

CAPLP

CONCOURS EXTERNE

Section: GÉNIE MÉCANIQUE

Options :
**CONSTRUCTION
PRODUCTIQUE**

**MAINTENANCE DES VÉHICULES A MOTEUR, MACHINES AGRICOLES, ENGINES DE
CHANTIER**

MAINTENANCE DES SYSTÈMES MÉCANIQUES AUTOMATISÉS

<h2>SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES</h2>

Durée : 6 heures – Coefficient : 1

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999)

Aucun document autorisé

THÈME :

MACHINE POUR CHARGEMENT DE VERRES

Ce sujet est la propriété du candidat et ne doit pas lui être repris, même partiellement, au cours de l'épreuve. Il fournit toutes les indications nécessaires au travail demandé

Matériel autorisé :

- Tous les instruments usuels du dessinateur.

Documents remis au candidat :

- Présentation et sujet : **Page 1/12 à page 12/12**
- Dossier technique : **DT1 à DT4**
- Dossier ressource : **Document ressource 1 à document ressource 4.**
- Documents réponse : **DR1 à DR7 (à rendre obligatoirement, en fin d'épreuve avec la copie).**

Pour résoudre les questions posées, le candidat est invité à formuler toutes les hypothèses jugées nécessaires.

MACHINE POUR CHARGEMENT DE VERRES

Documents remis aux candidats :

Dossier présentation et travail demandé

- Présentation du support pages 1 à 4
- Texte du sujet pages 5 à 12

Dossier technique

- Document technique DT1 : Ensemble du mécanisme de transfert.
- Document technique DT2 : Plan d'ensemble de la machine de chargement.
- Document technique DT3 : Nomenclature.
- Document technique DT4 : Perspectives de la machine.

Dossier ressource

- Document ressource 1 : présentation du paramétrage
- Document ressource 2 : présentation du servomoteur Vickers
- Document ressource 3 : caractéristiques techniques du servomoteur Vickers
- Document ressource 4 : dimensions et rendements des réducteur Atlanta

Dossier réponse à rendre en fin d'épreuve

- 7 feuilles réponses DR1 à DR7

Notes aux candidats

Lors de la correction, il sera tenu compte de :

- La rigueur des développements mécaniques et des hypothèses formulées.
- La qualité de présentation de la copie.
- La syntaxe et de l'orthographe.

LE CANDIDAT
REDIGERA
LES DIFFERENTES PARTIES
SUR DES
COPIES SEPAREES.

DOSSIER PRESENTATION ET TRAVAIL DEMANDE

Ce dossier comporte 12 pages numérotées de 1 à 12

- Présentation du support pages 1 à 4
- Texte du sujet pages 5 à 12

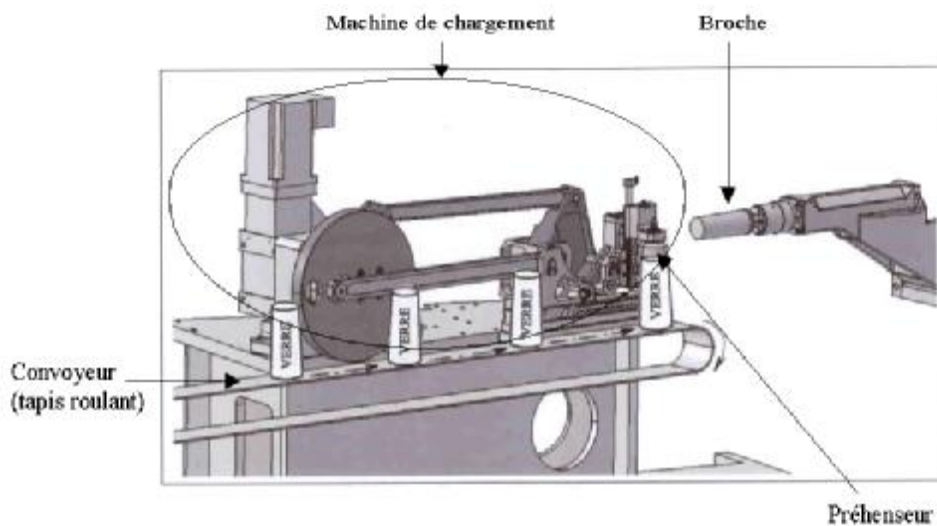
PRESENTATION

Mise en situation :



Le système étudié est utilisé dans une entreprise qui produit des objets en cristal et en verre. C'est ainsi que sont créées régulièrement des collections de verres spécialement dessinés avec des gravures en relief.

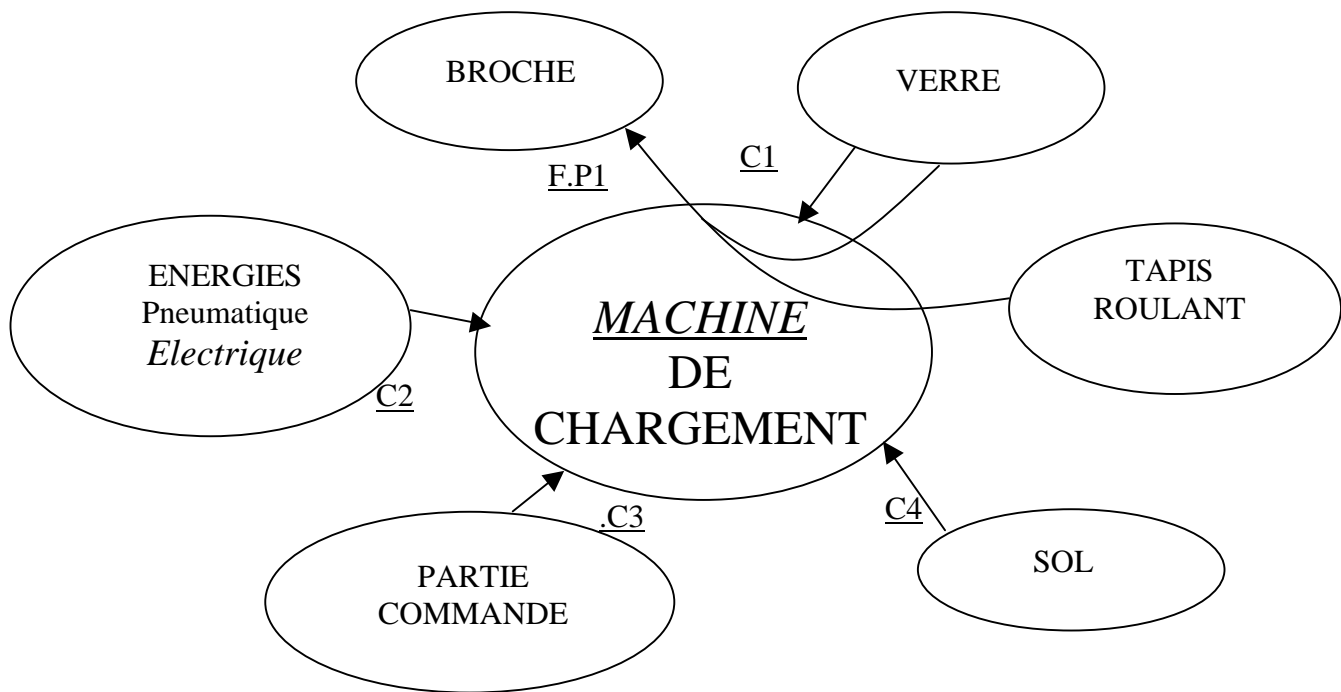
Présentation du système de transfert des verres vers l'unité de gravage



Principe

- Les verres sont acheminés par tapis roulant sous le préhenseur d'une machine de chargement.
- Ce préhenseur saisit un article au moyen d'une ventouse (*cadence : 80 verres par minute*).
- La machine bascule le verre et l'engage sur une broche où il est maintenu par dépression.
- Un plateau tournant (voir le document technique 1), sur lequel sont fixés une série de broches, pivote de 120° autour d'un axe vertical, afin de positionner le verre près de l'outil de gravage.
- La gravure terminée, le plateau pivote à nouveau de 120°. L'article est évacué.

Fonctions de service assurées par la machine de chargement



Fonction Principale :

F.P TRANSFERER UN VERRE D'UN TAPIS ROULANT SUR UNE BROCHE (POUR GRAVAGE).

Fonctions contraintes :

- C1 REGLER LA MACHINE DE CHARGEMENT EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU VERRE.
- C2 ALIMENTER LA MACHINE EN ENERGIE.
- C3 INTEGRER LE PROCESSUS DE FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE DANS LE PROGRAMME DE LA PARTIE COMMANDE.
- C4 ASSURER LA STABILITE DE LA MACHINE PAR RAPPORT AU SOL.

Problèmes rencontrés lors du transfert du verre du tapis roulant vers la broche.

(Fonctions de service : FP1 et C2)

Lors du transfert du verre sur la broche, 5% des articles se brisent ou chutent.

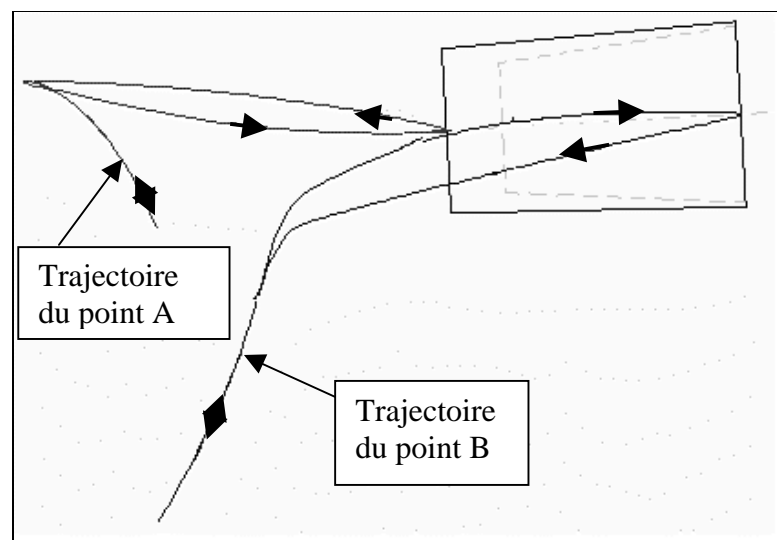
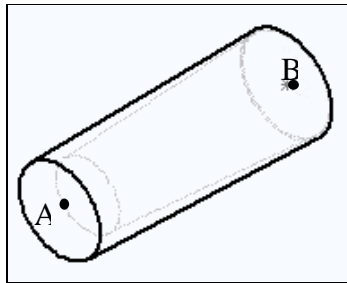
Il s'avère que la rupture des verres est essentiellement due à des chocs avec le pré centreur 10 ou le bloc de centrage 11 (*voir documents techniques 1,2 et 3*).

Une étude détaillée du déplacement du verre a été réalisée afin d'analyser l'origine des chocs.

Trajectoires théoriques du centre A de la base du verre et du centre B de l'extrémité du verre :

Hypothèses de construction des trajectoires suivantes:

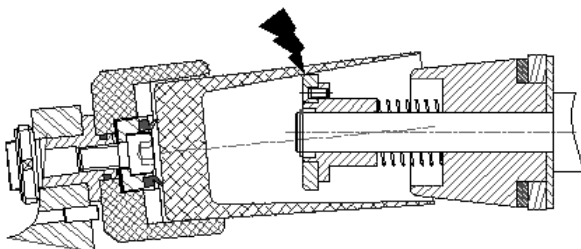
- le verre a une hauteur de 100mm
- Le verre ne quitte pas le contact avec la ventouse



Trois risques de rupture du verre par choc avec les éléments de la broche ont été ainsi identifiés :

Risque 1 :

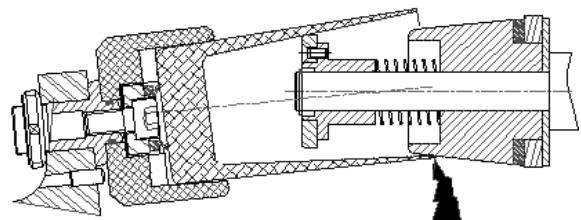
Lors de la prise de contact avec le pré centreur 10 :



Le verre est alors dévié.
Les points ne suivent plus la trajectoire théorique.

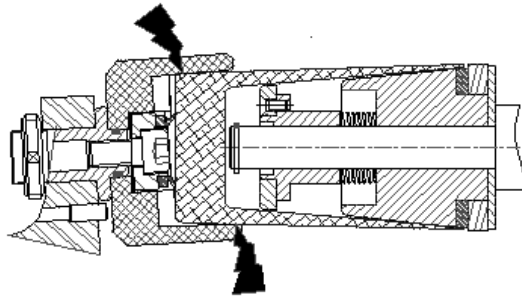
Risque 2 :

Le verre a pivoté dans le bloc polyamide de la ventouse.
En basculant, il entre en contact avec le centreur 11.



Risque 3 :

Etant donné le jeu entre le verre et l'alésage du bloc polyamide de la ventouse, il peut y avoir arc-boutement entre les deux pièces.



Problématique :

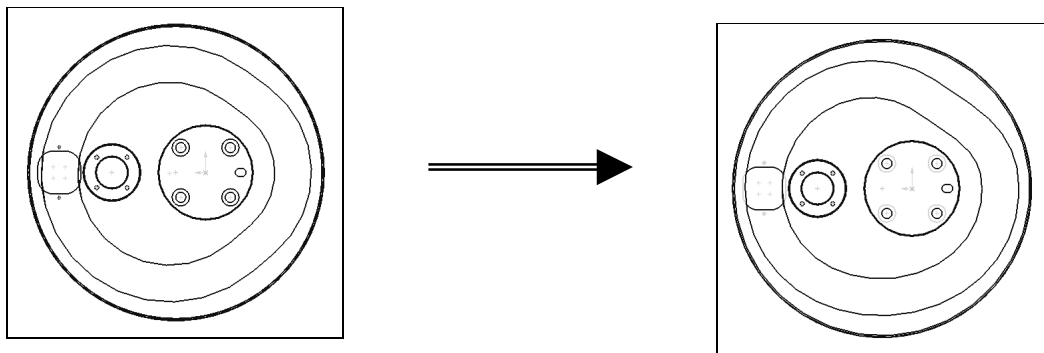
Les responsables de production veulent réduire le pourcentage de bris des verres lors de leur mise en place sur la broche.

Les trajectoires des différents points du verre ne sont pas satisfaisantes. Il faut donc les corriger.

De plus, les responsables du marketing veulent étoffer la gamme de leurs produits. Ils désirent pouvoir graver des articles d'une plus grande hauteur (*jusque 130mm*).

Pour ces raisons, une nouvelle étude a été effectuée. Un nouveau profil pour la came 1 doit permettre d'atteindre les objectifs prédéfinis.

La came initiale avait un profil symétrique. Elle sera remplacée par une came à profil asymétrique



On se propose de vérifier si l'approche du verre suivant l'axe de broche est satisfaisante avec la nouvelle came.

Le nouveau profil entraîne aussi une modification du comportement dynamique de l'ensemble de la machine de déchargement. Il faudra donc étudier dynamiquement le mécanisme et vérifier si le moteur est toujours correctement adapté.

SCENARIO DE L'ETUDE PROPOSEE

Analyser la machine de chargement dans la partie 1 :

- Effectuer une étude fonctionnelle interne du mécanisme à l'aide d'un diagramme FAST.
- Analyser les liaisons d'une chaîne cinématique, et en tirer des conséquences technologiques.
- Elaborer un graphe de démontage de la came.
- Etudier les déplacements des différentes pièces du mécanisme en effectuant une construction graphique dans une position particulière.
- Modéliser cinématiquement le mécanisme : réaliser un schéma cinématique spatial.

Etudier le comportement mécanique du système :

- Effectuer une étude cinématique et dynamique :
 - analytique dans les parties 2 et 3.
 - graphique dans la partie 4.
- Valider le choix du moteur dans la partie 5.

-A- Compréhension du mécanisme

PARTIE 1

Dans un premier temps, nous allons analyser la structure générale du mécanisme de chargement.

Question 1-1 :

Compléter (sur le document réponse DR1) le diagramme FAST relatif à la fonction principale « Transférer un verre d'un tapis roulant sur une broche ».

Question 1-2 :

Compléter (sur le document réponse DR2) le schéma cinématique spatial de ce mécanisme de chargement. Seules les fonctions « Basculer le préhenseur et le verre en position horizontale » et « Engager le verre sur la broche » seront prises en compte. La position angulaire de la came 1 est telle que le verre est engagé sur la broche (voir figure de la page 6).

Question 1-3 :

Compléter le graphe des liaisons (sur le document réponse DR3).

Calculer le degré d'hyperstatisme de ce sous-ensemble.

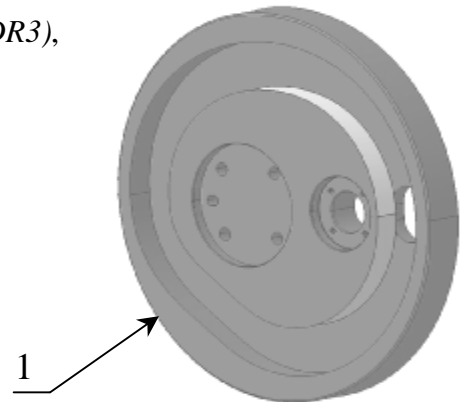
Question 1-4 :

Indiquer (sur le document réponse DR3) quelles sont les conséquences technologiques (*réglages, efforts, durée de vie de certains composants...*) de cet hyperstatisme.

Proposer, sous forme d'un graphe de liaisons (document réponse DR3), une modification pour rendre cet assemblage isostatique.

Un nouveau plateau came 1 a été conçu et fabriqué.

Il va permettre un meilleur engagement du verre sur la broche,
Et donc limiter les risques de casse.



Question 1-5 :

Les opérateurs doivent donc, sur le site de production, effectuer la dépose de l'ancienne came 1 pour procéder à son remplacement.

La faible distance (voir document technique 1) séparant cette pièce et le support 16, ne permet pas le passage d'un outil de démontage standard.

Afin de ne pas dérégler le mécanisme, on souhaite ne pas déplacer le bloc moto réducteur {16+17}.

Elaborer (sur le document réponse DR4) une gamme de démontage de la came 1.

Repérer (repères 20, 21, 22 ...), sur ce même document, les pièces concernées par les différentes opérations de démontage et non référencées dans la nomenclature.

On souhaite connaître la position exacte du verre lorsque le nouveau plateau came a effectué une rotation d'amplitude 120°.

Question 1-6 :

Déterminer graphiquement (sur le document réponse DR5) les nouvelles positions :

- des centres des différentes liaisons.
- de la base du verre et de son axe.

Les tracés permettant les localisations des centres des liaisons devront subsister sur le document réponse.

Conclure.

-B- Vérification du choix du moteur

Objectif : Le changement du profil de la came a entraîné des modifications des grandeurs cinématiques. Il est donc nécessaire de vérifier si le couple délivré par le moteur est suffisant au regard des nouvelles accélérations des pièces constitutives du système.

Toute l'étude se fera en régime établi.

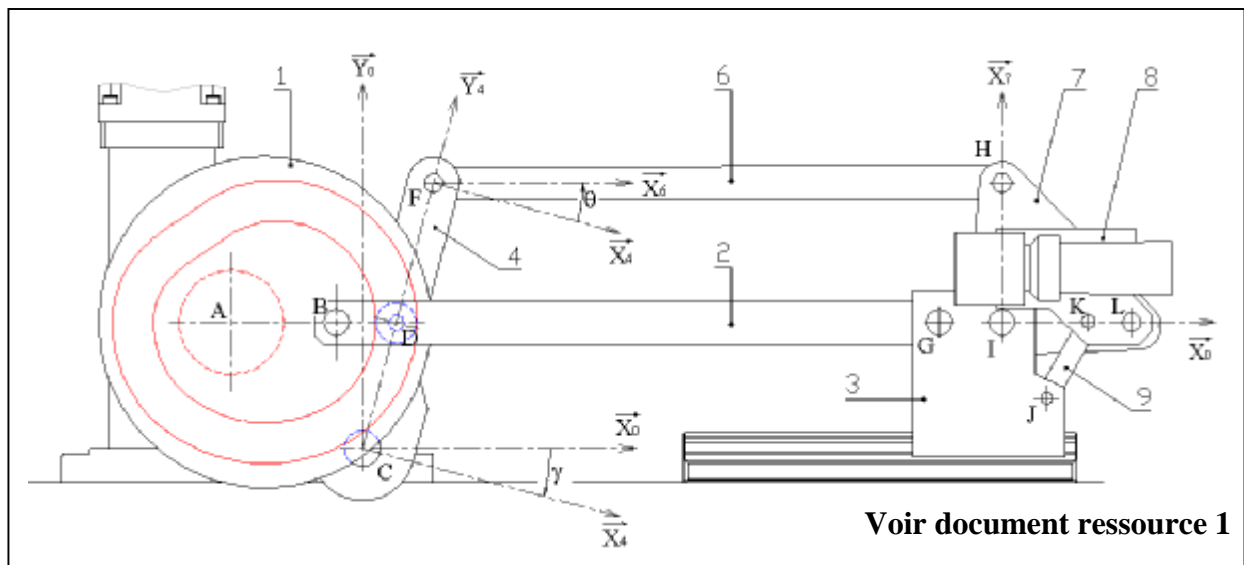
Pour déterminer ce couple le théorème de l'énergie cinétique sera appliqué à l'ensemble mobile. Avant d'appliquer le théorème, une étude sera développée pour chaque sous système.

Le calcul numérique sera effectué pour la situation la plus défavorable.

Les longueurs sont données dans l'énoncé en mètre sauf indications particulières.

Remarques : Le développement des études des différentes parties se fera sur copies séparées.

Les résultats finaux seront reportés sur une feuille de synthèse Document réponse DR6



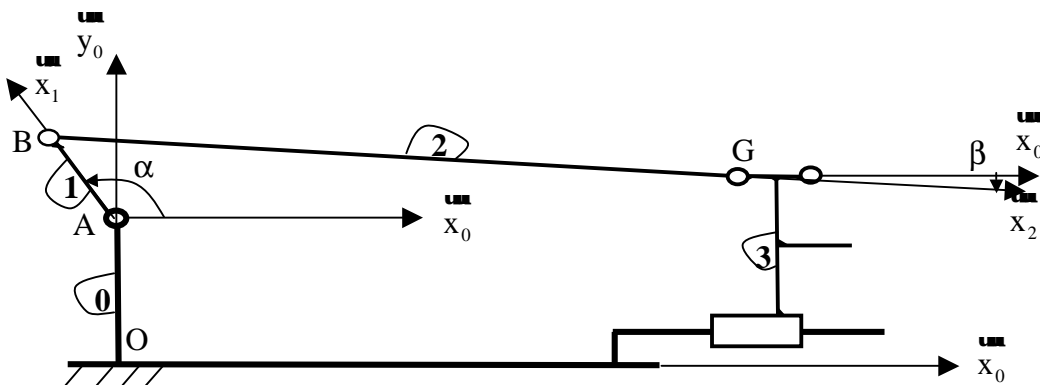
PARTIE 2

Analyse de la fonction technique
« **ENGAGER LE VERRE SUR LA BROCHE** »

Etude du mécanisme bielle manivelle

Ce mécanisme est constitué du plateau came 1, de la bielle 2 et du coulisseau 3.

Le plateau came est fixé sur l'arbre de sortie du réducteur



Données :

	Came 1	Arbre de sortie	coulisseau
masse	25kg	6,5kg	10kg
Moment d'inertie	$I_{G1z} = 0,445 \text{ kg.m}^2$	$I_{Az} = 0,056 \text{ kg.m}^2$	

G_1 : centre de gravité du plateau came

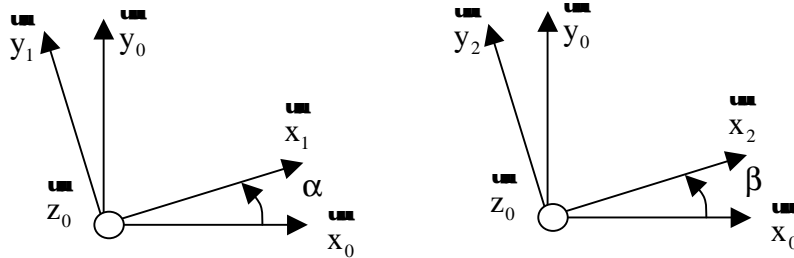
Paramétrage :

Soit :

x : l'abscisse du point G appartenant à l'axe du pivot entre le coulisseau 3 et la bielle 2.

α : Le paramètre angulaire dû à la rotation de la came 1 par rapport au bâti 0.

β : Le paramètre angulaire dû à la rotation de la bielle 2 par rapport au bâti 0.



$$\begin{aligned} \vec{OA} &= 0,1815\vec{y}_0 \\ \vec{AG}_1 &= 0,028\vec{x}_1 \end{aligned}$$

$$\vec{AB} = 0,120\vec{x}_1$$

$$\vec{BG} = 0,690\vec{x}_2$$

$$\vec{OG} = x\vec{x}_0 + 0,1885\vec{y}_0$$

Hypothèses :

- Les masses des autres pièces de ce sous système sont négligées
- Toute l'étude se fera en régime établi : la vitesse angulaire $\dot{\alpha}$ est constante.

Question 2-1 :

Calculer le moment d'inertie suivant l'axe Az de l'ensemble came + arbre de sortie du réducteur
(Reporter le résultat case A1 du document DR6)

Question 2-2 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements du plateau came 1 par rapport au bâti 0.
Ce torseur sera défini au point A et ses composantes seront exprimées en fonction du paramètre α .
(Reporter le résultat case B1 du document DR6)

Question 2-3 :

Déterminer, en fonction des données et de $\dot{\alpha}$, l'expression de l'énergie cinétique, notée T1, de l'ensemble plateau came 1 + arbre de sortie par rapport au repère R_0 lié au bâti.
(Reporter le résultat case C1 du document DR6)

Question 2-4 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements du coulisseau 3 par rapport au bâti 0.
Les composantes du torseur seront exprimées en fonction du paramètre x .
(Reporter le résultat case B2 du document DR6)

Question 2-5 :

Déduire de l'étude géométrique de la chaîne fermée O-A-B-G-O, deux relations entre les paramètres α , β et x et les données.

Question 2-6 :

Déduire des deux relations trouvées précédemment deux relations supplémentaires qui permettront de déterminer la vitesse \dot{x} du coulisseau 3 en fonction des paramètres α , β et de leurs dérivées.

Question 2-7 :

Trouver encore deux autres relations supplémentaires qui permettront de déterminer l'accélération \ddot{x} du coulisseau 3.

Remarque :

La situation la plus défavorable correspond à un angle $\alpha = 3,5\text{rad}$.

La vitesse de rotation de la came est de 80tr/min .

La résolution des équations précédemment établies, a permis de trouver $\dot{x} = 0,29\text{ m/s}$ et $\ddot{x} = 6,8\text{ m/s}^2$

Question 2-8 :

La masse de la glissière 3 est de 10kg .

Déterminer, en fonction des données et du paramètre x , l'expression de l'énergie cinétique, notée T_3 , du coulisseau 3 par rapport au repère R_0 lié au bâti.

(Reporter le résultat case C2 du document DR6)

PARTIE 3

Analyse de la fonction technique

« BASCULER { PREHENSEUR + VERRE } EN POSITION HORIZONTALE »

Cette fonction technique est réalisée par l'intermédiaire de deux sous-ensembles :

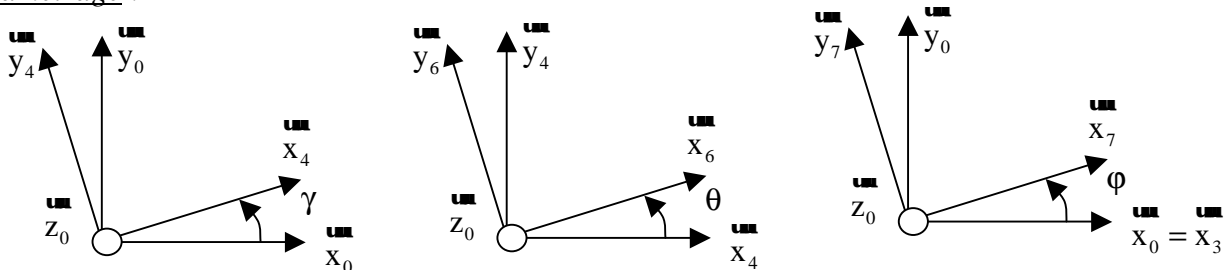
- un mécanisme d'entraînement en rotation du renvoi 7.
- un mécanisme d'entraînement de la tête 8.

Etude du mécanisme d'entraînement du renvoi 7

Ce dispositif est constitué :

- du levier 4 en liaison pivot avec le bâti suivant l'axe Cz_0 .
- du galet 5 en liaison pivot sur le levier 4 suivant l'axe Dz_0
- de la came 1 en contact avec le galet. L'ensemble came plus galet assure l'entraînement en rotation du levier 4.
- de la bielle 6 en liaison avec le levier 4 en F et avec le renvoi 7 en H.
- du renvoi 7 en liaison pivot suivant l'axe Iz_0 avec coulisseau 3.

Paramétrage :



Données :

	Levier 4	Renvoi 7
masse	$M_4 = 2,5\text{kg}$	$M_7 = 2,86\text{kg}$
Moment d'inertie	$I_{Cz} = 0,068\text{ kg.m}^2$	$I_{G7z} = 0,022\text{ kg.m}^2$
Position du centre de gravité		$IG_7 = 0,027x_7 - 0,065y_7$

A l'instant initial nous avons : $\gamma_0 = -14,9^\circ$; $\theta_0 = 1,7^\circ$; $\varphi_0 = 90^\circ$
 $\underline{\underline{CF}} = 0,315 \underline{\underline{y}}_4$ $\underline{\underline{FH}} = 0,65 \underline{\underline{x}}_6$ $\underline{\underline{IH}} = 0,16 \underline{\underline{x}}_7$ $\underline{\underline{GI}} = 0,071 \underline{\underline{x}}_0$

Hypothèse :

- Les masses des autres pièces de ce sous ensemble sont négligées.

Question 3-1 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements du levier 4 par rapport au bâti 0.

Ce torseur sera défini au point C et ses composantes seront exprimées en fonction du paramètre γ .

(Reporter le résultat case B3 du document DR6)

Question 3-2 :

Déterminer, en fonction des données et du paramètre γ , l'expression de l'énergie cinétique, notée T_4 , du levier 4 par rapport au repère R_0 lié au bâti.

(Reporter le résultat case C3 du document DR6)

Question 3-3 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements de la bielle 6 par rapport au levier 4.

Ce torseur sera défini au point F et ses composantes seront exprimées en fonction du paramètre θ .

Question 3-4 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements du renvoi 7 par rapport au coulisseau 3.

Ce torseur sera défini au point I et ses composantes seront exprimées en fonction du paramètre φ .

Question 3-5 :

La fermeture cinématique de la chaîne fermée C-F-H-I-G-C permet d'écrire la relation entre les torseurs cinématiques suivante : $\{V_{4/0}\} + \{V_{0/3}\} + \{V_{3/7}\} + \{V_{7/6}\} + \{V_{6/4}\} = \{0\}$.

Ecrire la somme de ces torseurs cinématiques au point H.

En déduire deux équations scalaires liant les paramètres x , γ , θ et φ ou des dérivées.

Question 3-6 :

Une étude géométrique a permis de calculer pour la situation la plus défavorable les angles $\gamma = 14,6^\circ$,

$\theta = -14,6^\circ$ et $\varphi = 62,4^\circ$. Nous avons également à cet instant $\dot{x} = 0,29 \text{ m/s}$; $\dot{\gamma} = 0,336 \text{ rad/s}$.

Application numérique :

En remplaçant des données numériques relatives à la position défavorable dans les deux équations

scalaires précédemment trouvées, **calculer** la valeur de la vitesse angulaire $\dot{\varphi}$ du renvoi 7 par rapport au coulisseau 3 et celle de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ de la bielle 6 par rapport au levier 4.

(Reporter la valeur trouvée de $\dot{\varphi}$ case D4 du document DR6)

Question 3-7 :

Déterminer les composantes du vecteur vitesse du centre de gravité G_7 du renvoi 7 par rapport au bâti

$\underline{\underline{V}}_{G7/R_0}$. Ce vecteur sera défini dans la base B_0 du repère lié au bâti.

On notera par la suite, u_7 la projection sur $\underline{\underline{x}}_0$ et v_7 la projection sur $\underline{\underline{y}}_0$.

Question 3-8 :

Calculer u_7 et v_7 pour la situation la plus défavorable.

(Reporter le résultat case D4 du document DR6)

Question 3-9 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements du renvoi 7 par rapport au bâti 0.

Ce torseur sera défini au point G_7 et ses composantes seront exprimées en fonction de u_7 , v_7 et du paramètre φ .

(Reporter le résultat case B4 du document DR6)

Question 3-10 :

Déterminer, en fonction de u_7 , v_7 et $\dot{\varphi}$ l'expression de l'énergie cinétique, notée T_7 , du renvoi 7 par rapport au repère R_0 lié au bâti.

(Reporter le résultat case C4 du document DR6)

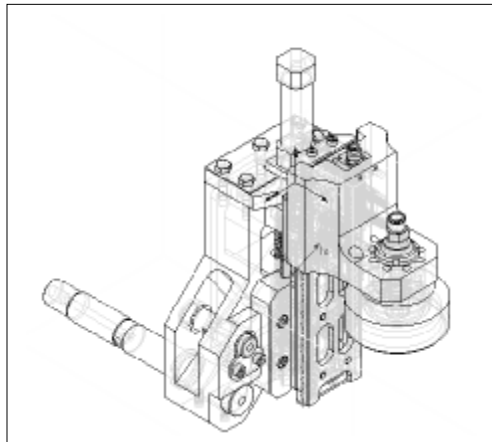
PARTIE 4

Suite de l'analyse de la fonction technique

« BASCULER { PREHENSEUR + VERRE } EN POSITION HORIZONTALE »

Etude du mécanisme d'entraînement de la tête 8

CINEMATIQUE GRAPHIQUE



La tête est constituée d'un ensemble de pièces qui seront considérées fixes entre elles.

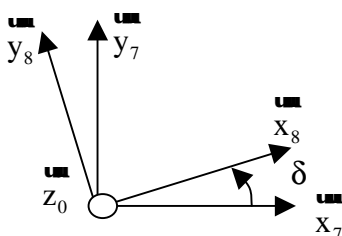
Pour l'étude de ce sous système, seule la tête avec un verre sera prise en compte, les masses des autres pièces seront négligées.

La tête 8 est en liaison pivot avec le renvoi 7 suivant l'axe Lz_0 , et avec une bielle 9 suivant l'axe Kz_0 .

Pour déterminer certaines caractéristiques cinématiques, une construction graphique sera utilisée.

Cette construction se fera sur le document réponse DR7.

Paramétrage :



Données :

$$\vec{IL} = -0,15\vec{y}_7 \quad \vec{LK} = 0,05\vec{y}_8$$

Masse de la tête : $M_8 = 3,7 \text{ kg}$

Position du centre de gravité G_8 : $\vec{LG}_8 = 0,045\vec{x}_8 + 0,077\vec{y}_8$

Moment d'inertie suivant l'axe G_8z_0 : $I_{G_8z} = 0,028 \text{ kg.m}^2$

Dans la situation la plus défavorable :

La vitesse angulaire du renvoi 7 par rapport à la glissière 3 : $\vec{\Omega}_{7/3} = \dot{\varphi} \vec{z}_0 = 2,77 \vec{z}_0$ en rad/s

La vitesse de translation de la glissière par rapport au bâti : $\vec{V}_{3/0} = \dot{x} \vec{x}_0 = 0,29 \vec{x}_0$ en m/s

L'angle $\varphi = (\vec{x}_0, \vec{x}_7) = 62,4^\circ$ et l'angle $\delta = (\vec{x}_7, \vec{x}_8) = -54^\circ$

Sur le document réponse DR7, les dimensions sont données à l'échelle 1 (cotes en mm).

Question 4-1 :

Déterminer graphiquement (sur le document réponse DR7) la position du centre instantané de rotation de la tête 8 dans son mouvement par rapport au coulisseau 3, pour la situation la plus défavorable.

Question 4-2 :

En déduire la valeur de la vitesse angulaire instantanée de la tête 8 par rapport au coulisseau 3 : $\vec{\Omega}_{8/3}$

Question 4-3 :

En déduire aussi la valeur de la vitesse angulaire de la tête 8 par rapport au renvoi 7 : $\vec{\Omega}_{8/7} = \dot{\delta} \vec{z}_0$
(Reporter le résultat case D5 du document DR6)

Question 4-4 :

Le tableau suivant indique la valeur de l'accélération angulaire de la tête 8 par rapport au renvoi 7 $\ddot{\delta}$ en fonction de $\dot{\delta}$ pour certaines positions.

$\dot{\delta}$ en rad/s	-0.33	0.25	3.24	6.53	8.41	9.27
$\ddot{\delta}$ en rad/s ²	24.53	111.27	194.79	145.8	84.86	-2.68

Déduire de la question précédente la valeur de $\ddot{\delta}$ dans la situation la plus défavorable.
(Reporter le résultat case D5 du document DR6)

Question 4-5 :

Soit $\vec{V}_{G_{8 \in 8/0}} = u_8 \vec{x}_0 + v_8 \vec{y}_0$.

Déterminer graphiquement (sur le document réponse DR7) les composantes u_8 et v_8 .
(Reporter le résultat case D5 du document DR6)

Question 4-6 :

Ecrire le torseur cinématique représentant les mouvements de la tête 8 par rapport au bâti 0.
Ce torseur sera défini au point G_8 et ses composantes seront exprimées en fonction de u_8 , v_8 et des paramètres du problème.
(Reporter le résultat case B5 du document DR6)

Question 4-7 :

Déterminer, en fonction des données, de u_8 et v_8 , $\dot{\varphi}$ et $\dot{\delta}$, l'expression de l'énergie cinétique, notée T8, de la tête par rapport au repère R_0 lié au bâti.
(Reporter le résultat case C5 du document DR6)

PARTIE 5

Analyse de la fonction technique « ACTIONNER »

Vérification du moteur électrique

Question 5-1 :

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique puissance à l'ensemble {1+3+4+7+8}, **déterminer**, en régime établi, l'expression du couple littérale C_r exercé à la sortie du réducteur en fonction des variables utilisées dans le document DR6.

Hypothèses :

- toutes les liaisons sont considérées parfaites.
- Seul le couple sera pris en compte en tant que charge extérieure sur le système isolé.

Question 5-2 :

En tenant compte des résultats trouvés et de données supplémentaires indiquées dans le document DR6, **calculer** le couple C_r

Question 5-3 :

Quelque soit le résultat trouvé dans la question précédente, on prendra un couple C_r de **17 N.m**.
Le réducteur utilisé est un réducteur roue et vis ATLANTA 58.45.229 (*voir document ressource 4*).
Son rapport de réduction est $r = 29$.
On rappelle que la fréquence de rotation en sortie de réducteur est $N = 80 \text{ trs/min}$.
Calculer le couple moteur.

Question 5-4 :

Dans le but de faciliter la maintenance, les responsables du bureau d'étude ont décidé de standardiser les moto-réducteurs des différentes machines de production.
Le moteur utilisé est un Vickers FASK2 120.030 .
Ses caractéristiques sont données dans l'extrait de catalogue fourni (*voir document ressource 3*).
Conclure sur le choix de ce moteur.