

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL

Etude et Définition de Produits Industriels

Epreuve E1 - Unité U 11

Etude du comportement mécanique d'un système technique

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Compétences et connaissances technologiques associées sur lesquelles porte l'épreuve :

C 12 : Analyser un produit

C 13 : Analyser une pièce

C 21 : Organiser son travail

C 22 : Etudier et choisir une solution

S 1 : Analyse fonctionnelle et structurelle

S 2 : La compétitivité des produits industriels

S 3 : Représentation d'un produit technique

S 4 : Comportement des systèmes mécaniques – Vérification et dimensionnement

S 5 : Solutions constructives – Procédés – Matériaux

S 6 : Ergonomie – Sécurité

DOSSIER CORRIGE

- Dossier travail pages : 4/17 à 13/17

Ces documents ne porteront pas l'identité du candidat, ils seront agrafés à une copie d'examen par le surveillant

Calculatrice et documents personnels autorisés.

BAC PRO E.D.P.I.	1406-EDP ST 11	Session 2014	CORRIGE
Étude du comportement mécanique d'un système technique – U11	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page 1/17

DANS CE CADRE

NE RIEN ECRIRE

Académie :	Session :
Examen :	Série :
Spécialité/option :	Repère de l'épreuve :
Epreuve/sous épreuve :	
NOM :	
(en majuscule, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou liste d'appel)

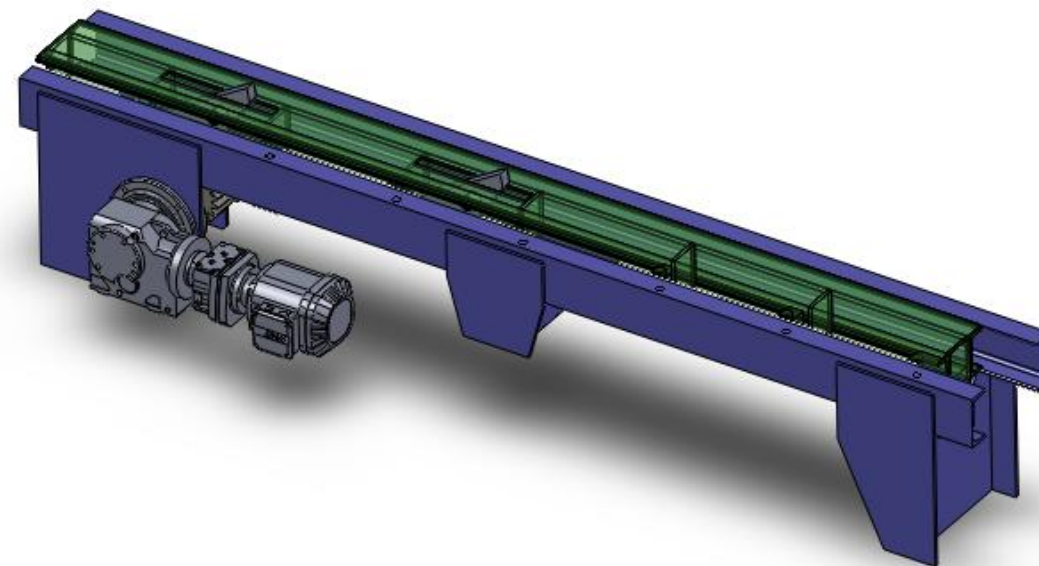
NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Note :

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

DOSSIER TRAVAIL

DOSSIER CORRIGE



Poussoir de wagonnets TCR412

Dossier travail

La société envisage de remédier à ces dysfonctionnements en les traitant indépendamment à travers :

- Une étude cinématique permettant la modification du motoréducteur existant de manière à résoudre le problème de chute de briques.

1. PREMIERE PARTIE : Modification du motoréducteur.....5

1.1. Etude du fonctionnement de l'un des cliquets5

1.2. Etude du déplacement du rail intérieur7

1.3. Choix d'un nouveau motoréducteur.....7

1.4. Validation du respect de la contrainte de production.....8

- Une étude des efforts au niveau des paliers justifiant alors l'ajout d'un palier supplémentaire pour résoudre le problème de blocage du système.

2. DEUXIEME PARTIE : Résolution du blocage du système.....9

2.1. Détermination des efforts dans les paliers de guidage9

2.2. Validation de l'ajout d'un palier supplémentaire.....10

- Une étude dimensionnelle devant valider le dimensionnement de l'axe du cliquet pour pallier au problème de rupture.

3. TROISIEME PARTIE : Vérification du dimensionnement de l'axe du cliquet.....11

3.1. Détermination des efforts exercés sur le cliquet11

3.2. Vérification de la résistance de l'axe12

BAREME INDICATIF (sur 50 points)

1. Première partie :	20 / points
2. Deuxième partie :	15 / points
3. Troisième partie :	15 / points

1. PREMIERE PARTIE : Modification du motoréducteur

Il s'avère que, pendant la phase d'approche, le choc entre le poussoir et le wagonnet entraine la chute de certaines briques du wagonnet.
Après essais, le bureau d'étude a constaté que si ce choc était effectué à une vitesse inférieure à **$V_{limite} = 95mm/s$** , plus aucune briques ne tombaient.
Pour pallier à ce problème, la société envisage donc d'atténuer le choc en réduisant la vitesse d'avance du rail intérieur.
On vous demande de réaliser une étude cinématique dans le but de déterminer un nouveau motoréducteur qui respecte à la fois la **contrainte de vitesse maxi** et les **contraintes de production**.

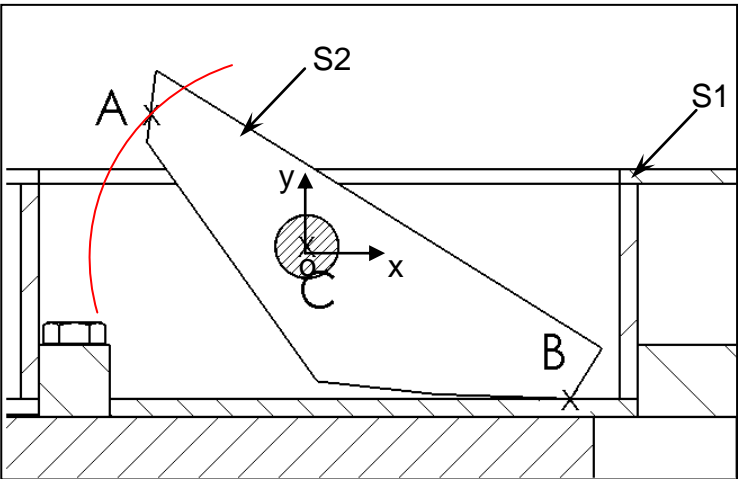
1.1. Etude du fonctionnement de l'un des cliquets

1.1.1. Quel est le mouvement de S2 par rapport à S1?

Mvt S_2/S_1 : **Rotation de centre C**

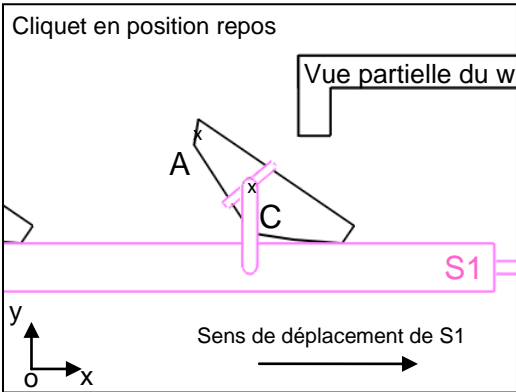
1.1.2. Tracer et repérer la trajectoire $T_{AES2/S1}$ sur le schéma ci-dessous

Arc de cercle de centre C et de rayon CA

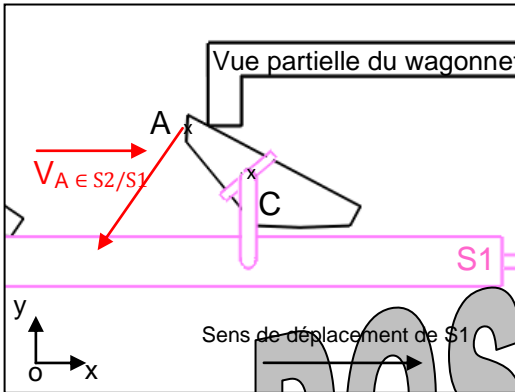


1.1.3. Pour chacun des quatre schémas technologiques suivants et en fonction du mouvement de la partie mobile (S1), indiquer si le cliquet est **immobile**, s'il bascule dans le sens **horaire** ou s'il bascule dans le sens **antihoraire** ?

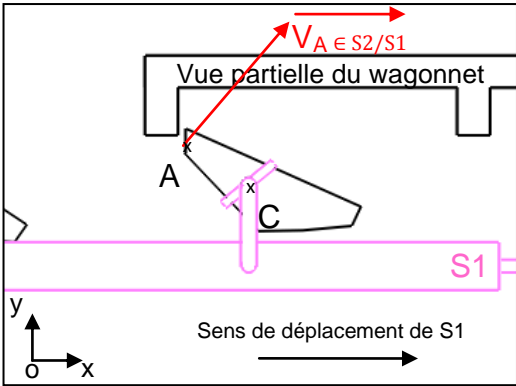
Représenter également sur ces schémas, l'allure du vecteur vitesse $\vec{V}_{A \in S2/S1}$ (sens et direction) dans les cas où il existe.



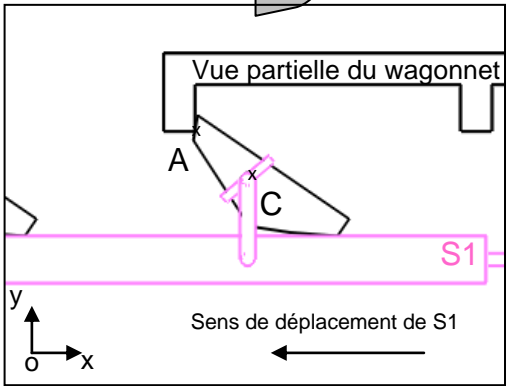
Mouvement du cliquet : **immobile**



Mouvement du cliquet : **antihoraire**

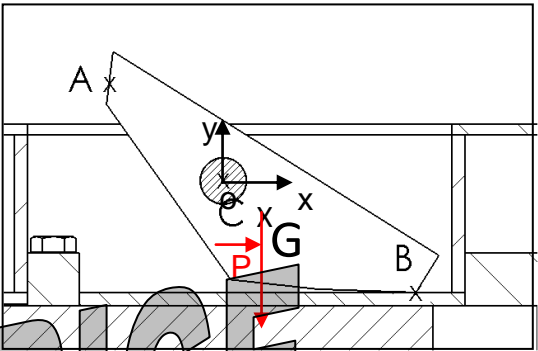


Mouvement du cliquet : **horaire**



Mouvement du cliquet : **immobile**

1.1.4. En prenant en compte la position du centre de gravité G, positionner le poids P et justifier le retour du cliquet dans sa position repos.



Justification : Après être passé sous le wagonnet, le cliquet n'est plus soumis qu'à l'action de deux forces (réaction de l'axe du cliquet sur le cliquet en C et son poids en G). La position du point G par rapport au point C génère un moment sur le cliquet autour de l'axe z impliquant son basculement jusqu'à sa position haute.

1.1.5. En vous aidant du schéma situé dans le dossier technique relatif aux différentes phases de fonctionnement, expliquer brièvement ce qui génère un choc entre le poussoir et le wagonnet.

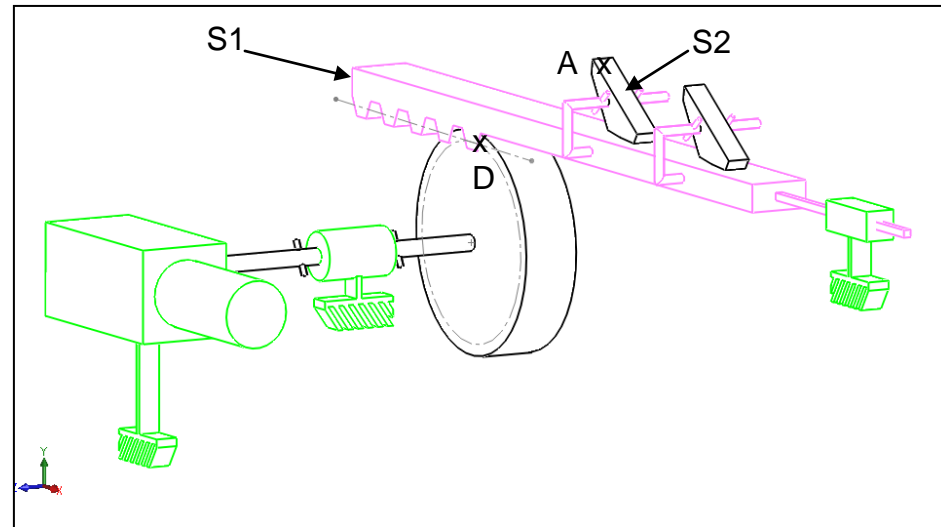
Lorsque le rail intérieur débute sa phase d'avance, le cliquet n'est pas encore en contact avec le wagonnet, il y a un jeu de fonctionnement (183mm ou 150mm sur le schéma de fonctionnement). Une fois ce jeu de fonctionnement compensé par l'avance du rail mobile, le cliquet entre en collision avec le wagonnet à une certaine vitesse. C'est cette collision qui génère le choc.

1.1.6. Proposer des solutions techniques pouvant diminuer ce choc.

- Ajouter des amortisseurs (silentbloc) sur les wagonnets ou sur les cliquets,
- Diminuer la vitesse d'impact : en diminuant ou en régulant la vitesse de déplacement du rail intérieur.
- Réduire considérablement le jeu de fonctionnement.

1.2. Etude du déplacement du rail intérieur

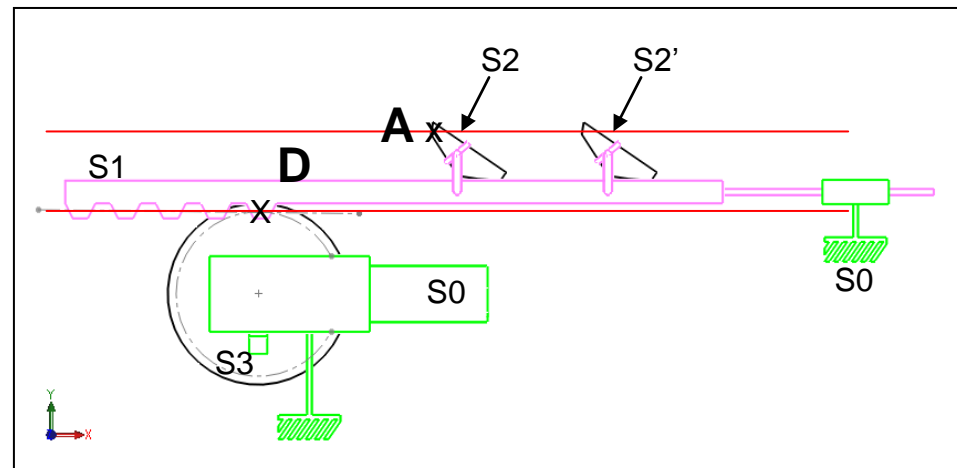
Schéma cinématique du TCR412 :



1.2.1. Quel est le mouvement de S1/S0 ?

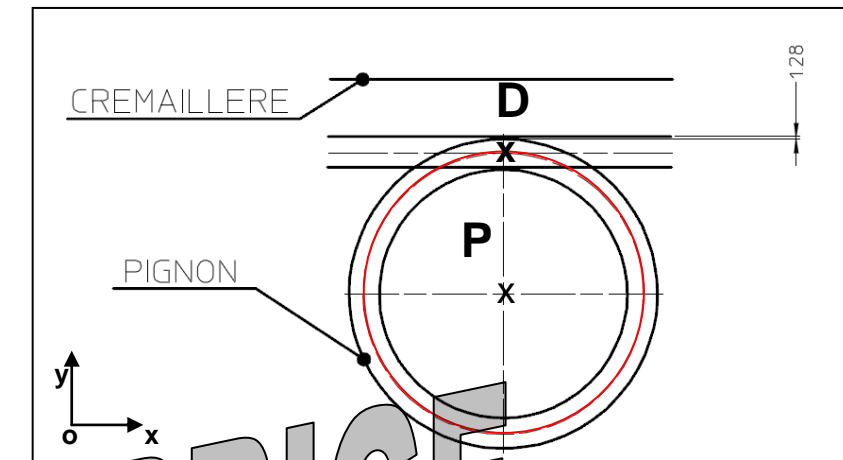
Mvt $S1/S0$: **Translation linéaire**

1.2.2. Tracer et repérer sur le schéma ci-dessous les trajectoires $T_{AES1/S0}$ et $T_{DES1/S0}$.
Droites horizontales passant par A et D



1.2.3. Quel est le mouvement de S3/S0 ?

Mvt $S3/S0$: **Rotation de centre P.**



1.2.4. Tracer et repérer sur le schéma ci-dessus la trajectoire $T_{DES3/S0}$.
Cercle de centre P et de rayon PD

1.3. Choix d'un nouveau motoréducteur

Dans cette partie, on vous demande de choisir une nouvelle configuration du motoréducteur de manière à éviter la chute de briques.

1.3.1. Le diamètre primitif du pignon étant de 160mm et la crémaillère appartenant à l'ensemble S1, en déduire le nombre de tour (N_{tour}) que doit effectuer le pignon pour faire avancer l'ensemble S1 d'une longueur de 2053mm (valeur de la course).

$$N_{\text{tour}} = \text{Course} / (\pi \cdot D) = 2053 / (\pi \cdot 160) = 4,09 \text{ tours}$$

1.3.2. Connaissant la vitesse limite à partir de laquelle les briques ne tombent plus ($V_{\text{limite}} = 95 \text{ mm/s}$), déterminer quelle doit être la vitesse angulaire limite du pignon ω_{limite} (rd/s). En déduire la fréquence de rotation limite n_{limite} (tr/min).

$$\omega_{\text{limite}} = V_{\text{limite}} / R_{\text{pignon}} = 95 / 80 = 1,1875 \text{ rd/s}$$

$$n_{\text{limite}} = \omega_{\text{limite}} \times 60 / 2\pi = 1,1875 \times 60 / 2\pi = 11,34 \text{ tr/min}$$

Le poussoir de wagonnet est actuellement équipé du motoréducteur référencé chez SEW : « K77 DT90L4 BMG-HR + TF ».

Dans un souci économique, la société SEW, nous conseille d'étudier la possibilité de ne changer que la configuration du réducteur.

Cette proposition consiste à changer uniquement certains engrenages du réducteur de manière à modifier sa vitesse de sortie.

1.3.3. A l'aide de l'extrait du catalogue fournisseur situé en ressource (doc ressource 1 – page 15/17), donner la valeur des fréquences de sorties des deux configurations de motoréducteur « K77 DT90L4 BMG-HR + TF » pouvant répondre à cette contrainte de vitesse limite.

Config 1 : $n_{a1} = 10 \text{ tr/min}$

Config 2 : $n_{a2} = 11 \text{ tr/min}$

1.4. Validation du respect de la contrainte de production

Afin de ne pas pénaliser la production, il est nécessaire que le cycle complet du poussoir ne dépasse pas les 92s ($t_{\text{cycle max}} < 92\text{s}$). On se propose de vérifier le respect de ce temps de cycle pour chacune des configurations déterminées.

1.4.1. Indiquer la relation permettant de calculer la vitesse d'avance (en mm/s) du wagonnet en fonction de la fréquence de sortie du motoréducteur et effectuer les calculs pour les deux configurations.

Relation utilisée : $V_a = n_{a1} \times \pi \cdot D_{\text{pignon}} / 60$

Application numérique :

Config 1 : $V_{a1} = 10 \times \pi \times 160 / 60 = 83,77 \text{ mm/s}$

Config 2 : $V_{a2} = 11 \times \pi \times 160 / 60 = 92,15 \text{ mm/s}$

1.4.2. A ces vitesses, indiquer la relation permettant de calculer le temps d'avance nécessaire au parcours des 2053mm de course requis pour aller chercher le wagonnet. Effectuer les calculs pour les deux configurations de motoréducteur.

Relation utilisée : $t_a = \text{course} / V_a$

Application numérique :

$t_{a1} = 2053 / 83,77 = 24,51 \text{ s}$

$t_{a2} = 2053 / 92,15 = 22,28 \text{ s}$

Après avoir questionné le constructeur du motoréducteur, il s'avère qu'à vide, l'accélération angulaire du motoréducteur est constante et égale à : $\gamma = 4 \text{ rad/s}^2$.

Indiquer la relation permettant de calculer le temps nécessaire pour passer de 0mm/s à V_a .

Effectuer les calculs pour les deux configurations de motoréducteur.

Relation utilisée : $t_a = V_a / (R_{\text{pignon}} \cdot \gamma)$

Application numérique :

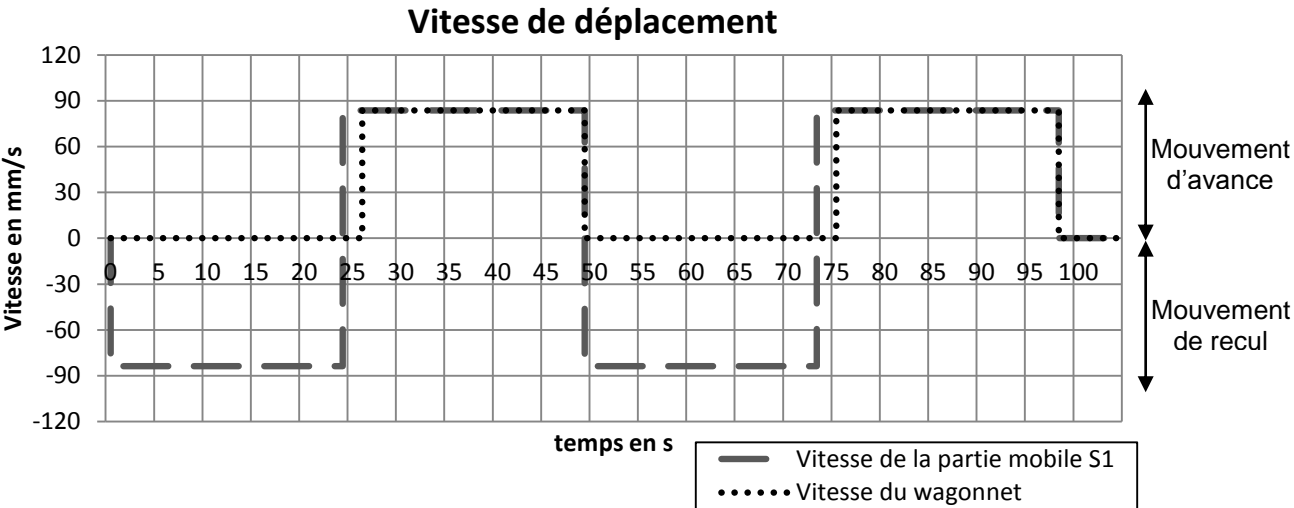
$t_{\text{acc}1} = 83,77 / (80 \times 4) = 0,26 \text{ s}$

$t_{\text{acc}2} = 92,15 / (80 \times 4) = 0,28 \text{ s}$

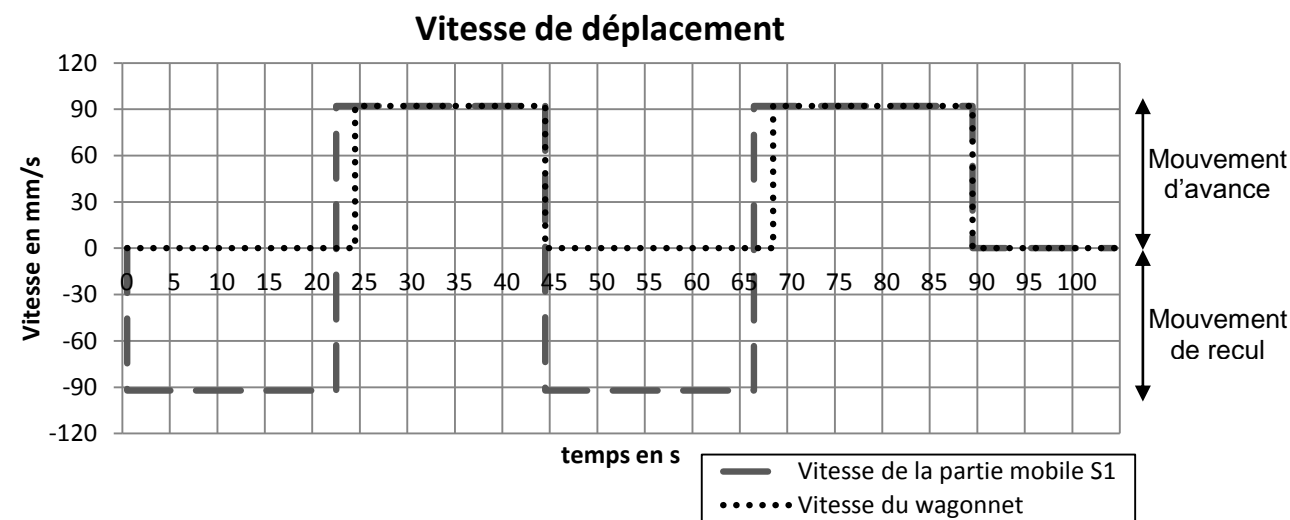
Dorénavant, on considérera que la phase d'accélération est instantanée soit $t_{\text{acc}} = 0 \text{ s}$ et que la vitesse d'avance est égale à la vitesse de recul soit $V_a = V_r$.

Les différentes phases de fonctionnement du poussoir (cf. dossier technique) et les valeurs de V_a et t_a déterminées précédemment, ont permis de tracer le graphique des vitesses du wagonnet et de la partie mobile S1 en fonction du temps.

Graphique des vitesses de déplacement relative à la configuration 1 :



Graphique des vitesses de déplacement relative à la configuration 2 :



1.4.3. A partir de ce graphique, déterminer les nouveaux temps de cycle correspondant aux deux configurations.

$t_{\text{cycle1}} \approx 98\text{s}$

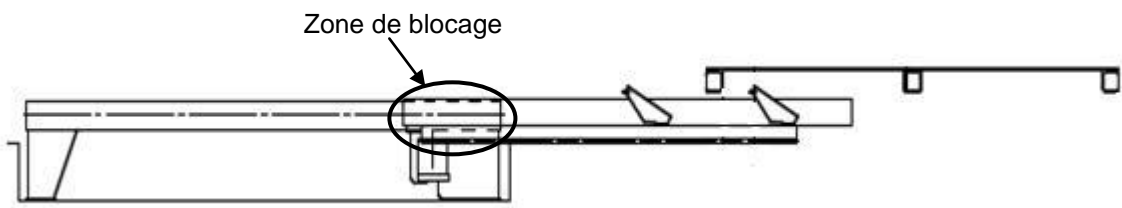
$t_{\text{cycle2}} \approx 89\text{s}$

Conclure quant aux vitesses qui respectent le temps de cycle :

Conclusion : **Seule la deuxième configuration permet de respecter le temps de cycle** puisque $t_{\text{cycle2}} \approx 89 < 92\text{s}$ ($t_{\text{cycle maxi}}$).

2. DEUXIEME PARTIE : Résolution du blocage du système

On constate que le système se bloque occasionnellement au moment où la partie mobile entame son mouvement d'avance.



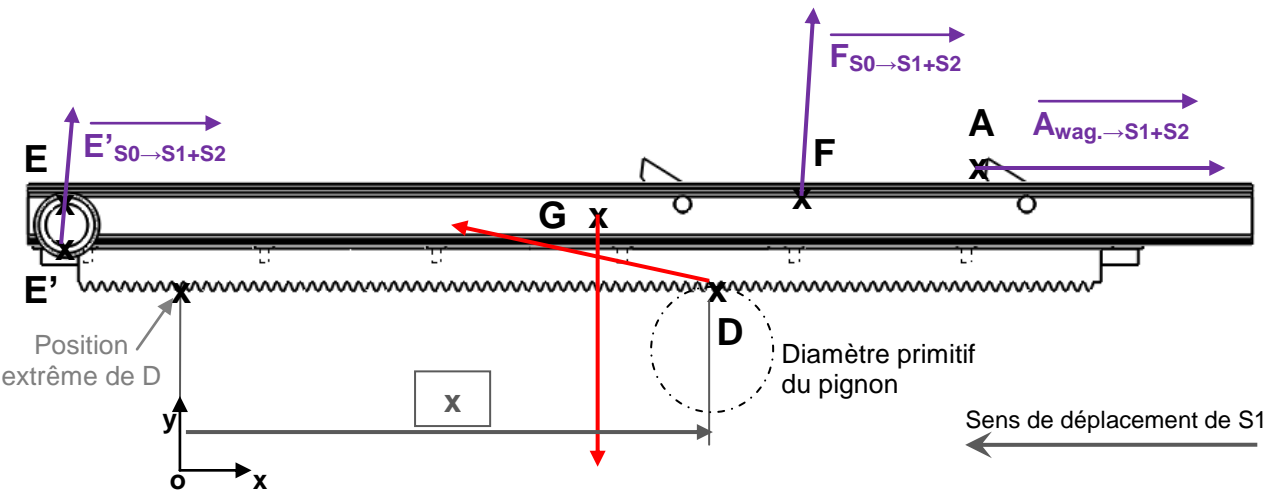
Dans cette partie, on cherche à déterminer les efforts sur les paliers guidage, qui entraînent le blocage du système.

2.1. Détermination des efforts dans les paliers de guidage

On isole {S1+S2}
On considère le problème plan.
On donne :

- $\vec{A}_{\text{wag} \rightarrow \text{S1+S2}}$, l'effort nécessaire au déplacement du wagonnet : $\vec{A}_{\text{wag} \rightarrow \text{S1+S2}} = 1000.\vec{x}$ (N).
- **A** le point de contact entre le wagonnet et le cliquet S2.
- **m_{S1+S2}** la masse du système {S1+S2}. **m_{S1+S2} = 194Kg.**
- **G** le centre de gravité du système {S1+S2}.
- **F** et **E** ou **E'**, les points de contact entre S0 et {S1+S2}.
- **Coefficient de frottement** entre S0 et S1 (qui tient compte de la résistance aux roulements) : **k_f = 0,1** (équivalent à un angle de 6°)
- **D** le point de contact entre S3 et S1. Angle de pression pignon/crémaillère **α = 20°**

2.1.1. Tracer sur le schéma ci-dessous, l'allure (sens et direction) du vecteur $D_{S3 \rightarrow S1+S2}$ représentant l'action mécanique du pignon exercée sur $\{S1+S2\}$ ($\alpha = 20^\circ$) et l'allure du vecteur $P_{\text{terre} \rightarrow S1+S2}$, représentant l'action de l'attraction terrestre exercée sur $\{S1+S2\}$.

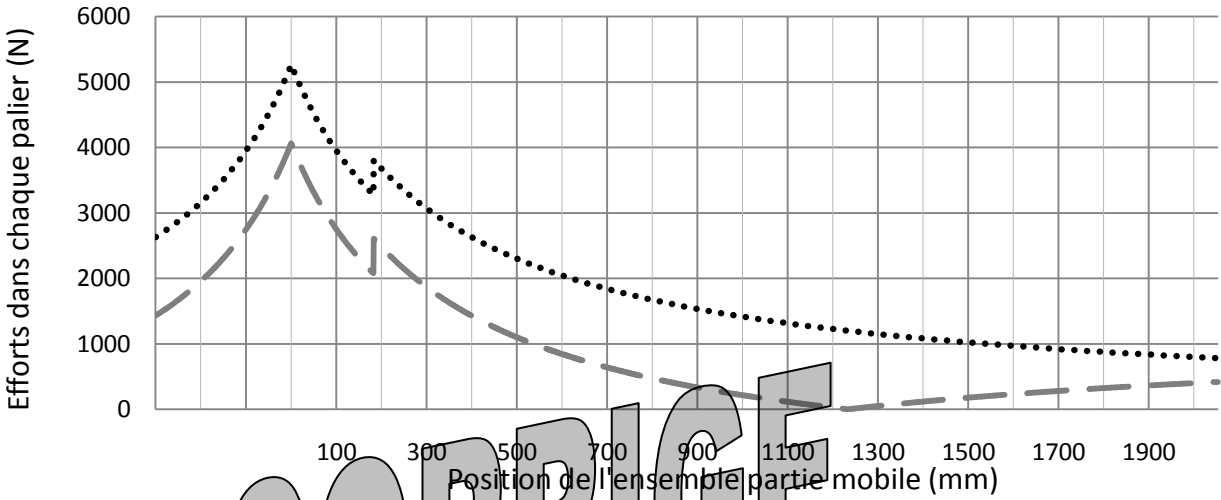


2.1.2. Compléter le tableau de bilan des actions mécaniques exercées sur $\{S1+S2\}$

Action	Point d'application	Direction	Sens (à représenter par une flèche)	Intensité
$A_{\text{Wagonnet} \rightarrow S1+S2}$	A	horizontale	\rightarrow	1000N
$P_{\text{terre} \rightarrow S1+S2}$	G	verticale	\downarrow	1903N
$F_{S0 \rightarrow S1+S2}$	F	verticale + 6°	\nearrow	?
$E_{S0 \rightarrow S1+S2}$	E ou E'	verticale + 6°	\nearrow	?
$D_{S3 \rightarrow S1+S2}$	C	horizontale + 20°	\nwarrow	?

A partir de ces données, un logiciel de simulation a permis d'obtenir les résultats suivants :

Evolution des efforts dans chaque palier



2.1.3. Déterminer à l'aide du graphique ci-dessus l'effort maximal dans les paliers de guidage.

$\parallel F_{S0 \rightarrow S1+S2} \text{ max} \parallel = 5200N \pm 100N$

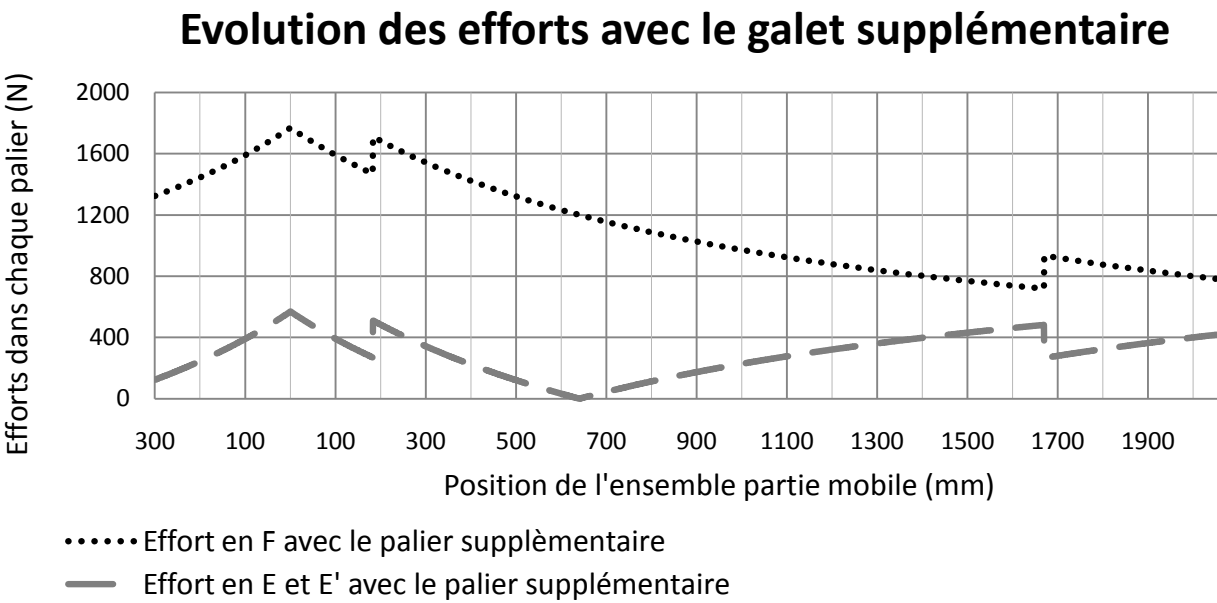
$\parallel E_{S0 \rightarrow S1+S2} \text{ max} \parallel = 4100N \pm 100N$

2.1.4. Expliquer pourquoi il y a un saut de la courbe à la position $x=183\text{mm}$
Ce saut exprime le moment où le poussoir entre en collision avec le wagonnet.
Ces 183mm correspondent au jeu de fonctionnement.

2.2. Validation de l'ajout d'un palier supplémentaire

En fonction de la position de blocage relevée en usine et des valeurs obtenues par simulation, la société a déterminé que le système se bloque à partir d'un effort dans chaque palier de **3800N**. Pour chercher à diminuer ces efforts, le bureau d'étude envisage d'adapter sur le système existant, un palier supplémentaire.
Cette nouvelle proposition est représentée sur les documents 2 et 3 du dossier ressource.

Après avoir entré dans le logiciel de simulation les nouvelles données relatives au palier supplémentaire, on obtient les résultats suivants :



2.2.1. A l'aide de ces résultats, justifier si cette nouvelle conception permet d'éviter le blocage du système ?

Avec cette nouvelle conception, les efforts maxi restent largement inférieurs aux 3800N. Il n'y aura donc plus de blocage.

3. TROISIEME PARTIE : Vérification du dimensionnement de l'axe du cliquet

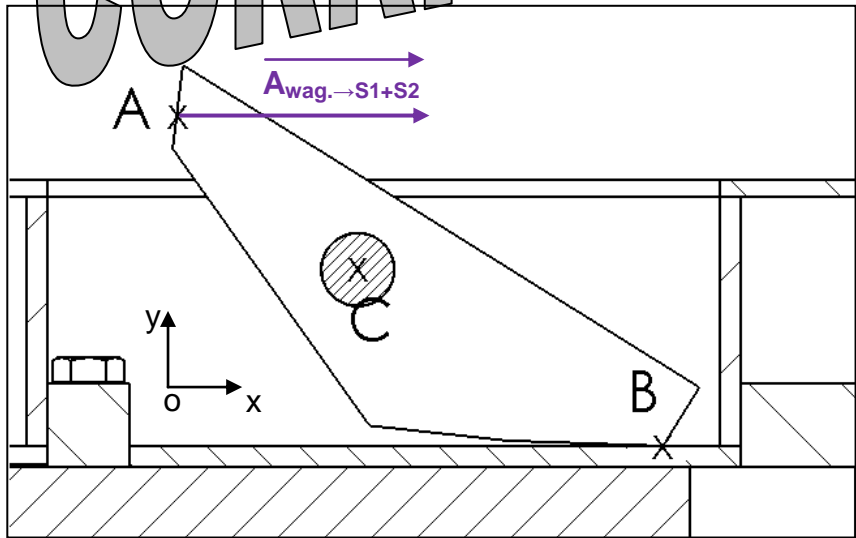
Le choc entre le poussoir et le wagonnet entraine la détérioration prématurée de l'axe du cliquet le conduisant à se rompre.
Dans la première partie, nous avons changé la configuration du réducteur ayant pour conséquence de diminuer le choc.
Dans cette dernière partie, on se propose de vérifier si les dimensions actuelles de cet axe permettent de résister à ce nouveau choc.

3.1. Détermination des efforts exercés sur le cliquet




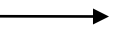


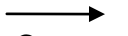
Pour cela, on procédera de la façon suivante :
On considère le problème plan,
On isole le cliquet

On donne :

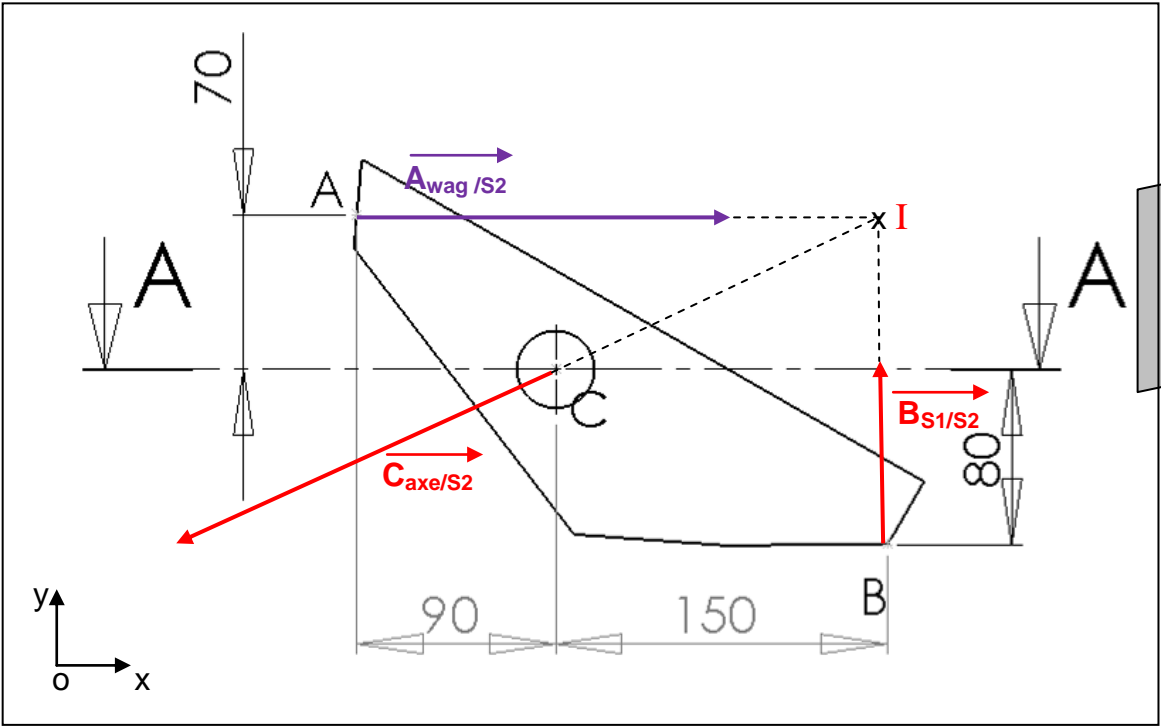
- $\vec{A}_{wag \rightarrow S1+S2}$, l'effort nécessaire au déplacement du wagonnet : $\vec{A}_{wag \rightarrow S1+S2} = 1000 \cdot \vec{x}$ (N)



3.1.1. Compléter le tableau des actions mécaniques exercées sur le cliquet

Action	Point d'application	Direction	Sens (à représenter par une flèche)	Intensité
 $A_{\text{Wagonnet/S2}}$	A			1000N
 $B_{\text{S1/S2}}$	B			?
 $C_{\text{axe/S2}}$	C	?	?	?

3.1.2. Déterminer par la méthode de votre choix, la valeur des efforts $B_{\text{S1/S2}}$ et $C_{\text{axe/S2}}$ appliqués sur le cliquet, et représenter les sur le schéma ci-dessous.

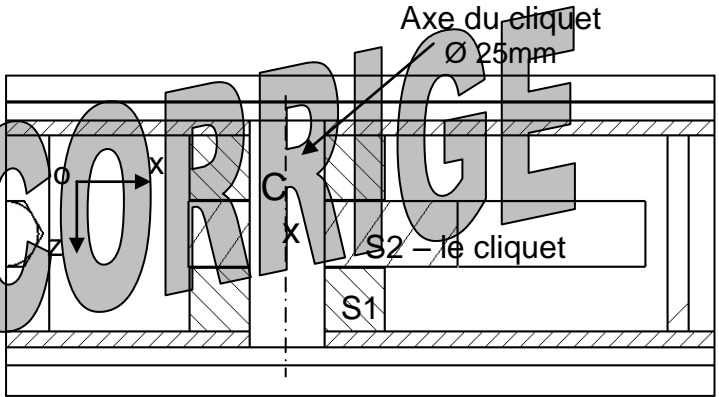


Méthode graphique: échelle 50 mm → 1000 N
Les 3 forces sont concourantes
D'où $\|C_{\text{axe/S2}}\| = 1100\text{N}$

Méthode analytique :
Projection /x => $1000 + X_c = 0$ $X_c = -1000\text{N}$
Projection /y => $Y_B + Y_c = 0$ $Y_c = -467\text{N}$
Moment /z => $150 \cdot Y_B - 70 \cdot 1000 = 0$ $Y_B = 70 \cdot 1000 / 150 = 467\text{N}$
D'où $\|C_{\text{axe/S2}}\| = \sqrt{1000^2 + 467^2} = 1103,5\text{N}$

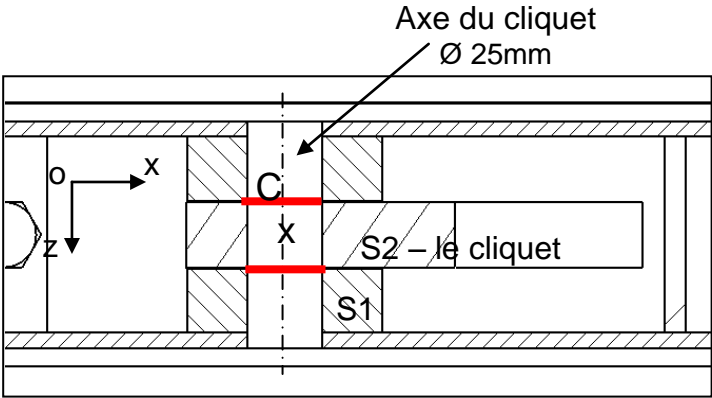
3.2. Vérification de la résistance de l'axe

Vue de dessus en coupe de l'ensemble {S1+S2} (cf. zone de coupe suivant A-A sur le schéma précédent)



3.2.1. Déterminer le type de sollicitation supportée par les axes.
Cisaillement (sur deux sections)

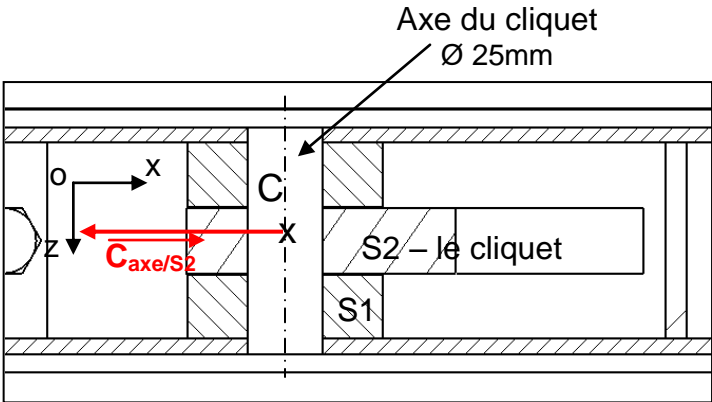
3.2.2. Sur le schéma ci-dessous, colorier la ou les sections de l'axe sollicitées



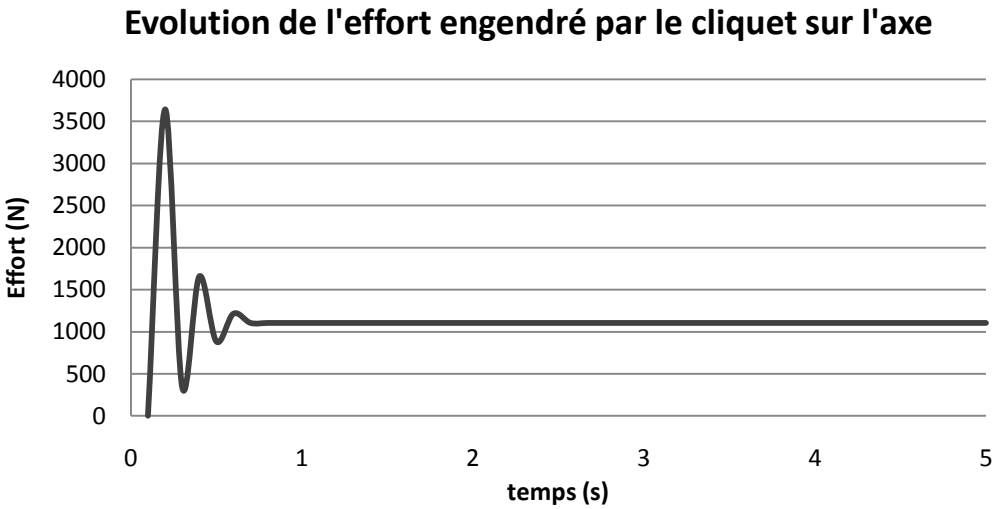
3.2.3. Le diamètre de l'axe étant de 25mm, déterminer la surface S d'une de ces sections.

$$S = (\pi \times D^2 / 4) = 3,14 \times 25^2 / 4 = 490,9\text{mm}^2$$

3.2.4. Sur le schéma ci-dessous et à partir du schéma du paragraphe 3.1, représenter l'effort $\overrightarrow{C_{axe/S2}}$, par un vecteur sans dimensions.



Après une analyse plus fine, on obtient l'évolution de l'effort dans le temps exercé sur l'axe d'articulation du cliquet.



3.2.5. A partir de l'évolution de cet effort, quelle valeur de celui-ci convient-il de prendre pour déterminer de la contrainte maximale ?

$$\|\overrightarrow{C_{axe/S2\ max}}\| = 3600\ N$$

3.2.6. Déterminer la contrainte maximale exercée sur l'axe d'articulation.
On donne : $\tau_{max} = N_{max} / (n \times S)$

avec : τ_{max} est la contrainte maximale
N est l'effort normal,
S la surface de la section sollicitée
n le nombre de section sollicitée.

$$\tau_{max} = 3600 / (2 \times 490,9) = 3,66\ N/mm^2 = 3,66\ MPa$$

3.2.7. Déterminer la contrainte maximale admissible

$$\text{On donne : } \tau_{adm} = R_{pg} / S$$

avec R_{pg} la résistance pratique au glissement
 R_{eg} la limite d'élasticité au glissement, $R_{eg} = 130\ MPa$
S le coefficient de sécurité. On prendra $S = 5$

$$\tau_{adm} = 133 / 5 = 26,6\ MPa$$

3.2.8. Faut-il envisager des modifications sur l'axe ?

$\tau_{max} < \tau_{adm}$
La condition de résistance est donc respectée.
Il n'est donc pas envisagé de modification de l'axe.