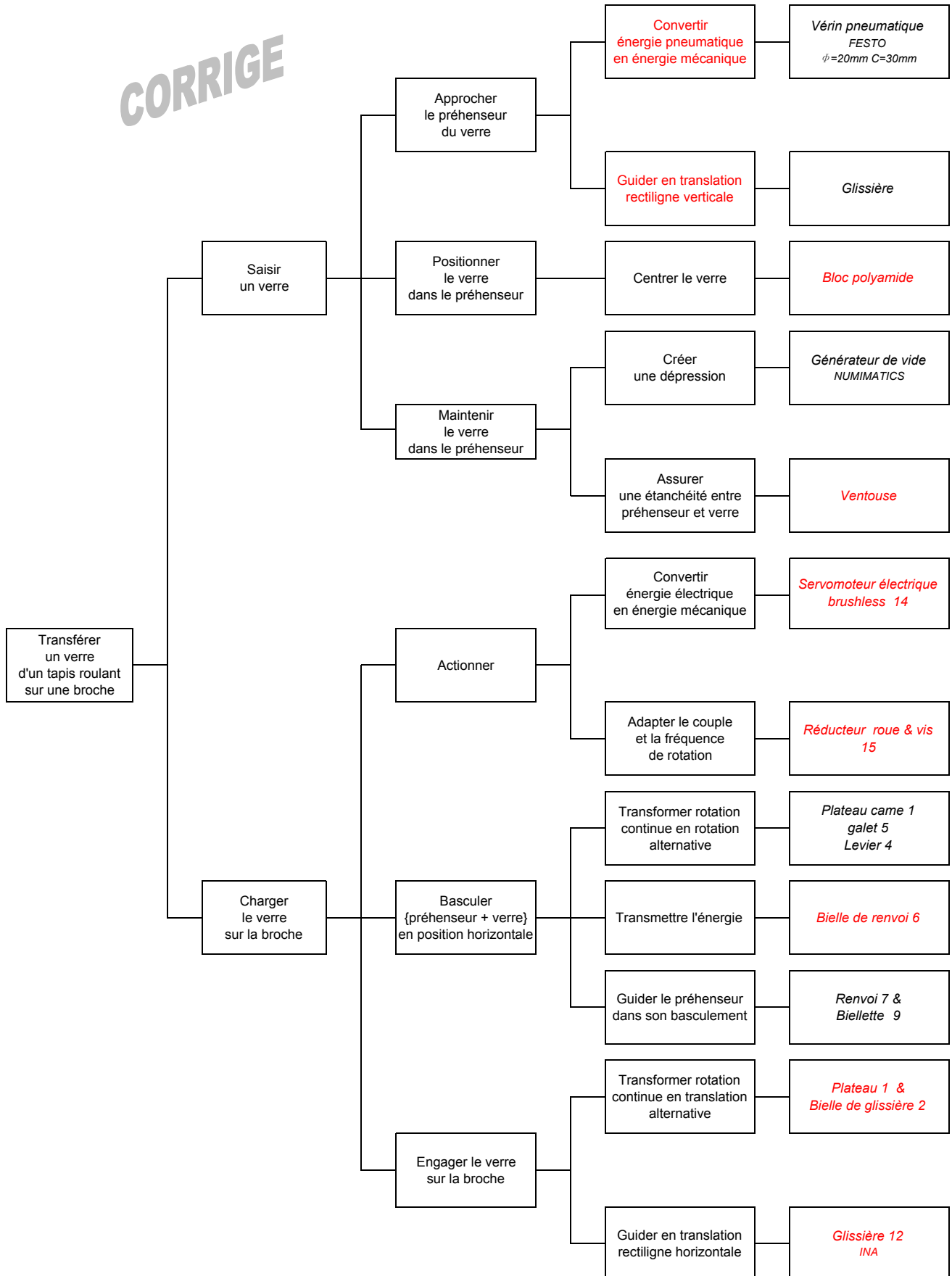


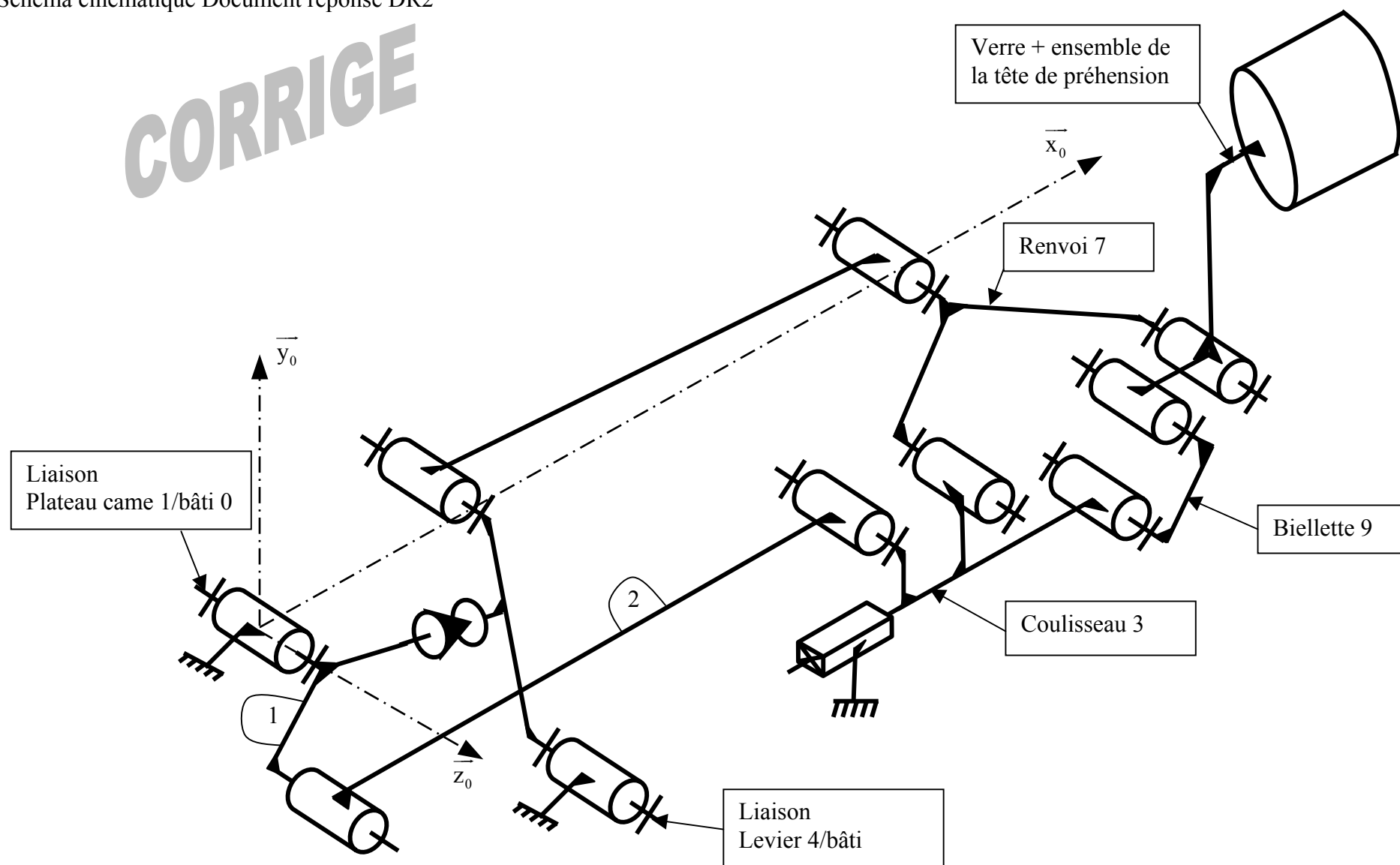
Document réponse 1

FAST DE LA FONCTION PRINCIPALE

CORRIGE



CORRIGE



Document réponse DR3

ANALYSE DES LIAISONS

CORRIGE

Réponses à la question 1-3 :

Graphe des liaisons

Type de liaison : **PIVOT GLISSANT**

Nombre d'inconnues statiques : **4**

ou

Nombre de paramètres cinématiques : **2**

Type de liaison : **PIVOT**

Nombre d'inconnues statiques : **5**

ou

Nombre de paramètres cinématiques : **1**

Type de liaison : **PIVOT**

Nombre d'inconnues statiques : **5**

ou

Nombre de paramètres cinématiques : **1**

Type de liaison : **GLISSIERE**

Nombre d'inconnues statiques : **5**

ou

Nombre de paramètres cinématiques : **1**

Degré d'hyperstaticité

$$h = (m + m_i) + N_s - 6 \times (p-1)$$

$$h = (1 + 0) + 19 - 6 \times 3$$

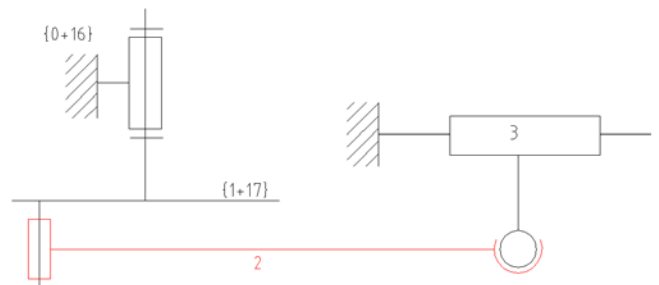
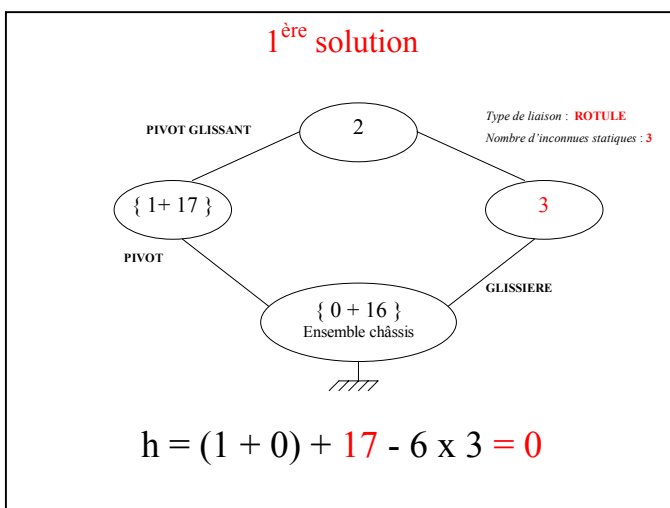
$$h = 2 \quad \dots \text{Hyperstatique d'ordre 2}$$

Réponses à la question 1-4 :

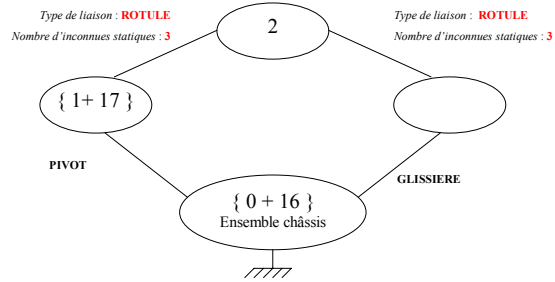
Conséquences technologiques

- Pour résoudre les problèmes d'assemblage dus à cet hyperstatisme, les opérateurs doivent régler avec précision la position du bloc moto réducteur sur le châssis.
- Un mauvais réglage entraînera une surcharge des roulements à aiguilles et une diminution de leur durée de vie.
-

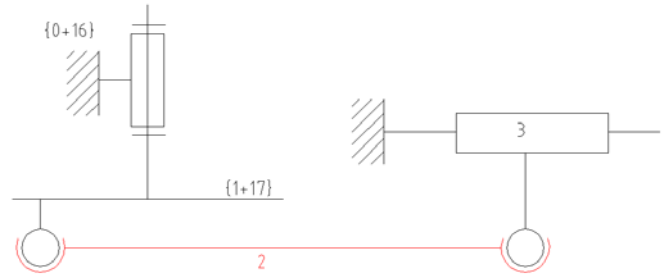
Proposition de modification pour lever l'hyperstaticité



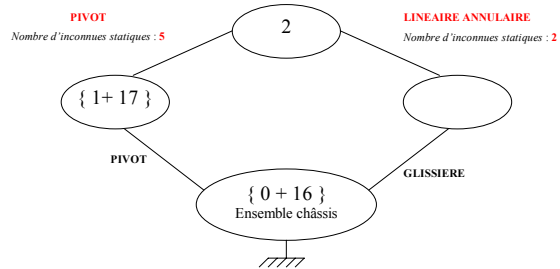
2^{ème} solution



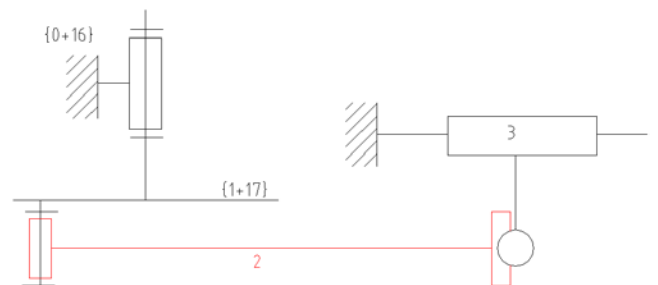
$$h = (1 + 1) + 16 - 6 \times 3 = 0$$



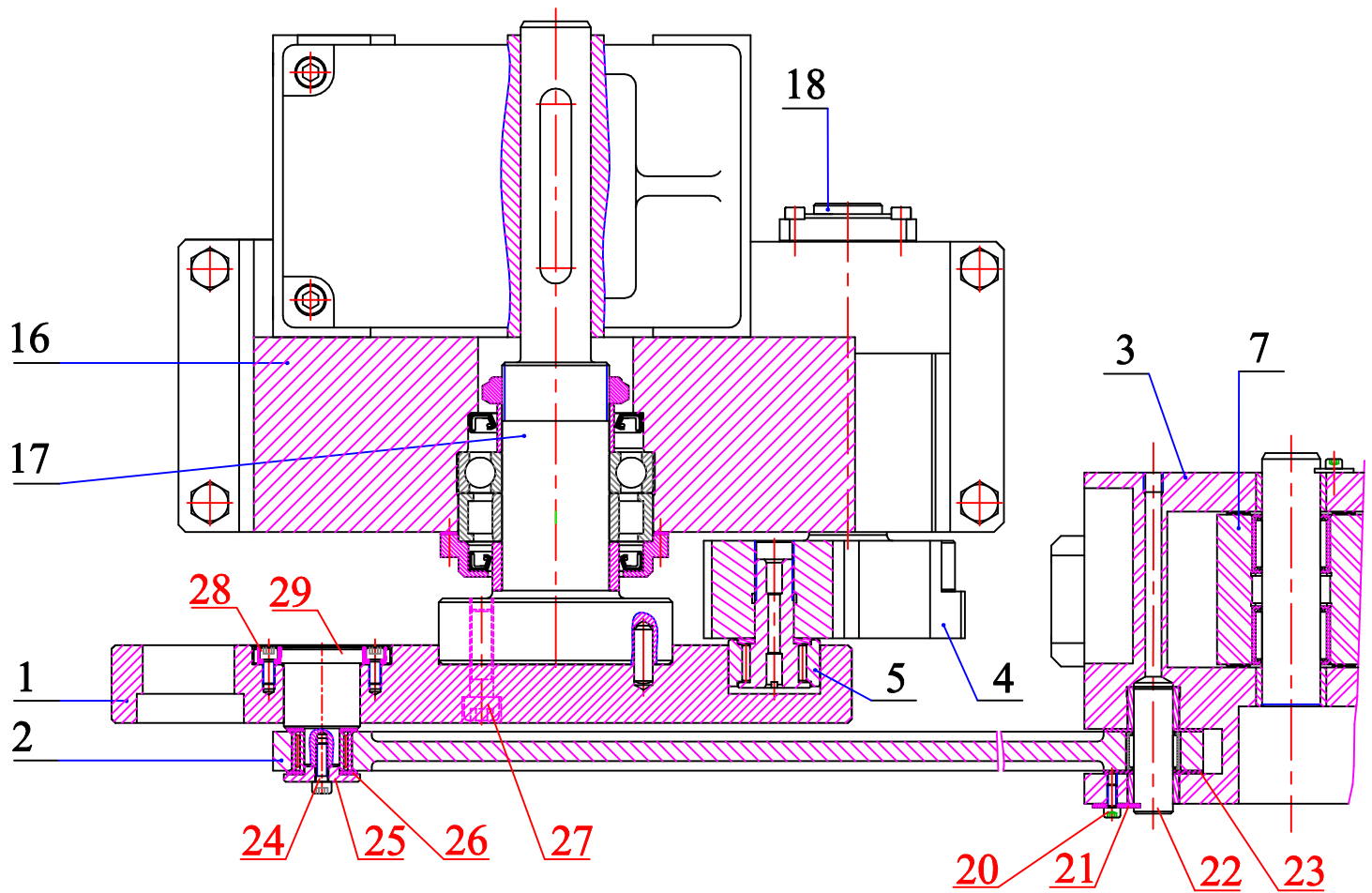
3^{ème} solution



$$h = (1 + 0) + 17 - 6 \times 3 = 0$$



Document réponse DR4



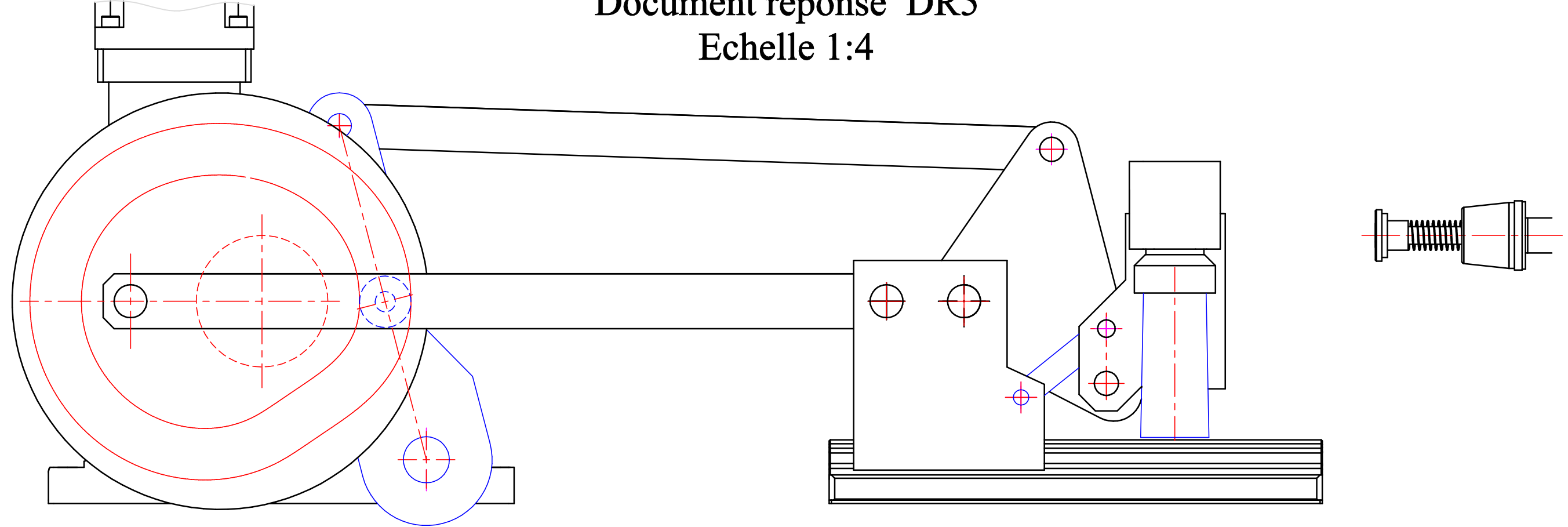
Gamme de démontage

- a- Dévisser la vis 20
- b- Déposer la plaquette 21
- c- Dégager l'axe 22
- d- Faire pivoter la bielle 2 et récupérer les 2 rondelles 23
- e- Dévisser 24
- f- Déposer les rondelles 25 et 26
- g- Déposer la bielle 2 avec la bague extérieure du roulement à aiguilles
- h- Dévisser les 4 vis 27
- i- Dégager l'ensemble {came 1 +28+29+Bague intérieure du roulements à aiguilles}
- j- Sur établi, dévisser les quatre vis 28.
- h- Sortir de la came 1 l'ensemble du tourillon 29.

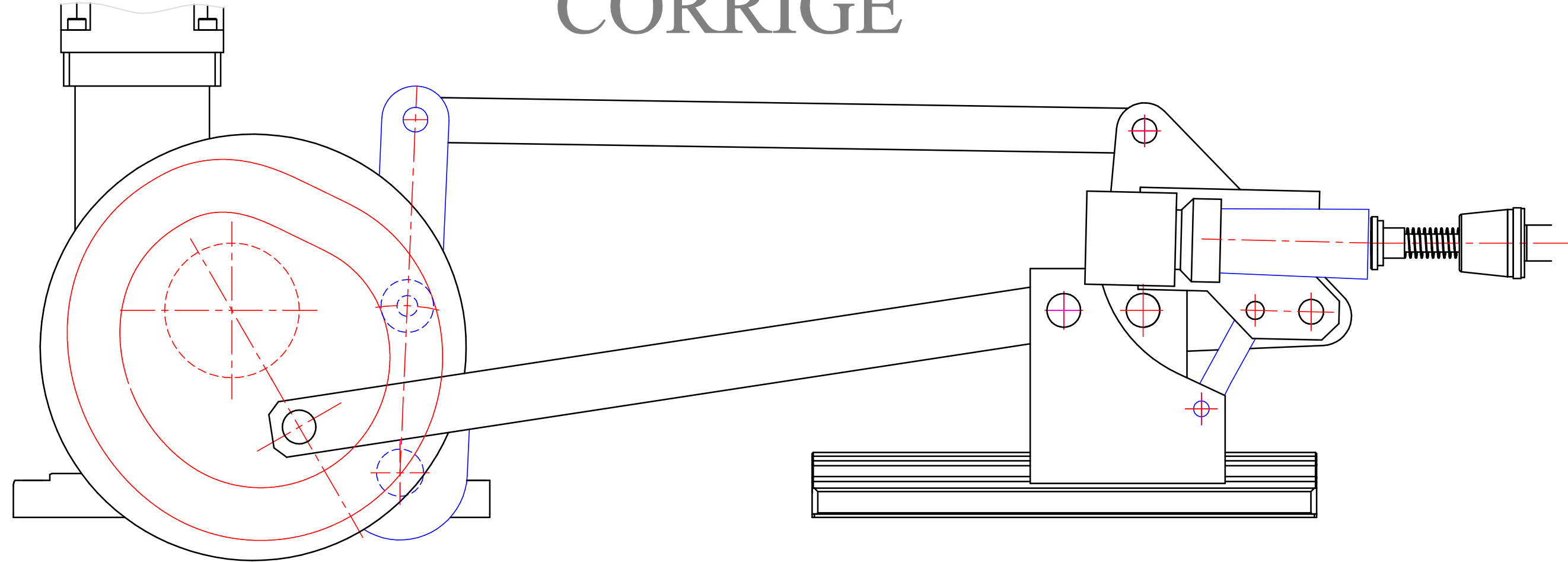
On procédera en ordre inverse pour le remontage de la nouvelle came.

CORRIGE

Document réponse DR5
Echelle 1:4



CORRIGE



Partie 2 : Etude du système bielle manivelle

Question 21 :

Moment d'inertie de l'ensemble came + arbre de sortie du réducteur

$$I_{Az \text{ came+arbre}} = I_{Az \text{ came}} + I_{Az \text{ came+arbre}} = (0,445 + 25 * 0,028^2) + 0,056$$

$$I_{Az \text{ came+arbre}} = 0,521 \text{ kg.m}^2 \text{ (Case A1)}$$

Question 22 :

Torseur cinématique représentant les mouvements du plateau came 1 par rapport au bâti 0.

$$\left\{ V_{1/0} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline \dot{\alpha} & 0 \end{array} \right\}_{/R0} \text{ (Case B1)}$$

Question 23 :

Expression de l'énergie cinétique de l'ensemble plateau came 1 + arbre de sortie par rapport au repère R_0

$$T_1 = \frac{1}{2} I_{Az \text{ came+arbre}} \cdot \dot{\alpha}^2 = 0,2605 \cdot \dot{\alpha}^2 \text{ (Case C1)}$$

Question 24 :

Torseur cinématique représentant les mouvements du coulisseau 3 par rapport au bâti 0.

$$\left\{ V_{3/0} \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & \dot{x} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{/R0} \text{ (Case B2)}$$

Question 25 :

L'étude géométrique de la chaîne fermée O-A-B-G-O permet d'écrire :

$$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BG} + \overrightarrow{GO} = \vec{0}$$

$$D'où : 0,1815\overrightarrow{y_0} + 0,12\overrightarrow{x_1} + 0,69\overrightarrow{x_2} - x\overrightarrow{x_0} - 0,1885\overrightarrow{y_0} = \vec{0}$$

En projetant sur les axes $\overrightarrow{x_0}$ et $\overrightarrow{y_0}$, nous en déduisons les deux relations suivantes :

$$\begin{aligned} (1) \quad & 0,12 \cdot \cos \alpha + 0,69 \cdot \cos \beta - x = 0 \\ (2) \quad & 0,12 \cdot \sin \alpha + 0,69 \cdot \sin \beta - 0,007 = 0 \end{aligned}$$

Question 26 :

Relation entre les vitesses

Par dérivation des expressions (1) et (2) nous obtenons :

$$\begin{aligned} (3) \quad & -0,12 \cdot \dot{\alpha} \sin \alpha - 0,69 \cdot \dot{\beta} \sin \beta - \dot{x} = 0 \\ (4) \quad & 0,12 \cdot \dot{\alpha} \cos \alpha + 0,69 \cdot \dot{\beta} \cos \beta = 0 \end{aligned}$$

Question 27 :

Relation entre les accélérations

Par dérivation des expressions (3) et (4) nous obtenons :

$$\begin{aligned} (5) \quad & -0,12.\dot{\alpha}^2 \cos \alpha - 0,69.\left(\ddot{\beta} \sin \beta + \dot{\beta}^2 \cos \beta\right) - \ddot{x} = 0 \\ (6) \quad & -0,12.\dot{\alpha}^2 \sin \alpha + 0,69.\left(\ddot{\beta} \cos \beta - \dot{\beta}^2 \sin \beta\right) = 0 \end{aligned}$$

Question 28 :

Expression de l'énergie cinétique du coulisseau 3 par rapport au repère R_0 lié au bâti.

$$T_2 = \frac{1}{2} M_3 \cdot \dot{x}^2 = 5 \cdot \dot{x}^2 \quad (\text{Case C2})$$

Partie 3 : Etude du système d'entraînement en rotation du renvoi 7 :

Question 31 :

Torseur cinématique représentant les mouvements du levier 4 par rapport au bâti 0.

$$\left\{ V_{4/0} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline \dot{\gamma} & 0 \end{array} \right\}_{/R0} \quad (\text{Case B3})$$

Question 32 :

Expression de l'énergie cinétique du levier 4 par rapport au repère R_0 lié au bâti.

$$T_3 = \frac{1}{2} I_{Cz} \cdot \dot{\gamma}^2 = 0,034 \cdot \dot{\gamma}^2 \quad (\text{Case C3})$$

Question 33 :

Torseur cinématique représentant les mouvements de la bielle 6 par rapport au levier 4.

$$\left\{ V_{6/4} \right\}_F = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline \dot{\theta} & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$$

Question 34 :

Torseur cinématique représentant les mouvements du renvoi 7 par rapport au coulisseau 3.

$$\left\{ V_{7/3} \right\}_I = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline \dot{\phi} & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$$

Question 35 :

$$\{V_{4/0}\} + \{V_{0/3}\} + \{V_{3/7}\} + \{V_{7/6}\} + \{V_{6/4}\} = \{0\}$$

Réduction des torseurs au point H :

$$\overrightarrow{V_{H4/0}} = \overrightarrow{V_{C4/0}} + \overrightarrow{HC} \wedge \overrightarrow{\Omega_{4/0}} = 0,65 \cdot \dot{\gamma} \overrightarrow{y_6} - 0,315 \cdot \dot{\gamma} \overrightarrow{x_4}$$

$$\overrightarrow{V_{H0/3}} = -\dot{x} \overrightarrow{x_0}$$

$$\overrightarrow{V_{H3/7}} = \overrightarrow{V_{I3/7}} + \overrightarrow{HI} \wedge \overrightarrow{\Omega_{3/7}} = -0,16 \cdot \dot{\varphi} \overrightarrow{y_7}$$

$$\overrightarrow{V_{H7/6}} = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{V_{H6/4}} = \overrightarrow{V_{F6/4}} + \overrightarrow{HF} \wedge \overrightarrow{\Omega_{6/4}} = 0,65 \cdot \dot{\theta} \overrightarrow{y_6}$$

La composition des vitesses en H permet d'écrire :

$$0,65 \cdot \dot{\gamma} \overrightarrow{y_6} - 0,315 \cdot \dot{\gamma} \overrightarrow{x_4} - \dot{x} \overrightarrow{x_0} - 0,16 \cdot \dot{\varphi} \overrightarrow{y_7} + 0,65 \cdot \dot{\theta} \overrightarrow{y_6} = \vec{0}$$

En projetant sur les axes $\overrightarrow{x_0}$ et $\overrightarrow{y_0}$, nous en déduisons les deux relations suivantes :

Remarque : $(\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_6}) = (\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_4}) + (\overrightarrow{y_4}, \overrightarrow{y_6}) = \gamma + \theta$

$$(7) \quad -0,65 \cdot \left(\dot{\gamma} + \dot{\theta} \right) \sin(\gamma + \theta) - 0,315 \cdot \dot{\gamma} \cos \gamma - \dot{x} + 0,16 \dot{\varphi} \sin \varphi = 0$$

$$(8) \quad 0,65 \cdot \left(\dot{\gamma} + \dot{\theta} \right) \cos(\gamma + \theta) - 0,315 \cdot \dot{\gamma} \sin \gamma - 0,16 \dot{\varphi} \cos \varphi = 0$$

Question 36 :

Application numérique :

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

L'équation (7) permet de trouver $\dot{\varphi} = 2,77 \text{ rad/s}$ (case D4)

L'équation (8) permet de trouver $\dot{\gamma} + \dot{\theta} = 0,356 \text{ rad/s}$

D'où $\dot{\theta} = 0,02 \text{ rad/s}$

Question 37 :

Composantes u_7 et v_7 dans R_0 du vecteur vitesse du centre de gravité G_7 du renvoi 7 par rapport au bâti :

$$\overrightarrow{V_{G_7/0}} = \overrightarrow{V_{I/0}} + \overrightarrow{G_7 I} \wedge \overrightarrow{\Omega_{7/0}} = \dot{x} \overrightarrow{x_0} + 0,027 \dot{\varphi} \overrightarrow{y_7} + 0,065 \dot{\varphi} \overrightarrow{x_7}$$

En projetant sur les axes $\overrightarrow{x_0}$ et $\overrightarrow{y_0}$, nous en déduisons les deux relations suivantes :

$$u_7 = \dot{x} - 0,027 \dot{\varphi} \sin \varphi + 0,065 \dot{\varphi} \cos \varphi$$

$$v_7 = 0,027 \dot{\varphi} \cos \varphi + 0,065 \dot{\varphi} \sin \varphi$$

Question 3-8 :

$$u_7 = 0,307 \text{ m/s}$$

$$v_7 = 0,194 \text{ m/s} \quad (\text{Case D4})$$

Question 3-9 :

Torseur cinématique représentant les mouvements du renvoi 7 par rapport au bâti 0.

$$\left\{ \begin{matrix} \mathbf{V}_{7/0} \\ \mathbf{G7} \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} 0 & \mathbf{u}_7 \\ 0 & \mathbf{v}_7 \\ \vdots & 0 \\ \dot{\varphi} & 0 \end{matrix} \right\} \quad (\text{Case B4}) \quad / \mathbf{R0}$$

Question 3-10 :

Expression de l'énergie cinétique, notée T4, du renvoi 7 par rapport au repère \mathbf{R}_0 lié au bâti.

$$T_4 = \frac{1}{2} M_7 \cdot (\mathbf{u}_7^2 + \mathbf{v}_7^2) + \frac{1}{2} I_{G7z} \cdot \dot{\varphi}^2 = 1,43(\mathbf{u}_7^2 + \mathbf{v}_7^2) + 0,011 \dot{\varphi}^2$$

Partie 4 : Etude du système d'entraînement de la tête 8 :

Question 41 :

Détermination graphique de la position de l'axe instantané de rotation de la tête 8 dans son mouvement par rapport au coulisseau 3 :

Remarques :

- La tête 8 est en liaison pivot avec le renvoi 7 suivant l'axe $\overrightarrow{\mathbf{Lz}_0}$, nous avons donc $\overrightarrow{\mathbf{V}_{L7/3}} = \overrightarrow{\mathbf{V}_{L8/3}}$
- La tête 8 est en liaison pivot avec la biellette 9 suivant l'axe $\overrightarrow{\mathbf{Kz}_0}$, nous avons donc $\overrightarrow{\mathbf{V}_{K9/3}} = \overrightarrow{\mathbf{V}_{K8/3}}$.

Construction pour déterminer le CIR : voir document réponse DR5

Question 42 :

Valeur de la vitesse angulaire instantanée de la tête 8 par rapport au coulisseau 3 : $\overrightarrow{\Omega_{8/3}}$

$$\overrightarrow{\mathbf{V}_{L7/3}} = \overrightarrow{\mathbf{V}_{L7/3}} + \overrightarrow{\mathbf{LI}} \wedge \overrightarrow{\Omega_{7/3}} = 0,15 \overrightarrow{\mathbf{y}_7} \wedge 2,77 \overrightarrow{\mathbf{z}_0} = 0,41 \overrightarrow{\mathbf{x}_7}$$

$$\overrightarrow{\mathbf{V}_{L7/3}} = \overrightarrow{\mathbf{V}_{L8/3}} = \overrightarrow{\mathbf{V}_{I_{83}8/3}} + \overrightarrow{\mathbf{LI}_{83}} \wedge \overrightarrow{\Omega_{8/3}}$$

La mesure sur le document DR5 permet d'écrire $\|\overrightarrow{\mathbf{I}_{83}\mathbf{L}}\| = 0,044\text{m}$

$$\text{D'où } \|\overrightarrow{\Omega_{8/3}}\| = \frac{0,41}{0,044} = 9,3 \text{ rad/s} \quad \boxed{\overrightarrow{\Omega_{8/3}} = 9,3 \overrightarrow{\mathbf{z}_0}}$$

Question 43 :

Valeur de la vitesse angulaire de la tête 8 par rapport au renvoi 7 : $\overrightarrow{\Omega_{8/7}} = \dot{\delta} \overrightarrow{\mathbf{z}_0}$

$$\overrightarrow{\Omega_{8/3}} = \overrightarrow{\Omega_{8/7}} + \overrightarrow{\Omega_{7/3}} = (\dot{\delta} + \dot{\varphi}) \overrightarrow{\mathbf{z}_0} = 9,3 \overrightarrow{\mathbf{z}_0}$$

$$\text{D'où } \boxed{\dot{\delta} = 6,53 \text{ rad/s}} \quad (\text{case D5})$$

Question 44 :

$$\text{Valeur de } \ddot{\delta} : \boxed{\ddot{\delta} = 145,8 \text{ rad/s}^2} \quad (\text{case D5})$$

Question 45 :

Détermination graphique des composantes u_8 et v_8 de $\overrightarrow{\mathbf{V}_{G8 \in 8/0}} = u_8 \overrightarrow{\mathbf{x}_0} + v_8 \overrightarrow{\mathbf{y}_0}$.

Voir DR5

Question 46 :

Torseur cinématique représentant les mouvements de la tête 8 par rapport au bâti 0.

$$\left\{ \begin{array}{c} \{V_{8/0}\} \\ G8 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & u_8 \\ 0 & v_8 \\ \hline \dot{\delta} + \dot{\varphi} & 0 \end{array} \right\}_{/R0} \quad (\text{Case B5})$$

Question 47 :

Expression de l'énergie cinétique de la tête par rapport au repère R_0 lié au bâti.

$$T_5 = \frac{1}{2} M_8 (u_8^2 + v_8^2) + \frac{1}{2} I_{G8z} (\dot{\delta} + \dot{\varphi})^2 = 1,85 (u_8^2 + v_8^2) + 0,014 (\dot{\delta} + \dot{\varphi})^2 \quad (\text{Case C5})$$

Partie 5 : Vérification du moteur

Question 51 :

Théorème de l'énergie cinétique puissance à l'ensemble $\{1+3+4+7+8\}$:

$$I_{Az} \ddot{\alpha} \dot{\alpha} + M_3 \dot{x} \ddot{x} + I_{Cz} \dot{\gamma} \ddot{\gamma} + M_7 \left(u_7 \dot{u}_7 + v_7 \dot{v}_7 \right) + I_{G7z} \dot{\varphi} \ddot{\varphi} + M_8 \left(u_8 \dot{u}_8 + v_8 \dot{v}_8 \right) + I_{G8z} \left(\dot{\delta} + \dot{\varphi} \right) \left(\ddot{\delta} + \ddot{\varphi} \right) = C_r \dot{\alpha}$$

avec $\ddot{\alpha} = 0$

Question 52 :

Application numérique :

$$C_r = 15 \text{ N.m}$$

Question 53 :

Soit C_m le couple moteur, ω_m la vitesse de rotation du moteur et ω_r la vitesse de rotation en sortie de réducteur

Le moto réducteur tourne à vitesse constante. Nous avons donc :

$$\eta \cdot C_m \cdot \omega_m - C_r \cdot \omega_r = 0$$

$$\text{D'où } C_m = C_r \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\eta}$$

$$C_m = 0,78 \text{ N.m}$$

Question 54 :

$\omega_r = 80 \text{ tr/min}$ d'où $\omega_m = 2320 \text{ tr/min}$

Pour le moteur Vickers FASK2 120.030 , nous avons en service continu un couple d'environ $C = 12 \text{ N.m}$

Nous pouvons dire que ce moteur ne posera pas de problème pour entraîner le système en régime établi. Il faudrait vérifier si le couple de démarrage est suffisant pour le régime transitoire.

Document réponse DR6

Système matériel	Caractéristiques d'inertie	Torseur cinématique	Expression de l'énergie cinétique	Application numérique : Position la plus défavorable
Plateau came 1 + Arbre de sortie du réducteur	A1 Masse $M_{T1} = 36,5\text{kg}$ $I_{Az} = 0,521\text{kg.m}^2$	B1 $\{V_{1/0}\}_A \left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline \dot{\alpha} & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$	C1 $T_1 = \frac{1}{2} I_{Az \text{ came+arbre}} \dot{\alpha}^2$ $T_1 = 0,2605 \dot{\alpha}^2$	$N = 80 \text{ tr/min}$ $\dot{\alpha} = 8,38 \text{ rad/s}$
Coulisseau 3	Masse $M_3 = 10\text{kg}$	B2 $\{V_{3/0}\} \left\{ \begin{array}{c c} 0 & \dot{x} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$	C2 $T_2 = \frac{1}{2} M_3 \dot{x}^2 = 5 \dot{x}^2$	$\dot{x} = 0,29 \text{ m/s}$ $\ddot{x} = \frac{d\dot{x}}{dt} = 6,8 \text{ m/s}^2$
Levier 4	Masse $M_4 = 2,5\text{kg}$ $I_{Cz} = 0,068\text{kg.m}^2$	B3 $\{V_{4/0}\}_C \left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline \dot{\gamma} & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$	C3 $T_3 = \frac{1}{2} I_{Cz} \dot{\gamma}^2 = 0,034 \dot{\gamma}^2$	$\gamma = 14,6^\circ$ $\dot{\gamma} = 0,336 \text{ rad/s}$; $\ddot{\gamma} = \frac{d\dot{\gamma}}{dt} = 12,87 \text{ rad/s}^2$
Renvoi 7	Masse $M_7 = 2,86\text{kg}$ $I_{G7z} = 0,022\text{kg.m}^2$ $\overrightarrow{IG_7} = 0,027\overrightarrow{x_7} - 0,065\overrightarrow{y_7}$	B4 $\{V_{7/0}\}_{G7} \left\{ \begin{array}{c c} 0 & u_7 \\ 0 & v_7 \\ \hline \dot{\varphi} & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$	C4 $T_4 = \frac{1}{2} M_7 (u_7^2 + v_7^2) + \frac{1}{2} I_{G7z} \dot{\varphi}^2$ $T_4 = 1,43(u_7^2 + v_7^2) + 0,011 \dot{\varphi}^2$	D4 $\varphi = 62,4^\circ$ $\dot{\varphi} = 2,77 \text{ rad/s}$; $\ddot{\varphi} = \frac{d\dot{\varphi}}{dt} = 71,97 \text{ rad/s}^2$ $u_7 = 0,307 \text{ m/s}$; $\dot{u}_7 = 0,196 \text{ m/s}^2$ $v_7 = 0,194 \text{ m/s}$; $\dot{v}_7 = 5,09 \text{ m/s}^2$
Tête 8	Masse $M_8 = 3,7\text{kg}$ $I_{G8z} = 0,028\text{kg.m}^2$ $\overrightarrow{LG_8} = 0,045\overrightarrow{x_8} + 0,077\overrightarrow{y_8}$	B5 $\{V_{8/0}\}_{G8} \left\{ \begin{array}{c c} 0 & u_8 \\ 0 & v_8 \\ \hline \dot{\delta} + \dot{\varphi} & 0 \end{array} \right\}_{/R0}$	C5 $T_5 = \frac{1}{2} M_8 (u_8^2 + v_8^2) + \frac{1}{2} I_{G8z} (\dot{\delta} + \dot{\varphi})^2$ $T_5 = 1,85(u_8^2 + v_8^2) + 0,014 (\dot{\delta} + \dot{\varphi})^2$	D5 $\delta = -54^\circ$ $\dot{\delta} = 6,53 \text{ rad/s}$; $\ddot{\delta} = \frac{d\dot{\delta}}{dt} = 145,8 \text{ rad/s}^2$ $u_8 = -0,27 \text{ m/s}$; $\dot{u}_8 = -15,33 \text{ m/s}^2$ $v_8 = 0,65 \text{ m/s}$; $\dot{v}_8 = 10,67 \text{ m/s}^2$

Document réponse DR7

Echelle 1

Echelle des vitesses 1mm pour 10 mm/s

$$\Omega_{7/3} = \varphi' = 2,77 \text{ rad/s}$$

$$V_{L\ 7/3} = V_{L\ 8/3} = 0,4155 \text{ m/s}$$

$$\Omega_{8/3} = 9,45 \text{ rad/s}$$

$$V_{G8\ 8/3} = 0,9 \text{ m/s}$$

$$V_{G8\ 3/0} = 0,29 \text{ m/s}$$

$$V_{G8\ 8/0} = 0,74 \text{ m/s}$$

$$U_8 = 0,31 \text{ m/s}$$

$$V_8 = 0,67 \text{ m/s}$$

