DEVOIR SURVEILLÉ

TRIEUSE PONDÉRALE

Sciences de l'Ingénieur — 2e année Bac Sciences Mathématiques B

Nom et prénom :		Note :
Classe : 2 BAC SM B	N° :	/ 20

Composition du sujet

Partie	Contenu	Pages
Présentation	Volet 2 : présentation du système (mise en situation, constituants, fonctionnement, FAST global, CdCF)	2 – 3
Situations d'évaluation	Substrat du sujet, SEV 1 et SEV 2 : tâches et liste des questions	4 – 5
Documents ressources	DRES 01 à DRES 03	6 – 8
Documents réponses	DREP 01 à DREP 08 (à rendre avec la copie)	9 – 16

Barème

Situation d'évaluation	Questions	Points
SEV 1 — Analyse fonctionnelle de la trieuse	Q1 – Q5	8 pts
SEV 2 — Dispositif de pesage : moteur M2 et réducteur R2	Q6 – Q20	12 pts
Total		**20 pts**

Consignes

- Calculatrice scientifique non programmable autorisée. Aucun document autorisé.
- Sauf indication contraire, prendre **deux chiffres après la virgule** pour tous les résultats des calculs.
- Toutes les réponses se font sur les **documents réponses DREP**, qui sont à rendre en intégralité.
- Lire attentivement la présentation et les documents ressources : ils contiennent toutes les données utiles.

Présentation du système (1/2)

Volet 2 : Présentation du système

1. Mise en situation

Dans l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique, les **produits** sont d'abord fabriqués puis **contrôlés** afin de **vérifier leur conformité** aux exigences de production, notamment en ce qui concerne leur **masse**.
Ce contrôle est effectué avant l'opération d'emballage finale pour garantir que seuls les produits ayant une masse dans la plage de tolérance définie poursuivent le processus de conditionnement.
Dans les lignes de **production automatisées**, cette vérification est réalisée à l'aide d'une **trieuse pondérale**.

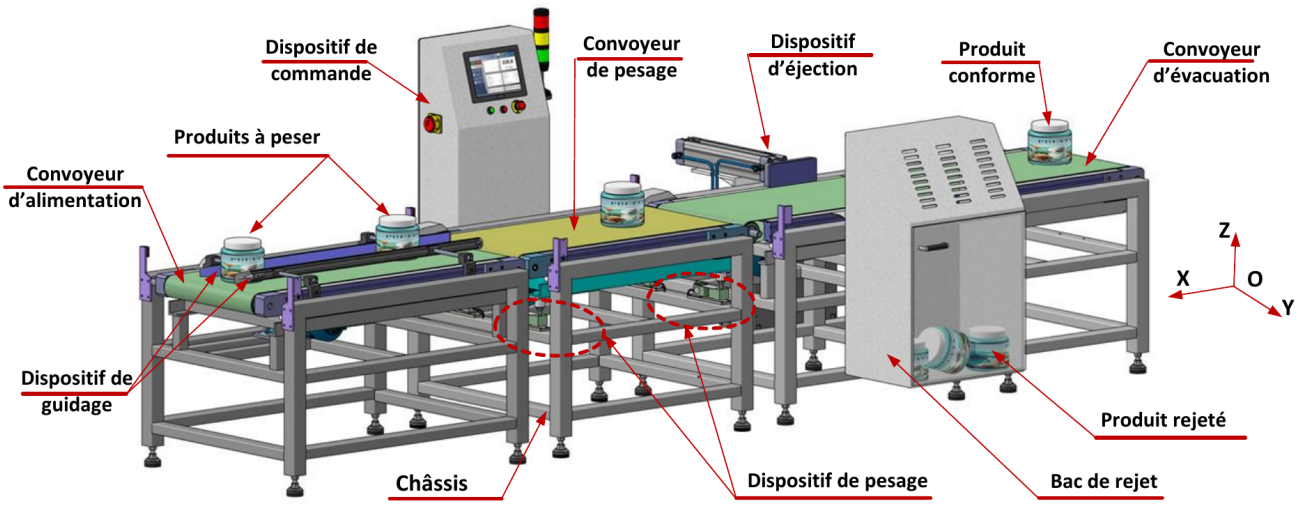
2. Présentation

La **trieuse pondérale** - objet de notre étude - est un système qui permet de **peser et trier automatiquement** les produits selon leur masse sur une ligne de **production**, de façon **dynamique**, ce qui garantit un contrôle **rapide** et **précis** de la masse des produits tout en améliorant la productivité.

3. Constituants

La **trieuse pondérale** est composée d'un :

- **Dispositif de convoyage** (bandes transporteuses) : Permet le déplacement du produit sur la **trieuse**, à une vitesse réglable, en garantissant une stabilité suffisante, il est constitué d'un :
  - convoyeur d'alimentation : Permet l'alimentation **du convoyeur de pesage** par le produit à peser ;
  - convoyeur de pesage : Permet **le transport** du produit pendant le pesage ;
  - convoyeur d'évacuation : Permet l'évacuation du produit conforme vers la ligne de conditionnement.
- **Dispositif de guidage** : Permet l'alignement du produit lors de son passage sur le convoyeur d'alimentation avant l'arrivé sur le convoyeur de pesage.
- **Dispositif de pesage** : Permet la mesure précise de la masse du produit, basé sur un ensemble de quatre capteurs de pesage.
- **Dispositif d'éjection** : Permet l'éjection automatique du produit non conforme soit par :
  - un vérin pneumatique ;
  - un jet d'air ;
  - un vérin rotatif et une palette d'éjection rapide.
- **Dispositif de commande** : Constitué de :
  - **Carte de commande :** Basée sur un automate programmable industriel **(API)** qui permet la gestion et le pilotage du système.
  - **Ecran tactile :** Permet la communication entre l'opérateur et la trieuse (réglages, seuils, affichage de la masse, statistiques, suivi en temps réel, alarmes et diagnostics).



Présentation du système (2/2)

4. Fonctionnement

❶ L'opérateur saisit, les paramètres de tri du produit : la masse nominale, les tolérances admissibles et la cadence de production.

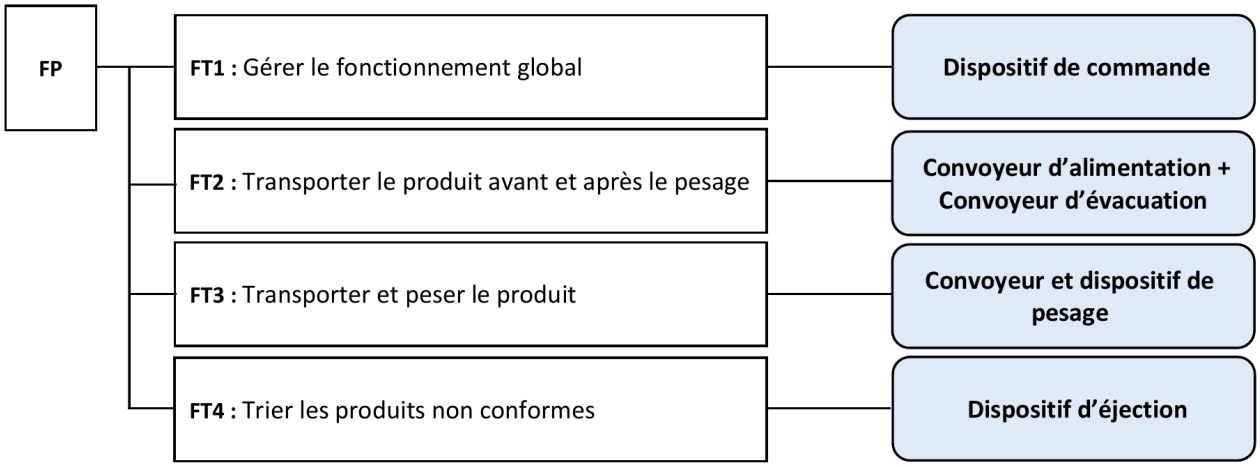
❷ Après le démarrage de la trieuse, le produit provenant de la ligne de production est transporté par le convoyeur d'alimentation vers le convoyeur de pesage en respectant la cadence de production.

❸ À l'arrivée du produit sur le convoyeur de pesage, un capteur de présence détecte son passage et transmet une information au dispositif de commande pour déclencher le cycle de pesage.

❹ La masse du produit est mesurée par le dispositif de pesage :

- Si la masse mesurée est comprise dans la plage de tolérance définie, le produit est déclaré **« conforme »** et continue son déplacement sur le convoyeur d'évacuation vers la ligne de conditionnement.
- Si la masse mesurée est en dehors des tolérances, le produit est déclaré **« non conforme »** et dévié du flux principal par le dispositif d'éjection adapté au type de produit (**vérin pneumatique**, **jet d'air** ou **vérin rotatif + palette d'éjection**) vers le **bac de rejet**.

5. FAST global de la trieuse pondérale



6. Extrait du CdCF de la trieuse pondérale

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
FP	Masse du produit à peser	**20 g** à **4 kg**	F1
	Précision de la pesée	**±0,1 g** à **±1 g**	F1
	Vitesse de convoyage	**0,6** à **1,6 m/s**	**±10 %**
	Cadence de produits	**100** à **200 pièces/min**	F1
	Dimensions maximales du produit	**300 x 200 x 200 mm**	F1

Substrat du sujet

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration des performances industrielles, une entreprise met en œuvre une **trieuse pondérale** afin d'automatiser le contrôle de la masse des produits en ligne de production. Cette solution permet d'assurer un tri rapide et précis, d'améliorer la conformité des produits et d'augmenter la productivité.

À travers les deux situations d'évaluation suivantes, le personnel chargé de son exploitation est amené à analyser son environnement extérieur, son fonctionnement ainsi que les solutions technologiques retenues pour le pesage.

SEV 1 — Analyse fonctionnelle — 8 pts

À travers les tâches suivantes et moyennant les outils de l'analyse fonctionnelle, découvrir la trieuse pondérale comme une réponse à un besoin traduit en fonctions de service et solutions constructives.

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

Document à consulter : présentation du système (pages 2 et 3).

Q1. Compléter le diagramme bête à cornes de la trieuse pondérale. (0,5 pt)
Q2. Compléter le diagramme des interactions et le tableau des fonctions de service. (1,5 pts)
Q3. Compléter le diagramme **SADT (A-0)** de la trieuse pondérale (MOE, MOS, W et C). (1 pt)
Q4. Compléter la **chaîne fonctionnelle** du convoyeur de pesage en indiquant le (ou les) composant(s) qui réalise(nt) chaque fonction. (2 pts)

Tâche n°2 : Identification des solutions constructives de la trieuse pondérale pour assurer les fonctions techniques.

Documents à consulter : présentation du système et DRES 01.

Q5. Compléter le diagramme **FAST** partiel de la fonction « FT3 ». (3 pts)

SEV 2 — Dispositif de pesage — 12 pts

À travers cette situation d'évaluation, vous êtes amenés à découvrir certaines solutions technologiques retenues par le constructeur pour le pesage des produits et à vous initier au choix du moteur d'entraînement du dispositif de pesage et de son variateur.

Tâche n°1 : Détermination de la puissance du moteur M2 du dispositif de pesage, et choix de son variateur de vitesse.

Documents à consulter : DRES 01, DRES 02 et DRES 03.

Q6. Calculer l'entraxe **E** (en m) des produits à peser. (0,5 pt)
Q7. Calculer la vitesse linéaire maximale $\mathbf{V_{B2max}}$ (en m/s) de la bande du convoyeur de pesage **B2** sachant que la cadence de pesage maximale est $\mathbf{Cd_{max}}$ **= 200 produits/min** (avec $Cd_{max} = V_{B2max} / E$). (0,5 pt)
Q8. Calculer la vitesse de rotation $\mathbf{N_{T1max}}$ (en tr/min) du tambour d'entraînement **T1**. (0,5 pt)
Q9. Calculer le rapport global de transmission **kg** du réducteur à engrenages **R2** et du système poulies-courroie. (0,5 pt)
Q10. Calculer la vitesse de rotation $\mathbf{N_{M2max}}$ (en tr/min) du moteur d'entraînement **M2**. (0,5 pt)
Q11. Calculer la puissance mécanique $\mathbf{P_{B2max}}$ (en W) pour déplacer le produit. (0,5 pt)
Q12. Calculer la puissance utile $\mathbf{P_{M2max}}$ (en kW) du moteur. (0,5 pt)
Q13. À partir de l'extrait du catalogue constructeur (DRES 02), choisir la référence du variateur de vitesse adéquat. (0,5 pt)

Tâche n°2 : Identification des composants du réducteur R2 et appréhension de son fonctionnement.

Document à consulter : DRES 03.

Q14. Compléter le tableau des **MIP** et des **MAP** et mettre une croix (X) dans la case qui convient à la nature de la liaison. (2 pts)
Q15. Compléter le tableau des **classes d'équivalence** (une croix indique que le constituant appartient à cette classe). (1,5 pts)
Q16. Quelle est la solution constructive utilisée pour réaliser la liaison entre les classes d'équivalence **CE2** et **CE4** ? (0,5 pt)
Q17. Indiquer l'ajustement des roulements à billes **(25)** (mettre une croix (X) dans la case qui convient). (0,5 pt)
Q18. Indiquer sur le schéma l'emplacement des arrêts axiaux des deux roulements **(25)** par des petits rectangles pleins. (0,5 pt)
Q19. Donner le nom et la fonction de l'élément **(23)**. (0,5 pt)
Q20. • Compléter le dessin de l'arbre **(17)** en coupe locale. • Dessiner la section sortie A-A. (2,5 pts)

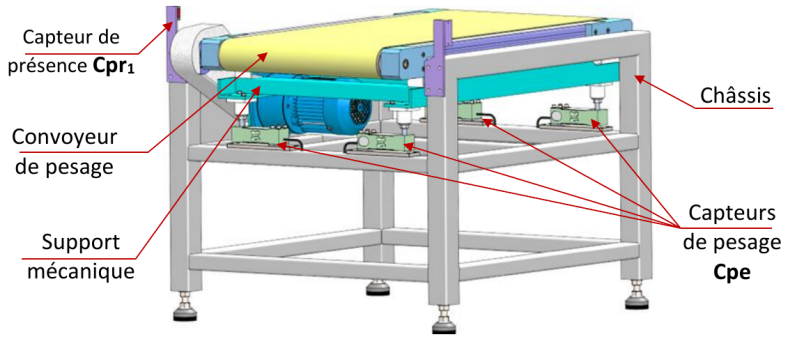
Toutes les réponses sont à rédiger sur les documents réponses DREP 01 à DREP 08.

LAKHLIL

DRES 01 Vue 3D du convoyeur de pesage et du dispositif de pesage

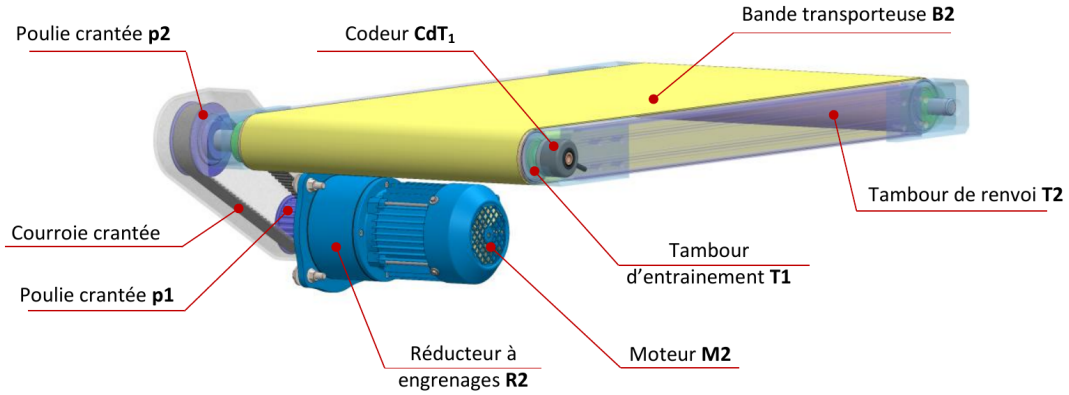
Vue 3D des solutions constructives utilisées pour réaliser la fonction « FT3 »

Afin d'assurer simultanément le **transport du produit** et la **mesure dynamique de sa masse**, la trieuse pondérale est équipée d'un **convoyeur de pesage** monté sur un **support mécanique** reposant sur le **dispositif de pesage.**



Constituants du convoyeur de pesage

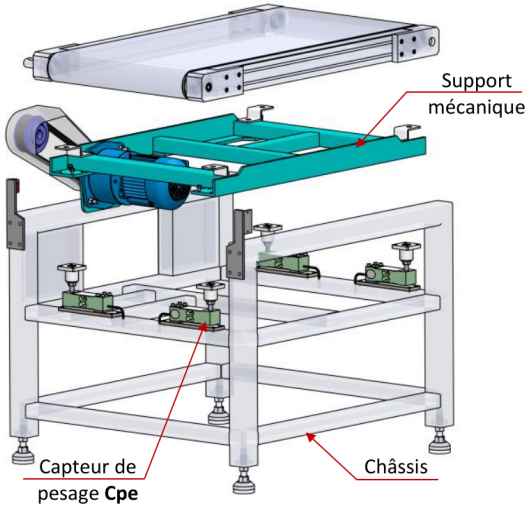
Le convoyeur de pesage est constitué d'une **bande transporteuse B2** entraînée par un **tambour d'entraînement T1** et guidée par un **tambour de renvoi T2.**
L'entrainement du tambour **T1** est assuré par un système d'entraînement comprenant un **moteur électrique M2** commandé par un **variateur de vitesse V_{M2},** un **réducteur à engrenages R2** et un système **poulies-courroie crantée**. Un **codeur incrémental CdT_1** monté sur l'axe du tambour **d'entraînement T1** permet de détecter la position et la vitesse du produit transporté par le convoyeur.



Constituants du dispositif de pesage

Le dispositif de pesage est constitué de **quatre capteurs de force** placés sous un **support mécanique** qui porte le convoyeur de pesage. Ces capteurs transforment l'effort (poids) en un signal électrique.

Le signal fourni par les capteurs étant très faible, il doit être conditionné. Il est d'abord **filtré**, puis **amplifié** afin d'atténuer les parasites. Enfin, il est converti par un **(CAN)** afin d'être exploité par le dispositif de commande.



DRES 02 Catalogue variateur, acheminement des produits, chaîne de transmission

Extrait du catalogue constructeur du variateur de vitesse VM_2

Puissance utile en kW	Référence
0,25	**ATV12HU04M2**
0,37	**ATV12HU07M2**
0,55	**ATV12HU11M2**
0,75	**ATV12HU15M2**

Principe d'acheminement des produits sur le convoyeur d'alimentation

Le convoyeur d'alimentation transporte les produits vers le convoyeur de pesage en respectant un **espacement constant (L)** afin d'assurer un pesage individuel correct.
Cet espacement définit un **entraxe (E)** entre les produits, dépendant de leur **diamètre (D)**.
La **vitesse linéaire V_{B2max}** de la bande est alors adaptée à la **cadence de pesage (Cd_{max})** pour garantir un pesage précis.

Données :
- Espacement : **L = 340 mm**
- Diamètre du produit : **D = 140 mm**
- Cadence de pesage maximale : **Cd_{max} = 200 produit/min**

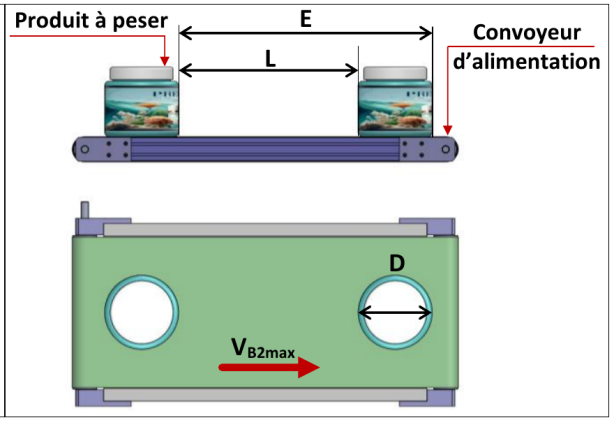
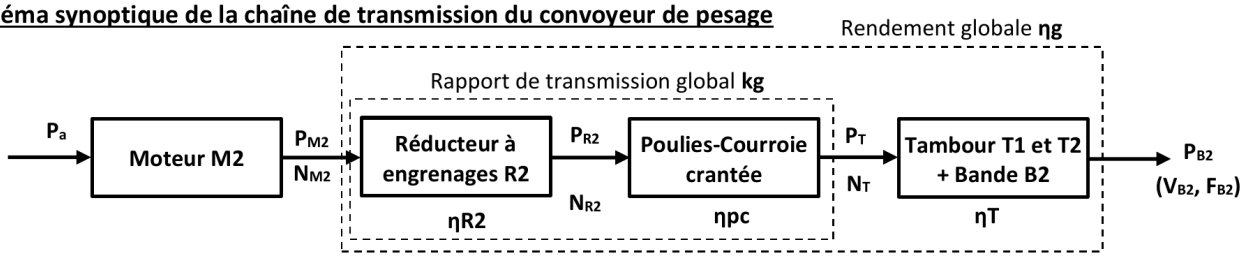


Schéma synoptique de la chaîne de transmission du convoyeur de pesage



Caractéristiques des composants de la chaîne de transmission du convoyeur de pesage

* Moteur **M2** : Machine asynchrone triphasée

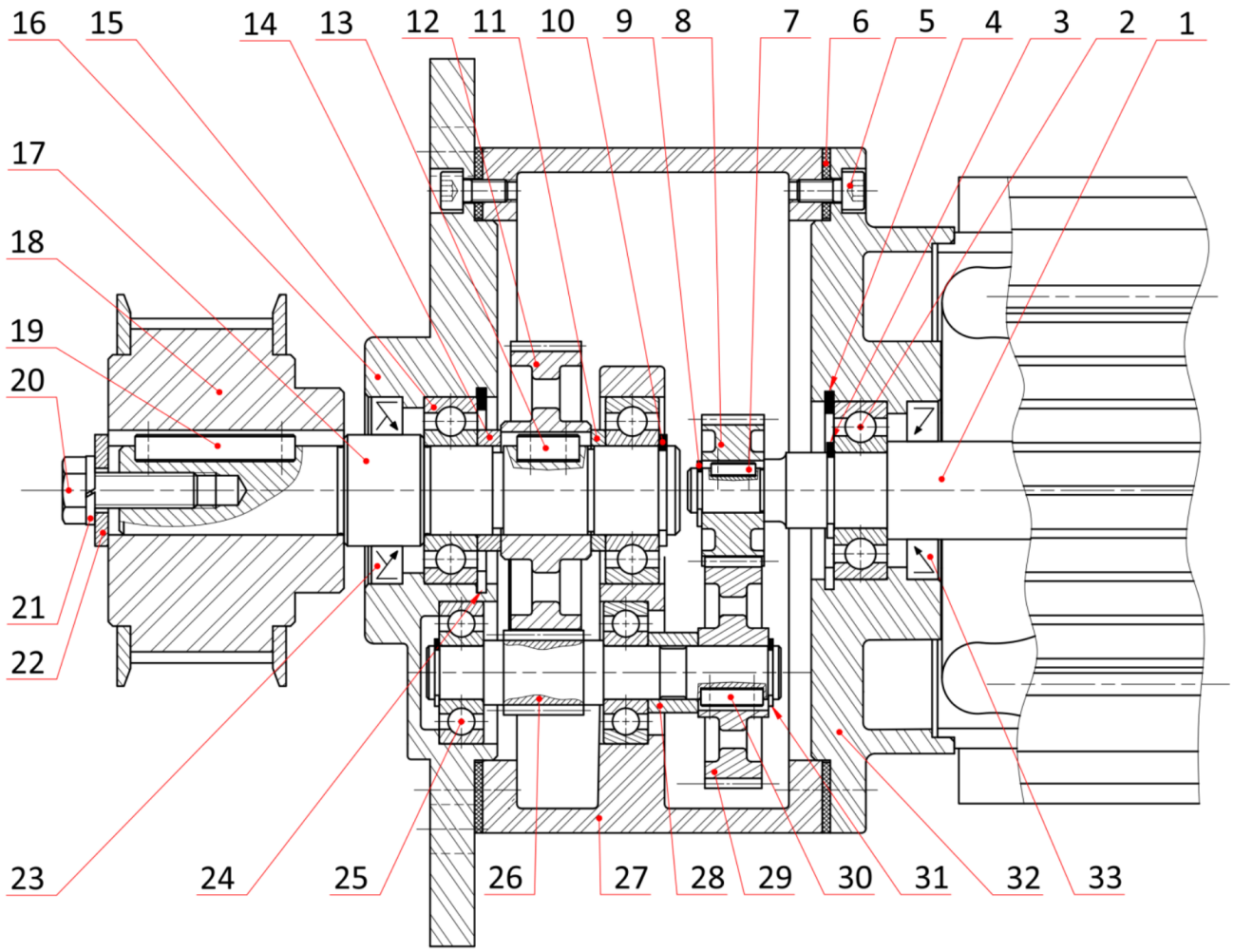
* Réducteur **R2** :
  - Nombre de dents : **Z_8 = 37 dents**, **Z_{12} = 65 dents**, **Z_{26} = 17 dents**, **Z_{29} = 50 dents**
  - Rendement : **ηR2 = 98 %**

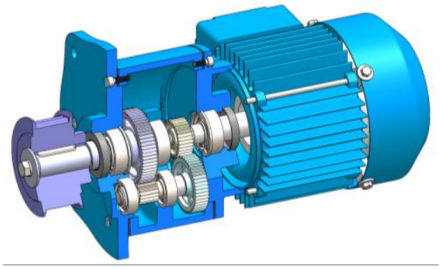
* Système Poulies-courroie **crantée**
  - Poulie crantée **p1** : **Z_{p1} = 25 dents**
  - Poulie crantée **p2** : **Z_{p2} = 28 dents**
  - Rendement : **η_{pc} = 97 %**

* Tambour **T1** et **T2** + Bande transporteuse **B2**
  - Diamètre du tambour **T1** : **D_{T1} = 80 mm**
  - Rendement : **ηT = 85 %**
  - Force d'entrainement : **F_{B2} = 270 N**

DRES 03 Moteur M2 et réducteur R2 : dessin d'ensemble et nomenclature

Représentation 2D et 3D du moteur M2 et du réducteur R2 du convoyeur de pesage





Rep	Nbr	Désignation
11	1	Entretoise
10	1	Anneau élastique
9	1	Anneau élastique
8	1	Pignon moteur
7	1	Clavette parallèle
6	2	Joint plat
5	8	Vis à tête cylindrique
4	1	Anneau élastique
3	1	Anneau élastique
2	1	Roulement à billes
1	1	Arbre du moteur M2

Rep	Nbr	Désignation
22	1	Rondelle plate
21	1	Rondelle Grower
20	1	Vis à tête hexagonale
19	1	Clavette parallèle
18	1	Poulie crantée **p1**
17	1	Arbre de sortie
16	1	Bride de fixation
15	2	Roulement à billes
14	1	Entretoise
13	1	Clavette parallèle
12	1	Roue de sortie

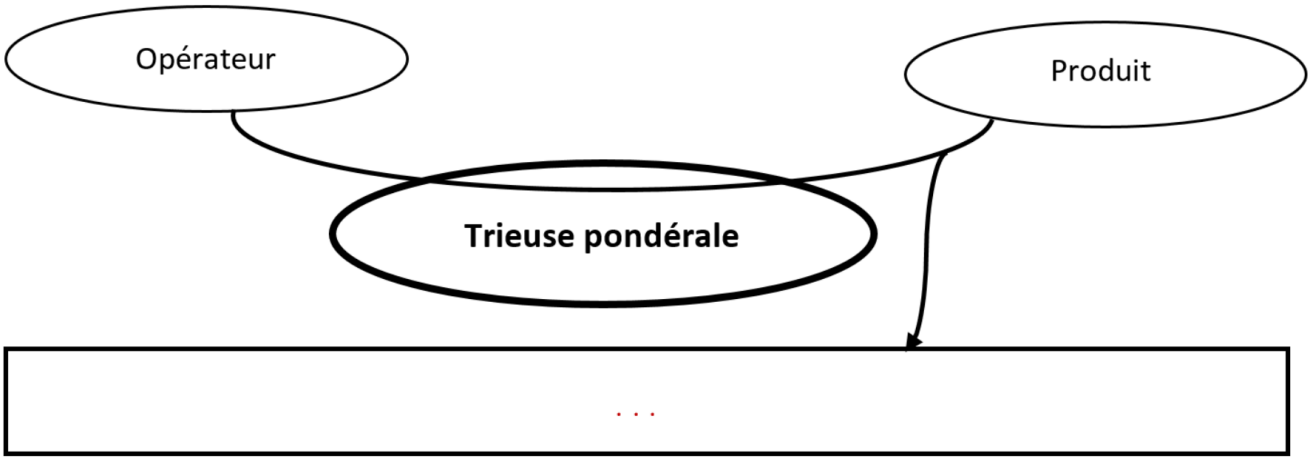
Rep	Nbr	Désignation
33	1	Joint à lèvre
32	1	Support
31	1	Anneau élastique
30	1	Clavette parallèle
29	1	Roue intermédiaire
28	1	Entretoise
27	1	Carter du réducteur
26	1	Pignon arbré
25	2	Roulement à billes
24	1	Anneau élastique
23	1	

DREP 01 SEV 1 — Tâche 1 (Q1 – Q2) Document réponse

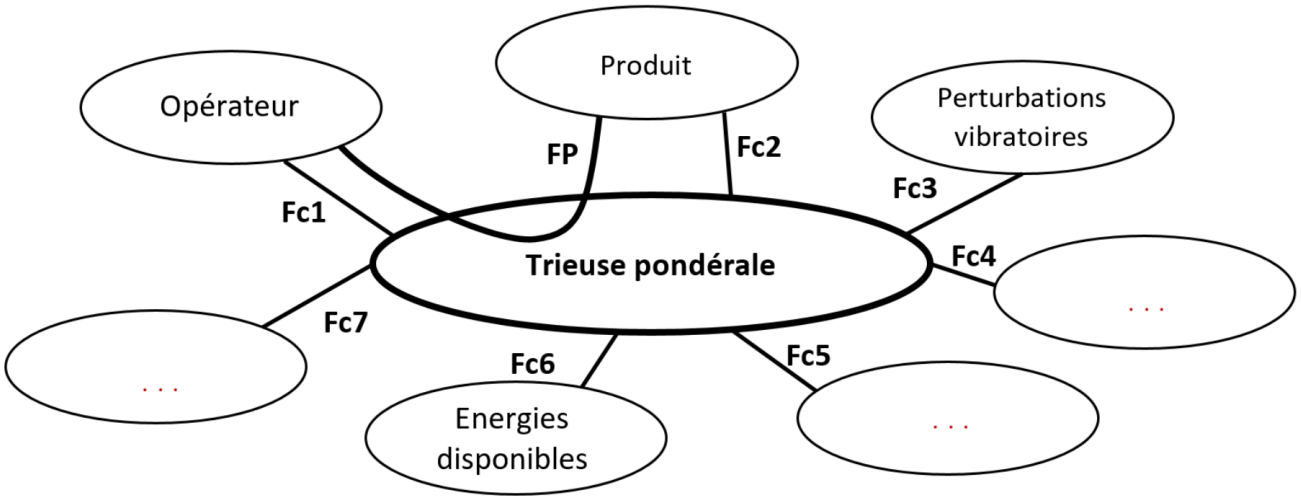
Tâche n°1 : Expression du besoin et identification des interactions du système avec son environnement extérieur.

Document à consulter : présentation du système (pages 2 et 3).

Q1 Compléter le diagramme bête à cornes de la trieuse pondérale. 0,5 pt



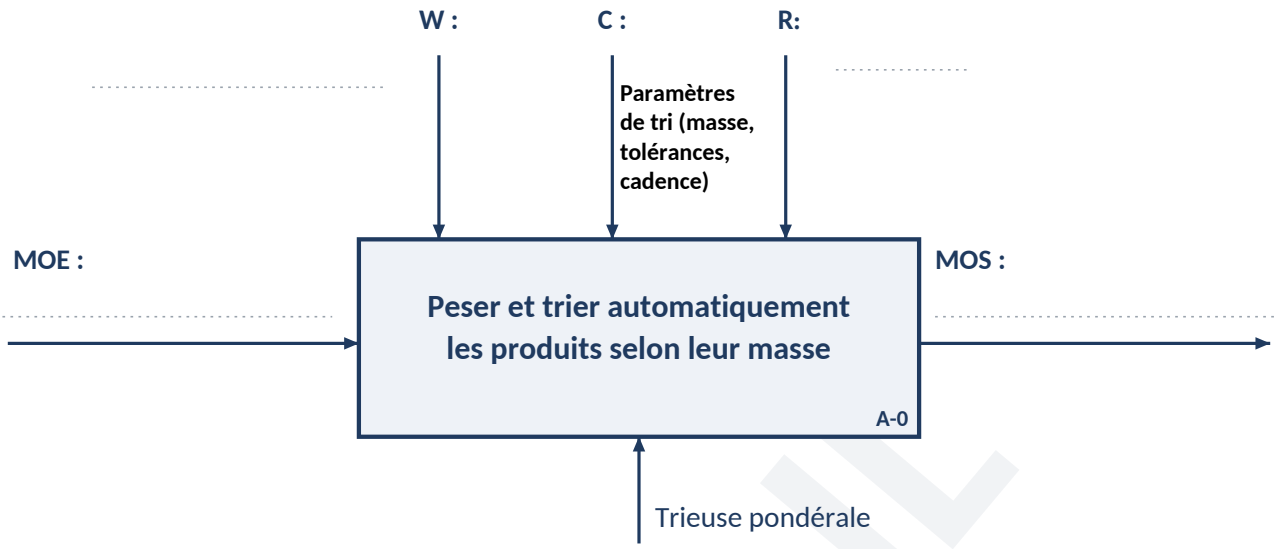
Q2 Compléter le diagramme des interactions et le tableau des fonctions de service. 1,5 pts



Fs	Identification
FP	
Fc1	. . .
Fc2	S'adapter au produit à peser.
Fc3	. . .
Fc4	Être intégrée à la ligne de production.
Fc5	Respecter les normes et les réglementations.
Fc6	. . .
Fc7	Avoir une maintenance facile.

DREP 02 SEV 1 — Tâche 1 (Q3 – Q4) — Document réponse

Q3 Compléter le diagramme **SADT (A-0)** de la trieuse pondérale (MOE, MOS, W et C). 1 pt



Q4 Compléter la **chaîne fonctionnelle** du convoyeur de pesage en indiquant le (ou les) composant(s) qui réalise(nt) chaque fonction. 2 pts

Chaîne d'information



Ordres

Chaîne d'énergie

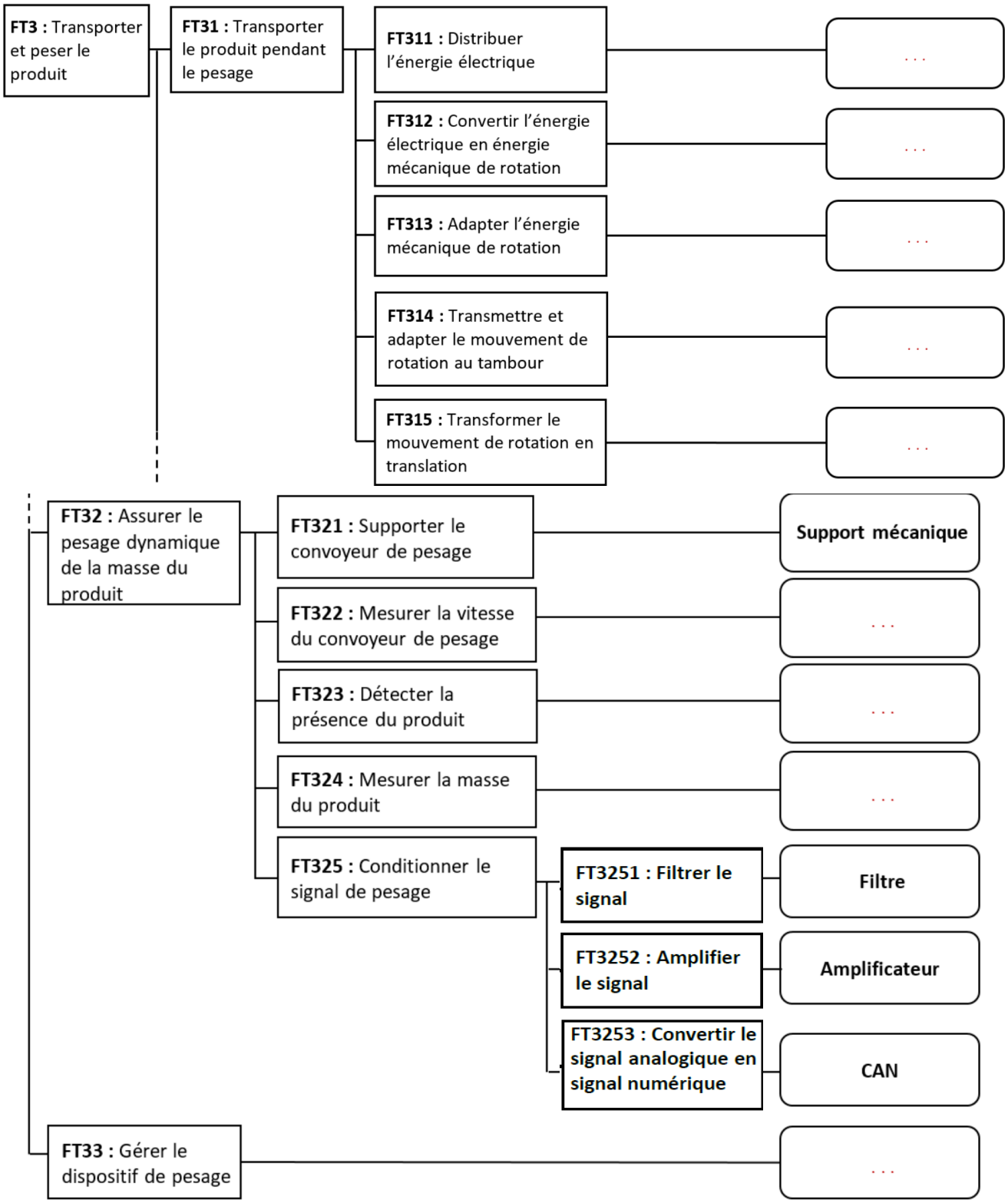


DREP 03 SEV 1 — Tâche 2 (Q5) — Document réponse

Tâche n°2 : Identification des solutions constructives de la trieuse pondérale pour assurer les fonctions techniques.

Documents à consulter : présentation du système et DRES 01.

Q5 Compléter le diagramme **FAST** partiel de la fonction « FT3 ». 3 pts



DREP 04 SEV 2 — Tâche 1 (Q6 – Q10) — Document réponse

Tâche n°1 : Détermination de la puissance du moteur M2 du dispositif de pesage, et choix de son variateur de vitesse.

Documents à consulter : DRES 01, DRES 02 et DRES 03.

Q6 Calculer l'entraxe **E** (en m) des produits à peser. — 0,5 pt

Q7 Calculer la vitesse linéaire maximale $\mathbf{V_{B2max}}$ (en m/s) de la bande du convoyeur de pesage **B2** sachant que la cadence de pesage maximale est $\mathbf{Cd_{max}}$ **= 200 produits/min** (avec $Cd_{max} = V_{B2max} / E$). — 0,5 pt

Q8 Calculer la vitesse de rotation $\mathbf{N_{T1max}}$ (en tr/min) du tambour d'entraînement **T1**. — 0,5 pt

Q9 Calculer le rapport global de transmission **kg** du réducteur à engrenages **R2** et du système poulies-courroie. — 0,5 pt

Q10 Calculer la vitesse de rotation $\mathbf{N_{M2max}}$ (en tr/min) du moteur d'entraînement **M2**. — 0,5 pt

DREP 05 SEV 2 — Tâche 1 (Q11 – Q13) et Tâche 2 (Q14) — Document réponse

Q11 Calculer la puissance mécanique P_{B2max} (en W) pour déplacer le produit. — 0,5 pt

Q12 Calculer la puissance utile P_{M2max} (en kW) du moteur. — 0,5 pt

Q13 À partir de l'extrait du catalogue constructeur (DRES 02), choisir la référence du variateur de vitesse adéquat. — 0,5 pt

Tâche n°2 : Identification des composants du réducteur R2 et appréhension de son fonctionnement.

Document à consulter : DRES 03.

Q14 Compléter le tableau des **MIP** et des **MAP** et mettre une croix (X) dans la case qui convient à la nature de la liaison. — 2 pts

Liaison fixe	Surfaces de contact assurant la MIP	Repères d'éléments assurant le MAP	Nature de la liaison	
			Par adhérence	Par obstacle
(18)/(17)				
(27)/(16)				

DREP 06 SEV 2 — Tâche 2 (Q15 – Q17) — Document réponse

Q15 Compléter le tableau des **classes d'équivalence** (une croix indique que le constituant appartient à cette classe). 1,5 pts

Constituants	CE1	CE2	CE3	CE4
Arbre moteur (1)	X			
Poulie crantée (18)		X		
Pignon arbré (26)			X	
Carter du réducteur (27)				X
Arbre de sortie (17)				
Roue de sortie (12)				
Roue intermédiaire (29)				
Clavette parallèle (19)				
Clavette parallèle (30)				
Pignon moteur (8)				
Vis à tête cylindrique (5)				
Bride de fixation (16)				

Q16 Quelle est la solution constructive utilisée pour réaliser la liaison entre les classes d'équivalence **CE2** et **CE4** ? 0,5 pt

.....

.....

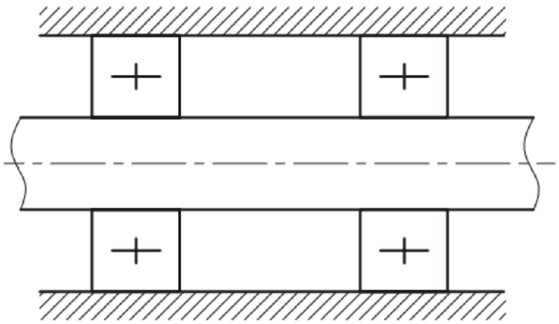
.....

Q17 Indiquer l'ajustement des roulements à billes **(25)** (mettre une croix (X) dans la case qui convient). 0,5 pt

-Les bagues extérieures sont montées :	**Serrées**		**Glissantes**	
-Les bagues intérieures sont montées :	**Serrées**		**Glissantes**	

DREP 07 SEV 2 — Tâche 2 (Q18 – Q19) — Document réponse

Q18 Indiquer sur le schéma l'emplacement des arrêts axiaux des deux roulements **(25)** par des petits rectangles pleins. 0,5 pt



Q19 Donner le nom et la fonction de l'élément **(23)**. 0,5 pt

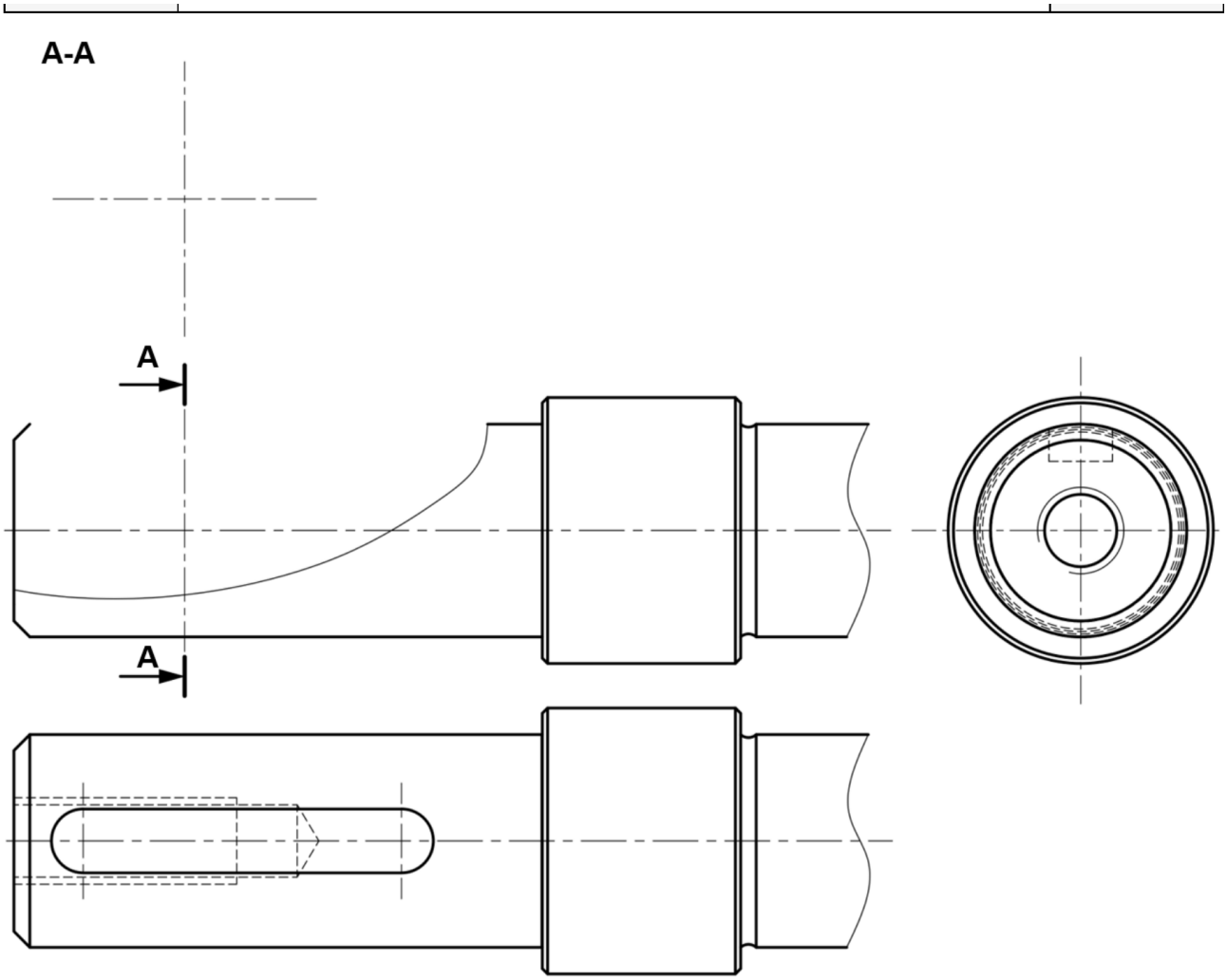
LAKHLIL

DREP 08 SEV 2 — Tâche 2 (Q20) — Document réponse

Q20

- Compléter le dessin de l'arbre **(17)** en coupe locale.
- Dessiner la section sortie A-A.

2,5 pts



Aide : perspective de l'arbre **(17)** (le tronçon côté réducteur est représenté partiellement).

