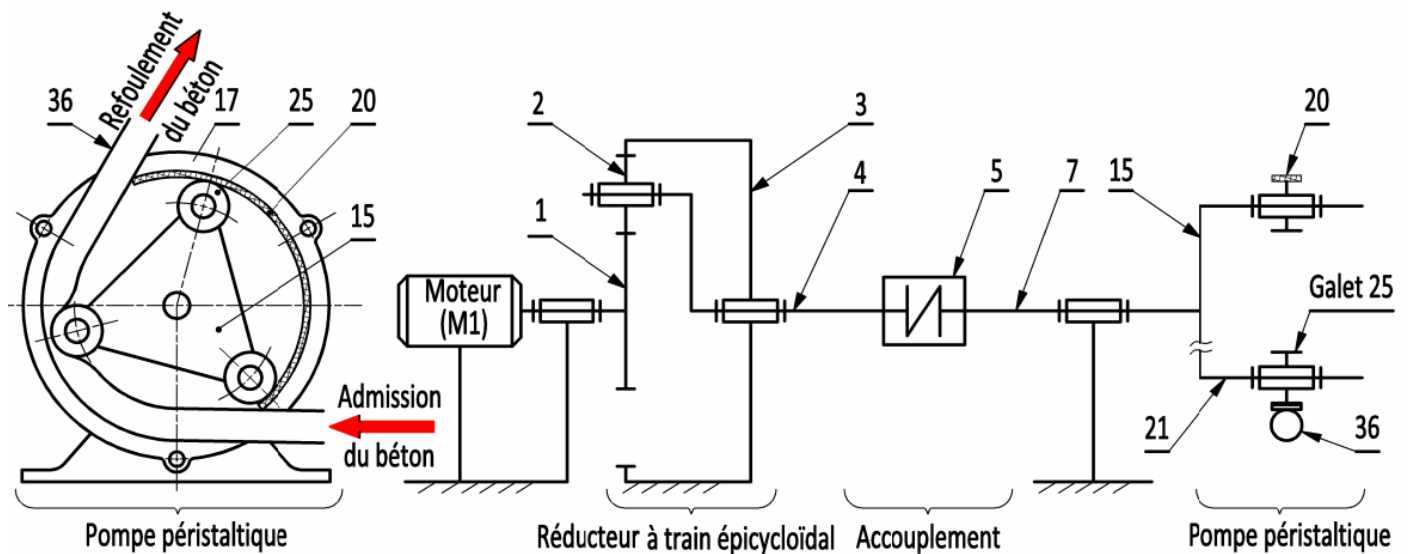


La station d'impression **3D** de béton liquide est équipée de quatre éléments essentiels : (voir **figure 1** ci-dessus)

- Une tête d'impression 3D de béton liquide, liée à un chariot à système pignon crémaillère, effectuant les trois translations (T_x ; T_y ; T_z) suivantes :
 - T_x : à l'aide d'un système Pignon Crémaillère (P)-(C) actionné par un moteur électrique (M) et un réducteur (R) ;
 - T_y : assurée par un mécanisme d'articulation et de déplacement (non étudié) ;
 - T_z : sur des glissières grâce à son mécanisme de déplacement (non étudié).
- Une unité de commande du support à étudier ;
- Un malaxeur de préparation du béton liquide (produit essentiel pour l'impression **3D**) ;
- Une pompe péristaltique dite rotative, voir **figure 2** (page suivante) et **DRES (ANNEXE 1 et ANNEXE 2)**, qui assure le **transfert du béton liquide** depuis le **malaxeur** vers la **tête d'impression 3D**.

Le transfert ou le pompage du béton liquide se fait grâce à un tube déformable (36) en élastomère logé dans le corps (17) de la pompe selon un rayon de courbure donné. Ce tube déformable (36) est comprimé par la rotation d'un **Rotor à Barillet** (15) muni de trois galets (25). L'écrasement de ce tube (36) crée des cavités étanches entre deux galets successifs qui, par leur déplacement, assurent l'admission et le refoulement du béton liquide à transférer. Les galets (25) sont équilibrés par la bande de roulement (20), et leurs mouvements est obtenu par un moteur électrique (M1) associé à un réducteur à **train épicycloïdal** et un accouplement élastique (5). Voir **figure 2** ci-dessous et DRES (**ANNEXE 1** et **ANNEXE 2**).

Figure 2



VOLET 3 : SUBSTRAT DU SUJET ET SITUATIONS D'EVALUATION :

Le contrôle du débit volumique Q_{vp} de la pompe péristaltique passe par le contrôle de la fréquence de rotation N_{M1} du moteur (M1) et du réducteur à train épicycloïdal (voir **figure 2** ci-dessus). Pour un rendement optimal, le constructeur exige un débit volumique de la pompe péristaltique $Q_{vp} = 30 \text{ l/s}$. Afin de répondre à cette exigence, on souhaite faire une étude partielle pour le choix des moteurs électriques (M) et (M1) :

- (M) : pour commander le mouvement T_x d'avance de la tête d'impression 3D de béton liquide (**Figure 1**) ;
- (M1) : pour actionner la pompe à travers le réducteur à train épicycloïdal schématisé ci-dessus (**Figure 2**).

Vous êtes membre de l'équipe chargée de cette étude partielle, vous serez amené à :

- Appréhender le fonctionnement de la pompe péristaltique étudiée et de certains de ses constituants ;
- Revoir quelques solutions technologiques spécifiques aux organes de la pompe péristaltique ;
- Étudier partiellement l'automatisation du cycle fonctionnel de la tête d'impression 3D de béton liquide ;
- Vérifier l'adéquation du moteur (M) assurant l'avance de la tête d'impression 3D de béton liquide ;
- Choisir le moteur (M1) adéquat de la pompe pour assurer son débit Q_{vp} imposé par le constructeur ;
- Vérifier la résistance à la flexion plane simple de la crémaillère soumise à son propre poids ;
- Étudier partiellement la production d'une pièce de la pompe péristaltique.

Situations d'évaluation (SEV) :

SEV 1	Énoncé du besoin de la pompe péristaltique, étude du fonctionnement de quelques constituants de cette pompe, revue de quelques solutions technologiques retenues et étude partielle de la commande du déplacement linéaire alternatif de la tête d'impression.	17,5 Points
------------------	--	------------------------

Tâche 1.1 : Énoncé du besoin de la pompe péristaltique et étude du fonctionnement de quelques constituants de cette pompe. En se référant à la présentation du support (**pages 2/12 et 3/12**) et aux **DRES (ANNEXE 1 et ANNEXE 2)**, répondre aux questions des **DREP (pages 2/24 et 3/24)**. (4,5pts)

Tâche 1.2 : Étude d'une condition de fonctionnement du galet (**25**) et représentation graphique d'une solution technologique améliorée retenue pour la pompe péristaltique. Répondre aux différentes questions des **DREP (pages 3/24, 4/24 et 5/24)**. (7,5pts)

Tâche 1.3 : Étude partielle de la commande du déplacement linéaire alternatif de la tête d'impression **3D** ainsi que l'analyse de quelques solutions logiques assurant son fonctionnement. En se référant aux données des **DRES (ANNEXE 3 et ANNEXE 3 (Suite))**, répondre sur les **DREP (pages 6/24 et 7/24)**. (5,5pts)

SEV 2	Vérification de la vitesse d'avance de la tête d'impression 3D de béton liquide, étude de la transmission de puissance pour la motorisation de la pompe péristaltique et vérification de la résistance de la crémaillère à la flexion plane simple.	22,5 Points
------------------	--	------------------------

Tâche 2.1 : Vérification de la conformité de la vitesse linéaire d'avance de la tête d'impression **3D** de béton liquide à travers le système pignon crémaillère. En utilisant les données du **DRES (ANNEXE 4)**, Répondre aux questions des **DREP (pages 8/24 et 9/24)**. (4pts)

Tâche 2.2 : Étude de quelques caractéristiques de la pompe ainsi que le choix de sa motorisation. En utilisant les données du **DRES (ANNEXE 5)**, répondre aux questions des **DREP (pages 9/24, 10/24 et 11/24)**. (9pts)

Tâche 2.3 : Vérification de la résistance à la déformation par flexion plane simple de la crémaillère assurant le déplacement **T_x** de la tête d'impression **3D** de béton liquide. En utilisant les données du **DRES (ANNEXE 6)**, répondre aux questions des **DREP (pages 12/24, 13/24, 14/24 et 15/24)**. (9,5pts)

SEV 3	Étude de la production d'une pièce appartenant à la pompe péristaltique de la station d'impression 3D de béton liquide.	40 Points
------------------	--	----------------------

La durée de vie relativement courte de l'arbre (**7**) exige la fabrication d'une série de pièces de rechange de **40 pièces/mois**. Cependant le matériau **42 Cr Mo 4** attribué, qui répond aux exigences du cahier des charges (**CdC**) **DRES (ANNEXE 7)** n'est pas toujours disponible dans le stock. En vue d'approvisionner les clients, on prévoit l'utilisation du matériau **25 Cr Mo 4** disponible en quantité suffisante.

Tâche 3.1 : Avant de procéder à la fabrication de l'arbre (**7**), il convient d'analyser son dessin de définition et de caractériser le matériau **25 Cr Mo 4**. En utilisant les données des **DRES (ANNEXE 7, ANNEXE 7 (Suite) et ANNEXE 9)**, répondre aux questions des **DREP (pages 16/24, 17/24 et 18/24)**. (12pts)

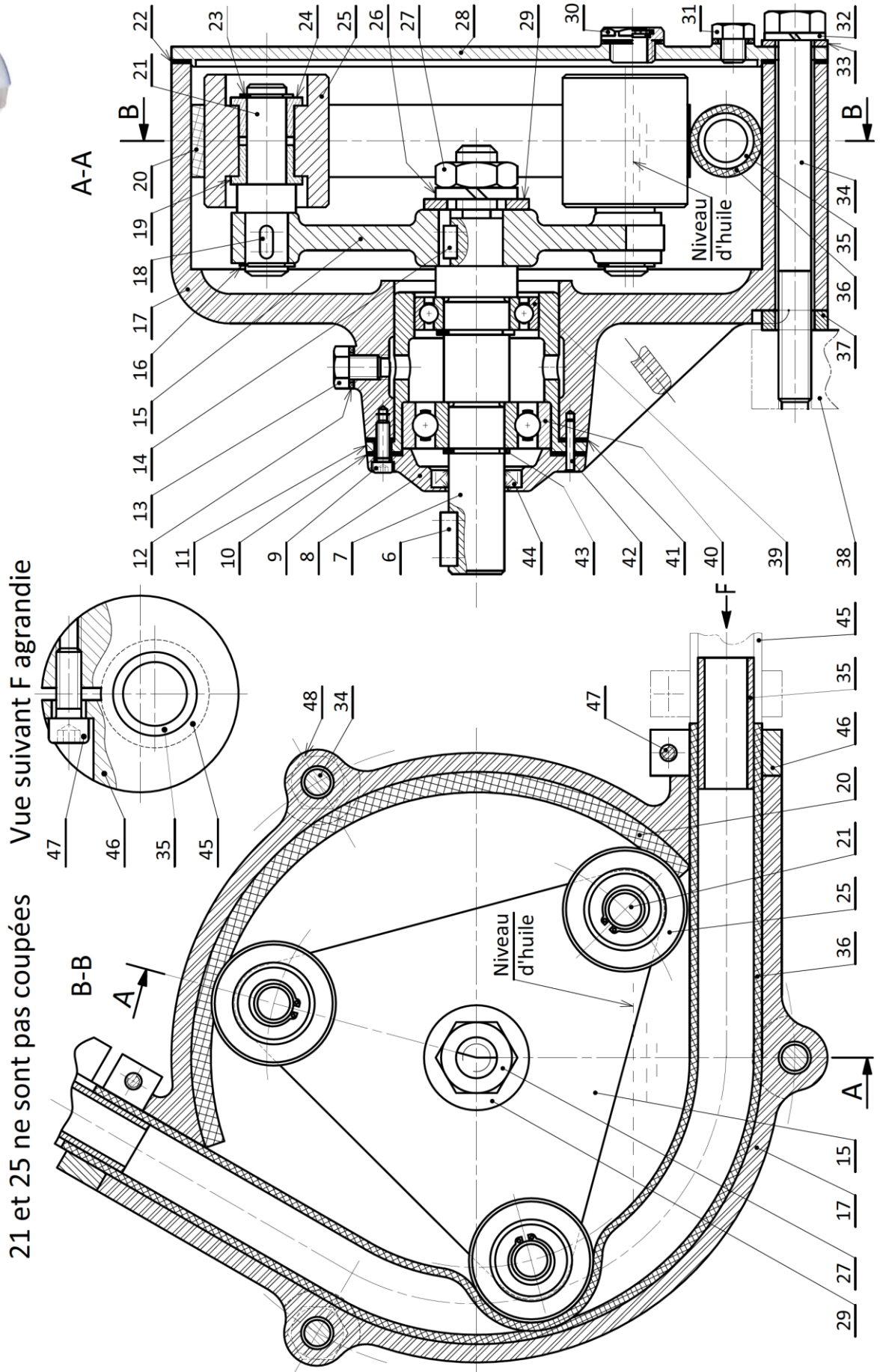
Tâche 3.2 : Pour la réalisation des opérations de la **phase 40**, il est nécessaire de préparer quelques documents du dossier de fabrication, d'étudier l'outil de coupe utilisé et de valider le choix de la machine. En utilisant les données des **DRES (ANNEXE 8 et ANNEXE 9)**, répondre aux questions des **DREP (pages 19/24, 20/24, 21/24 et 22/24)**. (16pts)

Tâche 3.3 : Les opérations de la **phase 40** seront réalisées sur un tour à commande numérique. On se limitera à l'étude du programme partiel du profil en finition des surfaces (**C2, D4, F4, D2, F3**). En utilisant le **DRES (ANNEXE 9 et ANNEXE 10)**, répondre aux questions des **DREP (pages 23/24 et 24/24)**. (12pts)

VOLET 4 : DOCUMENTS RESSOURCES (DRES) ET ANNEXES : ANNEXE 1

ANNEXE 1
DESSIN D'ENSEMBLE DE LA POMPE PERISTALTIQUE

La pièce 30



Nomenclature partielle : ANNEXE 2

46	4	Collier	X5 Cr Ni18-10	
44	1	Joint à deux lèvres		
43	1	.....		
41	1	Roulement BC		
38	1	Support		
37	3	Rondelle spéciale	X4 Cr Mo S 18	
36	1	Tube déformable	Élastomère	
35	2	Raccord	X5 Cr Ni 18-10	
34	3	.....	X4 Cr Mo S 18	
32	3	Rondelle Grower	C 60	
30	1	.....		
28	1	Couvercle	S 335	Nickelé
25	3	Galet	C 60	Cadmié
24	3	Coussinet épaulé	.....	
21	3	Axe du galet	C 55	
20	1	Bande de roulement	.....	Collée sur 28
19	3	Coussinet épaulé	.....	
18	3	.....	42 Cr Mo 4	
17	1	Corps de la pompe	.....	Anodisé
16	3	Anneau élastique pour arbre (Circlips)		
15	1	Rotor à Barillets	E 335	
13	1	Bouchon		
11	1	Boitier	C 60	
10	1	Joint plat		
7	1	Arbre de la pompe	25 Cr Mo 4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation

Données pour la tâche 1.3 : ANNEXE 3

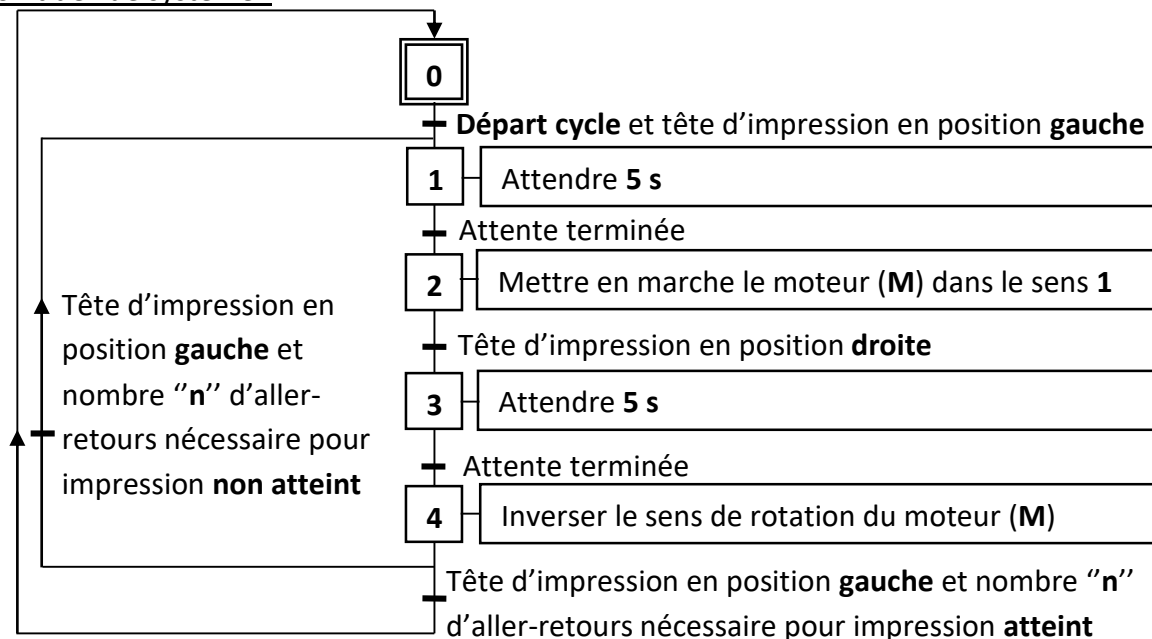
L'automatisation partielle du déplacement de la tête d'impression suivant l'axe **X** est assurée par un moteur électrique (**M**) source de mouvement de la tête d'impression **3D**. Il est accouplé à un réducteur de vitesse qui actionne directement le système pignon crémaillère. Ce moteur électrique (**M**) est commandé par un variateur de vitesse alimenté via un coffret électrique principal.

L'impression d'un mur, rectiligne de longueur **L**, en béton à partir d'un croquis numérique généré par l'**unité de commande**, est réalisée par un mouvement rectiligne alternatif basé sur plusieurs aller-retours (**n** fois) de la tête d'impression selon l'axe **X**. Chaque aller-retour est limité par deux capteurs de fin de course **Cg** (tête d'impression en position gauche) et **Cd** (tête d'impression en position droite) voir **Figure 1 Page 2/12**. Ces capteurs sont liés à la longueur du mur à imprimer et assurant l'inversement du sens de rotation du moteur (**M**). Le système est équipé d'un bouton **Dcy** de départ cycle. Une durée **T** de temporisation de **5 secondes** est nécessaire pour changer à la fois les sens de rotation du moteur (**M**) et la position de la tête d'impression suivant l'axe **Y**.

• Tableau des affectations des entrées et des sorties : **ANNEXE 3 (Suite)**

Entrées	Désignation	Sorties	Désignation
Départ cycle	Dcy	Contacteur de marche du moteur (M) sens 1	KM ⁺
Tête d'impression en position droite	Cd	Contacteur de marche du moteur (M) sens 2	KM ⁻
Tête d'impression en position gauche	Cg	Relais temporisateur du temps d'inversion du sens du moteur (M) et de position suivant l'axe y	Tt
Nombre d'aller-retours nécessaire pour imprimer un mur en béton	n		
Contact du relais temporisateur Tt	t		

• GRAFSET point de vue système :



Données pour la tâche 2.1 : **ANNEXE 4**

- La rotation du pignon (P) assurée par un moteur électrique (M) de fréquence de rotation $N_M = 750 \text{ tr/min}$;
- La vitesse maximale d'avance de la tête d'impression 3D imposée par le cahier des charges $V_{Cmax} = 1,6 \text{ m/s}$;
- Le moteur électrique (M) est accouplé à un réducteur (R) ayant un rapport de réduction $k = 1/10$;
- Le diamètre primitif du pignon (P) est $d_p = 400 \text{ mm}$.

Données pour la tâche 2.2 : **ANNEXE 5**

• Caractéristiques pour :

Le réducteur à train épicycloïdal :	Rendement : $\eta_r = 0,98$	- Rapport de réduction : $k_r = 0,333$
L'accouplement élastique :	Rendement : $\eta_{acc} = 1$	
La pompe péristaltique :	- Différence de pression : $P_{ref} - P_{adm} = P_p = 8 \text{ bar}$ - Débit volumique : $Q_{vp} = 30 \text{ l/s} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	- Rendement : $\eta_p = 0,83$ - Cyclindrée : $C_{yp} = 5,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{tr}$

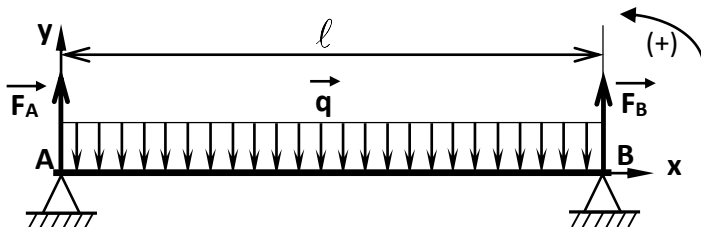
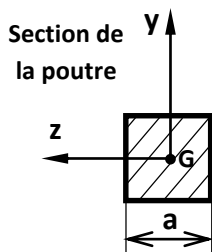
• Tableau pour le choix du moteur M1 de la pompe péristaltique :

	Moteurs asynchrones triphasés fermés 6 pôles		
	Puissance nominale à 50 Hz est $P_N \text{ (kW)}$	Fréquence nominale est $N_N \text{ (tr/min)}$	Couple nominal est $C_N \text{ (N.m)}$
LS 200 LT	18,5	970	182,2
LS 200 L	22	972	216,2
LS 225 MR	30	968	296
LS 250 MP	37	977	361,8
LS 280 SP	45	983	437,4

Données pour la tâche 2.3 :

ANNEXE 6

Dans cette étude, on vérifiera la résistance à la déformation par flexion plane simple de la crémaillère, qui supporte l'ensemble du mécanisme de la tête d'impression **3D**, sous l'effet de son propre poids seulement. Cette crémaillère sera modélisée comme une poutre de longueur " ℓ ", de section carrée de côté " a " et repose sur deux appuis simples **A** et **B** avec $\vec{AB} = \ell \cdot \vec{x}$ et supportant une charge répartie constante $\vec{P} = q \cdot \ell \cdot \vec{y}$



• Hypothèses :

- ⇒ La poutre étudiée (Crémaillère) est supposée comme un solide :
 - Idéal de section constante ayant un plan de symétrie ;
 - De matériau homogène et isotrope.
- ⇒ Les efforts extérieurs exercés sur la poutre sont supposés :
 - Situés dans son plan de symétrie passant par sa ligne moyenne ;
 - Perpendiculaires à sa ligne moyenne ;
 - Concentrés en un point ou répartis selon une loi bien déterminée.

• Données pour RDM :

- La longueur de la poutre est $\ell = 15 \text{ m}$;
- La poutre est de section carrée de côté $a = 40 \text{ mm}$;
- Le moment quadratique de la section droite de la poutre est $I_{Gz} = \frac{a^4}{12}$;
- La poutre supporte une charge répartie $q = 125,6 \text{ N/m}$;
- La résistance élastique pour l'acier de la poutre est $R_e = 800 \text{ MPa} = 800 \text{ N/mm}^2$;
- Le coefficient de sécurité est $s = 3$.

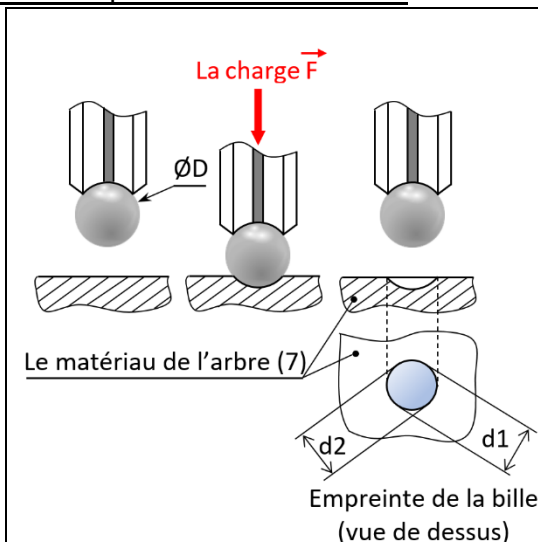
Données pour la tâche 3.1 :

ANNEXE 7

• Cahier des charges (CdC) des caractéristiques mécaniques exigées :

Résistance maximale à l'extension R_m (en MPa)	L'allongement à la rupture A (en %)	Dureté HB et HV (Correspondance de dureté)	
$720 < R_m$	$14 < A\%$	$214 < HB$	$225 < HV$

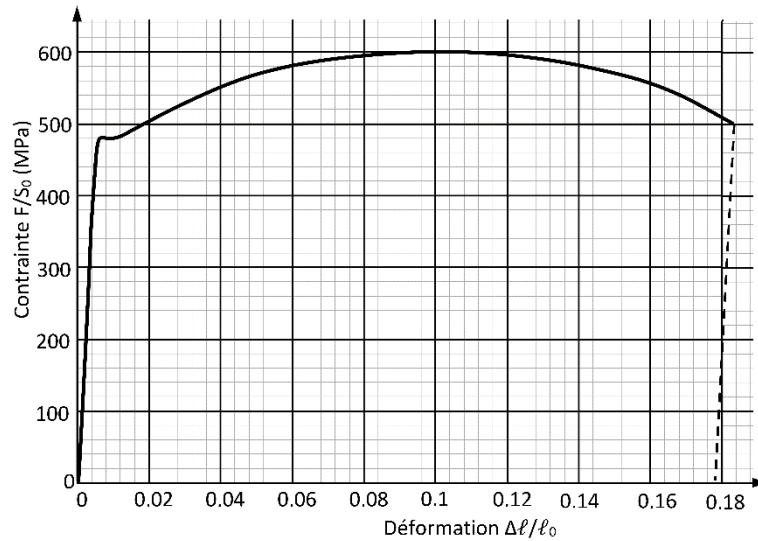
• Données pour l'essai de dureté :



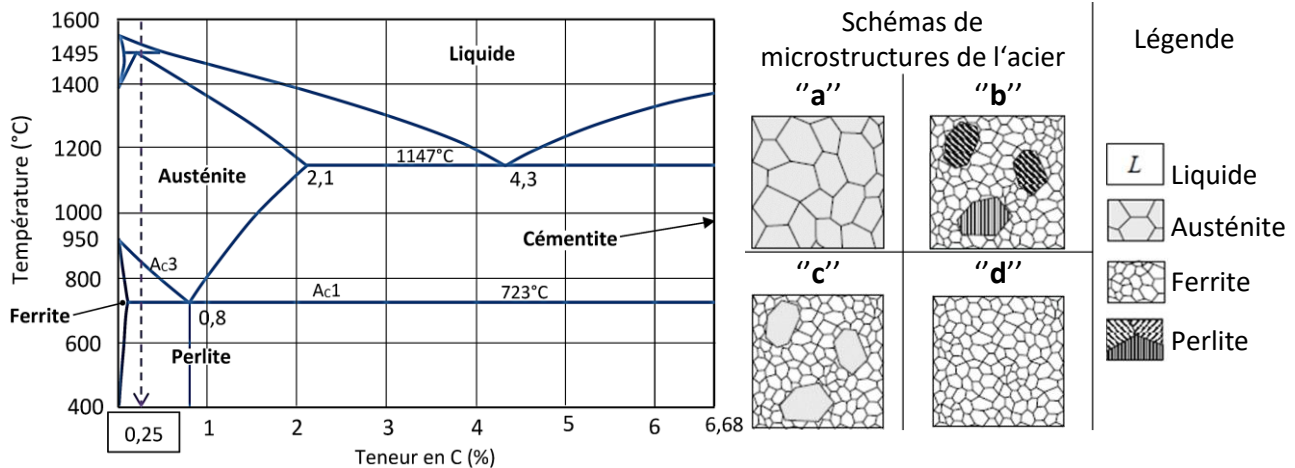
Condition d'essai :

- La dureté Brinell : $HB = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$;
 - La charge est appliquée progressivement sans choc, ni vibration et maintenue à sa valeur finale pendant **10** à **15** secondes ;
 - La charge d'essai F est donnée par la relation suivante :
 $F = K \cdot 9,81 \cdot D^2$;
- Avec : - F : Force appliquée (en N) ;
- $K = 30$ pour les aciers ;
 - $K = 5$ pour l'aluminium et ses alliages ;
 - $K = 5, 10$, ou 30 pour le cuivre et ses alliages ;
 - D : Diamètre de la bille (en mm) ;
 - d : Diamètre de l'empreinte (en mm) : $d = \frac{d1 + d2}{2}$

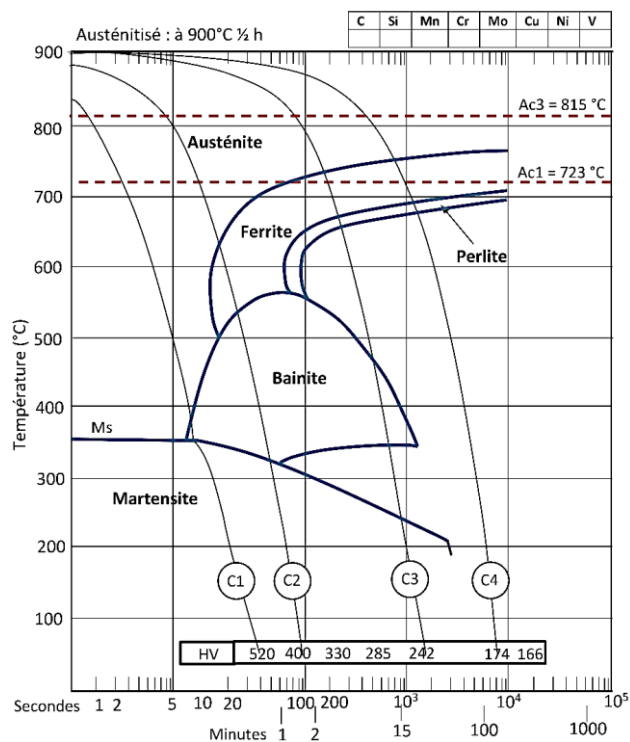
• Données pour l'essai de traction : **ANNEXE 7 (Suite)**



• Diagramme d'équilibre **Fer-carbone** et schématisation des microstructures de l'acier :



• Diagramme **TRC** de la nuance **25 Cr Mo 4** :



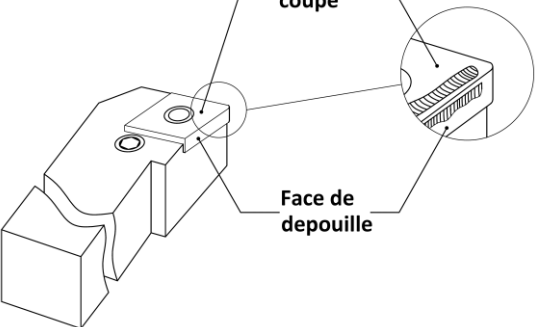
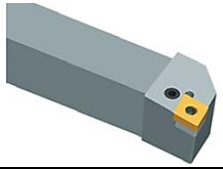
Données pour la tâche 3.2 :

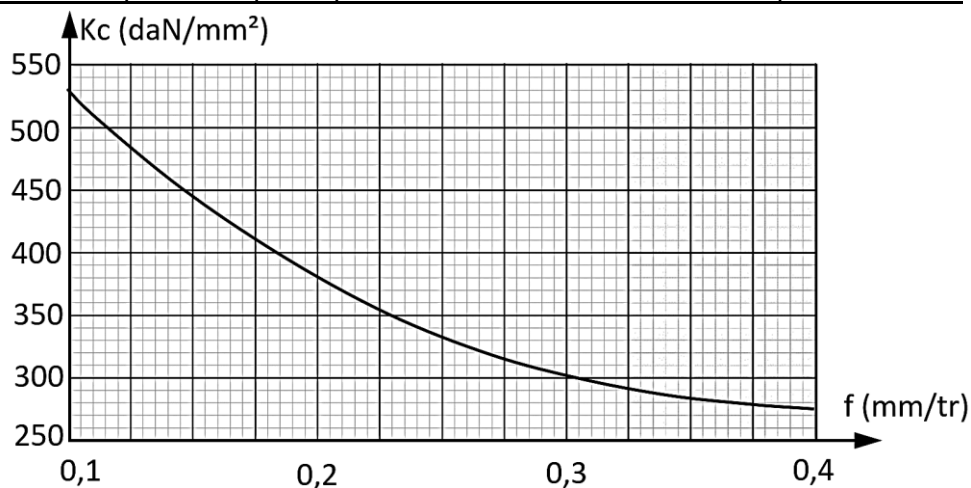
ANNEXE 8

• Avant-projet d'étude de fabrication (APEF) :

Phase N°	Désignation	Opération	Machine
10	Contrôle de brut	Étiré Ø40, longueur 202 mm	Scie à ruban
20	Tournage	Réaliser F5, T1	Tour CNC
30	Tournage	Réaliser F6, D1 – F2, F1, A1, C1, C3	Tour CNC
40	Tournage	Réaliser C2, D4, F4, D2, F3, G1, G2	Tour CNC
50	Fraisage	Réaliser les rainures (R1-R2)	Fraiseuse CNC
60	Traitement thermique		
70	Rectification	Rectifier D4(f) – D2(f)	Rectifieuse
80	Métrie	Contrôle final	

• Résultats expérimentaux de la durée de vie de l'outil pour un critère d'usure défini par $V_b = 0,3 \text{ mm}$:

	$V_c \text{ (m/min)}$	$T \text{ (min)}$
	$V_{c1} = 100$	$T1 = 35$
	$V_{c2} = 150$	$T2 = 9$
	 Outil de tournage à plaquette carbure amovible	

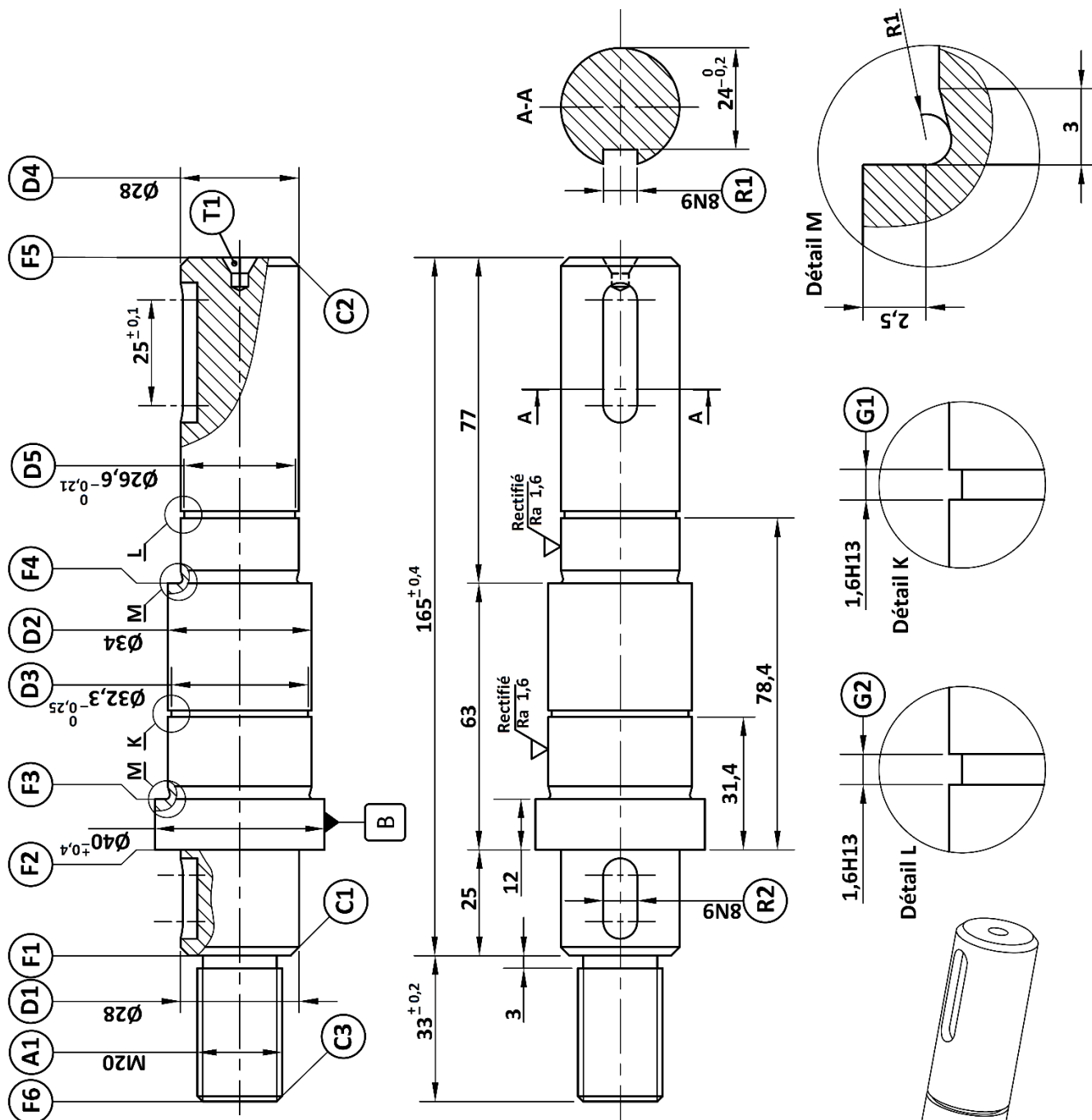
• Courbe d'évolution de la pression spécifique « K_c » en fonction de l'avance par tour « f » :

• Données pour l'usinage de la phase 40 :

Avance par tour	: $f = 0,2 \text{ mm/tr}$
Angle de coupe principal	: $K_r = 95^\circ$
Puissance machine	: $P_m = 4,75 \text{ kW}$
Rendement machine	: $\eta = 0,75$
Vitesse de coupe	: $V_c = 120 \text{ m/min}$
Profondeur de passe	: $a = 2 \text{ mm}$

Dessin de définition de l'arbre (7) :

...ANNEXE 9



D2	$\neq$	0,05	D4- D2				
D4	$\neq$	0,05					
R1	$\equiv$	0,08					
R2	$\equiv$	0,08					
F3	$//$	0,05					
D1	$\perp$	$\emptyset 0,1$					
D2	$\perp$	$\emptyset 0,1$					
D4- D2	$\odot$	$\emptyset 0,05$					
		D4	D1	F2	F2	F3	D1

Matière : 25 Cr Mo 4 Etiré
G1 = G2 = 16^{+0,14}₀

$$G1 = G2 = 1,6H13 = 1,6$$

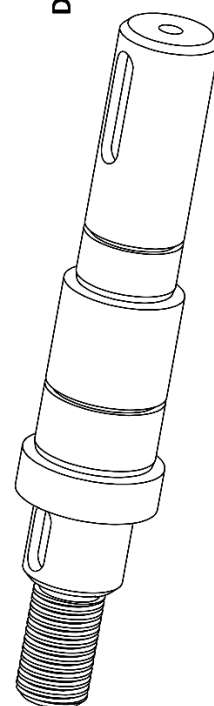
$$B1 = B2 = 8N9 = 8^{-0,036}_0$$

$$C1 = C2 = 2 \times 45^\circ$$

$C3 = 3 \times 45^\circ$

Tolérance générale : $\pm 0,2$

Ra 3,2 sauf indication



Données pour la tâche 3.3 :

• Tableau des codes ISO : **ANNEXE 10**

Fonctions G	Fonctions M
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 G92 : Limitation de la vitesse de broche G95 : Vitesse d'avance (en mm/tr) G96 : Vitesse de coupe avec S (en m/min) G97 : Fréquence de rotation broche (en tr/min)	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