

Sciences et Techniques Automatisées (STA)

Mécanique des Solides Indéformables PT1

Examen de fin du 1^{er} semestre Date: 03 janvier 2022 Durée: 1h30 min

Le système mécanique étudié dans ce sujet est une suspension arrière du vélo « *Specialized Big Hit FSR* » qui permet de compenser les irrégularités du terrain en créant une liaison souple entre le cadre et la roue arrière. Le triangle arrière est articulé par rapport au reste du cadre (**figure 1-a**). Son schéma cinématique minimal est représenté dans la **figure 1-b**. Le mouvement d'entrée est une rotation du bras (1) imposée par les irrégularités du terrain ou de la piste. Le bras (2) est en liaison pivot en A avec le bras (1) et en liaison pivot en B avec la pièce (3). Cette dernière (3) est en liaison pivot en C avec la suspension (4). Ce dernier (4) est contraint de se déplacer selon (C, \bar{x}_5) par une liaison glissière avec l'axe de suspension (5) qui représente le mouvement de sortie qui permet de préserver le confort de l'utilisateur, en transmettant le moins possible au cadre les irrégularités de la piste. Le cadre (0) est en liaison pivot en O avec le bras (1), en D avec la pièce (3) et en F avec la pièce (5).

Repères et paramétrages :

Les repères et les paramètres adoptés sont définis comme suit :

- $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$ est un repère lié au bâti (0),
- $R_1(O, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z}_0)$ est un repère lié à (1) tel que : $\alpha = (\bar{x}_0, \bar{x}_1) = (\bar{y}_0, \bar{y}_1)$,
- $R_2(A, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_0)$ est un repère lié à (2) tel que : $\beta = (\bar{x}_0, \bar{x}_2) = (\bar{y}_0, \bar{y}_2)$,
- $R_3(D, \bar{x}_3, \bar{y}_3, \bar{z}_0)$ est un repère lié à (3) tel que : $\gamma = (\bar{x}_0, \bar{x}_3) = (\bar{y}_0, \bar{y}_3)$,
- $R_5(F, \bar{x}_5, \bar{y}_5, \bar{z}_0)$ est un repère lié à (5) tel que : $\overline{FC} = x_c(t) \bar{x}_5$,
- $R_4(C, \bar{x}_5, \bar{y}_5, \bar{z}_0)$ est un repère lié à (4).

Les positions des différents centres de liaisons sont décrites par les relations vectorielles :

$\overline{OA} = a \bar{x}_1$, $\overline{AB} = -L \bar{x}_2$, $\overline{DB} = d \bar{x}_3$, $\overline{DC} = \frac{d}{2} \bar{x}_3$, $\overline{OD} = -b \bar{x}_0 + e \bar{y}_0$, $\overline{OF} = -b \bar{x}_0 + c \bar{y}_0$ où L, a, b, c, d et e sont des constantes géométriques.

Partie I : Etude géométrique (8points)

1°) a) Identifier les paramètres du système.

b) Préciser le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du système.

2°) Réaliser le graphe de liaisons du système, en déduire la nature de la chaîne.

3°) a) Ecrire l'équation vectorielle qui traduit la fermeture géométrique de la chaîne

(0)-(1)-(2)-(3)-(0).

b) Projeter cette équation dans la base de R_0 et écrire les deux équations scalaires qui en découlent.

- c) Trouver la relation directe entre α et γ .
- 4°) a) Ecrire l'équation vectorielle qui traduit la fermeture géométrique de la chaîne
 $(0)-(5)-(4)-(3)-(0)$.
- b) Projeter cette équation dans la base de R_0 et écrire les deux équations scalaires qui en découlent.
- c) Trouver la relation directe entre x_c et γ .
- 5°) Ecrire la loi d'entrée-sortie dans le cas particulier où l'angle γ est faible (c.a.d.
 $\text{tg}(\gamma) \approx \sin(\gamma) \approx \gamma$ et $\cos(\gamma) \approx 1$)

Partie II : Etude cinématique (12points)

- 1°) Déterminer les vecteurs rotations: $\vec{\Omega}_{1/0}, \vec{\Omega}_{2/0}, \vec{\Omega}_{3/0}, \vec{\Omega}_{5/0}$ et $\vec{\Omega}_{5/4}$.
- 2°) a) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point **O**), la vitesse $\vec{V}(A)_{1/R_0}$.
- b) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point **A**), la vitesse $\vec{V}(B)_{2/R_0}$.
- c) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point **D**), la vitesse $\vec{V}(B)_{3/R_0}$.
- d) Sachant que $\vec{V}(B)_{2/R_0} = \vec{V}(B)_{3/R_0}$, écrire l'équation vectorielle qui traduit cette égalité, puis la projeter dans R_0 et déduire les deux équations scalaires qui en découlent. Comparer ces deux équations avec les équations obtenues en **Partie I 3 b°**.
- 3°) a) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point **D**), la vitesse $\vec{V}(C)_{3/R_0}$.
- b) Calculer, par dérivation, la vitesse $\vec{V}(C)_{4/R_0}$ (intercaler le point **F**).
- c) Sachant que $\vec{V}(C)_{3/R_0} = \vec{V}(C)_{4/R_0}$, écrire l'équation vectorielle qui traduit cette égalité, puis la projeter dans R_0 et déduire les deux équations scalaires qui en découlent. Comparer ces deux équations avec les équations obtenues en **Partie I 4 b°**.
- 4°) a) Calculer, par dérivation, l'accélération $\vec{\gamma}(B)_{3/R_0}$.
- b) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point **D**), l'accélération $\vec{\gamma}(B)_{3/R_0}$.
- c) Calculer, par composition de mouvement (utiliser R_5 comme repère relatif), l'accélération $\vec{\gamma}(C)_{/R_0}$.



figure1-a

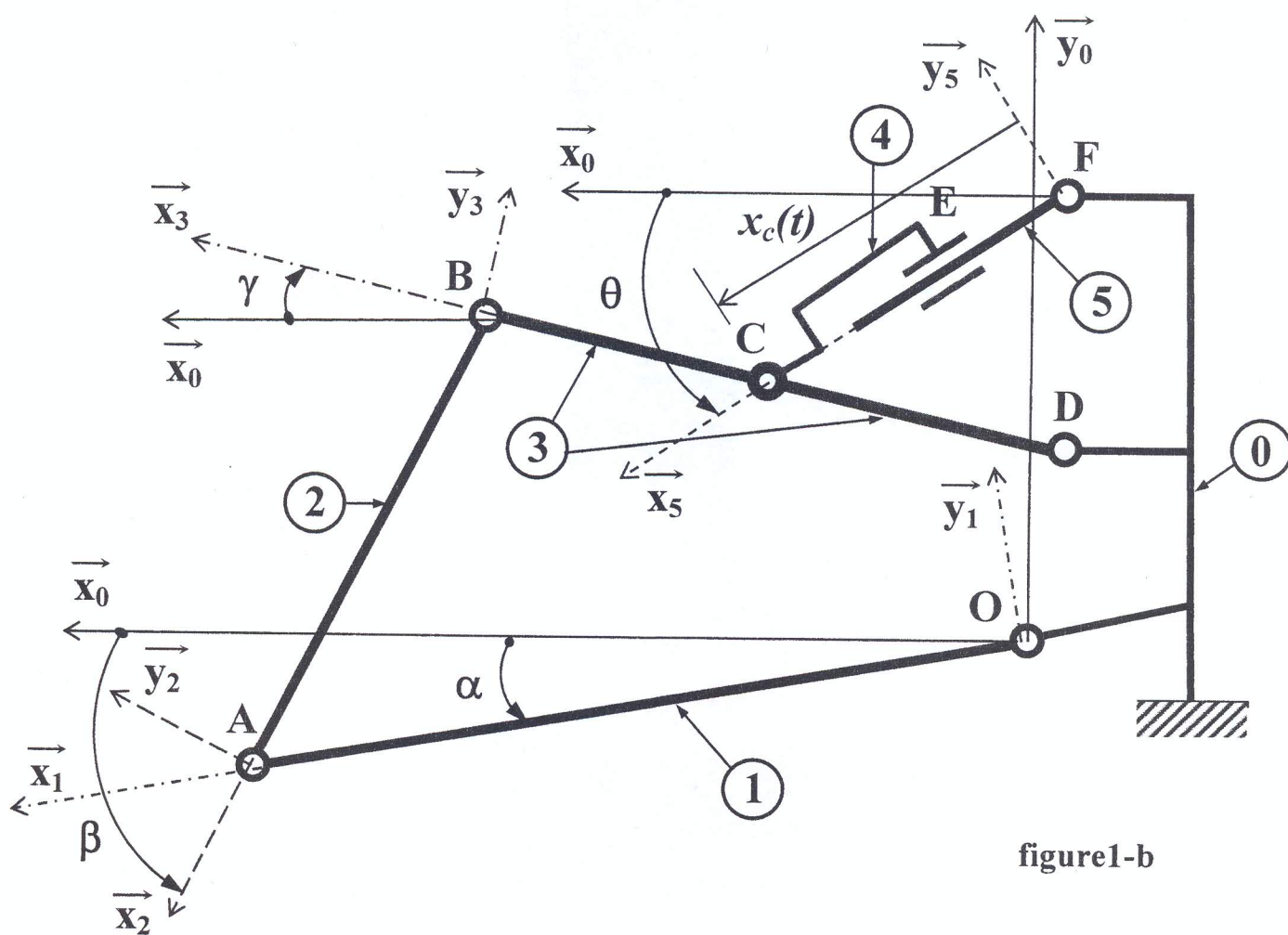
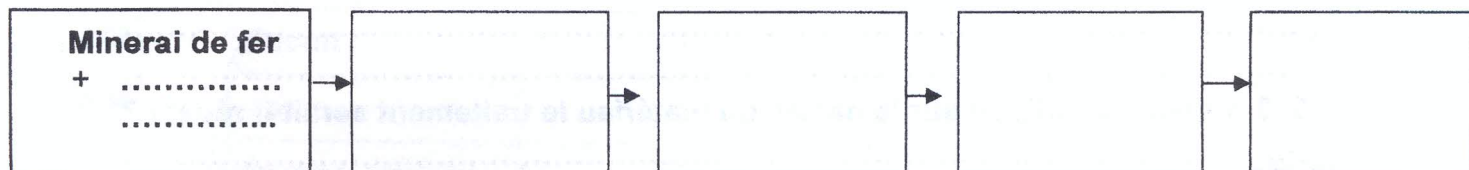


figure1-b

Figure1 : schéma cinématique plan de la suspension arrière du vélo
« *Specialized Big Hit FSR* »

Nom et Prénom : Groupe :	Devoir de synthèse du 1^{er} semestre Partie B : TECHNOLOGIE DE FABRICATION Janvier 2022	Institute Préparatoire aux Etudes d'ingénieurs de Sfax Département de Préparation aux Concours de Technologie PT1 : 2021/2022
--	---	--

1- Compléter ci-dessous l'organigramme expliquant l'obtention d'une fonte
EN GJL :



2 Comment peut-on augmenter ou diminuer le pourcentage du carbone dans un four Thomas:

- Augmenter:
- Diminuer :

3/ Soit deux pièces A et B de matériaux différents (A : acier extra dur, B : une fonte).

3-1 Quelle technique de mesure de dureté choisissez-vous pour chacune des pièces? stifiezJu ?

- A :
- B.....

3-2 Proposez une technique et un type d'éprouvette appropriés à la mesure de la résilience des deux matériaux A et B? Justifiez !

- A :
- B :

4/ Un arbre est fabriqué en acier non allié à faible teneur en carbone. À l'exception de la résistance à l'usure, ces propriétés mécaniques sont satisfaisantes.

4-1 Quels sont tous les traitements thermiques envisageables pour améliorer cette situation sans affecter sa résilience?

.....

4-2 Comment peut-on annuler l'effet de chacun de ces traitements?

.....

5/ On se propose d'améliorer la dureté ainsi que la résistance mécanique d'un acier.

5-1 Quel est le traitement thermique approprié ?

.....

5-2 Comment pouvez-vous vérifier expérimentalement si le traitement a été réussi ?

.....

5- 3 À quelle condition sur la nature du matériau le traitement serait-il réussi ?

.....

5- 4 On suppose que la condition sur la nature du matériau a été vérifiée. Malgré cela, le traitement n'a pas réussi. Donner la (les) raison(s) possible(s) de cet échec?

.....

.....

.....

6- Une vis sans fin doit subir une grande dureté, en plus d'importants efforts mécaniques.

6-1 Quel matériau choisirez-vous pour cette pièce? Pourquoi ?

.....

.....

6-2 Comment peut-on améliorer les propriétés mécaniques de ce matériau?

.....

.....

6-3 Est- il possible d'effectuer des modifications sur cette pièce après ce traitement que vous avez choisi ? Pourquoi :

.....

.....

7- Une pièce a subi un traitement thermique de nitruration.

7- 1 Expliquer le mode opératoire :

.....

.....

7- 2 Donner l'intérêt de ce traitement :

.....

.....

8- Remplissez le tableau suivant en utilisant les symboles suivants (A : pour augmenter), (B : pour diminuer) ou (/ : aucun effet) .

Matériau	Traitement thermique	Dureté (à cœur)	Dureté (en surface)	Résistance en traction	Malléabilité (A%)	Résilienc e
C50	Trempe					
C50	Recuit					
C50	trempe + revenu					
C22	trempe +revenu					
C22	Cémentation					

8-1 Cochez la case lorsque vous jugerez que la définition relative à la nitruration est correcte. Plusieurs définitions peuvent être correctes.

- La nitruration est un traitement thermochimique
- La nitruration est un traitement thermique à cœur
- La nitruration rend le matériau malléable
- La nitruration augmente la dureté superficielle
- La nitruration se fait par diffusion d'azote.....

☐
☐
☐
☐
☐

8-2 : Cochez la case lorsque vous jugerez que la définition relative à la cémentation est correcte. Plusieurs définitions peuvent être correctes.

- La cémentation se fait par diffusion de carbone
- La cémentation se pratique sur les matériaux fortement carburés
- La cémentation est toujours suivie de trempe
- La cémentation se fait par diffusion d'azote et de carbure
- La cémentation est un traitement thermique superficiel

☐
☐
☐
☐
☐

9- Pourquoi la finition des surfaces fonctionnelles sera réalisée après la trempe ou la cémentation :

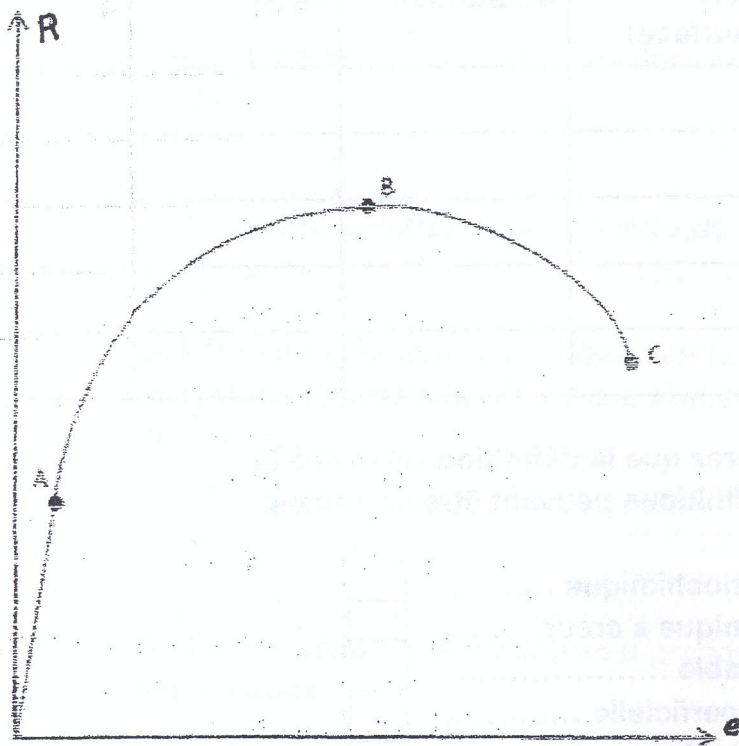
.....

.....

10- Comment peut-on annuler les effets de ces traitements :

.....

11- La figure ci-dessous représente schématiquement la courbe de traction d'une éprouvette en acier trempé de diamètre $d_0 = 20\text{mm}$ et une longueur initiale $L_0 = 100\text{ mm}$.



Les coordonnées des 3 points A, B, C sont les suivants :

	A	B	C
F (N)	65940	157000	94200
L (mm)	0.1	12	16.4
R ()			
e ()			

11-1 : Calculez les contraintes R et les déformations e aux points A, B et C et reportez les valeurs dans le tableau ci-dessus

.....

.....

.....

11-2 : Déterminez graphiquement la limite élastique R_e et la résistance à la traction R_m de l'acier ainsi que son allongement relatif après rupture $A\%$

11-3 : Calculez le module de Young E de l'acier et donnez son unité.

.....

.....

.....

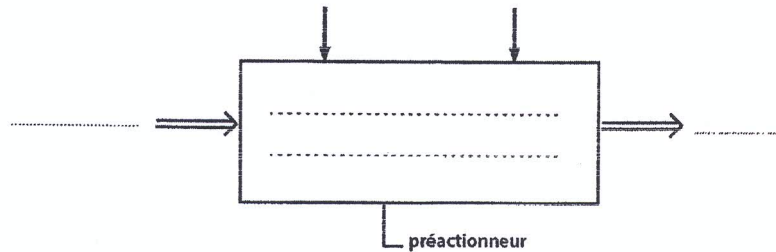
11-4 : Sur le même graphique donnez l'allure de la courbe de traction de ce matériau à l'état recuit (l'acier est trempable). On note A'

11-5 : sur le même graphique donnez l'allure de la courbe de traction de l'acier à l'état trempé superficiellement. On note A''

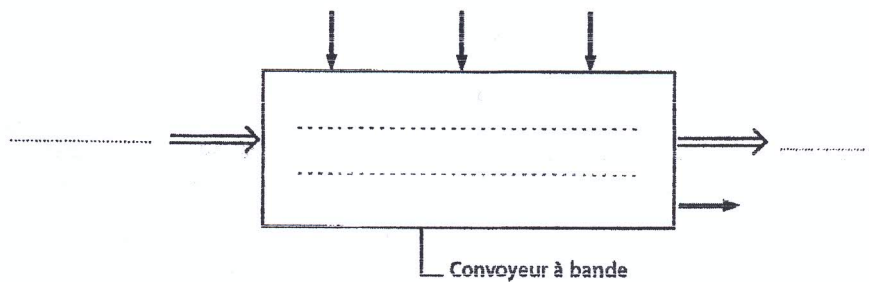
NE RIEN ECRIRE ICI

A) Analyse du système

A-1 : Compléter l'actigramme A-0 d'un préactionneur :



A-2 : Compléter l'actigramme A-0 du système convoyeur à bande :



A-3 : En se référant au dessin d'ensemble, compléter le diagramme FAST relatif à la fonction de service **FS**.

FS Transmettre le mouvement de rotation de l'arbre moteur (1) au tambour (13)		
	FONCTIONS	COMPOSANTS
FT1	Transformer l'énergie	
FT2	Guider en rotation l'arbre moteur (1)	
FT3	Transmettre le mouvement de rotation de l'arbre (1) à l'arbre (12)	
FT4	Guider en rotation l'arbre intermédiaire (12)	
FT5	Transmettre le mouvement de rotation de l'arbre (12) à la roue (9)	
FT6	Lier la roue (9) au tambour (13)	
FT7	Guider en rotation le tambour (13)	

Nom :

Prénom :

Groupe :

B) Schéma cinématique

B-1 : Compléter les classes d'équivalence cinématique du motoréducteur :

11 = {11, }

1 = {1, }

12 = {12, }

13 = {13, }

B-2 : Compléter le graphe des liaisons du système :

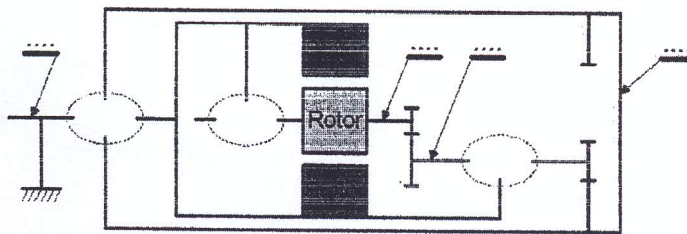
11

1

13

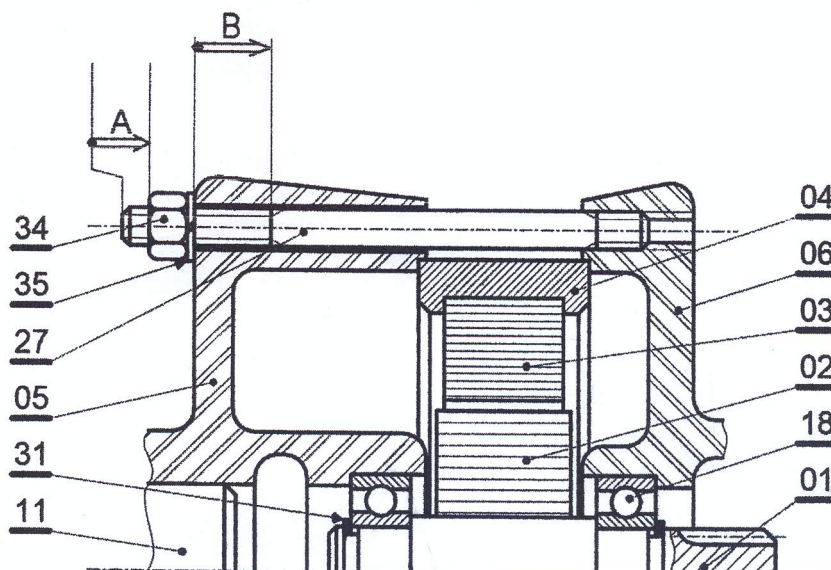
12

B-3 : Compléter le schéma cinématique minimal du motoréducteur :



C) Cotation fonctionnelle

C-1 : Tracer les chaînes de cote relatives aux conditions A et B :



NE RIEN ECRIRE ICI

C-2 : Justifier l'existence des cotes conditions A et B :

A :

B :

C-3 : Compléter le tableau suivant :

Pièces	Liaison	Ajustement
13 / 15		
12 / 7		
6 / 10		

C-4 : On suppose que l'ajustement du montage du couvercle (16) sur le tambour (14) est 47 H7/h6 , Justifier ce choix :

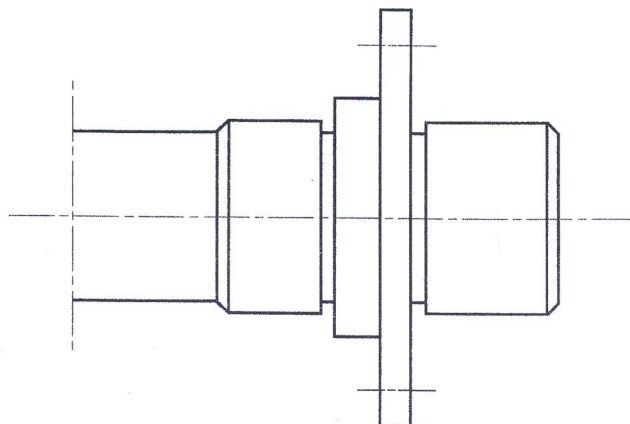
.....

Déterminer le jeu minimal de cet ajustement, justifier votre réponse

$J_{\min} =$

.....

C-5 : Indiquer les rugosités et les tolérances géométriques nécessaires pour le bon fonctionnement de l'arbre (11) :



Nom :

Prénom :

Groupe :

D) Calcul de vitesse

D : Calculer en m/s la vitesse de déplacement du tapis roulant sachant que la vitesse du tambour (13) est 100 tr/min et que son diamètre est $D_r = 128$ mm

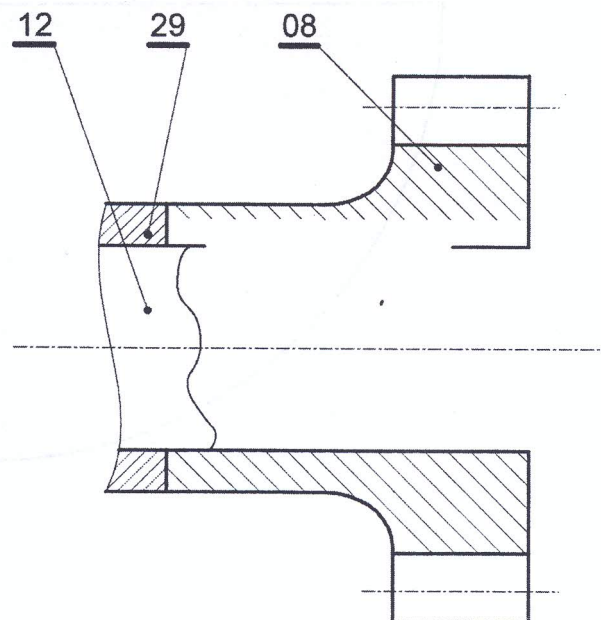
.....

.....

E) Etude graphique

E-1 : Afin d'améliorer la solution adoptée par le constructeur, on vise changer la liaison encastrement entre le pignon (8) et l'arbre intermédiaire (12).

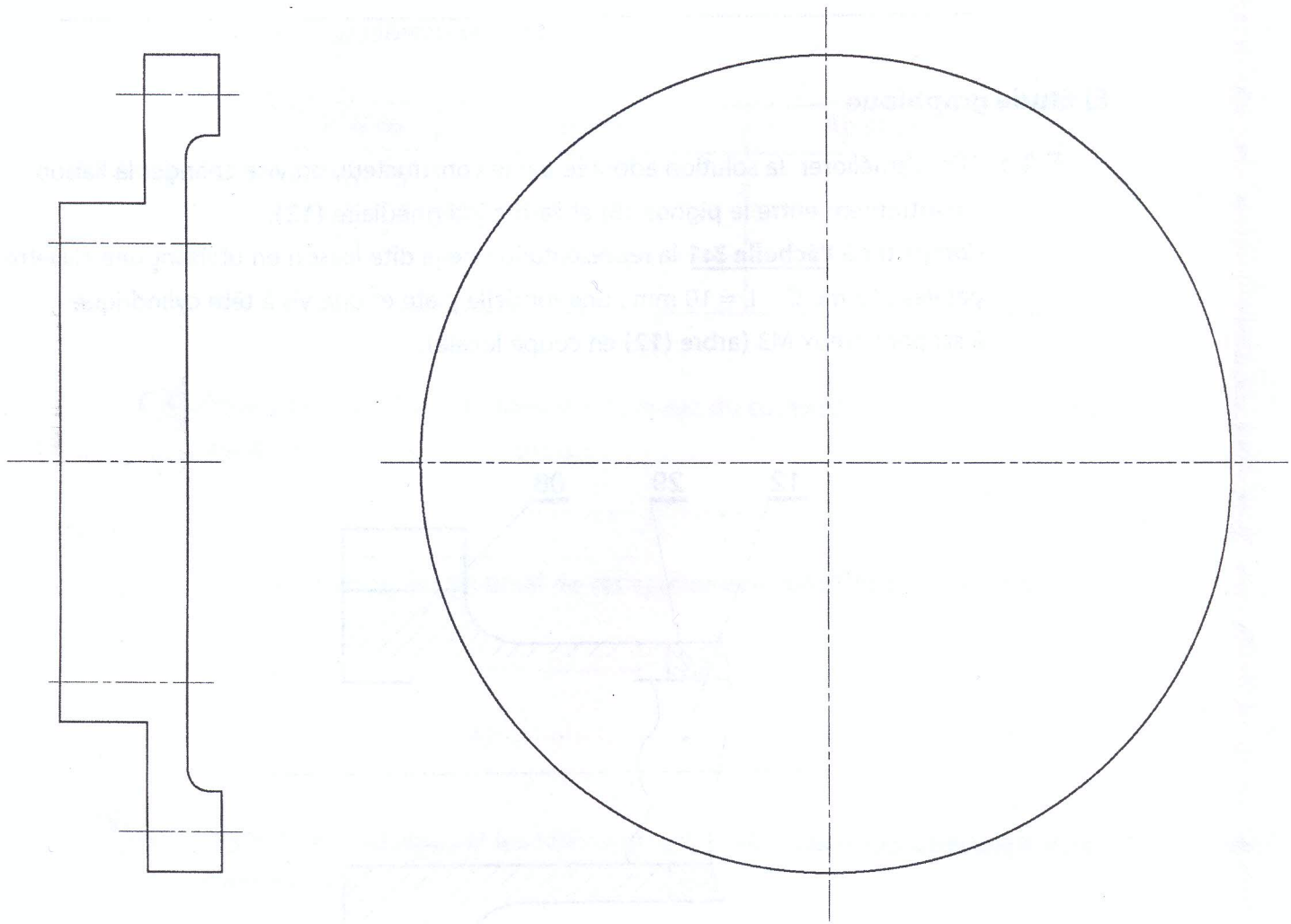
Compléter à **l'échelle 3:1** la représentation de la dite liaison en utilisant une clavette parallèle forme C $L = 10$ mm, une rondelle plate et une vis à tête cylindrique à six pans creux M3 (arbre (12) en coupe locale).



E-2 : Compléter le dessin de définition du boîtier (15) à **l'échelle 1:1** par la vue de face en coupe et la vue de gauche (sans formes cachées) : (**voir verso**)

N.B : La fixation du couvercle (17) et du boîtier (15) sont assurées par 4 vis

NE RIEN ECRIRE ICI



Echelle 1:1