

# SESSION DE 2009

---

Concours externe de  
recrutement de professeurs agrégés

---

## Sections :

- Génie mécanique
- Mécanique

**Analyse et conception de systèmes**

**Proposition de correction**



## 1-2 ANALYSE CINEMATIQUE DE L'ENSEMBLE

### Question 4

Durée d'un cycle :  $T = 3600/5000 = 0,72s$

Pour le chargement de la bouteille  $t = 0,36s$  ( $180^\circ$  de came virtuelle).

Instants :

$t_1$  pour  $15^\circ$

$t_1+t_2$  pour  $165^\circ$

$t_3$  pour  $180^\circ$

$$t_3 = 2t_1+t_2 = 0,36$$

$$t_2 = t_1 \cdot 150/15$$

$$t_1 = 0,03s \quad \text{et} \quad t_2 = 0,3s$$

- Vitesse de translation maxi du chariot sur le secteur de  $150^\circ$  :

$N_{\text{maxi moteur}} = 3000 \text{ tr/min}$  pas de la vis à billes  $p = 25\text{mm}$

$$V_{\text{max}} = N_{\text{maxi moteur}} \cdot p / 60 = 3000 \cdot 25 / 60 = 1250 \text{ mm/s} = 1,25 \text{ m/s}$$

- Accélération entre  $0$  et  $15^\circ$

$$V_{\text{maxi}} = a \cdot t_1 \quad a = 1,25 / 0,03 = 41,7 \text{ m/s}^2$$

### Question 5 (voir DR2 fig 1)

Mouvements:

- mvt 1/0 : mvt plan dans  $(x,y)$
- mvt 2/0 :  $T_x$
- mvt 4/0 :  $T_y$
- mvt 3/2 :  $R_z$  centre B
- mvt 3/0 : mvt plan
- mvt 3/1 :  $R_z$  centre C
- mvt 4/1 :  $R_z$  centre A

$$\overrightarrow{VA,4/0} = \overrightarrow{VA,1/0} \quad A_y$$

$$\overrightarrow{VB,2/0} = \overrightarrow{VB,3/0} \quad B_x$$

$$\overrightarrow{VC,3/0} = \overrightarrow{VC,1/0}$$

$$I_{3/0} \text{ contact roue/crémaillère}$$

$$\text{Dir } \overrightarrow{VC,3/0} \text{ normal à } CI_{3/0}$$

$I_{1/0}$  est sur la normale à  $\overrightarrow{VA,1/0}$  et à  $\overrightarrow{VC,1/0}$

Les directions de  $\overrightarrow{VM,1/0}$  et de  $\overrightarrow{VK,1/0}$  sont très proches de  $M_y$  et  $K_y$ .

### Question 6 (voir DR2 fig 2)

$$\overrightarrow{VB,2/0} = \overrightarrow{VB,3/0} = 1,25 \vec{x}$$

- Equiprojectivité aux points B et C dans le mvt 3/0

- Equiprojectivité aux points A et C dans le mvt 1/0

- Double équiprojectivité aux points K et C et aux points K et A dans le mvt 1/0

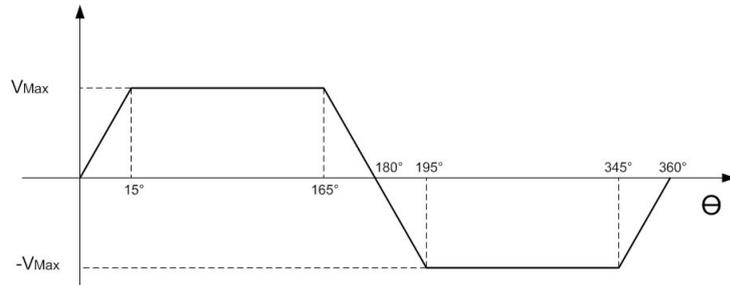
- Double équiprojectivité aux points M et C et aux points M et A dans le mvt 1/0

$$\|\overrightarrow{VA,1/0}\| = 0,35 \text{ m/s} \quad \|\overrightarrow{VC,1/0}\| = 0,29 \text{ m/s} \quad \|\overrightarrow{VK,1/0}\| = 0,29 \text{ m/s} \quad \|\overrightarrow{VM,1/0}\| = 0,29 \text{ m/s}$$

### Question 7

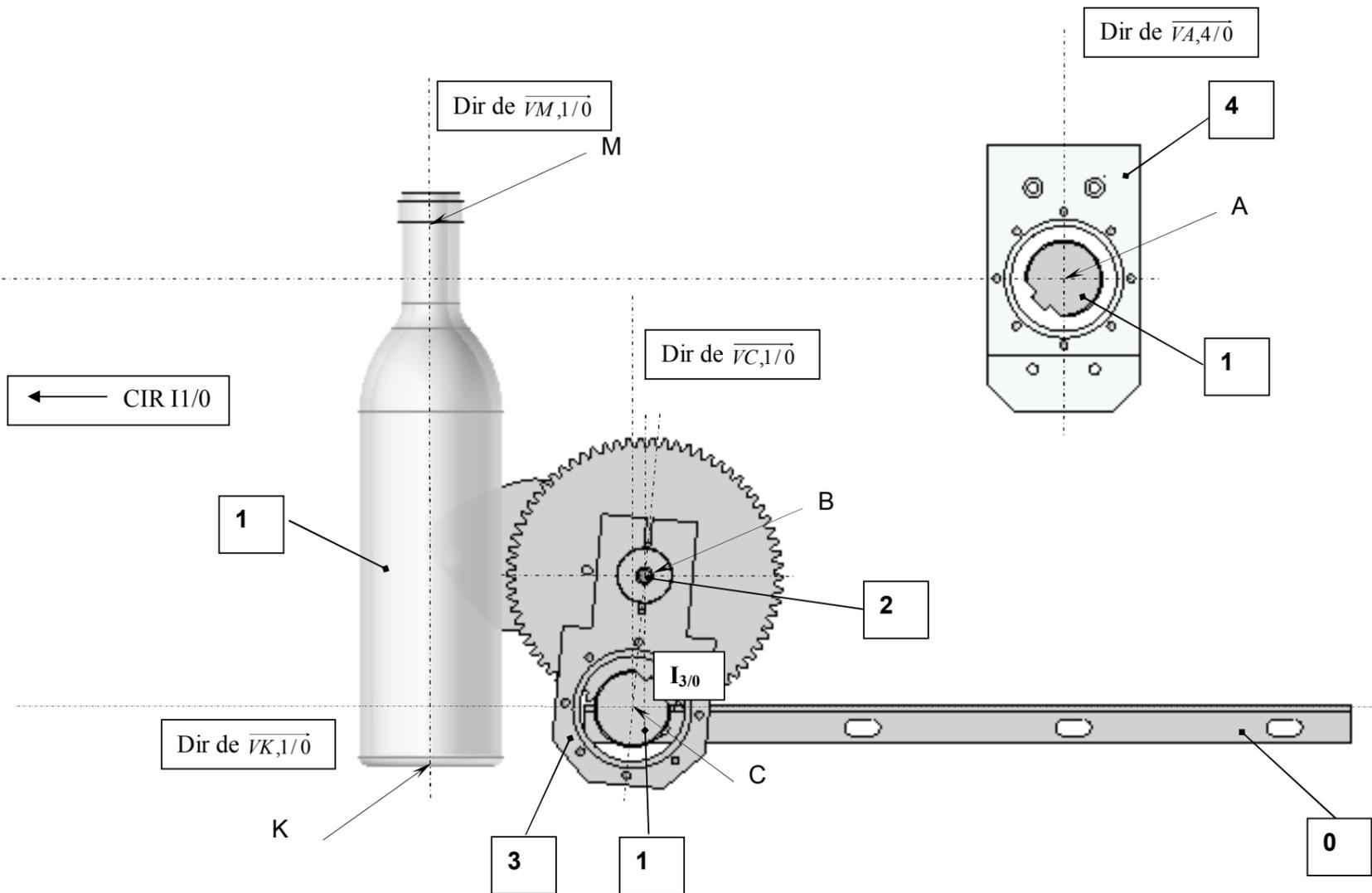
Trajectoire du point M : verticale ascendante qui assure le décollement de la bouteille du tapis roulant

Trajectoire du point K : verticale ascendante et vers  $\vec{x}$  qui assure le décollement de la bouteille du tapis ainsi que son dégagement par rapport à la bouteille suivante.

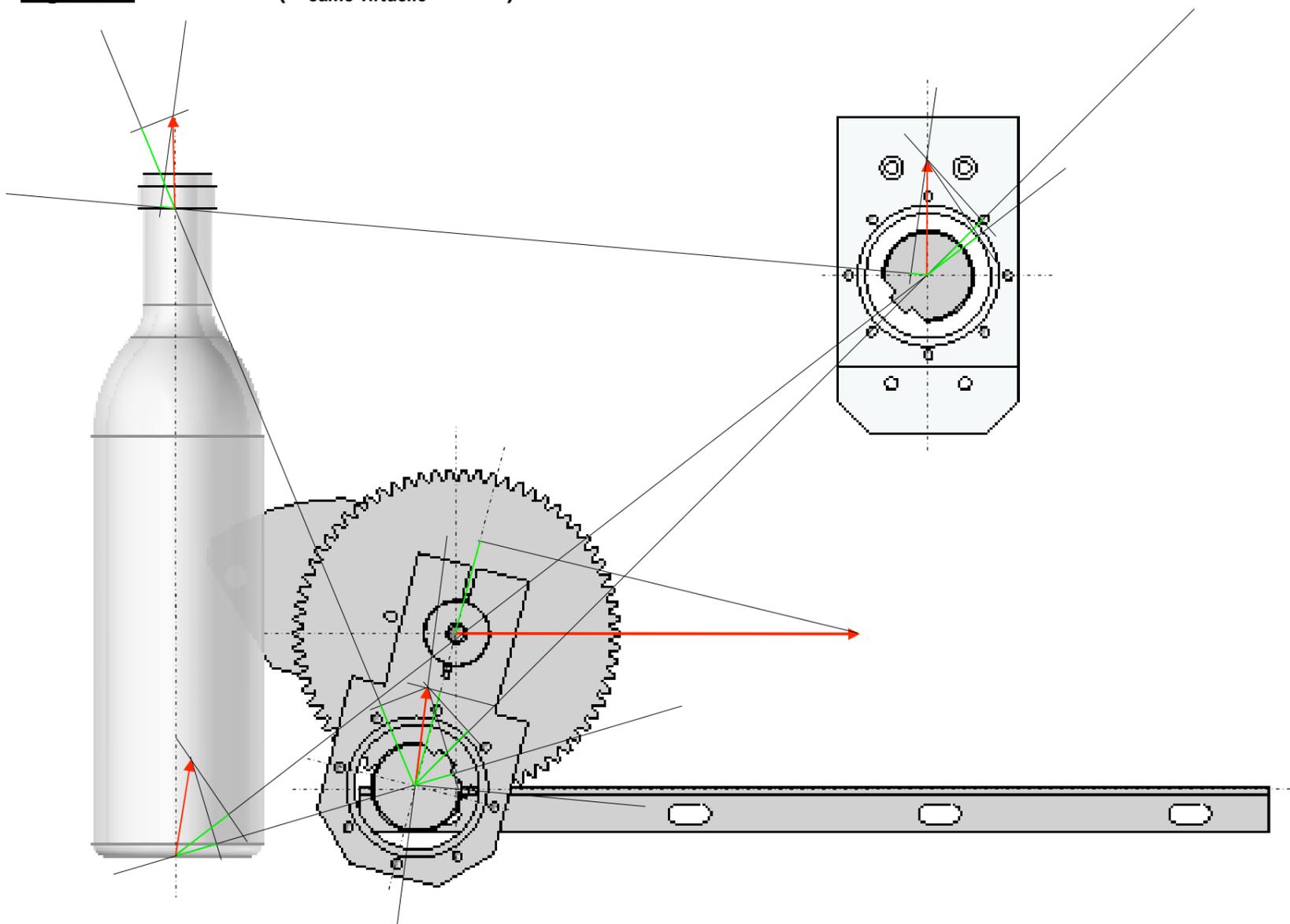


**CINEMATIQUE – PHASE 1**  
**PRISE DE LA BOUTEILLE SUR LE TAPIS ROULANT**

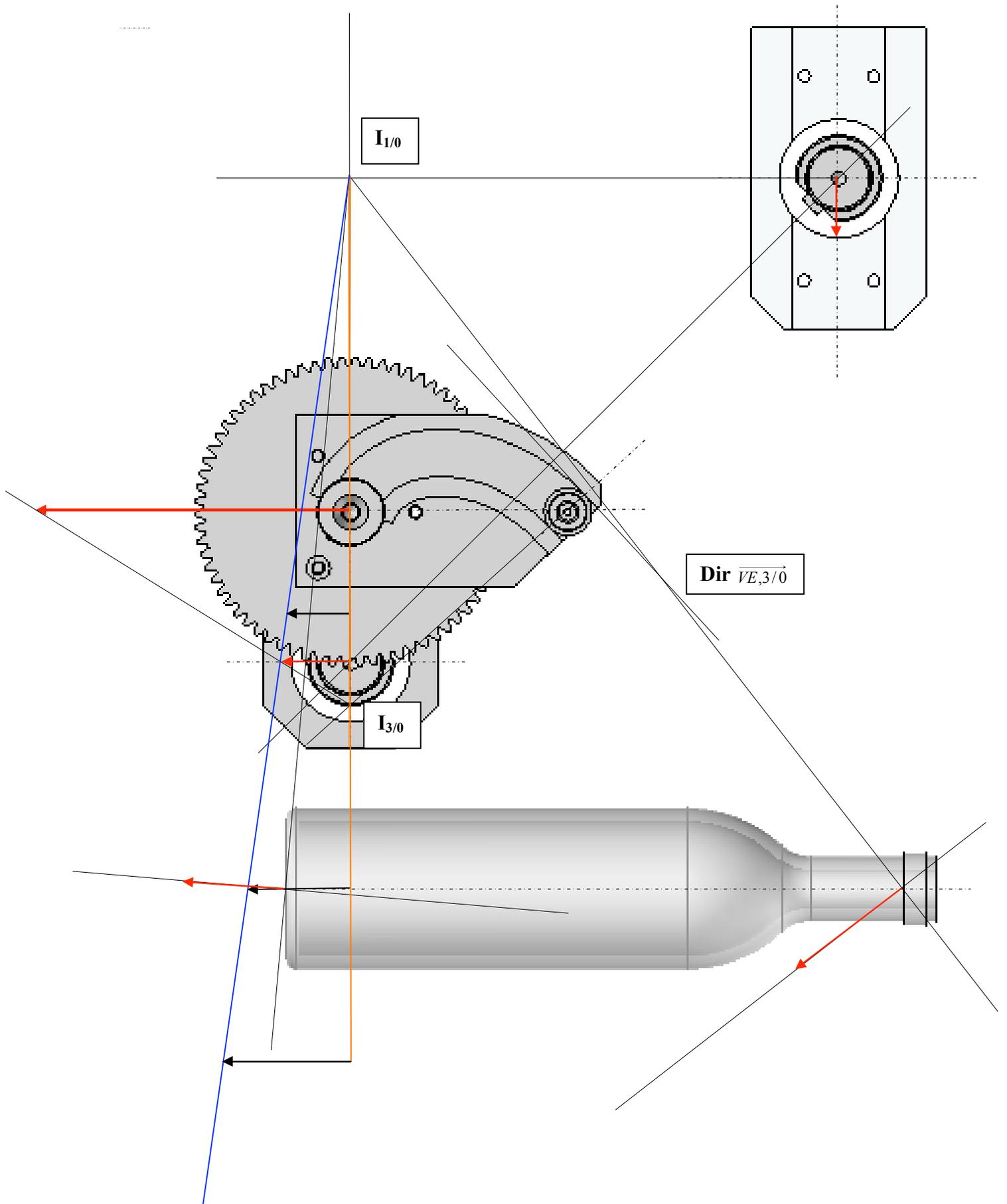
**Figure 1 : PHASE 1 (  $\theta_{\text{came virtuelle}} = 3^\circ$  )**



**Figure 2 : PHASE 1 (  $\theta_{\text{came virtuelle}} = 15^\circ$  )**



**Question 8** (voir DR3 fig 4)



### Mouvements:

- mvt 1/0 : mvt plan dans (x,y)
- mvt 2/0 : Tx
- mvt 4/0 : Ty
- mvt 3/2 : Rz centre B
- mvt 3/0 : mvt plan
- mvt 3/1 : Rz centre C
- mvt 3/6 : roulement sans glissement en E
- mvt 6/0 : Rz centre O

$$\bullet \overrightarrow{VA,4/0} = \overrightarrow{VA,1/0} \quad A_y$$

$$\bullet \overrightarrow{VB,2/0} = \overrightarrow{VB,3/0} = 0,5 \cdot 10^{-3} \vec{x}$$

$$\bullet \overrightarrow{VE,6/0} = \overrightarrow{VE,6/3} + \overrightarrow{VE,3/0}$$

$$\text{Avec } \overrightarrow{VE,6/3} = \vec{0} \text{ (rlt ss glst)}$$

$$\bullet I_{3/0} \text{ est sur la normale à } \overrightarrow{VB,3/0} \text{ et à } \overrightarrow{VE,3/0}$$

$$\bullet \text{Dir } \overrightarrow{VC,3/0} \text{ normal à } CI_{3/0}$$

$$\bullet \overrightarrow{VC,3/0} = \overrightarrow{VC,1/0}$$

$$I_{1/0} \text{ est sur la normale à } \overrightarrow{VA,1/0} \text{ et à } \overrightarrow{VC,1/0}$$

$$\text{Les directions de } \overrightarrow{VM,1/0} \text{ et de } \overrightarrow{VK,1/0} \text{ sont normales à de M } I_{1/0} \text{ et K } I_{1/0}.$$

$$\|\overrightarrow{VA,1/0}\| = 0,1 \text{ mm/s} \quad \|\overrightarrow{VC,1/0}\| = 0,11 \text{ mm/s} \quad \|\overrightarrow{VK,1/0}\| = 0,17 \text{ mm/s} \quad \|\overrightarrow{VM,1/0}\| = 0,2 \text{ mm/s}$$

En fin de phase 3, la direction de  $\overrightarrow{VK,1/0}$ , obtenue par la came, permet de placer la bouteille dans le culot sans mouvement de celui-ci.

### 1-3 RECHERCHE DE L'EFFORT DE PREHENSION PINCE/BOUEILLE

#### Question 9

- En première approximation, on considère que chaque pince supporte la masse de la bouteille  $M_b = 1,2 \text{ kg}$
- Chaque pince (haut et bas) applique sur la bouteille 4 efforts identiques (4 contacts)

Efforts de préhension au point haut :  $\Gamma_{\text{maxi point haut}} = -20 \text{ m/s}^2$

$$N_h = M_b * (\Gamma_{\text{maxi point haut}} + g) / 4 * f$$

$$1,2 * (20 + 10) / 4 * 0,4 = 22,5 \text{ N}$$

Efforts de préhension au point bas :  $\Gamma_{\text{maxi point bas}} = -40 \text{ m/s}^2$

$$N_h = M_b * (\Gamma_{\text{maxi point bas}} + g) / 4 * f$$

$$1,2 * (40 + 10) / 4 * 0,4 = 37,5 \text{ N}$$

## Partie 2 - Validation du choix du moteur d'axe

### 2-1- Puissance motrice nécessaire :

**Q10** - La réponse est articulée autour de la variation de l'énergie cinétique entre les positions 0 et 17 mm. La puissance variant linéairement, le travail peut être exprimé par

$$W = \frac{1}{2} P_{finale} \cdot \Delta t$$

Le système est décomposé en cinq sous ensembles :

- le chariot mobile,
- le vilebrequin de transmission de mouvement
- le bras de préhension
- le chariot vertical.
- la vis à billes

Calcul des énergies de chaque sous ensemble :

- Chariot mobile :  $E_{C(CM)} = \frac{1}{2} M_{CM} \cdot V_1^2$
- Vilebrequin :  $E_{C(vil)} = \frac{1}{2} M_{vil} \cdot V_1^2 + \frac{1}{2} J \cdot \left(\frac{V_1}{R}\right)^2$
- bras :

$$E_{bras} = \frac{1}{2} M_{bras} V_G^2 + \frac{1}{2} J \cdot \left(\frac{V_G}{R_{cir}}\right)^2 + M_{bras} \cdot y_G \cdot g$$

où  $R_{cir}$  représente la distance entre le CIR du bras et  $G$  en position  $z = 17$  mm (déterminé sur le document DR4 par une construction graphique simple).

- chariot vertical :  $E_{CV} = \frac{1}{2} M_{CV} \cdot V_{17}^2 + M_{CV} \cdot g \cdot (Z_{1 \text{ chariot}} - Z_{0 \text{ chariot}})$
- vis à billes :  $E_{C(vis)} = \frac{1}{2} J_{vis} \cdot \omega^2$  avec  $J_{vis} = \rho \cdot l \cdot \pi \cdot \frac{D^4}{32}$  et  $\omega = 2\pi \cdot \frac{V_{17}}{P_{vis}}$  où  $P_{vis}$  est le pas de la vis à billes.

$$P_{finale} = \frac{2 \sum E}{\Delta t}$$

Application numérique :

$$E_{C(CM)} = \frac{1}{2} \times 5,1 \times 1,25^2 \approx 3,98 \text{ J}$$

$$E_{C(vil)} = \frac{1}{2} \times 6,1 \times 1,25^2 + \frac{1}{2} \times 15041 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1250}{70}\right)^2 \approx 7,16 \text{ J}$$

$$E_{bras} = \frac{1}{2} \times 17,7 \times 0,308^2 + \frac{1}{2} \times 223494 \times 10^{-6} \times \left(\frac{308}{103}\right)^2 + 17,7 \times 9,81 \times 2,1 \times 10^{-3} \approx 2,21 \text{ J}$$

$$E_{CV} = \frac{1}{2} \times 1,1 \times 0,341^2 + 1,1 \times 9,81 \times 7,9 \times 10^{-3} \approx 0,15 \text{ J}$$

$$E_{C(vis)} = \frac{1}{2} \times \left(7,84 \times 672 \times \pi \times \frac{25^4}{32} \times 10^{-3 \times 4}\right) \left(2\pi \times \frac{1250}{25}\right)^2 \approx 9,95 \text{ J}$$

$$E_{Totale} = 23,45 \text{ J}$$

$$P_{finale} = \frac{2 \times 23,05}{0,0275} \approx 1706 \text{ W}$$

## 2.2 RAPPORT DES INERTIES

**Q11-** moment d'inertie équivalent

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2 = \frac{1}{2} J_{eq} \cdot \omega^2$$

$$J_{eq} = 2 \frac{M \cdot V^2}{\omega^2} \text{ avec } \omega = 2\pi \cdot \frac{V}{P_{vis}} \text{ où } P_{vis} \text{ est le pas de la vis à billes.}$$

Application numérique :

$$J_{eq} = 2 \frac{10 \times (1250 \times 10^{-3})^2}{\left(2\pi \times \frac{1250}{25}\right)^2} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

**Q12-**Rapport d'inertie

$$r = \frac{1,58 \cdot 10^{-4}}{1,28 \cdot 10^{-4}} = 1,23$$

**Q13-** Conclusion : Le rapport se rapprochant de la valeur idéale de 1, le critère de charge associé au bon fonctionnement numérique de l'axe est respecté.

## 3 CONCEPTION DU SYSTEME DE PREHENSION

### 3.1 VERIFICATION MECANIQUE DU COMPOSANT AXE DE VILEBREQUIN

**Q14-** Situation de calcul :

D'après le document technique les amplitudes des composantes de sollicitation sur le vilebrequin les plus importantes sont associées à la position 0,03 s.

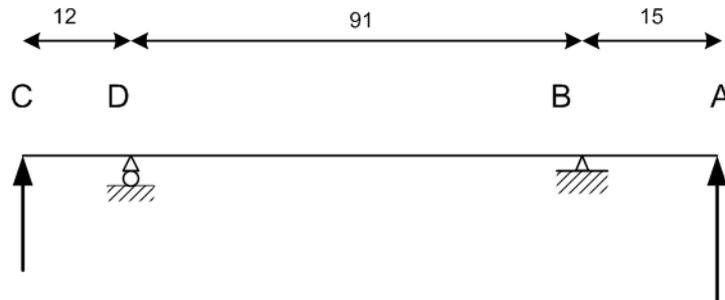
	A	B	C
X	-980	550	
Y	200	1000	50
Z			200
Norme	1000	1141	206

**Q15** - Les informations de simulations disponibles ne permettent pas d'avoir un état complet de chargement sur le composant à vérifier.

Les hypothèses de calcul vont donc prendre en compte cet aspect :

- la pièce est soumise à de la flexion torsion. Le moment de torsion sera calculé à partir des composantes de contact en C.

- Les efforts tranchants seront considérés comme placés dans un plan unique. Nous ramènerons l'étude sur une poutre sur deux appuis en accord avec le schéma ci-dessous.

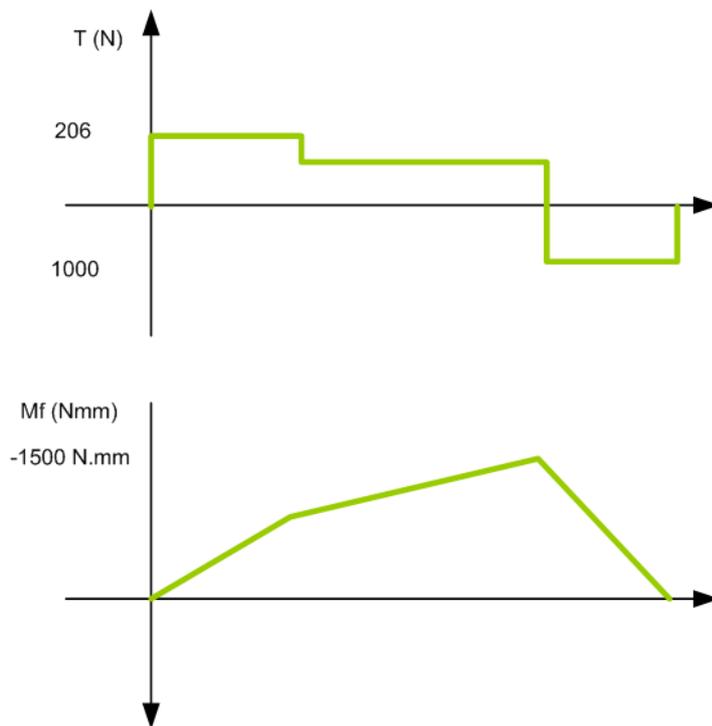


- Le diamètre de l'arbre sera considéré constant et égal à 30 mm.

Le calcul des réactions sur les appuis donne :

$R_D \approx -68 \text{ N}$  et  $R_B \approx -1137 \text{ N}$  (résultat très proche des résultats de simulation en B)

Allure des diagrammes des efforts tranchants et moments fléchissants :



Moment de flexion maximum : 15000 N.mm

Moment de torsion maximum :  $(200 \times 70) = 14000 \text{ N.mm}$

Contraintes :

de torsion :  $\tau_{tors} = \frac{M_{tors}}{I_0} \cdot R = 5,28 \text{ N.mm}^{-2}$

due à l'effort tranchant dans la section de moment fléchissant maximum :

$\tau_{tranchant} = \frac{T}{S} = 1,41 \text{ N.mm}^{-2}$

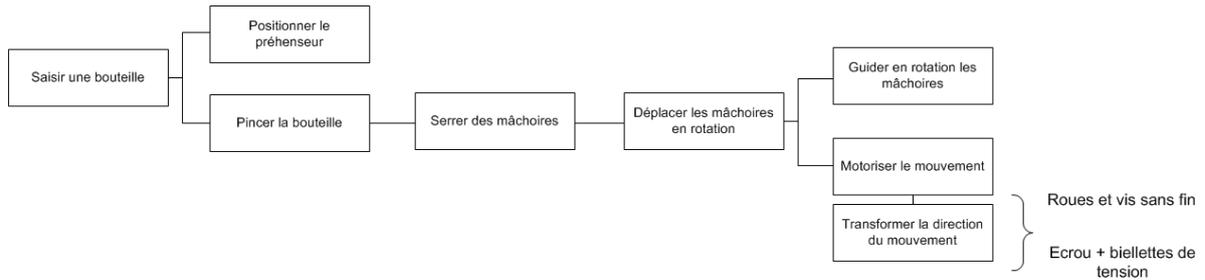
de flexion :  $\sigma = \frac{M_f}{I_{Gx}} R = 5,65 \text{ N.mm}^{-2}$

soit une contrainte équivalente en utilisant le critère de Von Mises :

$$\sigma_e = \sqrt{3 \tau^2 + \sigma^2} = 12,9 \text{ N.mm}^{-2}$$

### 3.2 CONCEPTION DU SYSTEME DE PREHENSION

#### Q16 - Fast de recherche de solutions par décomposition de la fonction de service



#### Q17- Schémas cinématiques

	<p>Solution roues et vis sans fin.  <b>Avantage</b>          Effort de serrage sur la bouteille indépendant de l'angle de fermeture (contrôle direct par le moteur).  <b>Inconvénient</b>          Coût solution. Définition de la position angulaire d'origine des mâchoires.</p>
	<p><b>Avantage(s)</b>          Solution d'apparence simple ne mettant en œuvre que des liaisons pivot élémentaires.  <b>Inconvénients :</b>          Nécessité d'arrêter en rotation l'écrou de transmission de mouvement pour éviter que les efforts de frottement n'engendrent un moment qui pourrait être encaissé directement par les pivots.          L'effort de serrage calibré par le moteur dépend de la position angulaire des</p>

	mâchoires. Encombrement.
--	-----------------------------

**Q18-** Le squelette comporte les enveloppes surfaciques des roues et vis sans fin, le plan support du moteur, la zone d'encombrement du palier intermédiaire de guidage en rotation de la vis sans fin, les axes d'articulation des mâchoires. Le document pdf joint DR6 corrigé contient une partie de ces informations.

**Q19-** Exemple de solution proposée. Cf. document joint.

#### 4 SPECIFICATION DU MECANISME

##### 4.1 CONDITION FONCTIONNELLE ASSOCIEE AU BRAS DE PREHENSION

**Q20-** L'étude porte sur les défauts angulaires entre les deux axes de pivot. Nous nous intéresserons donc exclusivement aux résultantes des torseurs de petits déplacements.

pièce 103 -

//	0,02	A
----	------	---

de la référence B, dans la base définie sur DT7 :

$$\delta\theta_{\vec{y}} = \frac{0,02}{41} \vec{y}$$

//	0,02	A
----	------	---

de la référence C,

$$\delta\theta_{\vec{x}} = \frac{0,02}{41} \vec{x}$$

assemblage, ajustement 10H7 g6 :

$$\delta\theta_{\vec{x}} = \frac{0,015 + 0,014}{41} \vec{x} = \frac{0,029}{41} \vec{x}$$

pièce 101 -

//	0,02	A
----	------	---

$$\delta\theta_{\vec{y}} = \frac{0,02}{41} \vec{y}$$

//	0,02	B
----	------	---

$$\delta\theta_{\vec{x}} = \frac{0,02}{41} \vec{x}$$

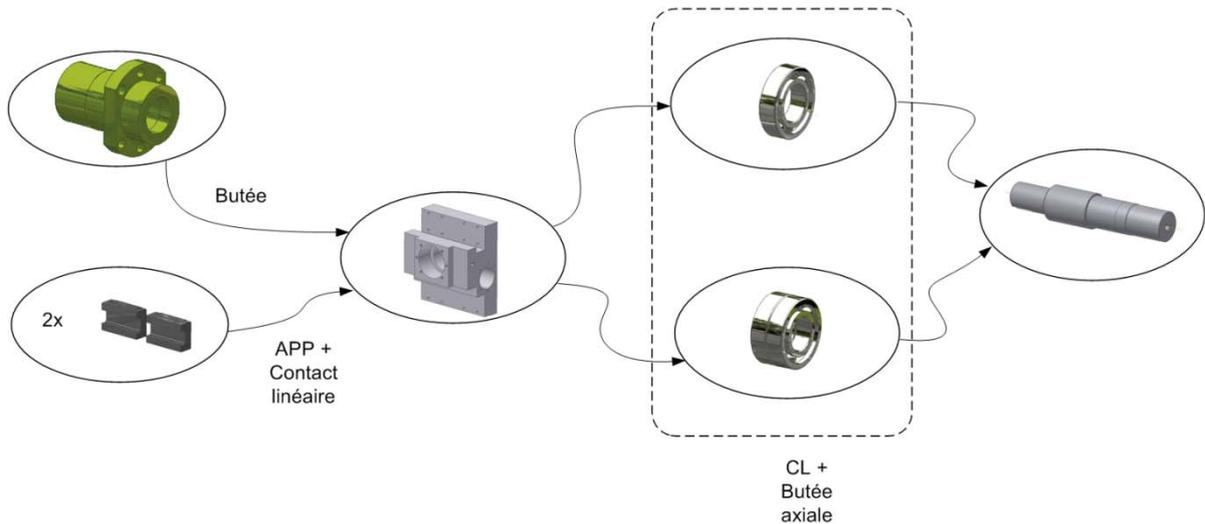
Défaut maximal au pire des cas :

$$\vec{\Omega} = 2 \times \frac{0,02}{41} \vec{y} + 2 \times \frac{0,02}{41} \vec{x} + 2 \times \frac{0,029}{41} \vec{x} + \frac{0,02}{41} \vec{y} + \frac{0,02}{41} \vec{x} = \frac{0,118}{41} \vec{x} + \frac{0,06}{41} \vec{y}$$

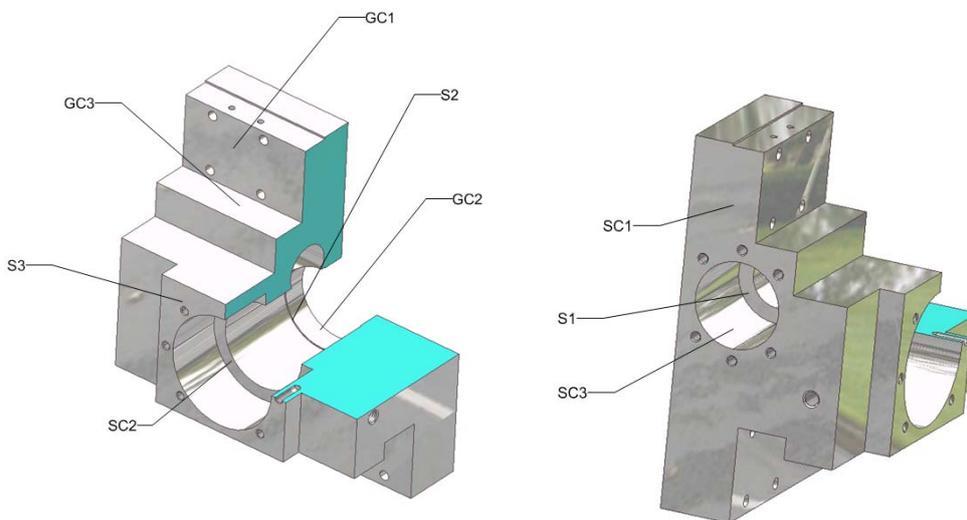
d'où

$$\delta\alpha = \frac{(0,06^2 + 0,118^2)^{\frac{1}{2}}}{41} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 0,19^\circ$$

**Q21** - Graphe de contact - spécification du corps de chariot moteur.



**Q22**- Surfaces fonctionnelles interface entre les composants voisins et le corps de chariot moteur



Mise en position vilebrequin : GC2 (portées de roulements), SC2 (butée axiale), S2 (garantir la butée axiale), S3 (garantir la précontrainte des roulements).

Mise en position du chariot : GC1 (surfaces support des patins de guidage), GC3 (surfaces alignement des patins), SC1 (surface d'appui de l'écrou à billes - définition de la position absolue du chariot dans son mouvement relativement au bâti)

Analyse sur document réponse corrigé.

**Q23**- Voir document réponse complété

Vés de positionnement et de maintien des roulements de guidage en rotation des sous ensembles mâchoires

Vis sans fin, entraînement par adhérence (serrage axial par vis à tête fraisée).

Roulements à contact oblique montés en boîtier.

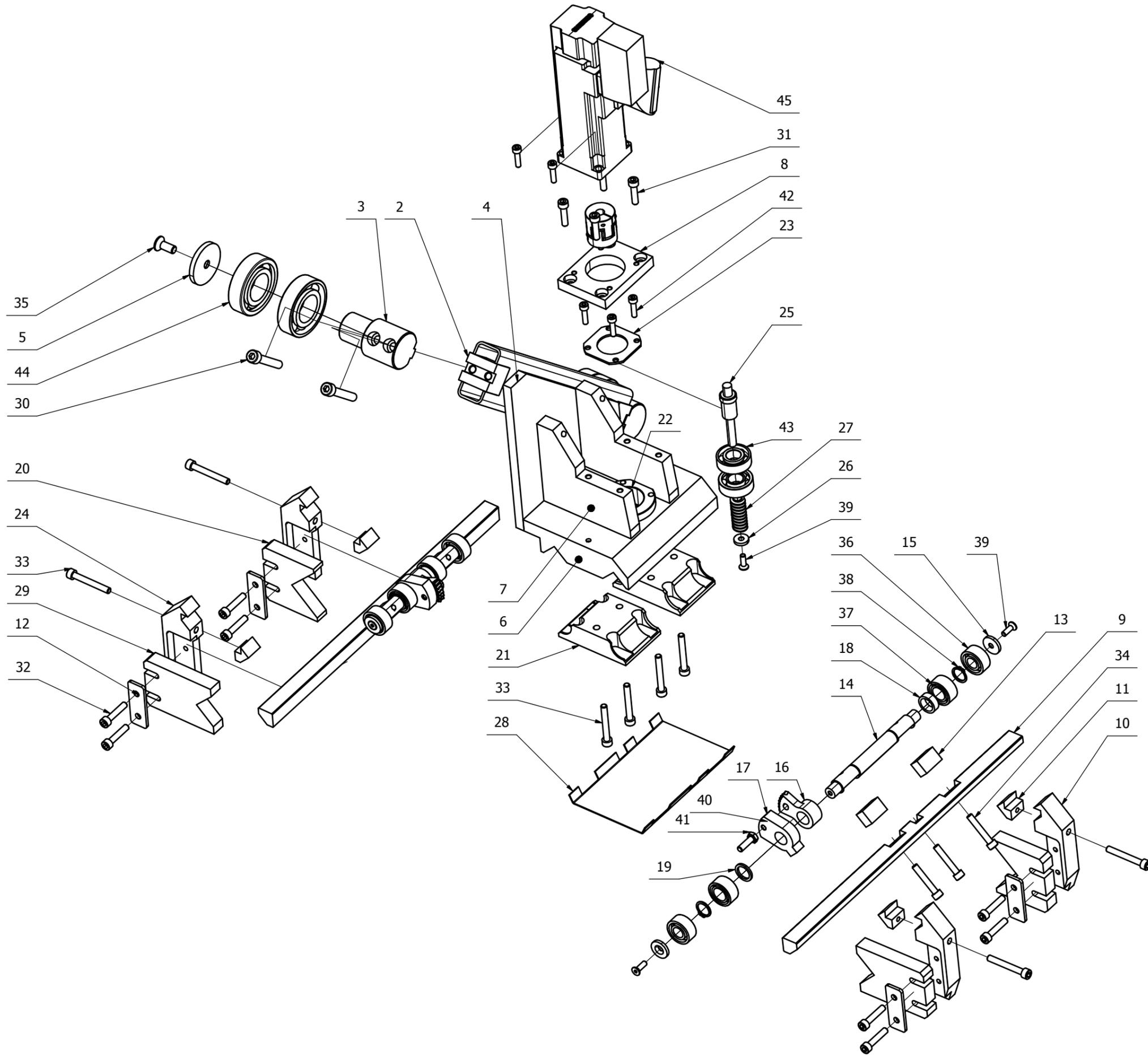
Accouplement élastique de liaison entre le moteur et l'axe de vis sans fin.

D (1 : 2)

Système de réglage angulaire des mâchoires / aux roues hémicoïdales

Platine de positionnement axial et de maintien en position des roulements

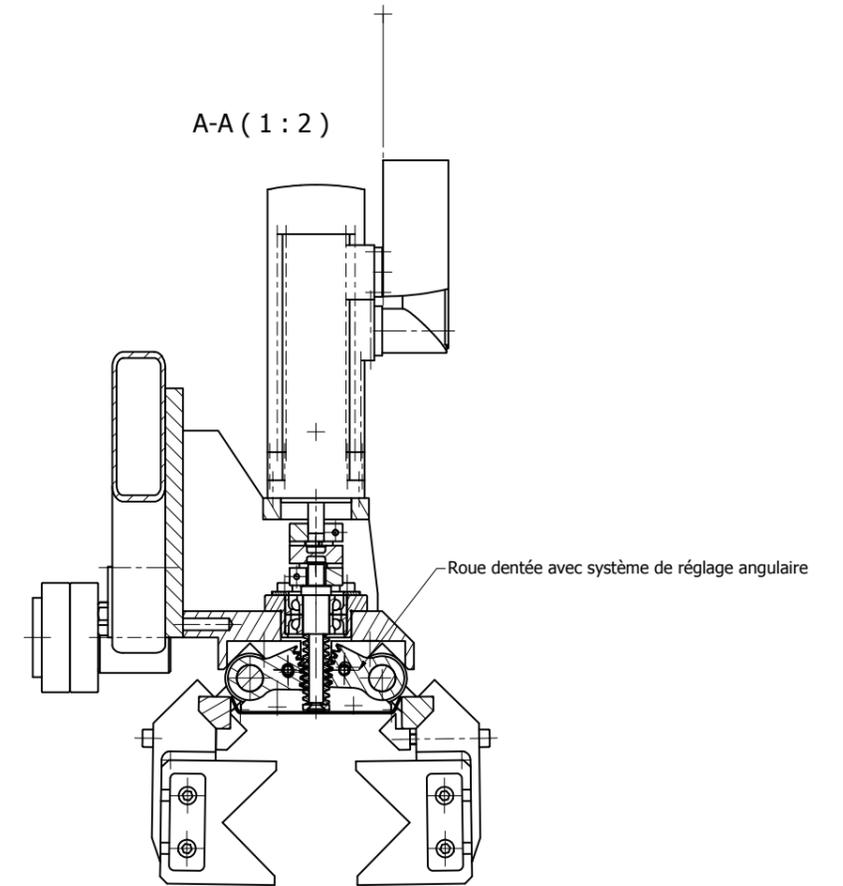
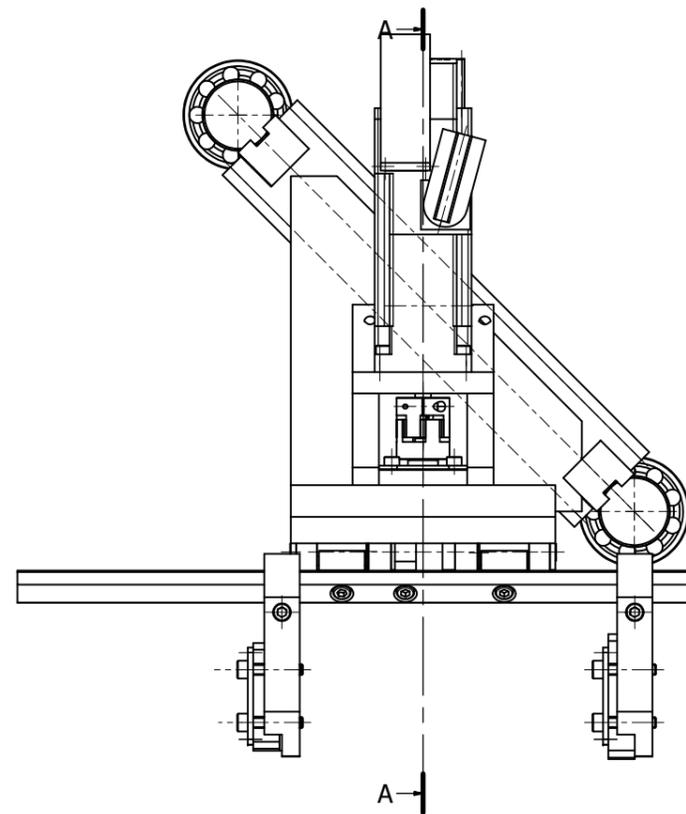
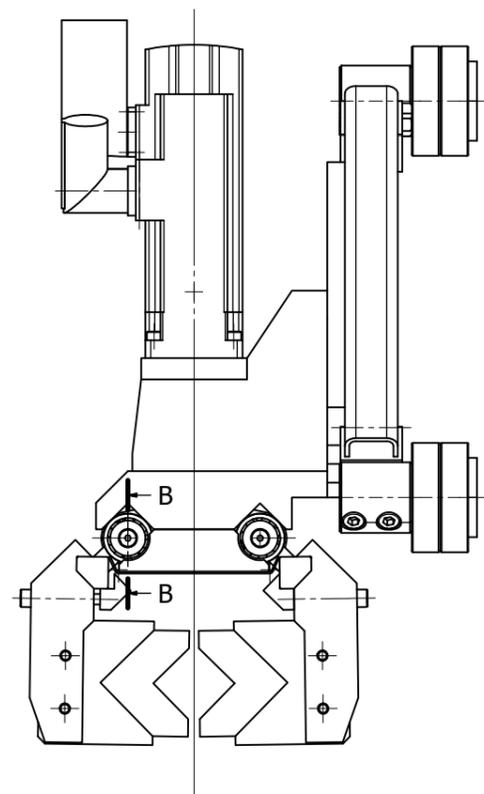
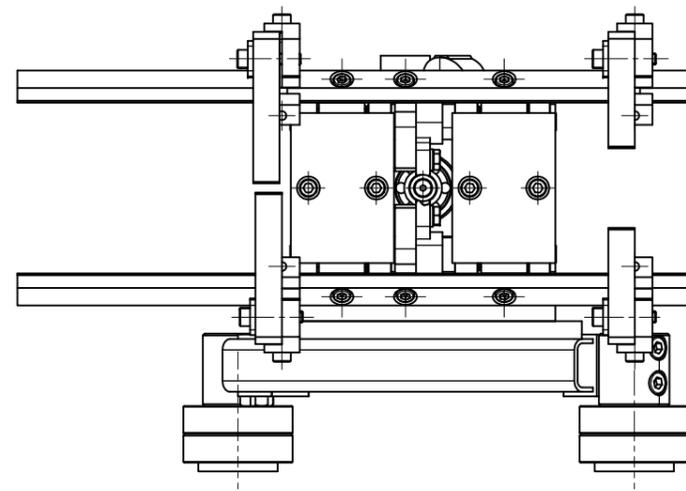
Proposition de corrigé pour la mise en mouvement des mâchoires de préhension



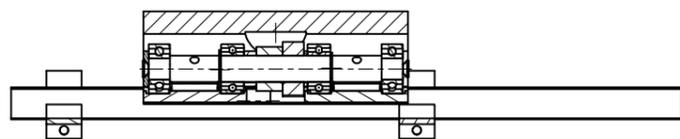
PROPOSITION DE CORRECTION

Liste de pièces					
ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE	DESCRIPTION	MATIERE	MASSE
1	1000-1101	1	Bras principal	E26	0,837 kg
2	1000-1102	2	Bloc support pivot	E26	0,197 kg
3	1000-1103	2	Axe pivot bras de préhension	34 Cr Mo 4	0,511 kg
4	1000-1106	1	Platine support mécanisme de préhension	E26	1,698 kg
5	1000-1107	2	Rondelle d'arrêt axe entrée bras	E26	0,057 kg
6	1000-1201	1	Embase	E26	3,422 kg
7	1000-1202	2	Platine latérale	E26	0,856 kg
8	1000-1203	1	Platine support moteur préhension	E26	0,297 kg
9	1000-1301	2	Rail de réglage préhension	42 Cr Mo 4	0,773 kg
10	1000-1302	2	Corps principal mâchoire	E26	0,329 kg
11	1000-1303	4	Patin de serrage	E26	0,027 kg
12	1000-1304	4	Pate de serrage	E26	0,024 kg
13	1000-1305	4	Réhausseur axe pivot mâchoires	E26	0,035 kg
14	1000-1306	2	Axe pivot mâchoire	34 Cr Mo 4	0,173 kg
15	1000-1309	4	Rondelle d'arrêt	E26	0,006 kg
16	1000-1310	2	Secteur denté pilotage mâchoires	34 Cr mo 4	0,059 kg
17	1000-1311	2	Butée de réglage angulaire	34 Cr Mo 4	0,095 kg
18	1000-1312	2	Entretoise	E26	0,007 kg
19	1000-1313	2	Entretoise secondaire	-	0,002 kg
20	1000-1314	2	Interface mâchoire	ABS	0,073 kg
21	1000-1315	2	Couvercle de maintien lignes mâchoires	E26	0,582 kg
22	1000-1316	1	Boîtier roulement vis sans fin	E26	0,137 kg
23	1000-1317	1	Plaque d'arrêt roulement vis sans fin	E26	0,023 kg
24	1000-1322	2	Corps de mâchoire AR	E26	0,328 kg
25	1000-1323	1	Axe de vis sans fin	34 Cr Mo 4	0,060 kg
26	1000-1324	1	Rondelle d'arrêt vis sans fin	E26	0,003 kg
27	1000-1325	1	Vis sans fin	34 Cr Mo 4	0,023 kg
28	1000-1326	1	Plaque de protection	E26	0,115 kg
29	1000-1327	2	Interface AV mâchoire	ABS	0,071 kg
30	ST001	4	Vis cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M8 x 50	-	0,027 kg
31	ST002	4	Vis cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M6 x 25	-	0,009 kg
32	ST003	8	Vis cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M6 x 30	-	0,010 kg
33	ST004	8	Vis cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M6 x 45	-	0,013 kg
34	ST005	6	Vis cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M6 x 35	-	0,011 kg
35	ST007	2	Vis à tête fraisée à six pans creux ISO 10642 - M8 x 20	-	0,010 kg
36	ST101	4	Roulement à une rangée de billes à gorge profonde SKF 63001-2RS1	-	0,032 kg
37	ST102	4	Roulement BS 6267 15 x 28 x 13	-	0,029 kg
38	ST103	4	Anneaux élastiques pour arbre DIN 471 - 15x1	-	0,001 kg
39	ST106	5	Vis à tête fraisée à six pans creux ISO 10642 - M5 x 16	-	0,003 kg
40	ST107	2	Rondelles pour vis à six pans DIN 126 - 6,6	-	0,001 kg
41	ST108	2	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M6 x 20	-	0,007 kg
42	ST109	8	Vis cylindrique à six pans creux ISO 4762 - M5 x 20	-	0,005 kg
43	ST110	2	Roulement à billes à contact oblique SKF 7202 BE	-	0,038 kg
44	ST111	4	Roulement à contact oblique DIN 615 - L 30 - 30 x 62 x 16	-	0,183 kg
45	ST301	1	Moteur Siemens xxx	-	0,614 kg

PROPOSITION DE CORRECTION



B-B (1:2)



Analyse des contraintes et antériorités fonctionnelles du chariot moteur			Surfaces ou groupes de surfaces qui participent au positionnement de l'élément étudié pour qu'il réalise au mieux la fonction pour laquelle il est destiné (dans l'ordre d'importance des degrés de liberté supprimés).					Caractéristiques		
Surfaces ou groupes de surfaces fonctionnels		Fonction Technique Assurée	Primaire		Secondaire		Tertiaire		Intrinsèques (dimensions, positions relatives entre éléments du groupe...)	De Contact (Fixe, frottement...)
ID	Désignation		ID	Contrainte	ID	Contrainte	ID	Contrainte		
GC1	Appui patin	MIP Chariot moteur							Coplanarité relative entre les surfaces	AF moyen
GC3	Alignement des patins	MIP Chariot moteur	GC1	Perpendiculaire					// et distance entre surfaces	AF moyen
SC1	Butée	MIP Chariot moteur	GC1	Perpendiculaire	GC3	Perpendiculaire				AF moyen
GC2	Portées de centrage	MIP Vilebrequin	GC1	Perpendiculaire	GC3	Distance	SC1	Distance	Diamètre des portées et coaxialité relative entre les surfaces	AF difficile
SC2	Butée axiale	MIP Vilebrequin	GC2	Perpendiculaire	GC1	Distance				
S3	Surface libre face chapeau	Garantir pré-serrage roulements	GC2	Perpendiculaire	SC2	distance				
S2	Surface libre face rmt arrière	" "	GC2	Perpendiculaire	SC2	distance				
SC3	Logement écrou à billes	Garantir passage vis	SC1	Perpendiculaire	GC1	Distance	GC3	Distance	Diamètre	AF difficile
S1	Surface fond de logement écrou à billes	Garantir assemblage écrou à billes	SC1	Parallélisme et distance						

Définition : un groupe de surfaces est constitué de plusieurs surfaces qui assurent la même fonction technique.

Feuille d'analyse préparatoire à la spécification de composants

Fonction technique assurée : MIP, MAP, passage d'autres pièces, rigidité de la pièce etc.

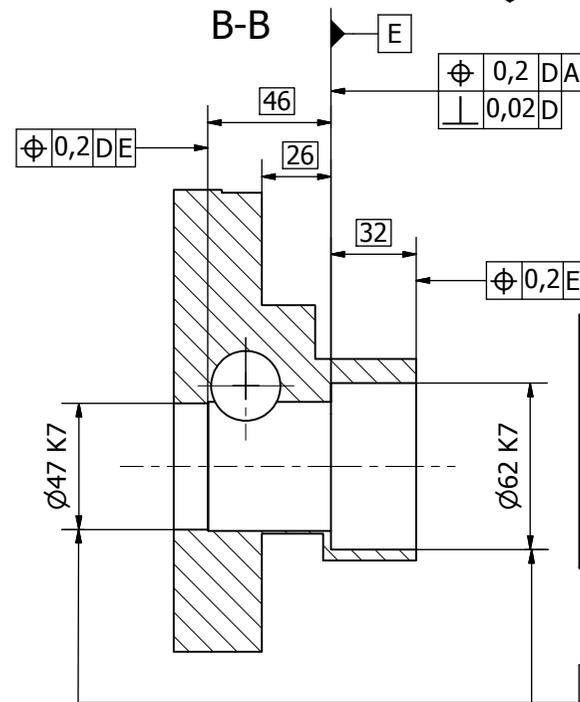
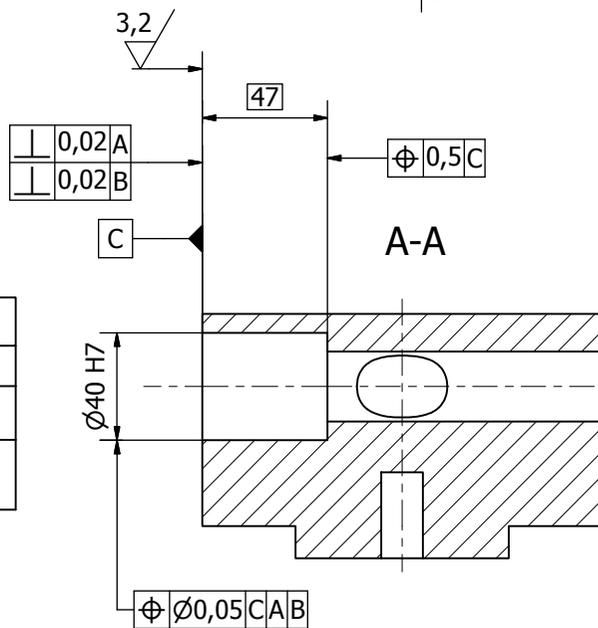
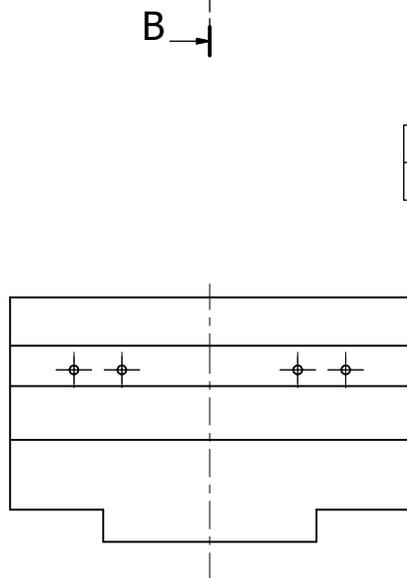
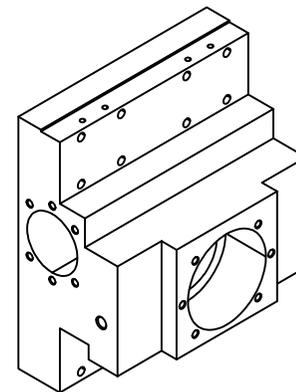
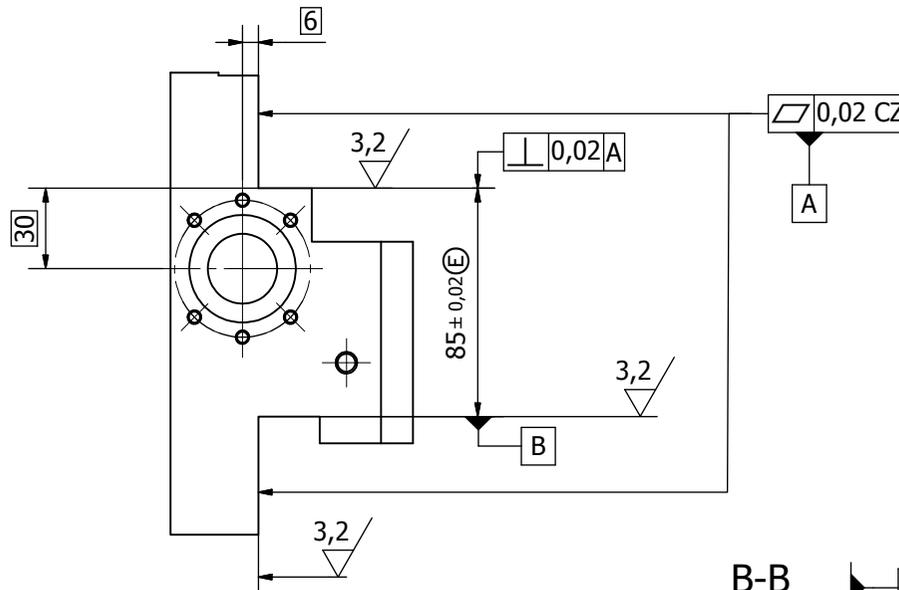
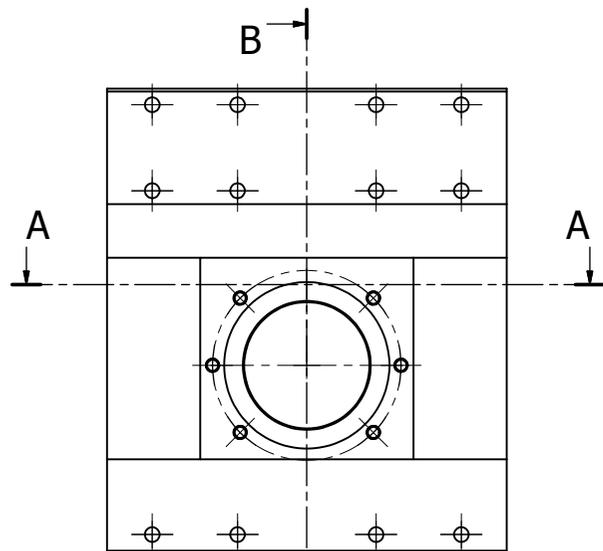
S = surface libre  
SC = surface de contact  
SB = surface brute

G = groupe des surfaces libres  
GC = groupe des surfaces de contact  
GB = groupe des surfaces brutes

Caractéristiques intrinsèques : spécifications de forme, Diamètre, distance interne dans le groupe

Caractéristiques de contact : Fonction de contact, rugosité, traitements de surface

Tolérances générales ISO 2768 mK



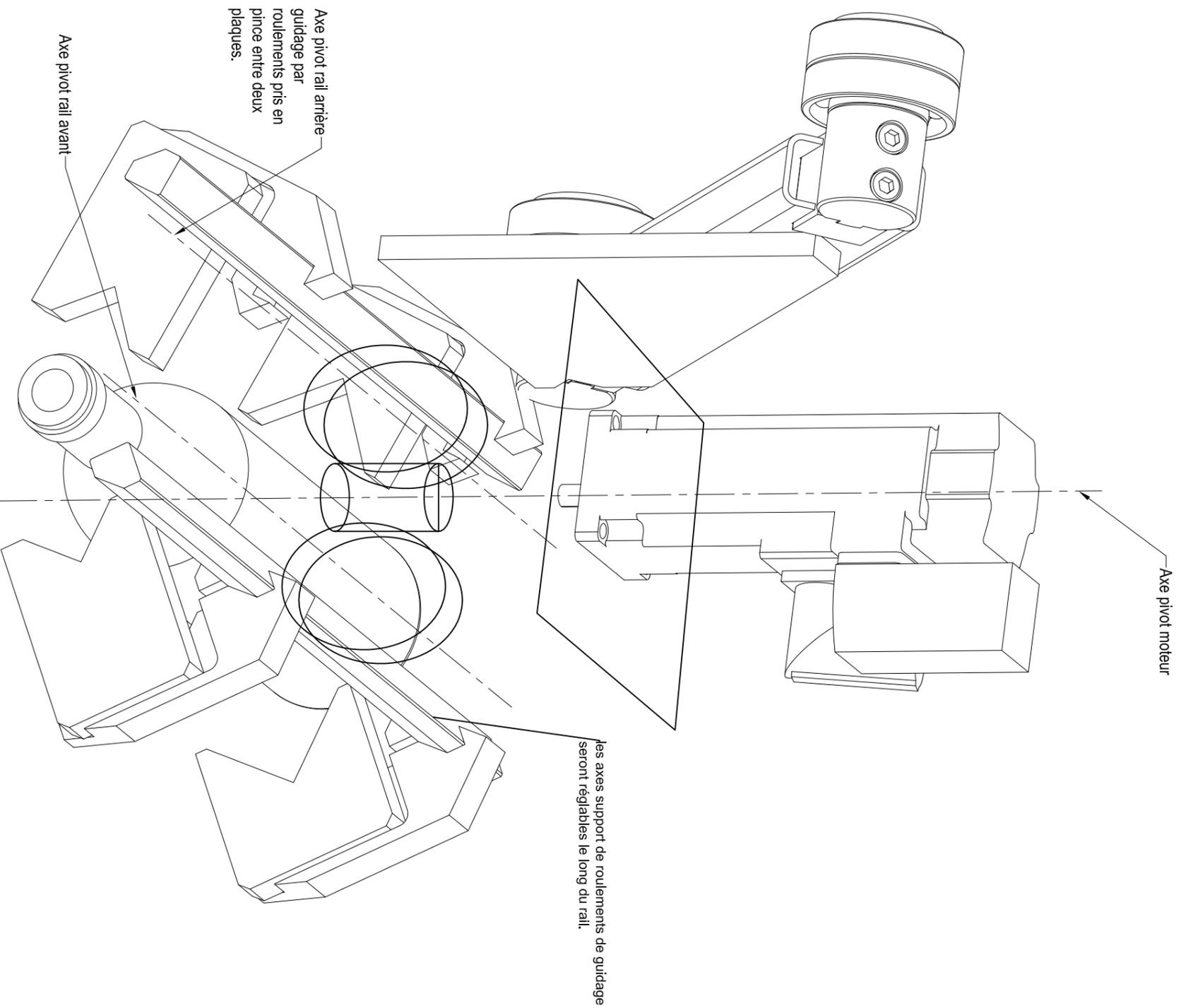
Le tolérancement des deux portées de roulement fait apparaître une perpendicularité et une coaxialité relative entre les portées (traduite par une rectitude d'axe en zone commune). Du fait de la valeur de la tolérance d'orientation en zone commune il n'est pas nécessaire de maintenir cette rectitude en zone commune.

⊕	∅tp CZ	ABC
⊥	∅to CZ	A
—	∅tf CZ	

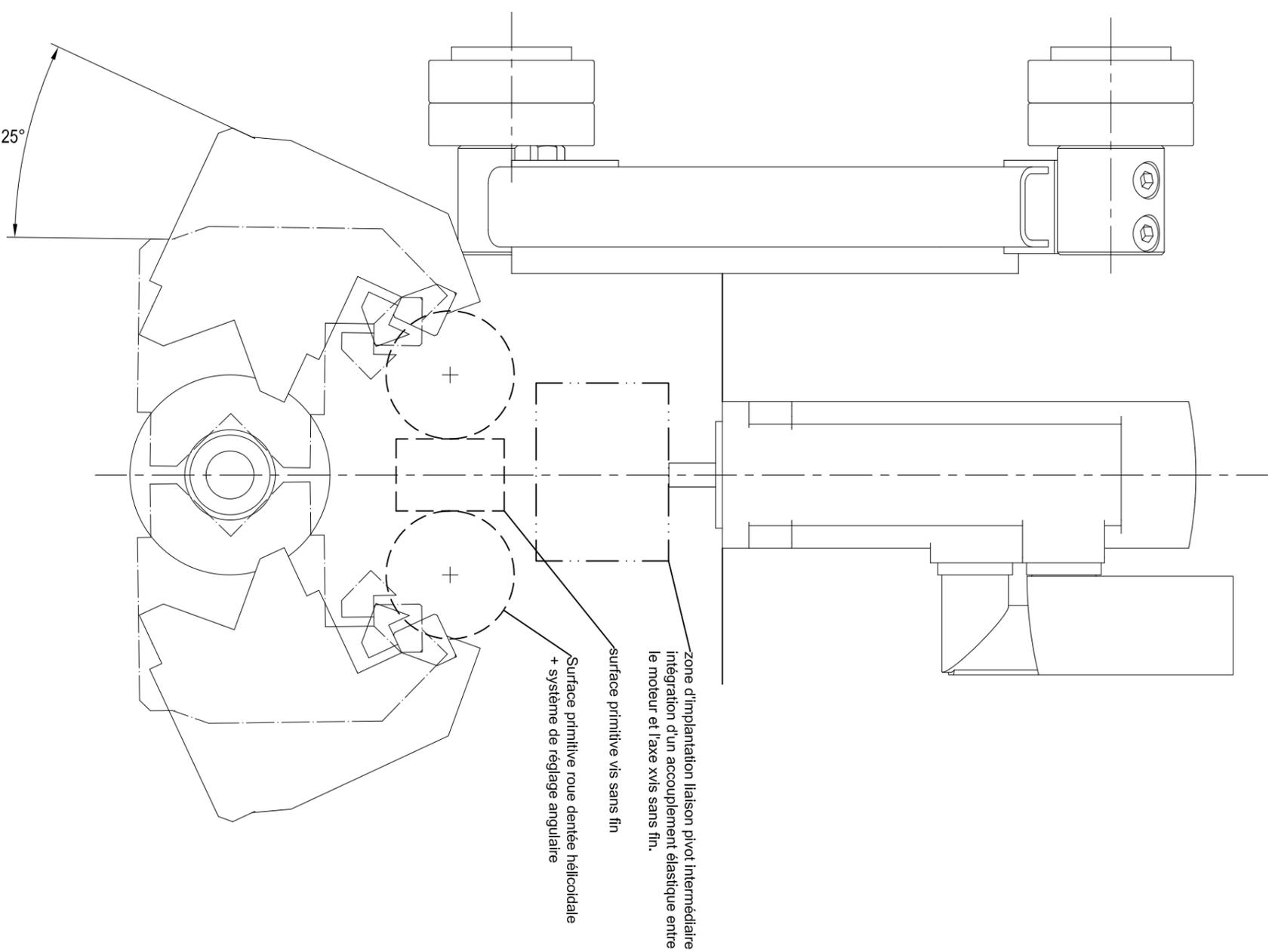
⊕	∅0,1 CZ	ABC
⊥	∅0,02 CZ	A

Proposition de correction

Document DR 7



A (1:2)



Vue à compléter par les éléments du squelette fonctionnel

MACHINE A SERIGRAPHIER HAUTE CADENCE

Le thème retenu pour cette épreuve est un sous ensemble de chargement de bouteilles sur une machine à serigraphier. Le sujet est découpé en quatre parties :

- une approche d'analyse du mécanisme et une étude cinématique qui conduit à vérifier le comportement du mécanisme sollicité à une cadence élevée.
- une partie énergétique permettant de vérifier le choix de la motorisation.
- une phase de conception du système de préhension de la bouteille.
- une étape de spécification géométrique d'un composant principal du mécanisme.

L'analyse préliminaire du mécanisme était incontournable. Les autres parties du sujet pouvaient être abordées indépendamment, évitant à un candidat dans l'incapacité de répondre à une question d'être bloqué.

**Histogramme et statistiques**

58 candidats ont composé lors de cette épreuve.

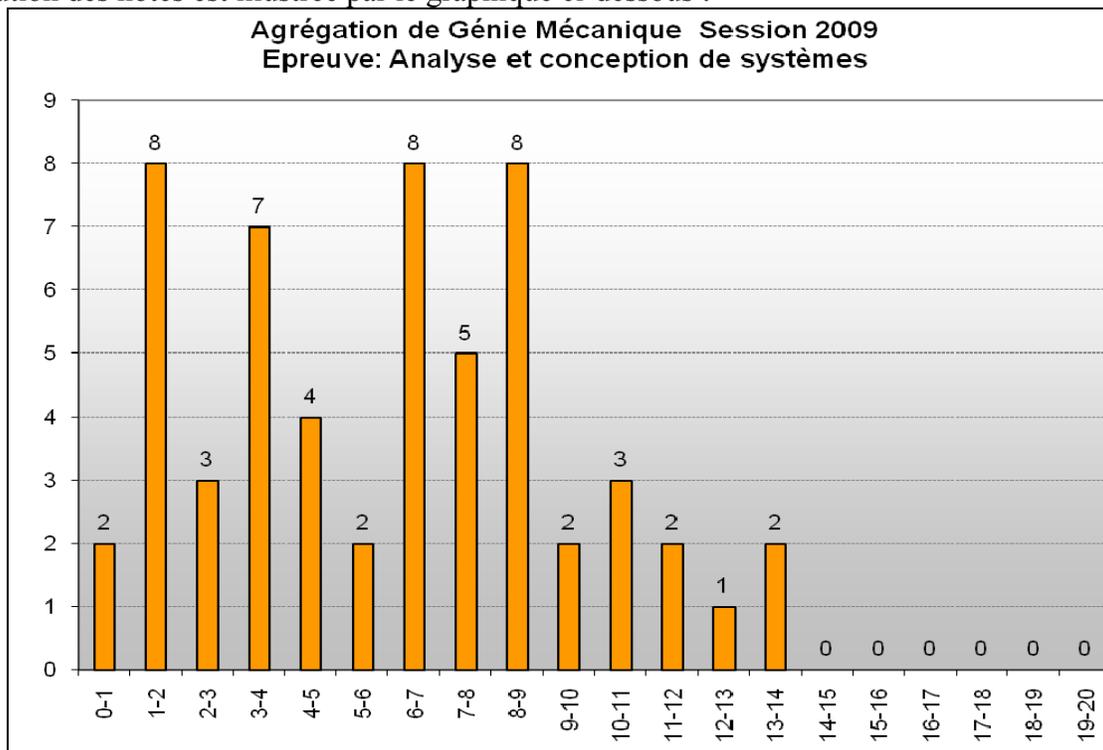
Moyenne : 6,10

Note mini : 0,54

Note maxi : 13,60

Ecart type : 3.44

La distribution des notes est illustrée par le graphique ci-dessous :



L'histogramme révèle quatre groupes distincts :

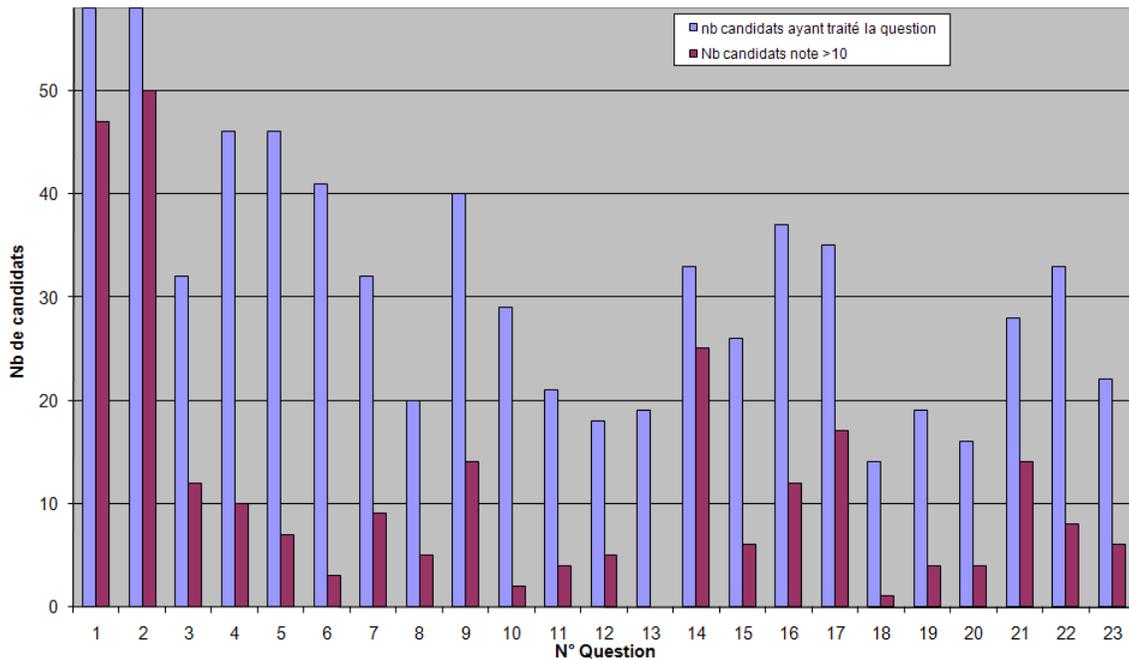
- Le premier comprend environ 13 candidats, qui se sont révélés incapables d'aborder le problème, quelle que soit la partie considérée. Ces candidats ne possèdent manifestement pas les fondements de la spécialité.
- Le deuxième groupe est composé de 26 candidats (notes comprises entre 3 et 8) qui se sont essayés sur les différentes parties sans succès. Ces copies révèlent un manque évident de recul et de maîtrise

par rapport aux champs du domaine de la conception.

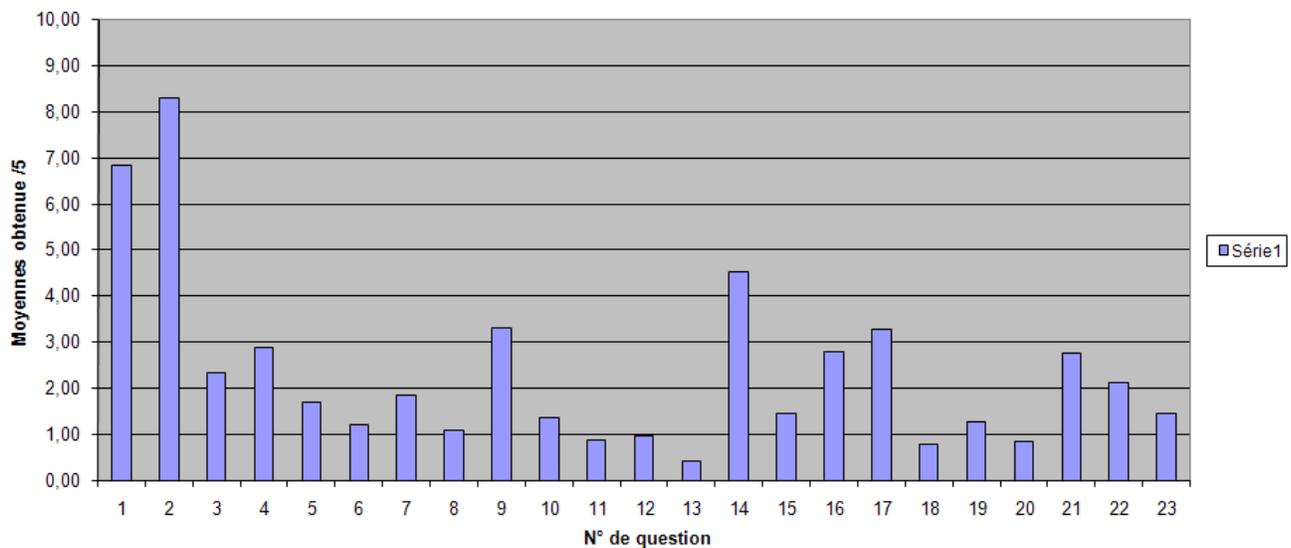
- Le troisième groupe constitué des 13 candidats ayant obtenu une note entre 8 et 11 ont parcouru le sujet en répondant correctement aux questions faisant appel aux connaissances de base, et en proposant des réponses pas toujours approfondies aux questions plus ouvertes. La plupart de ces candidats ont fait des propositions de conceptions.
- Le quatrième groupe fait ressortir quelques candidats (5) qui ont proposés des solutions satisfaisantes pour une grande partie du questionnement.

### COMMENTAIRES DETAILLES

Questions abordées et nombre de moyennes



Moyennes par question



## **PARTIE 1**

### **Vérification du comportement du mécanisme**

La première partie du sujet se décompose en une analyse préliminaire suivie d'une analyse cinématique. L'analyse préliminaire permet de comprendre la cinématique particulière du bras de chargement par le tracé de schémas cinématiques associés aux phases de fonctionnement (préhension et mise en place de la bouteille dans le poste support sur la machine à sérigraphier). Les deux premières questions ont été abordées par tous les candidats et ont été globalement réussies. Un grand nombre de candidat a compris le mécanisme mais s'est révélé incapable de fournir une schématisation pour la troisième phase de fonctionnement.

L'analyse cinématique :

Cette étude privilégie l'approche graphique. Les candidats qui ont atteint l'objectif fixé sont ceux qui ont été capables de structurer leur raisonnement et d'accompagner leurs tracés d'une rédaction explicite. Nous constatons qu'un grand nombre de copies sont dénuées de rigueur dans le raisonnement et dans les notations utilisées. Malgré le travail préparatoire sur les classes d'équivalence du mécanisme, les notions de vecteur vitesse, CIR, trajectoires, mouvements ne sont pas maîtrisées.

## **PARTIE 2**

### **Vérification du choix du moteur d'axe**

Cette partie s'intéresse au dimensionnement d'un actionneur électrique.

#### **Puissance motrice nécessaire**

Les informations à disposition des candidats avaient pour objectif de l'orienter sur une résolution simple par le théorème de l'énergie cinétique appliqué sur des corps en translation et en rotation.

Seule la moitié des candidats s'est essayée à l'exercice proposé et ce sans grand succès. Certains ont cherché à mettre en œuvre l'outil torseur sans pour autant le maîtriser. D'autres sont partis dans des simplifications dénuées de sens. Certains résultats présentés font état d'unités plus qu'inadaptées, d'ordre de grandeurs qui devraient porter à réflexion sur leurs justesses...

#### **Inertie équivalente et conclusion**

Un tiers des candidats a traité cette question. Seuls trois sont arrivés à un résultat valide... Quant aux conclusions, la remise en cause du choix du moteur (sur une question de vérification !) est quasi systématique.

## **PARTIE 3**

### **Conception du système de préhension**

Le système de préhension devant saisir un nouveau type de bouteille, la démarche consiste à vérifier un composant principal de la chaîne cinématique : l'axe de vilebrequin, puis à concevoir le mécanisme de transformation de mouvement sous forme de croquis, de squelette et de schéma de proposition de solutions constructives.

#### **Vérification mécanique du composant axe de vilebrequin**

Le travail principal du candidat consistait :

- à identifier une situation de calcul à partir de résultats de simulation dynamique. La moitié des candidats a répondu aux attentes.
- à proposer un modèle de calcul et à le mener à bien. Seuls cinq candidats ont mis en évidence la sollicitation flexion torsion du composant...

#### **Conception du système de préhension**

L'outil de recherche de fonctions technique FAST semble être méconnu.

Les deux tiers des candidats ont proposé des solutions sous forme de schémas « cinématiques » et/ou « technologiques ». Les argumentaires avantages et inconvénients sont souvent pauvres. La non réversibilité du mécanisme a globalement été prise en compte. Toutefois parmi les solutions proposées beaucoup montrent des confusions dans la notion d'entrée sortie des systèmes irréversibles.

Le passage à la représentation tant sous forme de squelette que de croquis légendés pose un gros problème aux candidats. Seul un tiers a essayé et deux ou trois candidats ont proposés des éléments de solutions compréhensibles.

Il s'agit d'un point important des connaissances nécessaires à l'enseignement dans le domaine de la mécanique et du génie mécanique.

#### **PARTIE 4**

##### **Spécification du mécanisme**

La première question consiste à déterminer un défaut angulaire entre les deux axes d'articulation du bras de préhension. Les données à disposition des candidats reprenaient les dessins de détail des pièces constituant le bras. A partir des différentes tolérances géométriques et de l'outil torseur des petits déplacements la quantification n'a été conduite avec succès que par trois candidats.

Les autres questions étaient basées sur les étapes quasi incontournables de la spécification.

Le graphe de contact hiérarchisé n'a été construit correctement que par treize candidats. L'identification des surfaces fonctionnelles et l'analyse géométrique associée n'a été conduite à son terme que par près de 8 candidats.

Quant à la matérialisation sous forme de codage ISO, seuls deux candidats ont fait des propositions de codage valides par rapport à la norme sans pour autant répondre totalement aux besoins fonctionnels.

#### **EN CONCLUSION**

Compte tenu des résultats obtenus sur l'ensemble du questionnaire il semblerait que la majorité des candidats ne ressentent pas l'importance des champs associés à la conception mécanique. Ces champs portent sur les démarches de conception, la proposition d'une architecture raisonnée en passant par son dimensionnement (approche cinématique, énergétique et résistance des matériaux), ainsi que sur la spécification géométrique des composants conçus.

Il est important de rappeler que dans les nouveaux référentiels, les professeurs de génie mécanique sont de plus en plus souvent associés aux professeurs de construction autour de démarches de projet dans le cadre d'une approche ingénierie simultanée.

Ce qui manque cruellement aux candidats c'est la capacité à aborder des problèmes concrets, à leur associer des modèles, des hypothèses simplificatrices et à mettre en œuvre des outils basiques de résolution qui, compte tenu du niveau exigé par le concours, ne devraient présenter que peu de difficulté.