

يرجى وضع ملصق الرمز السري هنا	رقم الامتحان	الاسم و النسب : تاريخ ومكان الازدياد :	خاتم مركز إجراء الإمتحان
	اسم وتوقيع المكلف (ة) بالحراسة : اسم وتوقيع المكلف (ة) بالحراسة :		
	-----		✂
	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 -		المملكة المغربية ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵓⴽ  وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والابتداء ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵜⴰⴷⵓⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵓⴽ ⵏ ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵓⴽ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵓⴽ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵓⴽ
رقم الأرشفة	NS 45 المادة : علوم المهندس الشعبة أو المسلك : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية المعامل : 8 مدة الإنجاز : 4س		

الصفحة 1 من 23	النقطة النهائية
النقطة النهائية على 20 : بالأرقام و الحروف اسم المصحح وتوقيعه :	
ورقة الإجابة	

Constitution du cahier de composition :

- Documents réponses (DREP) : Pages de 1/23 à 23/23
- Annexes : de 1 à 10

Documents Réponses (DREP)

Consignes à respecter par le candidat :

- Aucun document n'est autorisé ;
- Seules les calculatrices scientifiques non programmables sont autorisées ;
- Les candidats rédigeront leurs réponses exclusivement sur les documents prévus à cet effet.

NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	✂
	الصفحة	23 / 2

AVANT DE REpondre AUX QUESTIONS,
LIRE ATTENTIVEMENT LES ANNEXES 1 à 4

Grille de notation :

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
11	a	4 pts
	b	2,25 pts
	c	2 pts
	d	1 pt
	e	1,75 pt
12	a	3,75 pts
	b	2,25 pts
13	a	1,5 pt
	b	1 pt
	c	2 pts
Total : 21,5 pts		

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
21	a	1 pt
	b	1,25 pt
	c	0,75 pt
	d	1,5 pt
	e	1,5 pt
	f	1 pt
	g	1 pt
22	a	0,5 pt
	b	0,5 pt
	c	1 pt
	d	1 pt
	e	0,5 pt
	23	a	1 pt
b		1 pt
c		0,5 pt
d		0,5 pt
e		0,5 pt
f		1 pt
Total : 16 pts		

Situation d'évaluation 3		
Tâche	Question	Note
31	a	1,5 pt
	b	1 pt
	c	1 pt
32	a	2 pts
	b	4,5 pts
	c	1,5 pt
33	a	4 pts
	b	1 pt
	c	6 pts
	d	4 pts
	e	1,5 pt
	f	4 pts
34	a	3 pts
	b	7,5 pts
Total : 42,5 pts		

Situation d'évaluation 1 :

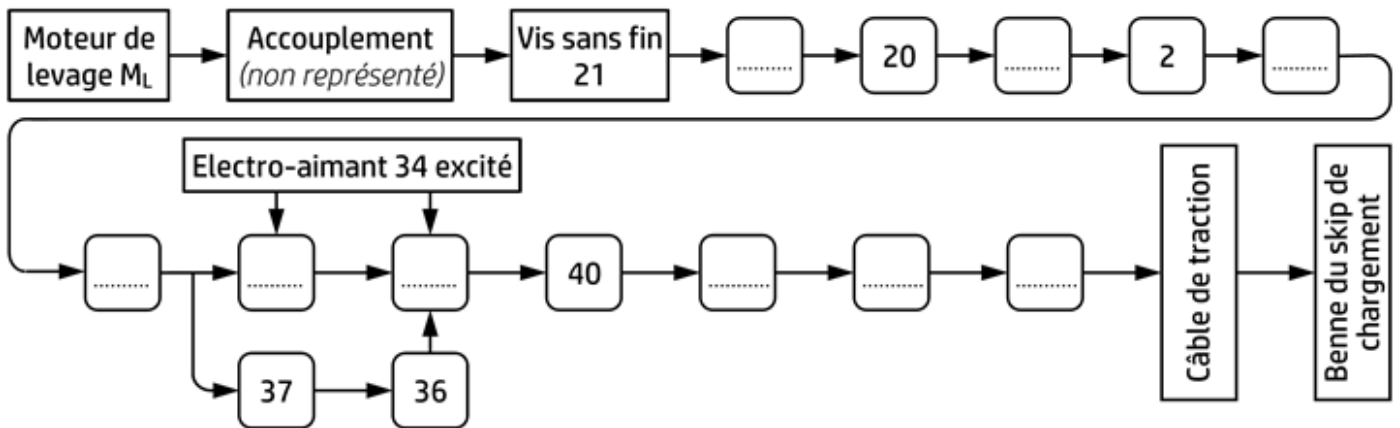
Tâche 11 : Compréhension et analyse des solutions constructives retenues.

4 pts	a. Compléter, en se référant au dessin d'ensemble du mécanisme de traction DRES (Annexes 5 et 6), le diagramme F.A.S.T partiel (page 3/23) :	
-------	---	---

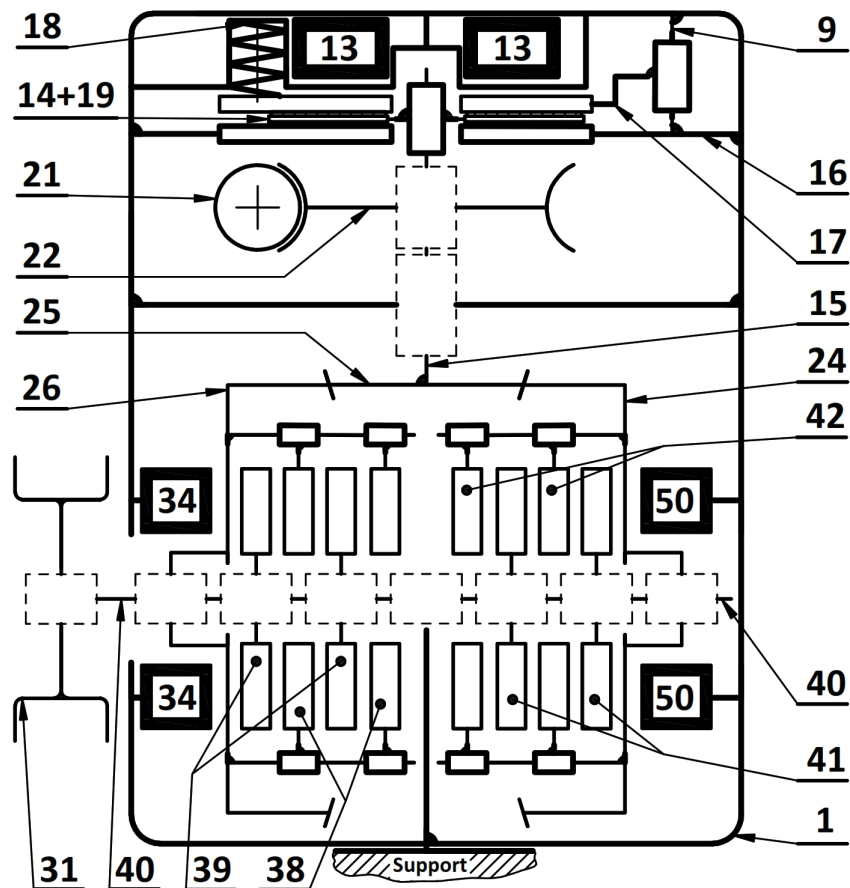
Déplacer, suivant l'axe $\vec{Oy}$, la benne chargée en agrégat vers le malaxeur (phase de montée)	Transmettre la puissance mécanique de rotation de l'arbre moteur au pignon conique 25	Etablir une liaison complète démontable entre l'arbre moteur et la vis sans fin 21	Accouplement (non représenté)
		Guider en rotation la vis sans fin 21 par rapport au corps 7	Deux roulements à billes à contact radial 63 et 64 DREP (page 8/23)
			Clavette parallèle 20 et les deux entretoises 5
		Guider en rotation l'arbre 15 par rapport au corps 7	
			(Appui plan + centrage court : 25/15) + Clavette 2 + rondelle plate + rondelle Grower + vis H
	Transmettre la puissance mécanique de rotation du pignon conique 25 à l'arbre 40	Etablir une liaison complète démontable entre la roue conique 26 et le plateau 36	(Appui plan + centrage court : 36/26) + quatre vis 37
		Guider en rotation le plateau 36 par rapport à l'arbre 40	
		Guider en translation les disques 38 par rapport à la roue 26	Cannelures : disques 38 et roue conique 26
			Cannelures : arbre 40 et disques 39
		Assurer et maintenir le contact entre les disques 38 et 39	
	Transmettre la puissance mécanique de l'arbre 40 au tambour 31	Etablir une liaison complète démontable entre l'arbre 40 et le support de tambour 32	
			(Appui plan + Centrage court : 31/32) + Six vis 30

			
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية		الصفحة
			23 / 4

2.25 pts	b. Compléter le schéma synoptique par les repères des éléments du mécanisme de traction DRES (Annexe 5) permettant de transmettre la puissance mécanique du moteur de levage à la benne du skip de chargement en phase de « montée » :	
----------	--	---



2 pts	c. Compléter, par les symboles normalisés des liaisons mécaniques, le schéma cinématique minimal du mécanisme de traction (page 5/23) :	
-------	---	---



1 pt	d. Spécifier, d'après les hachures, le type de matériau des pièces repérées, voir DRES (Annexe 5) :	
------	---	--

Repère	Type de matériau
7	
19	

Repère	Type de matériau
22	
26	

NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
الصفحة 23 / 6	

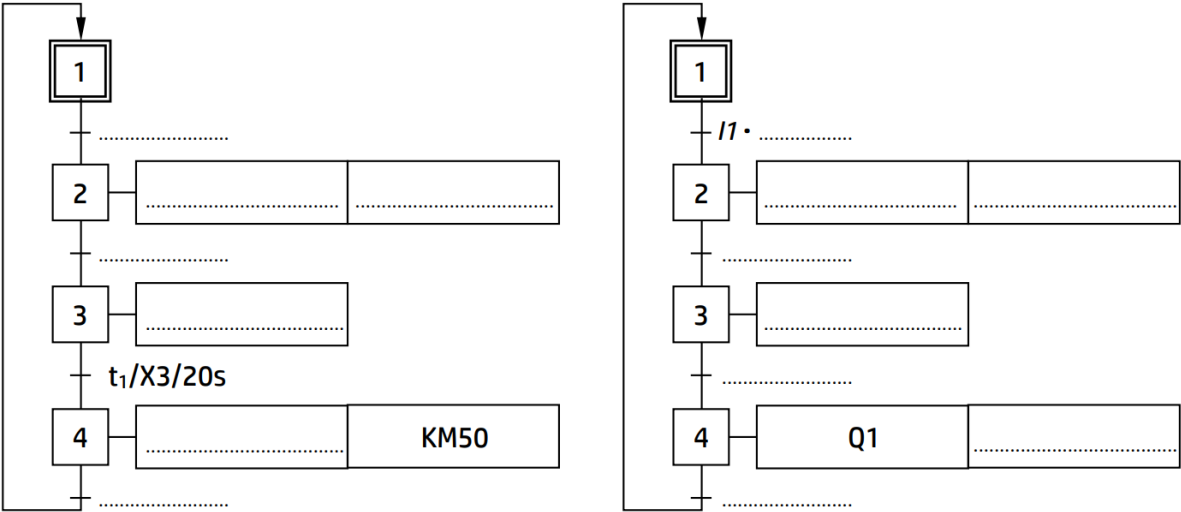
1.75 pt	e. Compléter, en se référant aux DRES (Annexes 5 et 6), le tableau suivant par la désignation et la fonction des éléments repérés :	
---------	--	--

Repère	Désignation	Fonction
13	Electro-aimant (bobine)	Agir, quand il est excité, sur le plateau 17 par une force électromagnétique afin de libérer le freinage du mécanisme
23	.....	.....
45	.....	.....
49 + 48	.....	.....
Les quatre lumières circulaires réalisées dans le plateau d'embrayage de descente 43		.....

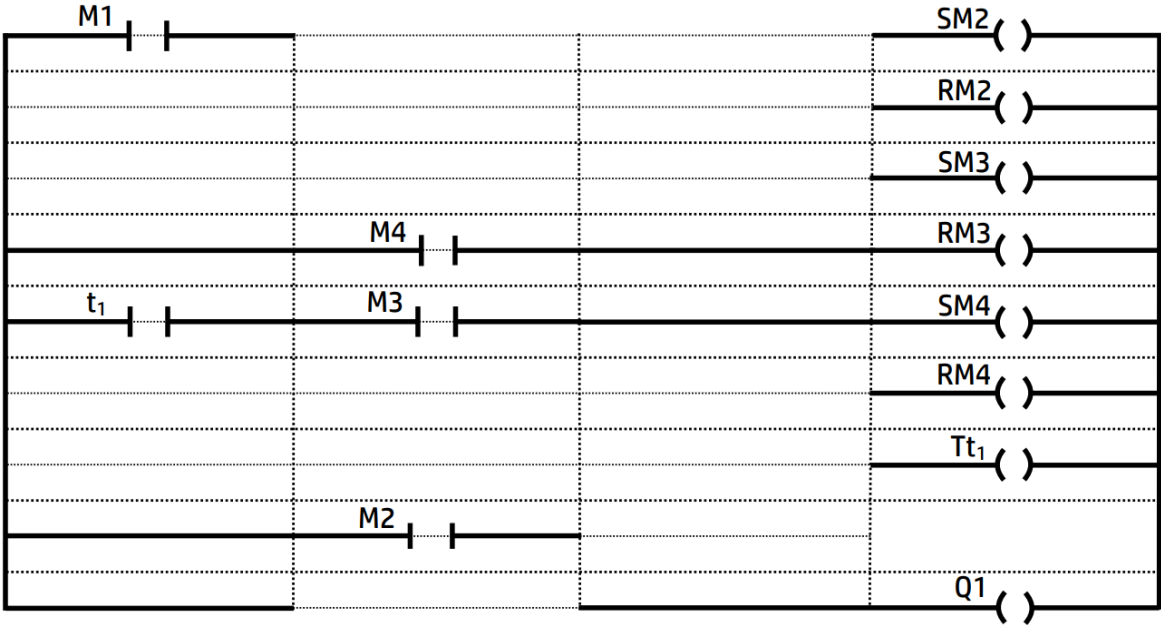
Tâche 12 : Etude partielle de l'automatisme de déplacement de la benne du skip de chargement de la centrale à béton.

3.75 pts	a. Compléter, en se référant au DRES (Annexe 7), le grafctet partiel (page 7/23) :	
----------	---	--

- de point de vue **partie commande** :
- de point de vue **API** :



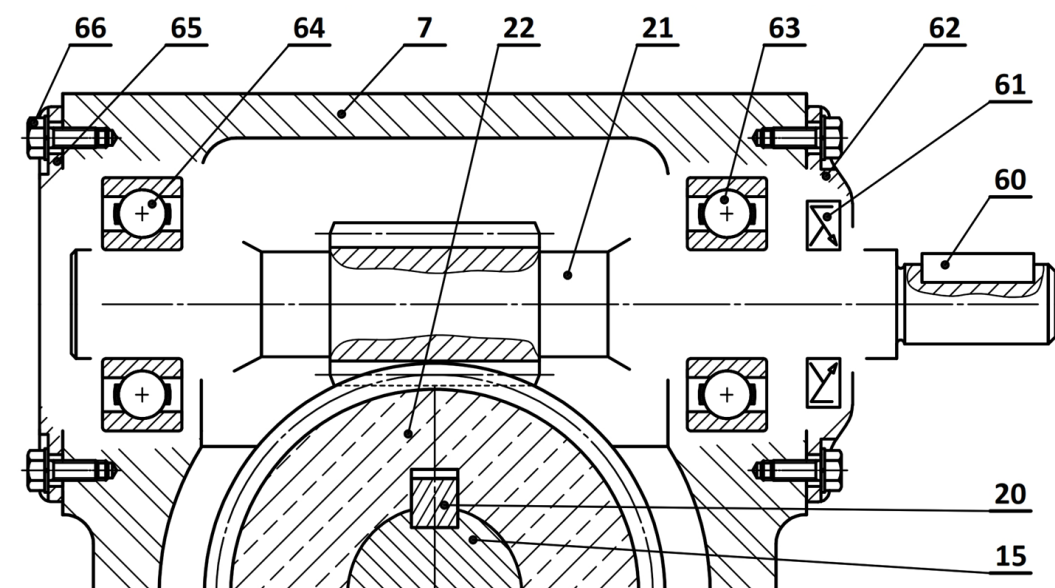
2.25 pts	b. Compléter le programme suivant en langage Ladder , relatif à l’ API , du déplacement de la benne du skip de chargement de l’étape 2 à l’étape 4 (de M2 à M4) et des sorties indiquées (Tt₁ et Q1) :	



			
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية		الصفحة
			23 / 8

Tâche 13 : Conception d'une solution constructive.

1.5 pt	a. Compléter le montage des deux roulements 63 et 64 tout en représentant les arrêts latéraux nécessaires sur leurs bagues intérieures :	
1 pt	b. Compléter le dessin du couvercle 65 assurant l'arrêt latéral de la bague extérieure du roulement 64 :	
2 pts	c. Compléter le dessin du couvercle 62 assurant le montage correct du joint à lèvres 61 et l'arrêt latéral de la bague extérieure du roulement 63 :	



-----		✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		23 / 9

Situation d'évaluation 2 :

Tâche 21 : Choix optimal du moteur électrique actionnant le mécanisme de traction.

Se référer aux DRES (**Annexes 5, 6 et 8**)

1 pt	a. Ecrire l'équation vectorielle de l'équilibre dynamique appliqué à la benne chargée (de masse M) pendant son mouvement de montée suivant l'axe $\vec{Oy}$:	
------	--	--

1.25 pt	b. Projeter l'équation vectorielle de l'équilibre dynamique sur l'axe $\vec{Oy}$ et en déduire l'intensité F_C (en N) de l'effort de traction :	
---------	---	---

0.75 pt	c. Vérifier que la puissance utile développée au niveau du tambour d'enroulement 31 est P_u = 5107,49 W :	
---------	--	---

NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية الصفحة 23 / 10

1.5 pt	d. Calculer la vitesse de rotation ω_{31} (en rad/s) du tambour d'enroulement, sachant que son diamètre maximal $d_{31} = 180 \text{ mm}$ et en déduire sa fréquence de rotation N_{31} (en tr/min) :	
--------	---	---

1.5 pt	e. Déterminer le rapport de réduction global $k = N_{31}/N_{21}$ et en déduire la fréquence de rotation N_{21} (en tr/min) de l'arbre moteur : Prendre $N_{31} = N_{26} = 57,3 \text{ tr/min}$.	
--------	---	---

NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
الصفحة 23 / 11	

1 pt	f. Calculer le rendement global η_g de la chaîne de transmission de puissance et en déduire la puissance mécanique P_m (en kW) du moteur électrique :	
------	---	--

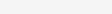
1 pt	g. Choisir, en se référant au tableau des moteurs électriques triphasés pour convoyeurs DRES (Annexe 8), le moteur optimal convenable :	
------	--	--

Référence	Puissance P_m (en kW)	Fréquence de rotation N_m (en tr/min)	Couple moteur C_m (en N·m)
.....			

Tâche 22 : Validation de l'électro-aimant **34** de l'embrayage de montée :
 Se référer aux **DRES** (**Annexes 5, 6, 8 et 9**)

0.5 pt	a. Citer le nom de cet embrayage (préciser la nature des surfaces de contact et la commande) :	
--------	---	--

[illegible]

0.5 pt	b. Quel est le nombre de contacts entre les surfaces de friction des disques de cet embrayage ?	
--------	--	---

Pour la suite des calculs,
utiliser les caractéristiques du moteur « BADA 132 MA2/6 » DRES (Annexe 8)

1 pt	c. Exprimer le couple transmissible par l'embrayage C_{40}, en tenant compte du rendement global η_g et du rapport de transmission $k = N_{26}/N_{21}$, et vérifier que $C_{40} = 850,95 \text{ N}\cdot\text{m}$:	
------	---	---

[illegible]

-----		✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	
	الصفحة 23 / 13	

1 pt	d. Calculer l’effort presseur F_p (en N) assurant le couple transmissible par l’embrayage :	
------	--	---

0.5 pt	e. Comparer F_p avec F_{34} et conclure sur la validité de l’électro-aimant 34 :	
--------	---	---

-----		✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		23 / 14

Tâche 23 : Vérification de la condition de résistance du câble de traction.
 Se référer au **DRES (Annexe 9)**

1 pt	a. Déterminer la section S_f (en mm^2) d'un seul fil du câble et en déduire la section S_c (en mm^2) du câble :	
------	--	---

1 pt	b. Calculer la contrainte normale de traction σ_t (en N/mm^2) dans une section droite du câble : Pour l'effort normal de traction, prendre $F_c = 9460\text{ N}$	
------	--	---

0.5 pt	c. Calculer la contrainte due à l'incurvation du câble sur le tambour σ_i (en N/mm^2) :	
--------	--	---

-----		✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 23 / 15

0.5 pt	d. Déduire la contrainte globale σ_g (en N/mm^2) dans une section droite du câble :	
--------	---	---

-----	-----
-----	-----
-----	-----

0.5 pt	e. Calculer la contrainte admissible σ_{adm} (en N/mm^2) :	
--------	--	---

-----	-----
-----	-----
-----	-----

1 pt	f. Vérifier la condition de résistance du câble de traction et conclure :	
------	---	---

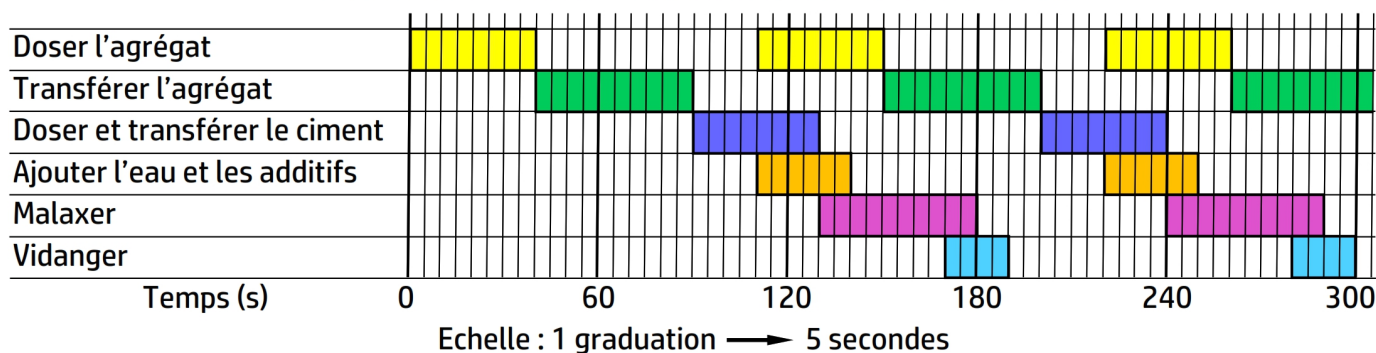
-----	-----
-----	-----

		
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		23 / 16

Situation d'évaluation 3 :

Tâche 31 : Outils de la gestion de production.

Diagramme de Gantt du cycle de préparation du béton



1.5 pt	a. Compléter le tableau suivant par la durée (en s) de chaque tâche :	
--------	--	--

Tâches	Doser l'agrégat	Transférer l'agrégat	Doser et transférer le ciment	Ajouter l'eau et les additifs	Malaxer	Vidanger
Durée (s)						

1 pt	b. Donner la durée (en s) du premier cycle de préparation du béton :	
------	---	--

	
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
	الصفحة 23 / 17

1 pt	c. Donner la durée d’attente (en s) entre deux cycles de préparation du béton :	
------	---	---

Tâche 32 : Analyse du dessin de définition, voir **DRES (Annexe 10)**.

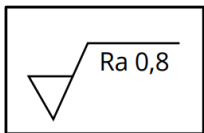
2 pts	a. Identifier et expliciter la désignation du matériau du support de tambour 32 :	
-------	---	---

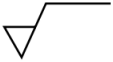
4.5 pts	b. Compléter le tableau suivant :	
---------	-----------------------------------	---

Spécification	Nom	Type de tolérance	Elément(s) de référence
D2 ⊥ Ø0,04 F2			
D2 ⊙ Ø0,04 D4			
A ⊕ Ø0,4 F2 D4 R			

		✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة
		23 / 18

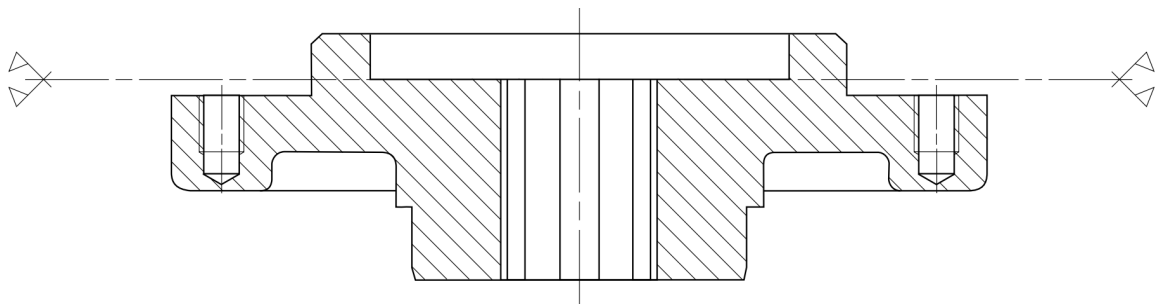
1.5 pt	c. Expliquer la désignation suivante :	
--------	--	---



-  :
- Ra 0,8 :

Tâche 33 : Etude partielle de la phase 10 du support de tambour **32 DRES** (**Annexe 10**).

4 pts	a. Dessiner le brut capable en indiquant les surépaisseurs d'usinage, les arrondis et les dépouilles sachant que l'avant-trou brut du cylindre D2 provient de l'estampage :	
-------	--	---



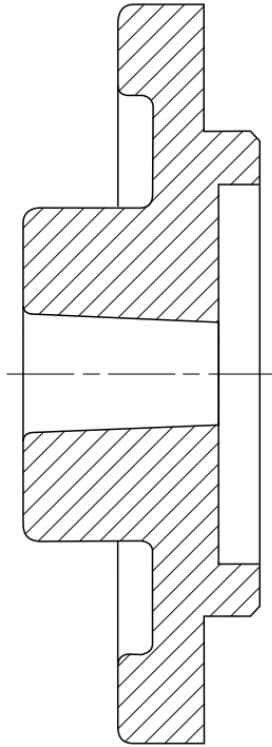
1 pt	b. Quelle est la différence entre l'estampage et le matriçage de point de vue matière d'œuvre ?	
------	---	---

.....

.....

		✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	
	الصفحة	23 / 19

6 pts	c. Mettre en place sur le croquis de la phase 10 relatif au support de tambour 32 : - les surfaces usinées en trait fort ; - les symboles technologiques (2^{ème} norme) de mise et de maintien en position isostatique ; - les cotes fabriquées non chiffrées (se limiter aux spécifications dimensionnelles).	
		



✂		
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الصفحة 23 / 20

4 pts	d. Calculer le temps technologique (en min) nécessaire pour l'usinage des profils extérieur et intérieur relatifs à la phase 10 :	
--------------	---	---

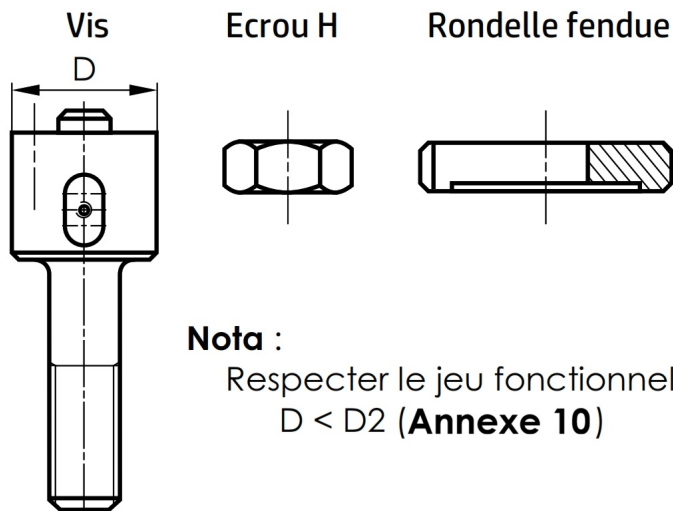
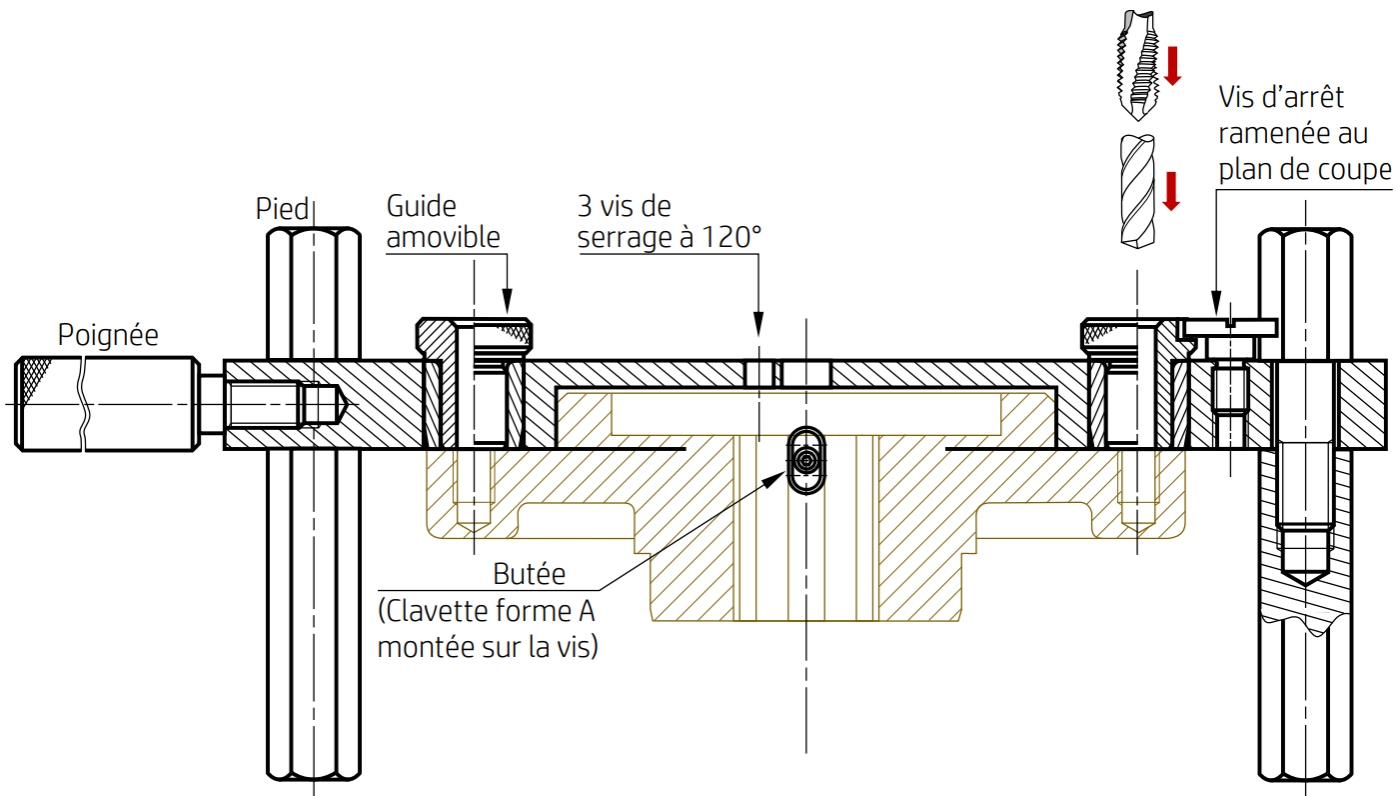
	Course de l'outil* (en mm)	Fréquence de rotation (en tr/min)	Avance par tour (en mm/tr)	Vitesse d'avance (en mm/min)	Temps technologique (en min)
Profil extérieur	48,33	215	0,1	.....	.....
Profil intérieur	35,5	425	0,1	.....	.....

* : Course de l'outil = Longueur usinée + Engagement + Dégagement

1.5 pt	e. Déterminer la durée de vie de l'outil utilisé pour usiner le profil extérieur relatif à la phase 10 : Les paramètres de la loi de Taylor sont n = -3,4 ; Vc = 100 m/min ; Cv = 5,68×10⁷	
---------------	--	---

4 pts	f. Compléter le montage de perçage (page 21/23) relatif à la phase 40 par les éléments de maintien en position isostatique (vis, écrou H et rondelle fendue) :	
--------------	---	---

NS 45 موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية الصفحة 23 / 21	



NS 45	الصفحة 23 / 22 موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 المادة : علوم المهندسين التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات : مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

Tâche 34 : Programmation CN manuelle.

3 pts	a. Compléter le tableau des coordonnées des points programmés du profil fini (points de 1 à 10) en mode absolu en se référant au dessin de définition DRES (Annexe 10) et au croquis des points caractéristiques du parcours d'outil DRES (Annexe 9) :	
-------	--	--

Points	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X (Ø)	148	95,77	.....	.....	.....	71	.....	.....	24	24
Z	.....	.....	26	.....	.....	.....	30	.....	.....	30

7.5 pts	b. Compléter, en mettant dans chaque case le mot convenable, le programme ISO (page 23/23) relatif à la phase 10 (passe de finition) en se référant au tableau des coordonnées (ci-dessus), au croquis des points caractéristiques du parcours d'outil et au tableau des codes ISO DRES (Annexe 9) :	
---------	---	--

On donne : $V_c = 100 \text{ m/min}$; $N_{\text{EXTERIEUR}} = 215 \text{ tr/min}$; $N_{\text{INTERIEUR}} = 425 \text{ tr/min}$; $f = 0,1 \text{ mm/tr}$.

						✂
NS 45	موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026 - المادة : علوم المهندس التخصص : شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية					الصفحة
						23 / 23

N10	G00	G80	G90	M05	M09	1 ^{er} Bloc de sécurité
N20	G40	G52	X00	Z00		2 ^{ème} Bloc de sécurité
N30						Chargement de l'outil n°1, Correcteur n°1
N40			M04	M41		Fréquence de rotation en tr/min, Sens trigo.
N50		X148		M08		Point 1. Correction du rayon d'outil, Arrosage n°1
N60						Vitesse de coupe en m/min
N70		X95.77				Point 2. Vitesse d'avance programmée en mm/tr
N80			Z26			Point 3
N90						Point 4
N100						Point 5
N110						Point 6
N120	G77	N10	N20			Appel des blocs de sécurité
N130						Chargement de l'outil n°2, Correcteur n°2
N140			M04	M41		Fréquence de rotation en tr/min, Sens trigo.
N150			Z30	M08		Point 7. Correction du rayon d'outil, Arrosage n°1
N160						Vitesse de coupe en m/min
N170						Point 8. Vitesse programmée en mm/tr
N180		X24				Point 9
N190			Z30			Point 10
N200	G77	N10	N20			Appel des blocs de sécurité
N210						Fin du programme

الصفحة 1 10	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا دورة 2026		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوطني للامتحانات المدرسية وتقييم التعلمات
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS	الموضوع	SA 45	
4 س	علوم المهندس		المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة و المصالح

ANNEXES

Annexe 1

Les candidats rédigeront leurs réponses sur les documents réponses (DREP) prévus à cet effet

VOLET 1 : PRESENTATION DU SUPPORT

Mise en situation :

Le **bloc en béton** est un matériau de construction fabriqué à base de ciment, sable et gravillon. Proposé en plusieurs dimensions et classes de résistance, il est couramment employé pour la construction de murs et de cloisons.

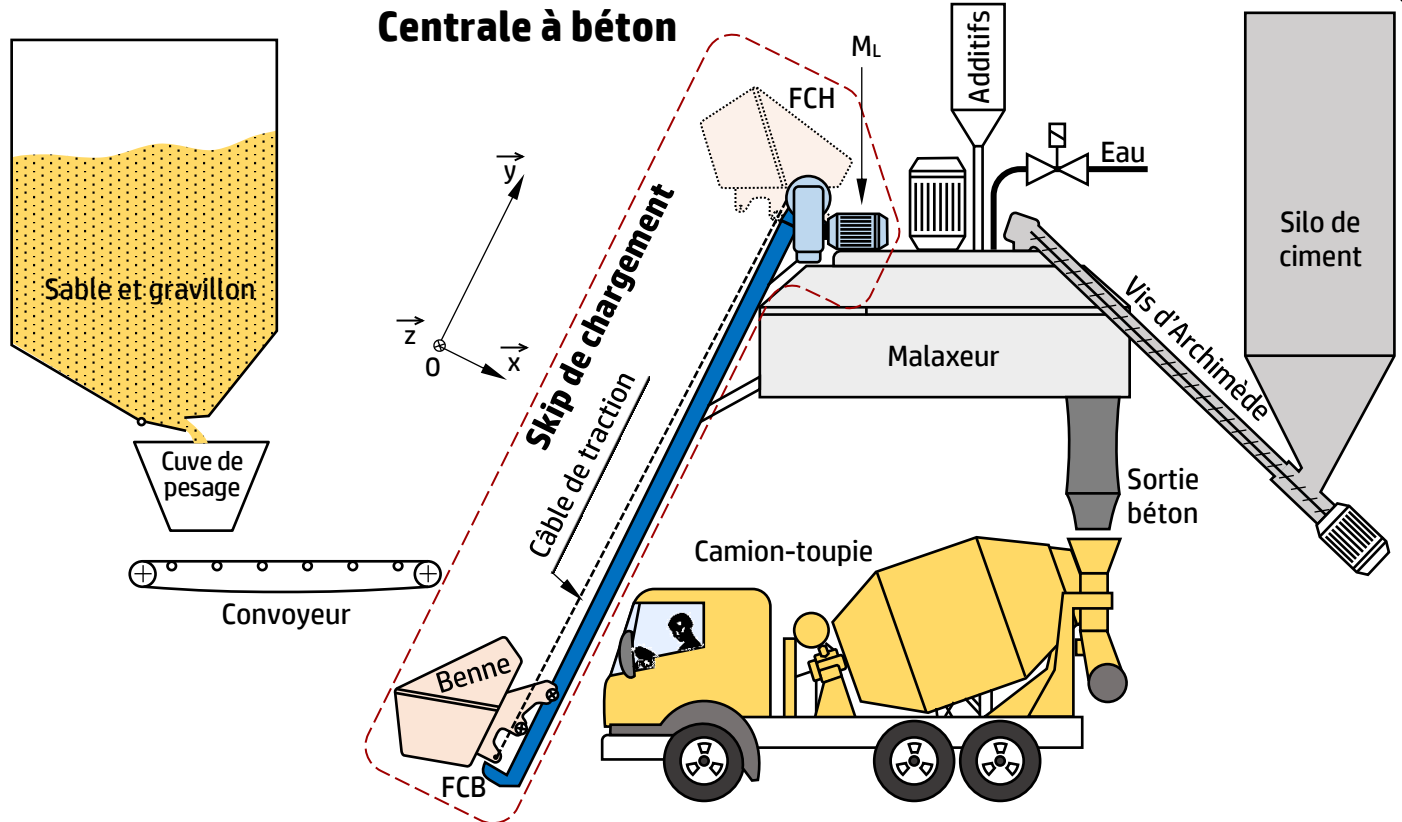


La chaîne de fabrication des blocs en béton est constituée principalement :

- d'une **centrale à béton** (Annexe 2) qui élabore la matière constitutive des blocs selon le diagramme de Gantt du cycle de préparation du béton **DREP** (page 16/23) : Le sable et le gravillon (agrégat) sont pesés et ramenés par un convoyeur vers la benne du skip de chargement qui les soulève et les introduit dans le malaxeur. On y ajoute du ciment à partir d'un silo au moyen d'un transporteur à vis d'Archimède, de l'eau et des additifs. Les quantités et les temps de malaxage dépendent des caractéristiques des constituants et des blocs en béton à réaliser.
- d'une **presse de moulage** (non représentée) : Le mélange malaxé est transporté par le **camion-toupie** vers cette presse qui moule les blocs et les dépose sur une planche de séchage par quantités dépendantes du modèle fabriqué.

Annexe 2

Centrale à béton



L'alimentation de l'installation en énergie électrique est réalisée au moyen d'un poste de transformation Haute Tension/Basse Tension.

Principe de fonctionnement du Skip de chargement :

Manœuvrée par un **câble de traction** qui s'enroule sur le tambour d'enroulement **31 DRES** (Annexes 5 et 6) pour assurer les deux mouvements de la benne du skip de chargement (montée et descente), la benne roule sans glisser sur deux rails de guidage inclinés par rapport à l'horizontale d'un angle de 75°. Le mécanisme de traction permet d'enrouler ou de dérouler le câble de traction sur le tambour d'enroulement par le biais d'un moteur électrique de levage **M_L**.

Quand le moteur de Levage **M_L** n'est pas alimenté, l'arrêt en rotation du tambour **31** est assuré par le frein électromagnétique à manque de courant commandé par la bobine **13**. Une fois ce moteur alimenté (bobine **13** excitée et frein libéré), son mouvement de rotation est transmis, au moyen du système roue et vis sans fin **22-21**, au pignon conique **25** solidaire à l'arbre **15**.

- Si la bobine **34** est excitée, la rotation du pignon conique **25** est transmise à l'arbre de sortie **40** par l'embrayage de montée lié en rotation à la roue dentée conique **26**, le tambour d'enroulement **31** tourne dans le sens assurant la **montée** de la benne ;
- Si la bobine **50** est excitée, la rotation du pignon conique **25** est transmise à l'arbre de sortie **40** par l'embrayage de descente lié en rotation à la roue dentée conique **24**, le tambour d'enroulement **31** tourne dans le sens assurant la **descente** de la benne.

Les positions basse et haute de la benne sont détectées respectivement par deux capteurs de fin de course **FCB** et **FCH**.

Annexe 3

VOLET 2 : SUBSTRAT DU SUJET

Pour répondre à la demande accrue en blocs de béton, le bureau d'étude propose d'optimiser la production de la centrale en augmentant la masse globale de la benne chargée de 600 Kg à 900 Kg. Vous faites partie de l'équipe chargée d'étudier les solutions envisagées. Pour cela, vous êtes appelés à :

- 1- Appréhender le fonctionnement de quelques éléments du skip de chargement ;
- 2- Etudier partiellement l'automatisation de déplacement (montée et descente) de la benne ;
- 3- Concevoir une solution constructive relative à l'amélioration proposée ;
- 4- Vérifier la résistance mécanique du câble ;
- 5- Préparer partiellement le dossier de fabrication d'une pièce du skip de chargement.

Situation d'évaluation 1 :

Avant d'aborder l'étude partielle du mécanisme de traction, il serait intéressant de comprendre son fonctionnement. Pour ce faire, traiter les tâches suivantes en se référant au principe de fonctionnement du skip de chargement (**Annexes 2**) et au dessin d'ensemble du mécanisme de traction et sa nomenclature **DRES** (**Annexes 5 et 6**).

Tâche 11 : Pour comprendre et analyser les solutions constructives retenues dans le mécanisme de traction, répondre aux questions des **DREP** (pages **2/23** à **6/23**).

Tâche 12 : L'objectif de la tâche est d'étudier partiellement l'automatisme de déplacement de la benne du système skip de chargement de la centrale à béton. Pour cela, et en exploitant les données et la démarche de conversion GRAFCET-LADDER du **DRES** (**Annexe 7**), répondre aux questions des **DREP** (pages **6/23** et **7/23**).

Tâche 13 : La transmission de la puissance mécanique de l'arbre moteur (non représenté) à la roue dentée **22** est assurée par une vis sans fin **21**, guidée en rotation par rapport au corps **7** par deux roulements à billes à contact radial **63** et **64** **DREP** (page **8/23**). Le but de la tâche est de concevoir une solution constructive pour assurer le guidage en rotation de la vis sans fin **21** par ces deux roulements. Pour ce faire, répondre aux questions du **DREP** (page **8/23**).

Situation d'évaluation 2 :

Pour répondre à la quantité de béton exigée par le cahier des charges, le service de production avise que la masse **M** de la benne chargée, transportant les agrégats vers le malaxeur pendant chaque cycle, ne doit pas dépasser 900 kg.

Tenant compte des solutions constructives du mécanisme de traction, vous êtes appelés à effectuer une étude dynamique, énergétique et comportementale de la chaîne de transmission de la puissance mécanique afin de choisir le moteur électrique adéquat, valider l'intensité de l'effort presseur généré par l'électro-aimant **34** et vérifier la résistance du câble de traction. Pour cela, se référer aux **DRES** (**Annexes 5, 6, 8 et 9**) et répondre aux questions des **DREP** (pages **9/23** à **15/23**).

Annexe 4

Tâche 21 : L'effort de traction $\vec{F}_c$ exercé par le câble de traction enroulé sur le tambour d'enroulement 31 permet de déplacer la benne chargée (masse $M = 900$ kg) par rapport aux rails de guidage à une vitesse maximale $V = 0,54$ m/s. en se conformant à la chaîne de transmission de la puissance mécanique du moteur électrique vers le câble de traction, vous serez amené à choisir le moteur électrique adéquat aux caractéristiques mécaniques optimales. Pour ce faire, et en se référant au DRES (Annexe 8), répondre aux questions des DREP (pages 9/23 à 11/23).

Tâche 22 : Pendant la phase montée de la benne du skip chargée, l'électro-aimant 34 génère un effort électromagnétique presseur $F_{34} = 16\,000$ N capable de maintenir le contact entre les disques de l'embrayage 38 et 39 sans glissement pour transmettre le couple adéquat au tambour d'enroulement du câble de traction. Selon la solution constructive adaptée au niveau de l'embrayage (34+36+38+39), il est essentiel de valider l'intensité de l'effort presseur généré par l'électro-aimant 34. Pour cela, et en utilisant les données du DRES (Annexe 9), répondre aux questions des DREP (pages 11/23 à 13/23).

Tâche 23 : Le déplacement de la benne du skip chargée est assuré par un câble de traction monotoron à 19 fils d'acier DRES (Annexe 9). Pratiquement, pour que le câble assure la traction de la benne en toute sécurité, on doit tenir compte des contraintes dues à l'effort de traction σ_t et d'incurvation (courbure) σ_i du câble sur le tambour d'enroulement. La condition de résistance du câble de traction impose que la contrainte globale ($\sigma_g = \sigma_t + \sigma_i$) reste toujours inférieure à la contrainte admissible σ_{adm} . Pour ce faire, utiliser les données du DRES (Annexe 9) pour répondre aux questions des DREP (pages 14/23 et 15/23).

Situation d'évaluation 3 :

Le support de tambour 32 est parmi les pièces les plus sollicitées, une interchangeabilité est donc fréquente. Vous êtes appelés à utiliser les outils de la gestion de production et chargés de préparer partiellement un dossier de fabrication. Vous serez alors sollicités d'accomplir les tâches suivantes en se référant au dessin de définition du support de tambour 32 DRES (Annexe 10) :

Tâche 31 : la maîtrise des outils de gestion de production est indispensable pour mieux organiser et accélérer les étapes de la production. D'après la présentation du support et le principe de fonctionnement du skip de chargement (Annexes 1 et 2), répondre aux questions des DREP (pages 16/23 et 17/23).

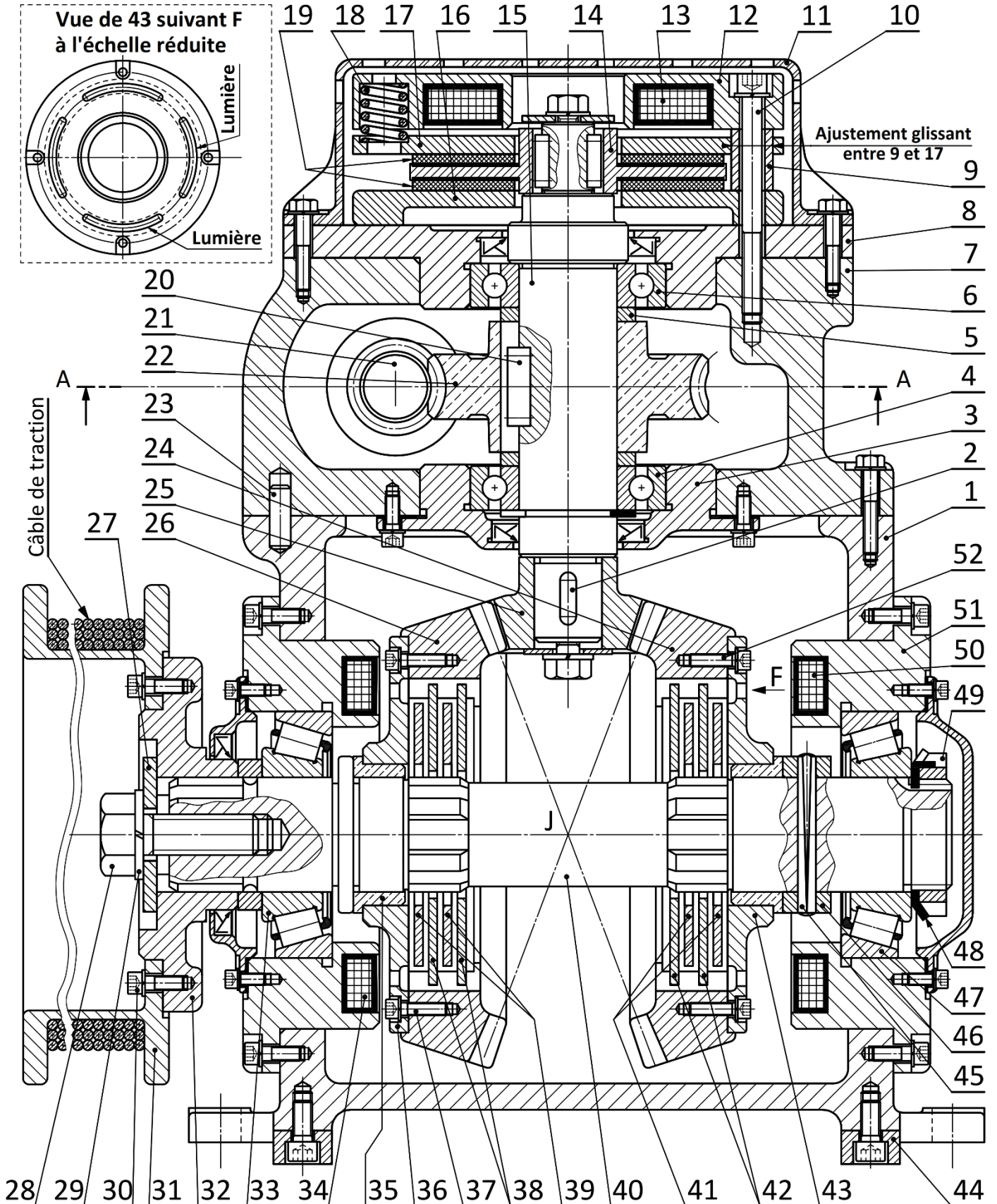
Tâche 32 : Avant de commencer, il convient de vérifier les notions de base concernant la lecture et l'analyse du dessin de définition. D'après le dessin de définition du support de tambour 32, répondre aux questions des DREP (pages 17/23 et 18/23).

Tâche 33 : Vue l'importance de se munir d'un dossier de fabrication avant de lancer toute production, on vous demande de faire une étude partielle de la phase 10 du support de tambour 32 et de valider, par la suite, la machine-outil disponible de point de vue puissance mécanique. Pour cela, répondre aux questions des DREP (pages 18/23 à 21/23).

Tâche 34 : En vue d'améliorer davantage la productivité des pièces fabriquées, on réalise la phase 10 de l'avant-projet d'étude de fabrication sur un tour à commande numérique deux axes et demi (par programmation manuelle). Utiliser les DRES (Annexes 9 et 10) et répondre aux questions des DREP (pages 22/23 et 23/23).

VOLET 3 : RESSOURCES

• Mécanisme de traction :



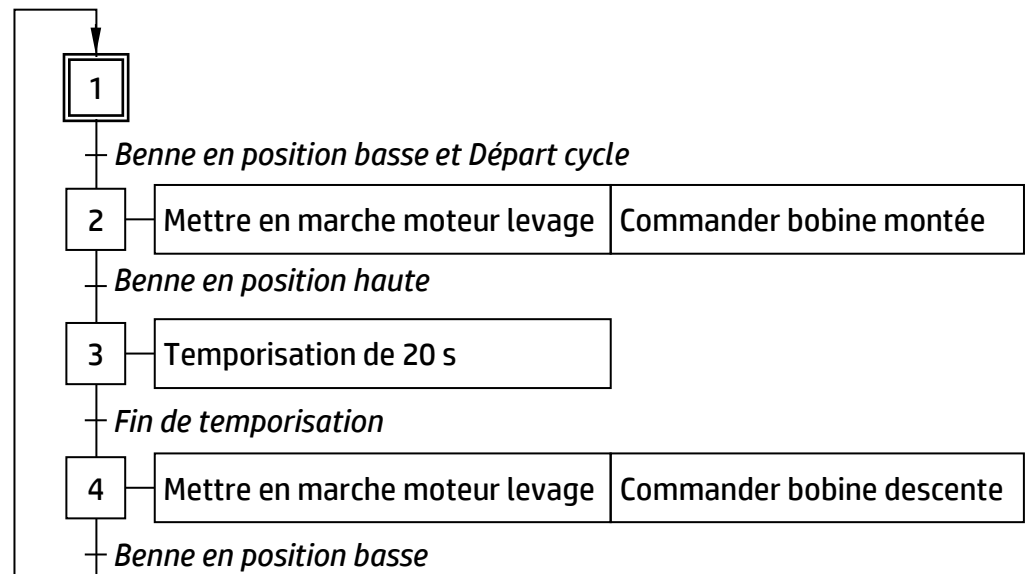
Annexe 6

Nomenclature :

52	4	Vis CHc ISO 4762 – M8×30	25 Cr Mo 4	Traité
51	2	Palier porte électro-aimant		
50	1	Electro-aimant de l'embrayage de descente (bobine)		
49	1			
48	1			
47	1	Roulement à rouleaux coniques		
46	4	Bague		
45	1			
44	2	Lardon de positionnement		
43	1	Plateau d'embrayage de descente		
42	2	Disque d'embrayage sur moyeu (mobile en translation)		
41	2	Disque d'embrayage sur arbre (mobile en translation)		
40	1	Arbre de sortie		
39	2	Disque d'embrayage sur arbre (mobile en translation)		
38	2	Disque d'embrayage sur moyeu (mobile en translation)		
37	4	Vis CHc ISO 4762 – M8×30	25 Cr Mo 4	Traité
36	1	Plateau d'embrayage de montée		
35	2	Coussinet		
34	1	Electro-aimant de l'embrayage de montée (bobine)		
33	1	Roulement à rouleaux coniques		
32	1	Support de tambour	E360	
31	1	Tambour d'enroulement		
30	6	Vis CHc ISO 4762 – M8×20		
29	1	Rondelle Grower		
28	1	Vis H ISO 4017 – M16×30	25 Cr Mo 4	
27	1	Rondelle plate		
26	1	Roue dentée conique : $Z_{26} = 60$ dents		Dents trempées
25	1	Pignon conique : $Z_{25} = 24$ dents		Dents trempées
24	1	Roue dentée conique : $Z_{24} = 60$ dents		Dents trempées
23	2			2 éléments à 90°
22	1	Roue dentée : $Z_{22} = 40$ dents		
21	1	Vis sans fin : $Z_{21} = 2$ filets		
20	1	Clavette forme A, 14×9×24	C 35	NF E 20 -177
19	2	Garniture frein		
18	3	Ressort de compression	50 Cr V4	
17	1	Plateau frein (mobile en translation)	C 30	
16	1	Plateau frein fixe	C 60	
15	1	Arbre porte roue dentée	C 40	
14	1	Plateau frein intermédiaire (mobile en translation)	C 30	
13	1	Electro-aimant de défreinage (bobine)		
12	1	Support porte bobine		
11	1	Capot perforé du moteur électrique		
10	3	Vis CHc ISO 4762 – M12×80		
9	3	Colonne de guidage		
8	1	Boîtier supérieur	EN GJL 250	
7	1	Corps		
6	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial	E 295	
5	2	Entretoise		
4	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial	E 295	
3	1	Boîtier inférieur	EN GJL 250	
2	2	Clavette forme A, 6×6×20	C 35	
1	1	Bâti	EN GJL 250	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation

Annexe 7

• Grafcet de l'automatisme de déplacement de la benne de point de vue système :

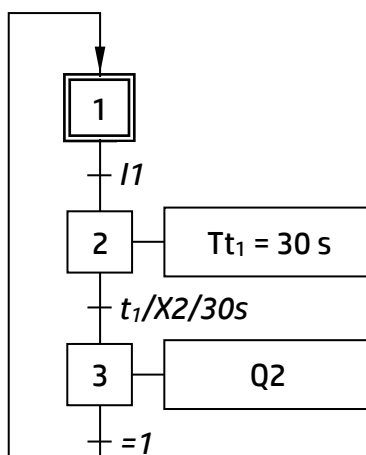


• Tableau des affectations :

Affectations des entrées			Affectations des sorties		
Entrée	Désignation	Adressage API	Sortie	Désignation	Adressage API
Départ cycle	<i>Dcy</i>	<i>I1</i>	Contacteur de marche du moteur de levage	<i>KM13</i>	<i>Q1</i>
Benne en position basse (Chargement)	<i>FCB</i>	<i>I2</i>	Bobine embrayage montée	<i>KM34</i>	<i>Q2</i>
Benne en position haute (Déchargement)	<i>FCH</i>	<i>I3</i>	Bobine embrayage descente	<i>KM50</i>	<i>Q3</i>
Contact du relais temporisateur Rt_1	t_1	t_1	Relais temporisateur du temps de vidage des agrégats dans le malaxeur	Rt_1	Tt_1

• Démarche de conversion GRAFCET-LADDER :

Exemple de Grafcet point de vue API :

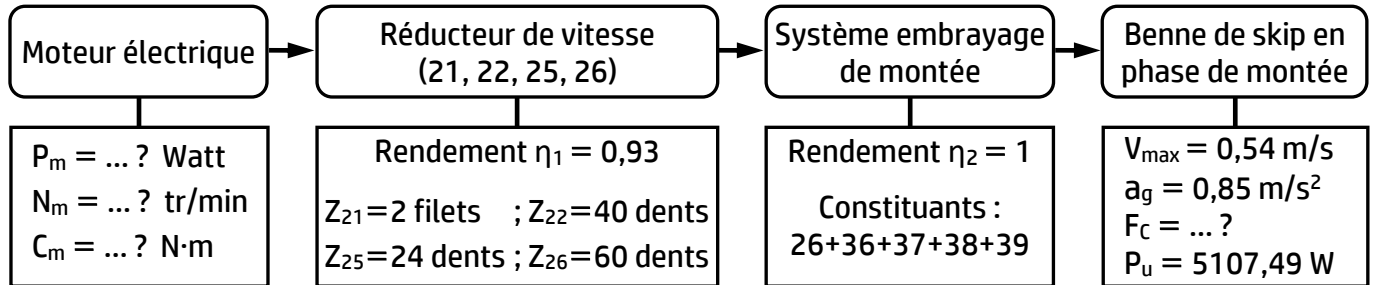


Principe de conversion de Grafcet en LADDER :

- L'étape 2 est activée par l'étape 1 et la réceptivité I1 :
 $SM2 = M1 \cdot I1$
- L'étape 2 est désactivée par l'étape 3 :
 $RM2 = M3$
- Temporisateur T1 :
 $Tt_1 = M2$
- La sortie Q2 :
 $Q2 = M3$

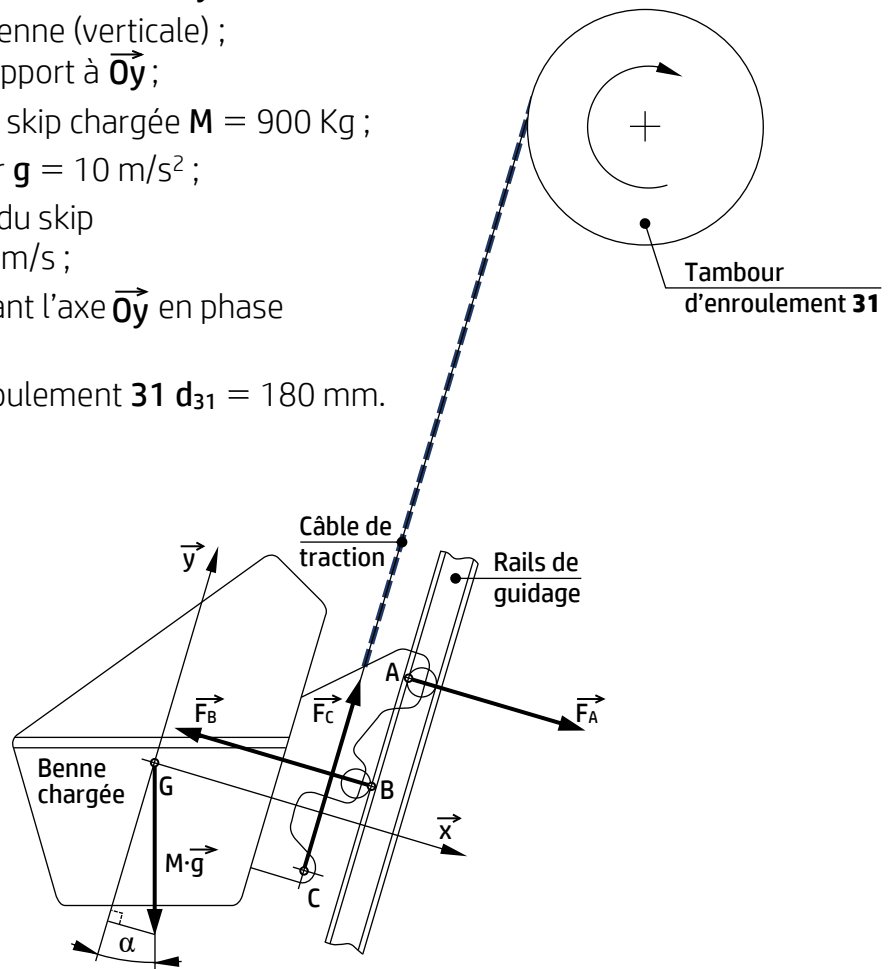
Annexe 8

• Chaîne de transmission de la puissance mécanique du réducteur inverseur en phase montée :



• Actions mécaniques agissant sur la benne en phase montée :

- Les frottements sont négligés aux points de contact ;
- Les directions des actions $\vec{F}_A$ et $\vec{F}_B$ sont perpendiculaires à $\vec{Oy}$;
- La direction de l'action $\vec{F}_C$ est parallèle à $\vec{Oy}$;
- La direction du poids de la benne (verticale) ; est inclinée de $\alpha = 15^\circ$ par rapport à $\vec{Oy}$;
- Masse totale de la benne du skip chargée $M = 900$ Kg ;
- Accélération de la pesanteur $g = 10$ m/s² ;
- Vitesse linéaire de la benne du skip en phase montée $V_t = 0,54$ m/s ;
- Accélération maximale suivant l'axe $\vec{Oy}$ en phase montée $a_g = 0,85$ m/s² ;
- Diamètre du tambour d'enroulement **31** $d_{31} = 180$ mm.



• Moteurs électriques triphasés :

Référence	BAD 112 BM2/4	BAD 132 SB2/4	BADA 132 MA2/6	BA 112 MC2	BA 132 SA2
Puissance P_m (kW)	4,50	5,00	5,5	5,5	5,5
Fréquence de rotation N_m (tr/min)	2880	2940	2870	2880	2890
Couple moteur C_m (N·m)	14,92	16,24	18,30	18,24	18,17

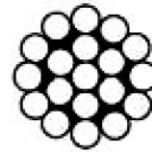
Annexe 9

• Caractéristiques de l'embrayage de la phase montée :

- La roue dentée conique **26** est liée complètement au plateau **36** ;
- Les disques **38** sont guidés en translation par rapport à la roue conique **26** par des cannelures ;
- Les disques **39** sont guidés en translation par rapport à l'arbre **40** par des cannelures ;
- Les surfaces de contact des disques de l'embrayage ont un rayon extérieur $R_e = 60 \text{ mm}$ et un rayon intérieur $R_i = 30 \text{ mm}$;
- Le coefficient de frottement entre les disques **38** et **39** de l'embrayage est $f = 0,3$;
- L'électro-aimant **34** engendre une force électromagnétique pendant la phase montée de la benne $F_{34} = 16\,000 \text{ N}$, pour maintenir un contact permanent entre les disques de l'embrayage.

• Caractéristiques du câble de traction :

- Formé de **19 fils** en acier de diamètre $d_f = 2 \text{ mm}$ chacun ;
- Résistance à la rupture $R_r = 19\,600 \text{ N/mm}^2$;
- Module de Young $E = 12 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$;
- Coefficient de sécurité $s = 10$;
- Contrainte admissible $\sigma_{adm} = 0,85 \times R_r / s$;
- Contrainte d'incurvation du câble sur le tambour $\sigma_i = 0,8 \times E \cdot d_f / d_{31}$
avec d_{31} : diamètre du tambour d'enroulement ($d_{31} = 180 \text{ mm}$) ;
- Contrainte globale : $\sigma_g = \sigma_t + \sigma_i$;
- La condition de résistance du câble de traction impose que $\sigma_g \leq \sigma_{adm}$.



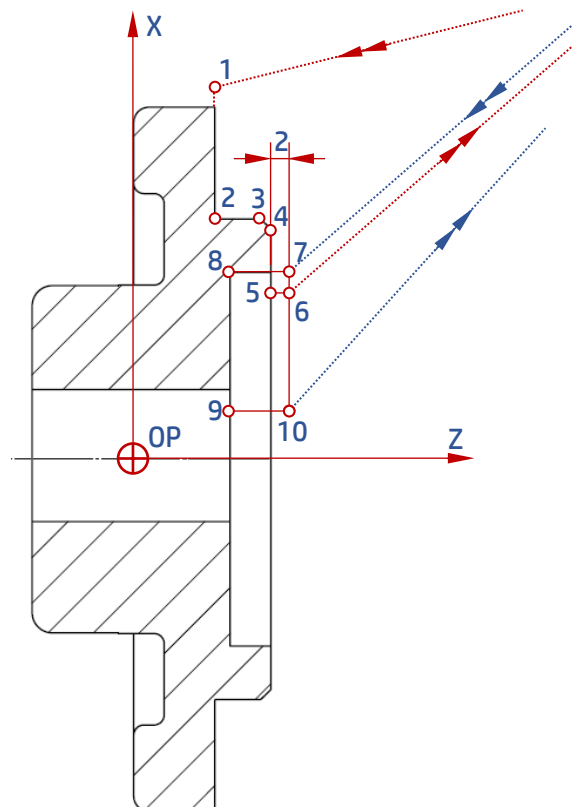
Monotoron - 19 fils



• Tableau des codes ISO :

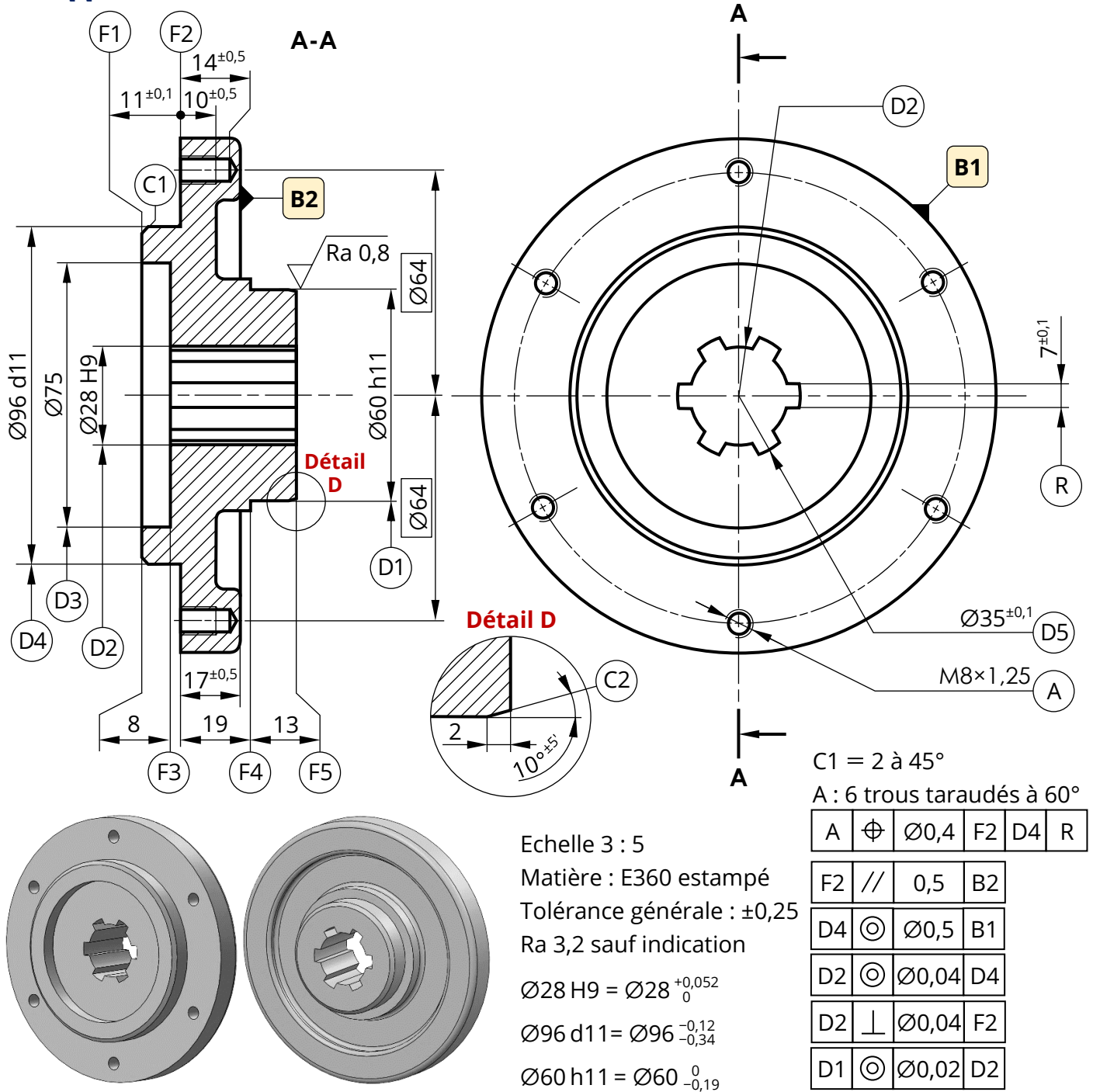
Fonctions préparatoires	G00 : Interpolation linéaire en avance rapide
	G01 : Interpolation linéaire en avance programmée
	G02 : Interpolation circulaire sens horaire
	G03 : Interpolation circulaire sens trigonométrique
	G04 : Temporisat
	G40 : Annulation de la correction d'outil
	G41 : correction du 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
Fonctions auxiliaires	G92 : Limitation de la vitesse de broche
	G95 : Vitesse d'avance en mm/tr
	G96 : Vitesse de coupe avec S en m/min
	G97 : Vitesse 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
	M07 : Arrosage N° 2
	M08 : Arrosage N° 1
	M09 : Arrêt d'arrosage
	M40 à M45 : Gamme de vitesse de broche

• Croquis des points caractéristiques du parcours d'outil :



Annexe 10

• Support de tambour 32 :



• Avant-projet d'étude de fabrication :

Phase	Désignation	Surfaces usinées	Mise en position isostatique	Machine-outil
00	Contrôle de brut	Brut estampé		
10	Tournage	F2, D4, C1, F1, D3, F3	3N/B2 ; 2N/B1	Tour CNC
20	Tournage	F5, C2, D1, F4, D2	3N/F2 ; 2N/D4	Tour CNC
30	Brochage	Cannelures R×6 à 60°	3N/F2 ; 2N/D4	Brocheuse verticale
40	Perçage, Taraudage	6 trous taraudés A à 60°	3N/F2 ; 2N/D4 ; 1N/R	Perceuse Taraudeuse
50	Contrôle final			