teaching sciences UPSTI for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Polytechniques

Année : 2012

Filière : PSI

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'UPSTI (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les Sciences de l'Ingénieur, l'orientation, les Grandes Ecoles ainsi que sur les Olympiades de Sciences de l'Ingénieur et sur les Sciences de l'Ingénieur au Féminin sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

QUESTION 1

Le cahier des charges peut se résumer dans un tableau:

U_2 \ U_1	≥ 0,54 V	< 0,54 V
≥ 0,54 V	M = 0	M +
< 0,54 V	M -	M = 0

L'état du moteur est bien une fonction ***combinatoire*** des entrées.

M- = [U_1 ≥ 0,54 V] . [U_2< 0,54 V] ou ON1.$\overline{\text{ON2}}$

M+ = [U_2 ≥ 0,54 V] . [U_1< 0,54 V] ou $\overline{\text{ON1}}$.ON2

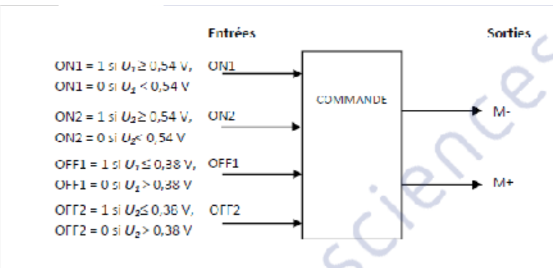
QUESTION 2

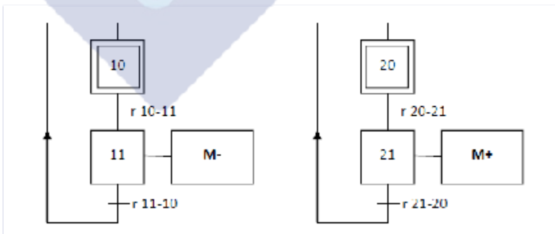
QUESTION 2a

Supposons à t = 0s U_2< 0,38 V et U_1< 0,38 V, alors M = 0, si à t_1 0,38 V< U_2< 0,54 V ,M reste à l'état 0 ,à t_2 U_2 ≥ 0,54 V alors M passe à l'état M+ à t_3 si 0,38 V< U_2< 0,54 V M reste à l'état M+, donc l'état du moteur dépend des états précédents, il faut donc utiliser un fonction mémoire, le système est donc ***séquentiel***.

QUESTION 2b

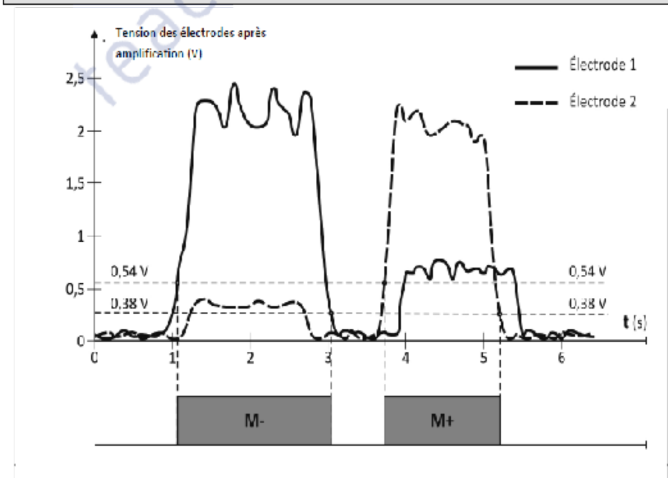
Dans ce cas U_1 et U_2 ne peuvent pas être simultanément supérieures à 0,38 V.





r_{10-11}= ON1	r_{20-21} = ON2
r_{11-10} = OFF1	r_{21-20} = OFF2

QUESTION 3



Il faut utiliser des fronts montants pour éviter le déclenchement par exemple entre les instants 5,2 s et 5,3 s

r_{10-11}=↑ON1.$\overline{\text{X21}}$ r_{20-21} = ↑ON2.$\overline{\text{X11}}$.$\overline{\text{↑ON1}}$

r_{11-10} = ↑OFF1+5s/X11 r_{21-20} = ↑OFF2.5s/X21

QUESTION 4

Pour les tracés, Cf DR1

QUESTION 4a

$\left\|\overrightarrow{V_{(J,2/1)}}\right\| = R_{p2}.\omega_{2/1}$

Le support de la vitesse est perpendiculaire au rayon (OJ) dirigée dans le sens de la fermeture.

AN : $\left\|\overrightarrow{V_{(J,2/1)}}\right\| = 12{,}6\ mm.s^{-1}$

QUESTION 4b

$\overrightarrow{V_{(J,2/1)}} = \overrightarrow{V_{(J,3/1)}}$ car il y a roulement sansglissement dans l'engrenage 2 / 1.

Par utilisation du centre de rotation et de la répartition linéaire des vitesses, on détermine $\overrightarrow{V_{(E,3/1)}}$

QUESTION 4c

Utilisation du théorème des 3 CIR.

En considérant les 3 solides en mouvement plan : 3 , 4 , 5
Les CIR sont $I_{35} = B$, $I_{45} = C$ Donc $I_{34} \in (BC)$
En considérant les 3 solides en mouvement plan : 3 , 4 , 1
Les CIR sont $I_{31} = A$, $I_{41} = D$ Donc $I_{34} \in (AD)$
Donc

$$\boxed{I_{34} \in (BC) \cap (AD)}$$

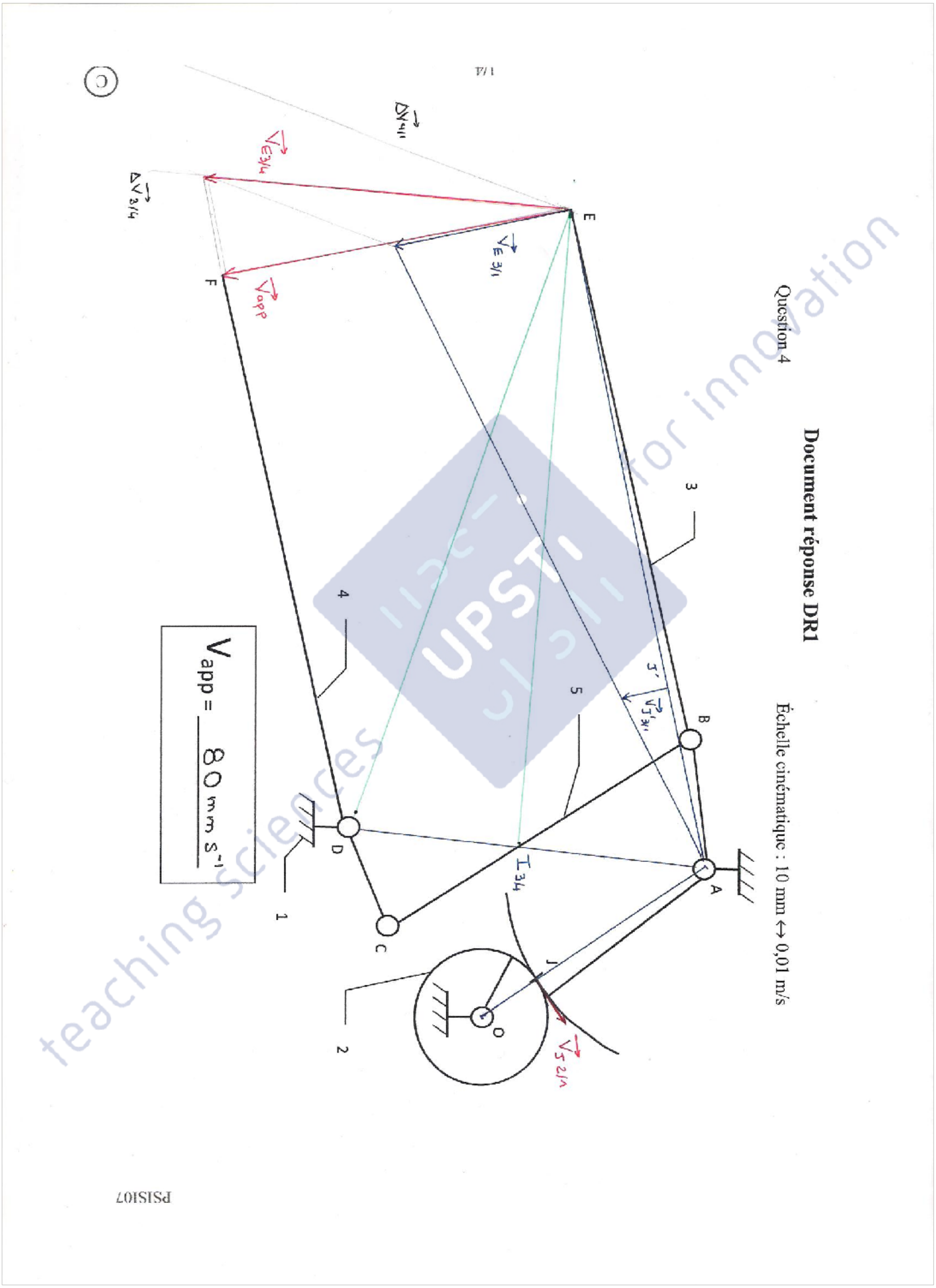
QUESTION 4d

$\overrightarrow{V_{(E,3/4)}} = \overrightarrow{V_{(E,3/1)}} - \overrightarrow{V_{(E,4/1)}}$

$\overrightarrow{V_{(E,3/4)}}$ est perpendiculaire à $(E\ I_{34})$, $\overrightarrow{V_{(E,4/1)}}$ est perpendiculaire à (DE)

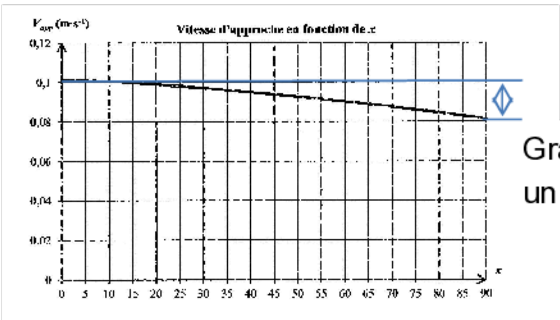
d'où la construction de $\overrightarrow{V_{(E,3/4)}}$

Par projection sur (EF) on trouve $\boxed{\left\|\overrightarrow{V_{app}}\right\| = 80\ mm.s^{-1}}$


Document réponse DR1
Question 4
Échelle cinématique : 10 mm ↔ 0,01 m/s
V app = 80 mm s-1
A
B
C
D
E
F
J
O
I 34
1
2
3
4
5
PSISI07

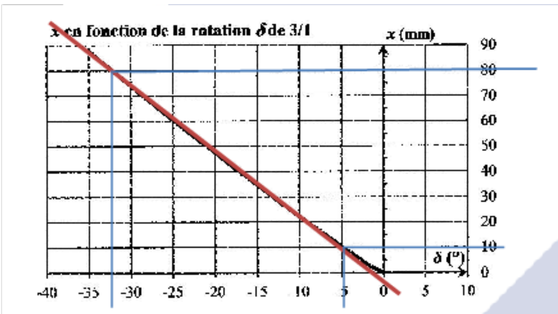
QUESTION 5

QUESTION 5a



Graphiquement, on lit ΔV_{app}= 0,02 et V_{app}= 0,09 $\pm$0,01 soit un écart de 11%, ***la flexibilité est vérifiée***.

QUESTION 5b



Par régression graphique : x = m δ + p

avec $m = \frac{\Delta x}{\Delta \delta} = \frac{80-10}{-32{,}5+5}$= -2,54mm/°= -0,146 m.rad^{-1}

Soit, après dérivation : $\dot{x}(t) = -0{,}146\ \dot{\delta}(t)$

QUESTION 6

QUESTION 6a

Les liaisons sont sans frottement, donc la puissance des liaisons est nulle.
Les poids sont négligeables par rapport aux efforts de serrage, donc la puissance des poids est nulle.
La puissance intérieure est la puissance de la force de serrage :

$$P_{int} = \overrightarrow{F_{Pièce \to 3}}.\overrightarrow{V_{3/1}} + \overrightarrow{F_{Pièce \to 4}}.\overrightarrow{V_{F,4/1}} = \overrightarrow{F_{Pièce \to 3}}.\overrightarrow{V_{E,3/1}} - \overrightarrow{F_{Pièce \to 4}}.\overrightarrow{V_{F,1/4}} = \overrightarrow{F_{Pièce \to 3}}.\overrightarrow{V_{app}}$$

Soit $\boxed{P_{int} = -F.\dot{x}}$

QUESTION 6b

La relation dans l'engrenage 2/3 est : $\frac{\omega_{2/1}}{\omega_{3/1}} = -\frac{R_{p3}}{R_{p2}}$; donc $\omega_{2/1} = -\dot{\delta}\frac{R_{p3}}{R_{p2}}$

La puissance extérieure est la puissance du moteur, soit :$P_{ext} = \overrightarrow{C_{m2}}.\overrightarrow{\omega_{2/1}} = -C_{m2}.\dot{\delta}\frac{R_{p3}}{R_{p2}}$

QUESTION 6c

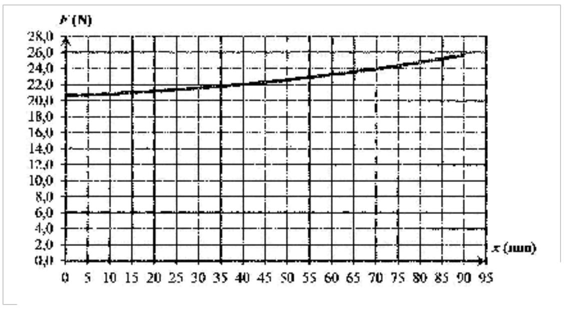
Dans l'hypothèse où les effets dynamiques sont négligeables et que l'énergie cinétique est constante, le théorème d'énergie-puissance s'écrit :

$$P_{int} + P_{ext} = 0$$

Soit : $-C_{m2}.\dot{\delta}\frac{R_{p3}}{R_{p2}} - F.\dot{x} = 0$ avec $\dot{x} = -b\dot{\delta}$ Soit $-C_{m2}.\dot{\delta}\frac{R_{p3}}{R_{p2}} + Fb\dot{\delta} = 0$

Donc $\boxed{F = C_{m2}.\frac{R_{p3}}{bR_{p2}}}$ <u>A.N</u> : F = 22,2 N

QUESTION 7



Graphiquement on lit : $F_{(x)} \in [20{,}5\ N ; 26\ N]$ soit un F_{moyen} = 23,25 N avec une flexibilité de ∓15%

Soit $F_{théorique} \in [19{,}75\ N ; 26{,}75\ N]$

Le critère de la FT41 est vérifié.

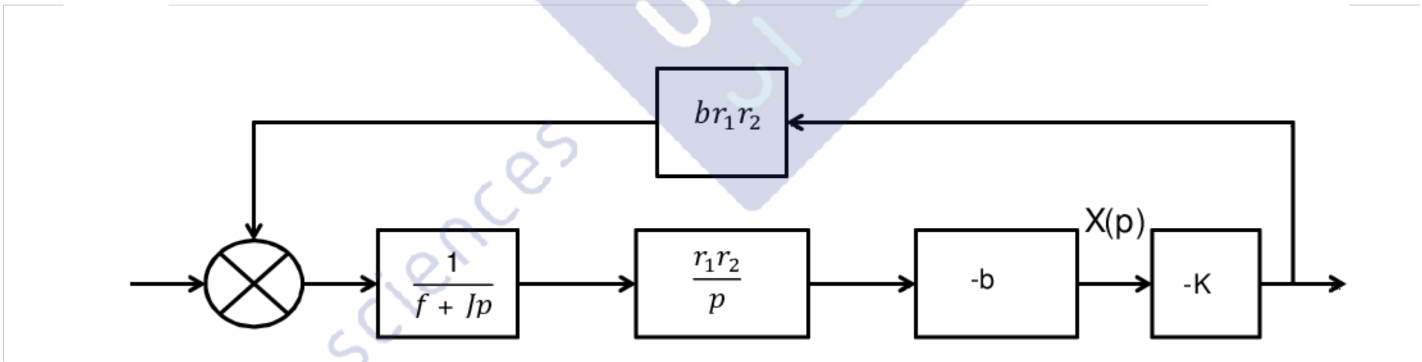
QUESTION 8

QUESTION 8a

On considèrera les conditions initiales nulles, les transformées de Laplace des différentes relations sont :

$$\dot{x}(t) = -b.\dot{\delta}(t) \rightarrow p\hat{X}(p) = -b.p.\delta(p) \text{ où } \hat{X}(p) = -b.\delta(p)$$
$$F(t) = -K.\hat{x}(t) \rightarrow F'p) = -K.\hat{X}(p)$$
$$\dot{\delta}(t) = r_1.r_2.\omega_m(t) \rightarrow \delta(p) = \frac{r_1.r_2}{p}.\Omega(p)$$
$$C_m(t) - C_r(t) = J\frac{d\omega(t)}{dt} + f.\omega(t) \rightarrow C_m(p) - C_r(p) = (f + J.p).\Omega(p)$$
$$C_r(t) = b.r_1.r_2.F(t) \rightarrow C_r(p) = b.r_1.r_2.F(p)$$

Soit le schéma-bloc :



QUESTION 8b

$$H_{ser1}(p) = \frac{F(p)}{C_m(p)} = \frac{Kbr_1r_2}{K(br_1r_2)^2 + p(f + Jp)}$$

$$H_{ser1}(p) = \frac{\frac{1}{br_1r_2}}{1 + \frac{f}{K(br_1r_2)^2}p + \frac{J}{K(br_1r_2)^2}p^2)}$$

C'est une fonction de transfert du **second ordre**, Gain statique : $Ko = \frac{1}{br_1r_2}$

Pulsation propre non amortie : $\omega_0 = br_1r_2\sqrt{\frac{K}{J}}$

Coefficient d'amortissement : $\xi = \frac{f}{2br_1r_2\sqrt{JK}}$

QUESTION 8c

A.N :b = 0,15 mm² $r_1 = 1/10$ $r_2 = 3/10$ $J = 2.10^{-7}$ kg.m² $f = 2,5.10^{-6}$ N.m.s.rad^{-1} $K = 10^4$ N.m^{-1}

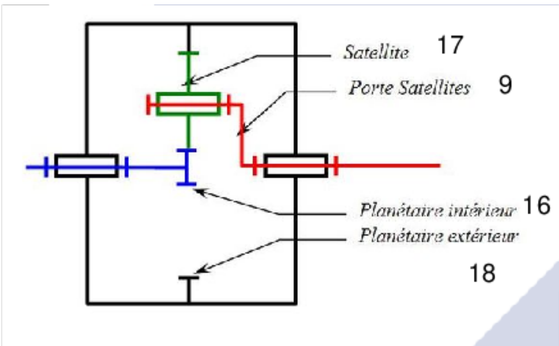
$$\boxed{Ko = 222 m^{-1} \quad \omega_0 = 1000\, rad.s^{-1} \quad \xi = 0{,}006}$$

QUESTION 8d

$\xi = 0{,}006$ donc il existe des dépassements, ***le cahier des charges n'est pas validé***

QUESTION 9

Soit le schéma du réducteur épicycloïdal :



$$\frac{\omega_{18/9}}{\omega_{16/9}} = -\frac{Z_{17}}{Z_{18}}.\frac{Z_{16}}{Z_{17}} = -\frac{Z_{16}}{Z_{18}}$$

$$\frac{\omega_{18/1}-\omega_{9/1}}{\omega_{16/1}-\omega_{9/1}} = -\frac{Z_{16}}{Z_{18}} \quad \text{avec } \omega_{18/1} = 0$$

$$\frac{Z_{16}}{Z_{18}}.\omega_{16/1} = \frac{Z_{16}+Z_{18}}{Z_{18}}.\omega_{9/1}$$

$$\boxed{\rho = \frac{\omega_{9/1}}{\omega_{16/1}} = \frac{Z_{16}}{Z_{16}+Z_{18}} \qquad \text{A.N} : \rho = \frac{1}{8}}$$

QUESTION 10

Dans l'hypothèse où les frottements et l'inertie sont négligeables, le théorème d'énergie-puissance s'écrit :

$$P_{int} + P_{ext} = 0$$

Soit : $C_{res}.\omega_{res} + F.\dot{x}(t) = 0$ avec $\omega_{res} = \omega_{mot}.r_1.\rho$ donc $\dot{x} = -b.r_1.r_2.\rho.\omega_{mot}$ et

$C_{res}(t) = K_r.(r_1.\rho.\theta(t) - \frac{\delta(t)}{r_2})$ainsi que $F(t) = -K.\hat{x} = K.b.\delta$

Soit$\left(K_r.(r_1.\rho.\theta(t) - \frac{\delta(t)}{r_2}\right).\omega_{mot}.r_1.\rho + (-b.r_1.r_2.\rho.\omega_{mot}).K.b.\delta = 0$

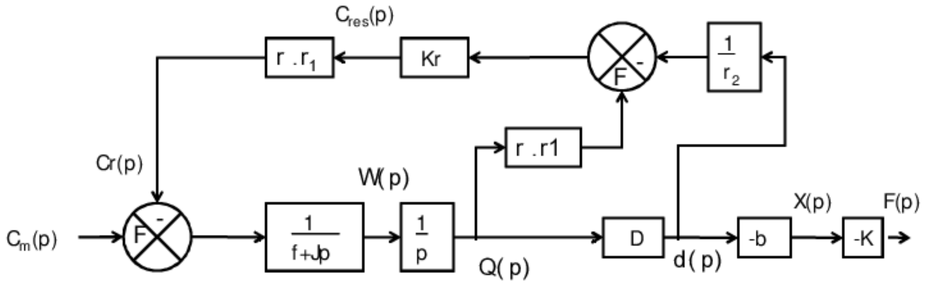
Donc $K_r.r_1.\rho.\theta(t) = \delta(t).\left(\frac{K_r}{r_2} + K.r_2.b^2\right)$ soit $\boxed{\delta(t) = \frac{K_r.r_1.\rho}{\frac{K_r}{r_2}+K.r_2.b^2}.\theta(t)}$

QUESTION 11

Les transformées de Laplace des différentes relations sont :

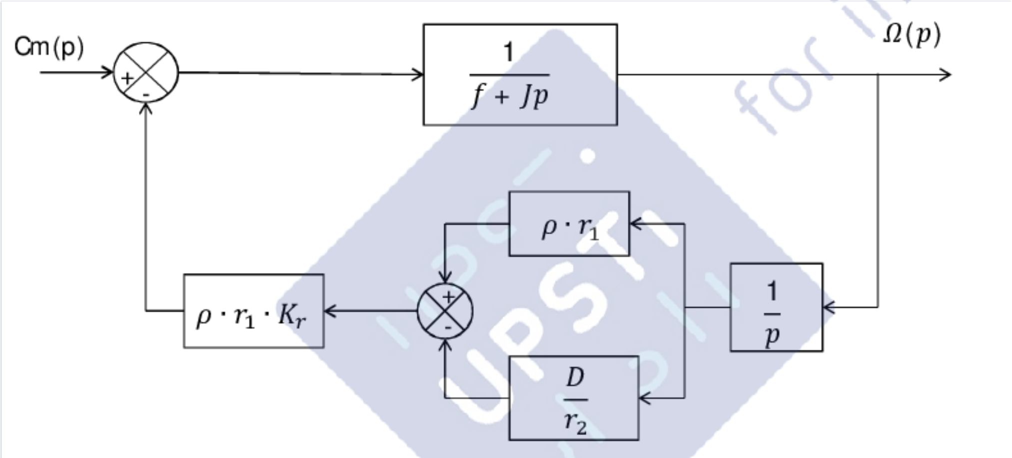
$C_{res}(t) = K_r.(r_1.\rho.\theta(t) - \frac{\delta(t)}{r_2}) \rightarrow C_{res}(p) = K_r.(r_1.\rho.\theta(tp) - \frac{\delta(p)}{r_2})$

$C_r(t) = r_1.\rho.\ C_{res}(t) \rightarrow C_r(p) = r_1.\rho.\ C_{res}(p)$



QUESTION 12

Après modification le schéma-bloc se met sous la forme :



$$H_\Omega(p) = \frac{\Omega(p)}{C_m(p)} = \frac{1}{\frac{r_1.\rho.K_r}{p}.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right) + (f + Jp)}$$

$$\boxed{H_\Omega(p) = \frac{\frac{p}{r_1.\rho.K_r.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right)}}{1 + \frac{f}{r_1.\rho.K_r.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right)}.p + \frac{J}{r_1.\rho.K_r.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right)}.p^2}}$$

$$\boxed{H_\Omega(p) = \frac{A.p}{1 + B.p + C.p^2}}$$

Avec $A = \frac{1}{r_1.\rho.K_r.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right)}$ $B = \frac{f}{r_1.\rho.K_r.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right)} = f.A$ et $C = \frac{J}{r_1.\rho.K_r.\left(r_1.\rho - \frac{D}{r_2}\right)} = J.A$

QUESTION 13

$$H_{ser2}(p) = \frac{F(p)}{C_m(p)} = H_\Omega(p).\frac{K.D.b}{p}$$

$$\boxed{H_{ser2}(p) = \frac{A.K.D.b}{1 + B.p + C.p^2}}$$

C'est une fonction de transfert du **second ordre** avec :

Gain statique : $K_{o2} = A.K.D.b = \frac{1}{\rho r_1 r_2}$

Pulsation propre non amortie : $\omega_{02} = \frac{1}{\sqrt{C}} = \frac{1}{\sqrt{A.J}}$

Coefficient d'amortissement : $\xi_2 = \frac{f.A}{2\sqrt{J.A}}$

A.N :En reprenant la valeur de $K=10^4$ N.m^{-1}

D = 1.765.10^{-4} A = 6715 m^{-1} K_{o2} = 1780 m^{-1} ω_{02} = 27 rad.s^{-1} ξ_2 = 0,23

Le ressort sert à amortir l'effort de serrage en augmentant le coefficient d'amortissement.
Le gain statique augmente (222 →1780 m^{-1}), la pulsation propre diminue (1000→23 rad.s^{-1}) et le coefficient d'amortissement augmente (0.006→0,23)

QUESTION 14

Il y a des dépassements, donc ***le cahier des charges n'est pas validé***.

QUESTION 15

QUESTION 15a

Dans la boucle d'asservissement, la fonction $H_{bo}(p)$ est une fonction de classe 0, en plaçant un intégrateur dans la FTBO on ***annule l'écart statique*** (avec une entrée échelon).

La partie proportionnelle permettra de régler le gain de la BO pour éviter les dépassements.

QUESTION 15b

Le pôle dominant est le pôle correspondant à la plus grande constante de temps, ici p = - 8,1
Donc

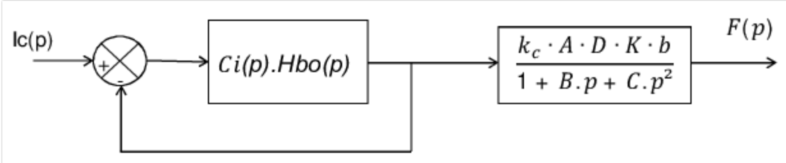
$$T_i = \frac{1}{8,1} = 0,123 \text{ s}$$

QUESTION 15c

$$H_{bo}^c(p) = K_p \frac{3,45.\left(\frac{p^2}{27^2} + \frac{0.46}{27}.p + 1\right)}{\frac{p}{8,1}.\left(1 + \frac{p}{91,8}\right)}$$

$$H_{bo}^c(p) = K_p \frac{27,95.\left(\frac{p^2}{27^2} + \frac{0.46}{27}.p + 1\right)}{p.\left(1 + \frac{p}{91,8}\right)}$$

QUESTION 16



$$H_{bf}(p) = \frac{F(p)}{I_c(p)} = H_{bf}^c(p).\frac{k_c \cdot A \cdot D \cdot K \cdot b}{1 + B.p + C.p^2}$$

$$H_{bf}^c(p) = \frac{K_p.27{,}95.(C.p^2 + B.p + 1)}{p.\left(1 + \frac{p}{91{,}8}\right) + K_p.27{,}95.(C.p^2 + B.p + 1)}$$

$$H_{bf}^c(p) = \frac{(C.p^2 + B.p + 1)}{\frac{p}{K_p.27{,}95}.\left(1 + \frac{p}{91{,}8}\right) + (C.p^2 + B.p + 1)}$$

$$H_{bf}(p) = \frac{(C.p^2 + B.p + 1)}{\frac{p}{K_p.27{,}95}.\left(1 + \frac{p}{91{,}8}\right) + (C.p^2 + B.p + 1)}.\frac{k_c \cdot A \cdot D \cdot K \cdot b}{1 + B.p + C.p^2}$$

$$H_{bf}(p) = \frac{k_c \cdot A \cdot D \cdot K \cdot b}{\frac{p}{K_p.27{,}95}.\left(1 + \frac{p}{91{,}8}\right) + (C.p^2 + B.p + 1)}$$

$$H_{bf}(p) = \frac{k_c \cdot A \cdot D \cdot K \cdot b}{1 + \left(\frac{1}{27{,}95.K_p} + B\right)p + \left(\frac{1}{2565.K_p} + C\right).p^2}$$

C'est une fonction de transfert du **second ordre**, avec :

Gain statique :	$K_{03} = k_c \cdot A \cdot D \cdot K \cdot b = \frac{k_c}{\rho r_1 r_2 b}$
Pulsation propre non amortie :	$\omega_{03} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2565.K_p} + C}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2565.K_p} + \frac{1}{27^2}}}$
Coefficient d'amortissement :	$\xi_3 = \frac{1}{2}\frac{\left(\frac{1}{27{,}95.K_p} + \frac{0.46}{27}\right)}{\sqrt{\frac{1}{2565.K_p} + \frac{1}{27^2}}}$

Le gain statique est : $K_{03} = \frac{k_c}{\rho r_1 r_2 b}$ donc indépendant de la raideur de l'objet et a pour valeur $K_{03} = 12{,}7$ N.A^{-1}

QUESTION 17

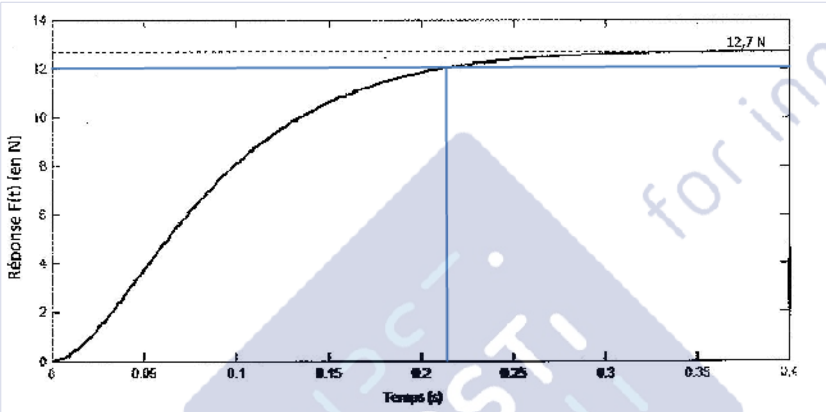
Le temps de réponse sera minimum sans dépassement pour $\xi_3 = 1$(régime apériodique critique)

soit $\dfrac{1}{2}\dfrac{\left(\dfrac{1}{27{,}95.K_p}+\dfrac{0.46}{27}\right)}{\sqrt{\dfrac{1}{2565.K_p}+\dfrac{1}{27^2}}} = 1 \Rightarrow 4\left(\dfrac{1}{2565.K_p}+\dfrac{1}{27^2}\right) = \left(\dfrac{1}{27{,}95.K_p}+\dfrac{0.46}{27}\right)^2$

Soit pour $\boxed{K_p = 0{,}46}$

QUESTION 18

QUESTION 18a



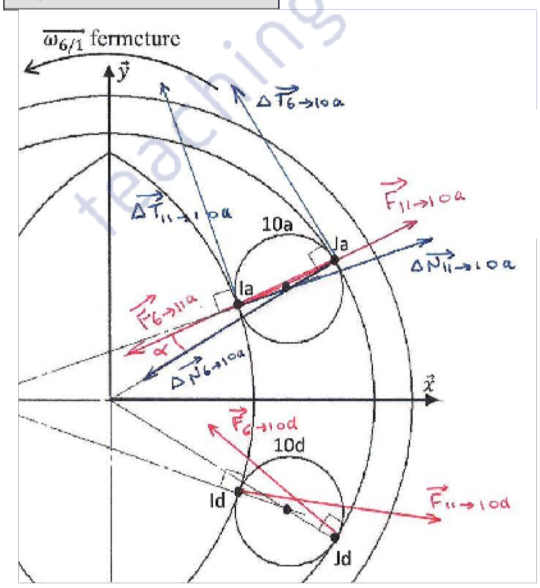
La réponse est sans dépassement, le temps de réponse à 95% est d'environ 0,21 s , ***le cahier des charges est validé***

QUESTION 18b

Les temps caractéristiques des pôles négligés sont respectivement 1.10^{-3} et $3{,}5.10^{-3}$ s donc très petit par rapport au temps de réponse du système, de plus l'allure de la réponse est caractéristique d'un ordre 2 donc ***l'hypothèse simplificatrice est validée***.

QUESTION 19

QUESTION 19a



$\overrightarrow{N_{6\to10a}}$ est portée par le rayon O_6Ja et dirigée vers le centre de 10a.

$\overrightarrow{T_{6\to10a}}$ est tangente au cercle et dirigée dans le sens du mouvement de 6 / 10_a (vers le haut).

$\overrightarrow{N_{11\to10a}}$ est portée par le rayon O_{11}Ia et dirigée vers le centre de 10a.

$\overrightarrow{T_{11\to10a}}$ est tangente au cercle et dirigée dans le sens du mouvement de 11 / 10_a (vers le haut).

QUESTION 19b

Si on néglige le poids de 10a ainsi que la quantité d'accélération, le solide 10a est soumis à 2 glisseurs $\overrightarrow{F_{6\rightarrow 10a}}$ et $\overrightarrow{F_{6\rightarrow 10a}}$ donc à l'équilibre les deux forces ont pour support la droite (Ia,Ib)

QUESTION 19c

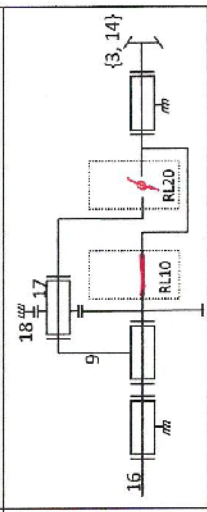
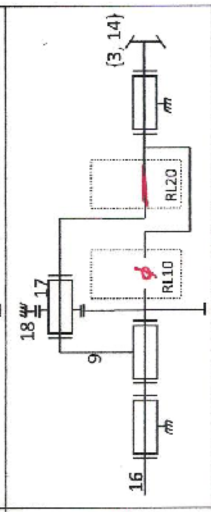
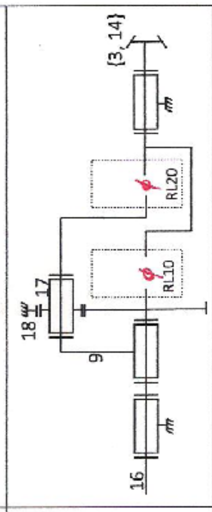
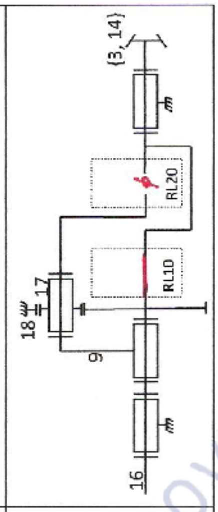
Graphiquement, la mesure de l'angle entre $\overrightarrow{F_{6\rightarrow 10a}}$ et la normale donne $\tan(\alpha) = \frac{8}{47} =$ 0,17 < 0,3
Donc $\alpha < \varphi$ donc le solide ***10a est bien à l'équilibre, il n'y a pas glissement***.

QUESTION 19d

Du fait des inclinaisons des deux forces, celles-ci ne peuvent pas être colinéaires, donc ***il ne peut pas y avoir équilibre***, le solide 10d glisse sur les surfaces, il n'entraine pas la came 11.

QUESTION 20

Dans la question précédente, nous avons vu que pendant la fermeture rapide, le galet 10a de la roue libre 10 était embrayé (de même que le galet 10c) alors que le galet 10d était débrayé (de même que le galet 10b).

Question 20 Question 21c Question 22 Questions 23a, b		Roue libre RL10 (Q 20 et Q 22) Galets 10a 10c	Galets 10b 10d	Roue libre RL10	Roue libre RL20 (Q 21c et Q 22) Galets 20	Roue libre RL20	Résultats Couple disponible sortie coupleur (Q 23b)	Schéma cinématique équivalent (Q 23a)
Fermeture	Rapide (sans contact des doigts avec l'objet)	E D (1)	E D (1) Question 20	E D (1)	D	D	$C_S = C_e$	
Fermeture	Serrage (contact des doigts avec l'objet à serrer)	E D (1)	E D (1) Question 22	E D (1)	E D (1) Question 21c	E D (1)	$C_S = 8\,C_e$	
Ouverture	Relâchement de l'effort	D	D	D	E D (1) Question 21c	E D (1)	$C_S = 0$	
Ouverture	Rapide	E D (1)	E D (1) Question 20	E D (1)	E D (1) Question 22	E D (1)	$C_S = C_e$	

(1) : E = Embrayé (transmet les efforts) ; D = Débrayé (ne transmet pas les efforts). **Cercler la bonne réponse.**

Document réponse DR4 (cercler les bonnes réponses dans les cases indexées (1))

QUESTION 21

QUESTION 21a

En faisant le même raisonnement qu'à la question 19, pour qu'il y ait entrainement entre 20a et 9 il faut que $\alpha < \varphi$.

QUESTION 21b

En phase d'ouverture les deux forces ne peuvent pas être colinéaires, donc ***il y a glissement***.

QUESTION 21c

Cf annexes 1, 2, 3b et Cf DR4

QUESTION 22

Cf DR4

QUESTION 23

QUESTION 23a

Cf DR4

QUESTION 23b

Lorsque la sortie est en prise directe avec l'entrée, le couple de sortie est égal au couple d'entrée. C'est le cas quand la roue libre 10 est embrayée.

$$\boxed{C_s = C_e}$$

Lorsque la roue libre 20 est embrayée, la transmission s'effectue par le réducteur de vitesse de rapport 8.
Si on suppose le rendement égal à 1 : $P_e = P_s$ donc $\omega_e . C_e = \omega_s . C_s$ donc

$$\boxed{\frac{C_s}{C_e} = \frac{\omega_e}{\omega_s} = 8}$$

Lorsque les 2 roues libres sont débrayées, il n'y pas de puissance transmise donc

$$\boxed{C_s = 0}$$

QUESTION 24

QUESTION 24a

L'amortissement du mouvement et l'adaptation de la vitesse se fait à l'aide du coupleur à ressort et du train épicycloïdal.

La fonction technique embrayage et débrayage se fait par l'intermédiaire de 2 roues libres et un mécanisme de débrayage mécanique.
De plus un asservissement permet de respecter le cahier des charges pour la stabilité et la précision du système.

QUESTION 24b

Autres solutions possibles :

Utilisation de capteurs de pression sur les doigts 4 et 3 avec système d'asservissement en vitesse (approche rapide et serrage lent) et en effort.

Asservissement en vitesse, position par capteur de position et en effort grâce au contrôle de l'intensité du moteur (Cm = k.I)