

Epreuve Spécifique de Sciences Industrielles**(Filière PCSI - Option PSI)****Mardi 19 mai 2009 de 8H00 à 12H00**

Coller ici l'étiquette correspondant à l'épreuve spécifique de
Sciences Industrielles

DOCUMENT REPONSE CORRIGE

ATTENTION : Vous devez impérativement inscrire votre code candidat sur chaque page du document réponse.

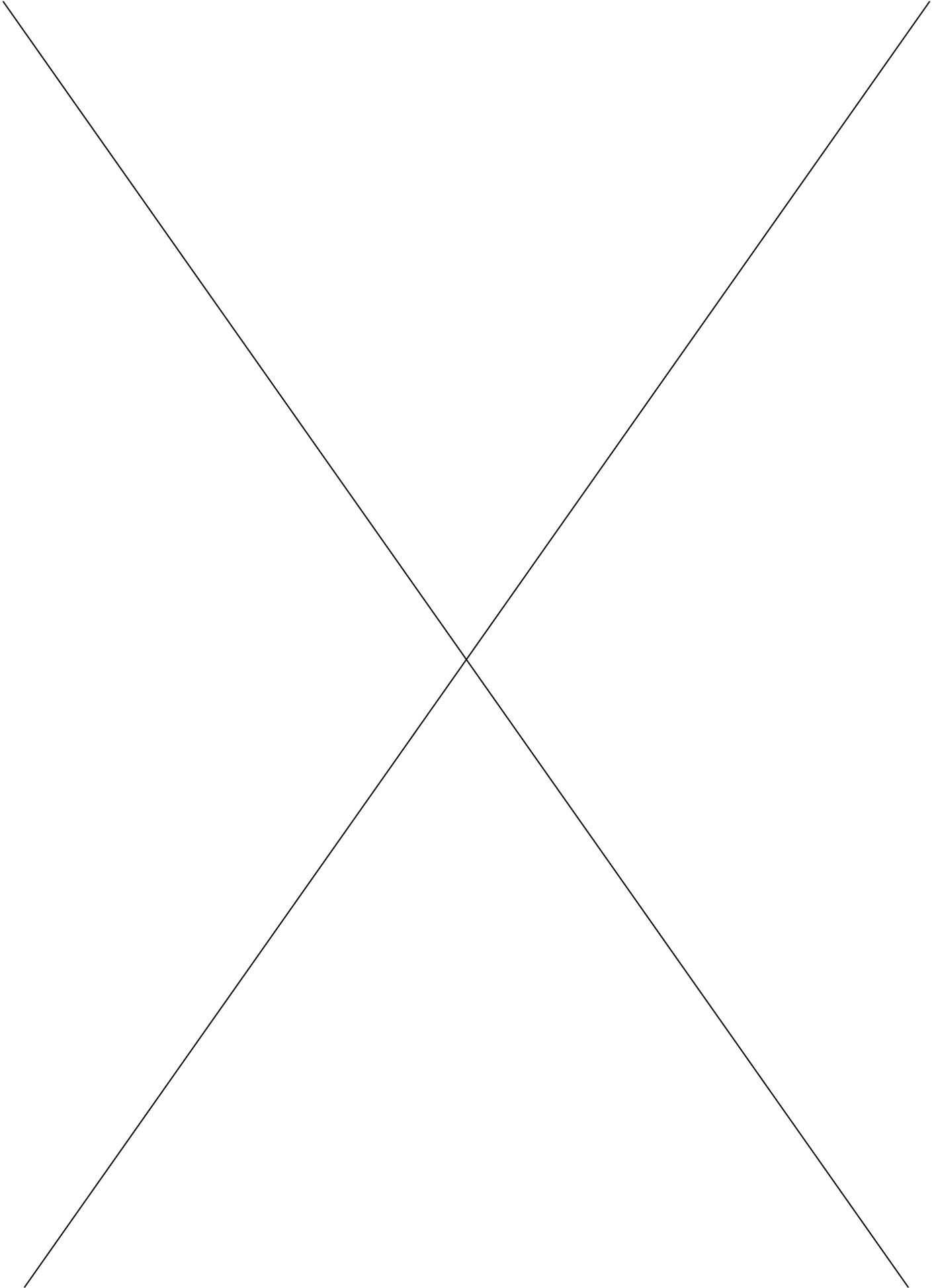
AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE**L'emploi d'une calculatrice est interdit****Remarque importante :**

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Rédaction : le détail des calculs n'est pas demandé, seuls la méthode, les grandes étapes intermédiaires et le résultat sont attendus.

--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES



--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

A3.

FS2 : Communiquer avec le poste de contrôle.

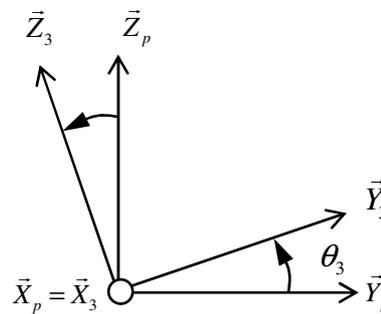
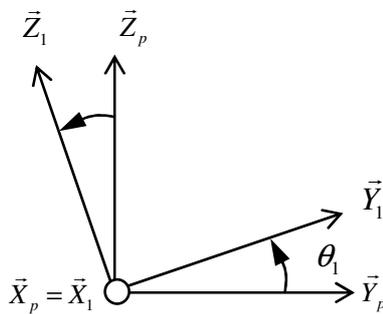
FS3 : Etre relié au chariot pour avoir de l'énergie.

FS4 : Respecter les normes de sécurité.

B1.

$$\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$$

$$a\vec{Y}_p - b\vec{Z}_p = \lambda(t)\vec{Y}_1 - c\vec{Y}_3 - d\vec{Z}_3$$

B2.**B3.**

$$a = \lambda \cos \theta_1 - c \cos \theta_3 + d \sin \theta_3$$

B4.

$$-b = \lambda \sin \theta_1 - c \sin \theta_3 - d \cos \theta_3$$

B5.

$$\left. \begin{array}{l} \lambda \cos \theta_1 = a + c \cos \theta_3 - d \sin \theta_3 \\ \lambda \sin \theta_1 = -b + c \sin \theta_3 + d \cos \theta_3 \end{array} \right\} \lambda = \sqrt{(a + c \cos \theta_3 - d \sin \theta_3)^2 + (-b + c \sin \theta_3 + d \cos \theta_3)^2}$$

Si $\theta_3 = 0$

$$\lambda = \sqrt{(a+c)^2 + (d-b)^2}$$

B6.

$$\lambda(0) = \sqrt{(a+c)^2 + (-b+d)^2}$$

AN : $\lambda(0) \approx a+c = 400 \text{ mm}$

--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

B7.

$$\text{course} = \lambda(0) - \lambda(\theta_{3\max}) = 400 - 380 = 20 \text{ mm}$$

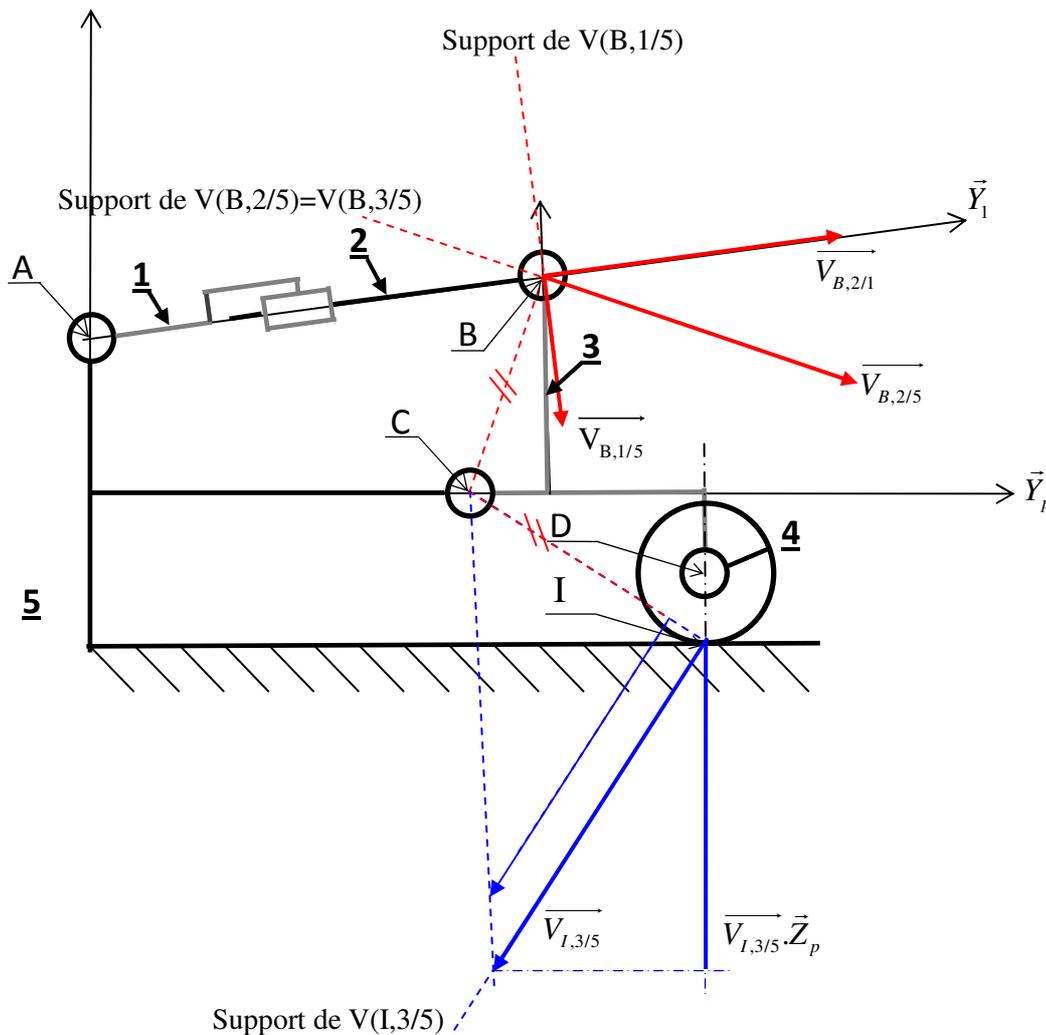
B8.

La vitesse minimale vaut course/temps_maxi, c'est-à-dire $20/6=3,33 \text{ mm/s}$

La vitesse nominale du vérin étant de 4 mm/s , le cahier des charges est respecté. Le temps de sortie réel sera de $20/4=5\text{s} < 6\text{s}$!

B9. Echelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ mm/s}$

Mouvement de 2 par rapport à 1 : translation d'axe (AB)

**B10.** Mouvement de 2/3 : rotation de centre B

Mouvement de 1/5 : rotation de centre A

--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

Mouvement de 3/5 : rotation de centre C

B11.

$$\vec{V}_{B,2/5} = \vec{V}_{B,2/1} + \vec{V}_{B,1/5}$$

B12. Les tracés seront réalisés dans la case prévue en B9.

Justification : B est le centre de la liaison pivot en B entre 2 et 3 donc $\vec{V}_{B,2/5} = \vec{V}_{B,3/5}$

De plus 3 est en pivot par rapport à 5 en C, donc le support de $\vec{V}_{B,3/5}$ est la perpendiculaire à (CB) en B.

De même 1 est en pivot par rapport à 5 en A, donc le support de $\vec{V}_{B,1/5}$ est la perpendiculaire à (AB) en B.

On a $\vec{V}_{B,2/5} = \vec{V}_{B,2/1} + \vec{V}_{B,1/5}$ et connaissant un vecteur vitesse et le support des deux autres, on peut tout déterminer.

$$\|\vec{V}_{B,3/5}\| = 4,38 \text{ mm/s}$$

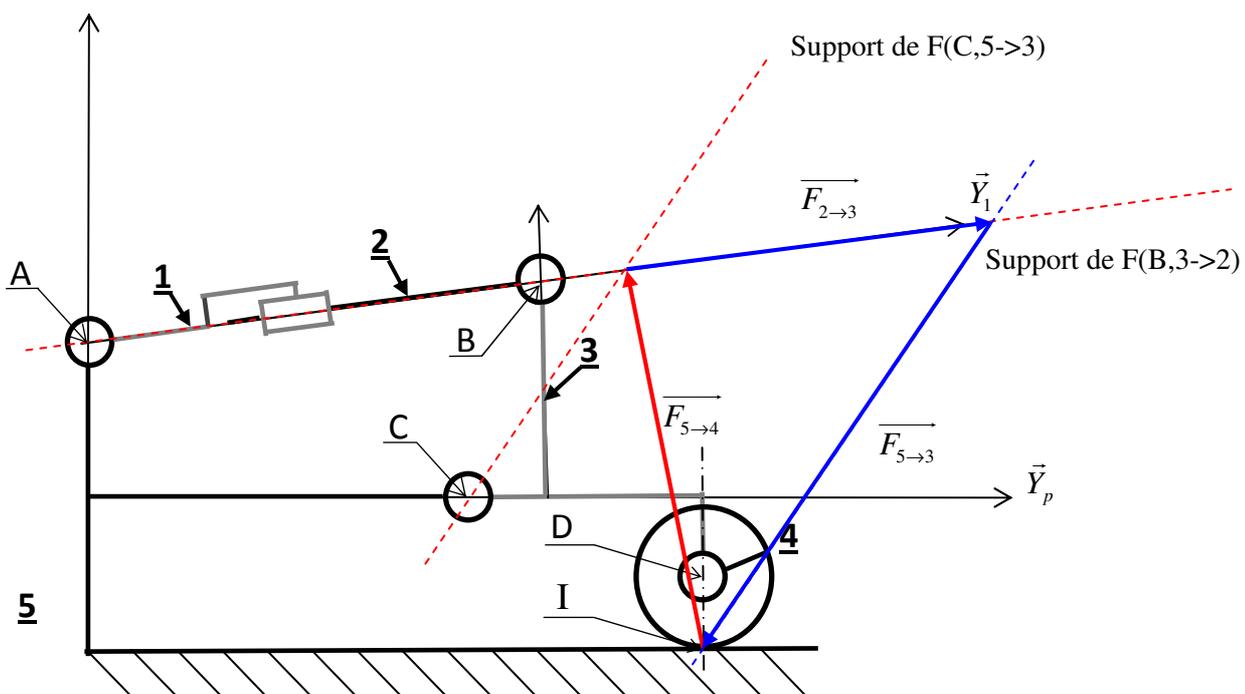
B13. Les tracés seront réalisés dans la case prévue en B9.

Justification : 3 est en pivot par rapport à 5 en C, donc le support de $\vec{V}_{I,3/5}$ est la perpendiculaire à (CI) en I.

De plus comme C est le CIR de 3/5, on sait que toutes les vitesses en M de 3/5 sont portées par la perpendiculaire à (IM) en M et la norme est proportionnelle à la distance à IM. Connaissant $\vec{V}_{B,3/5}$, on peut donc en déduire les vitesses en n'importe quel point du plan, dont I.

$$\text{Graphiquement : } \left| \vec{V}_{I,3/5} \cdot \vec{Z}_p \right| = 4,3 \text{ mm/s}$$

Conclusion : la composante normale de la vitesse d'impact est bien inférieure à celle fixée dans le cahier des charges.

Question B14. Echelle 1 cm \leftrightarrow 20 N

--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

Justification :

{1+2} est soumis à l'action de deux glisseurs en A et en B, on sait donc que le support de ces glisseurs est porté par la droite (AB)

B15.

{3+4} est soumis à l'action de 3 glisseurs en I, B et C.

B16. Les tracés seront réalisés dans la case prévue en B13.

Justification :

On sait donc que les supports de ces glisseurs sont concourants en un point. Connaissant 2 directions, on peut trouver la direction du 3eme support.

On applique graphiquement le PFS appliqué à {3+4} et on en déduit les 3 glisseurs dont F(B,2->3).

D'après B14, on peut avoir F(B,2->3), d'après le théorème des actions mutuelles, on a F(B,3->2)=-F(B2->3).

Conclusion :

On a déterminé graphiquement que F(B,3->2)=100 N, ce qui inférieur à la limite fixée dans le cahier des charges (130 N). On peut en conclure que le vérin a bien été dimensionné pour répondre à toutes nos attentes : vitesse d'impact, vitesse d'application et effort plaqueur.

C1.

$$\{V(5/1)\}_{J_1, R_p} = \left\{ \begin{array}{c|c} \omega_{x,5/1} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{J_1, R_p}$$

C2.

$$\{V(1/0)\}_{A'_1, R_p} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & v_x(A'_1, 1/0) \\ \omega_{y,1/0} & v_y(A'_1, 1/0) \\ \omega_{z,1/0} & 0 \end{array} \right\}_{A'_1, R_p} . \text{ La modélisation plane est également acceptée.}$$

--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

C3.

On cherche la liaison équivalente à deux liaisons en série, on va donc écrire la composition des torseurs cinématiques.

La forme du torseur pour la liaison linéaire rectiligne est la même dans le plan $(H_1, \vec{Y}_p, \vec{Z}_p)$:

$$\{V(1/0)\}_{J_1, R_p} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & v_x(J_1, 1/0) \\ \omega_{y,1/0} & v_y(J_1, 1/0) \\ \omega_{z,1/0} & 0 \end{array} \right\}_{J_1, R_p}$$

$$\{V(5/0)\}_{J_1} = \{V(5/1)\}_{J_1} + \{V(1/0)\}_{J_1} = \left\{ \begin{array}{c|c} \omega_{x,5/1} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{J_1, R_p} + \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & v_x(J_1, 1/0) \\ \omega_{y,1/0} & v_y(J_1, 1/0) \\ \omega_{z,1/0} & 0 \end{array} \right\}_{J_1, R_p} = \left\{ \begin{array}{c|c} \omega_{x,5/1} & v_x(J_1, 1/0) \\ \omega_{y,1/0} & v_y(J_1, 1/0) \\ \omega_{z,1/0} & 0 \end{array} \right\}_{J_1, R_p}$$

Ceci est la forme du torseur d'une liaison ponctuelle en J_1 de normale Z_p .

C4.

$$\{T_{poids \rightarrow 5}\}_G = \left\{ \begin{array}{c|c} - & 0 \\ 0 & - \\ -Mg & - \end{array} \right\}_{G, R} = \left\{ \begin{array}{c|c} - & 0 \\ -Mg \sin \alpha & - \\ -Mg \cos \alpha & - \end{array} \right\}_{G, R_p}$$

C5.

On isole le porteur **5**. Il est soumis aux 3 actions mécaniques définies en C6 et C7. On déplace tous les torseurs en J_1 et on applique le PFS.

$$\vec{M}_{J_1, 0 \rightarrow 5} = \vec{M}_{G, 0 \rightarrow 5} + \vec{J}_1 \vec{G} \wedge \vec{R}_{0 \rightarrow 5} = \vec{0} + (-l_1 \vec{Y}_p + h \vec{Z}_p) \wedge (-Mg \vec{Z}) = Mg (l_1 \cos \alpha + h \sin \alpha) \vec{X}_p$$

$$\vec{M}'_{J_1, 0 \rightarrow 5} = \vec{M}'_{J_4, 0 \rightarrow 5} + \vec{J}_1 \vec{J}_4 \wedge \vec{R}'_{0 \rightarrow 5} = \vec{0} + -(l_1 + l_2) \vec{Y}_p \wedge (Y'_{0 \rightarrow 5} \vec{Y}_p + Z'_{0 \rightarrow 5} \vec{Z}_p) = -(l_1 + l_2) Z'_{0 \rightarrow 5} \vec{X}_p$$

D'où les 3 équations issues du PFS en statique plane :

$$Y_{0 \rightarrow 5} + Y'_{0 \rightarrow 5} = Mg \sin \alpha$$

$$Z_{0 \rightarrow 5} + Z'_{0 \rightarrow 5} = Mg \cos \alpha$$

$$-(l_1 + l_2) Z'_{0 \rightarrow 5} + Mg (l_1 \cos \alpha + h \sin \alpha) = 0$$

C6.

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

L'équation de moment donne directement :

$$Z'_{0 \rightarrow 5} = Mg \frac{l_1 \cos \alpha + h \sin \alpha}{l_1 + l_2}$$

L'équation de résultante sur \vec{Z}_p donne :

$$Z_{0 \rightarrow 5} = Mg \frac{l_2 \cos \alpha - h \sin \alpha}{l_1 + l_2}$$

$$\text{AN : } Z_{0 \rightarrow 5} = 24.10 \frac{300.0,6 - 50.0,8}{100 + 300} = 0,6.(180 - 40) = 0,6.140 = 84 \text{ N}$$

$$Z'_{0 \rightarrow 5} = 24.10 \frac{100.0,6 + 50.0,8}{100 + 300} = 0,6.(60 + 40) = 0,6.100 = 60 \text{ N}$$

C7.

D'après les lois de Coulomb, à la limite du glissement on a : $|Y_{i \rightarrow j}| = f |Z_{i \rightarrow j}|$

C8.

$$|Y_{0 \rightarrow 5}|_{\max} = f Z_{0 \rightarrow 5} = 0,7.84 = 58,8 \text{ N}$$

$$|Y'_{0 \rightarrow 5}|_{\max} = f Z'_{0 \rightarrow 5} = 0,7.60 = 42 \text{ N}$$

C9.

On doit avoir $Y_{0 \rightarrow 5} + Y'_{0 \rightarrow 5} = Mg \sin \alpha$ or $|Y_{0 \rightarrow 5}|_{\max} + |Y'_{0 \rightarrow 5}|_{\max} < Mg \sin \alpha$ donc l'équilibre ne peut pas être respecté.

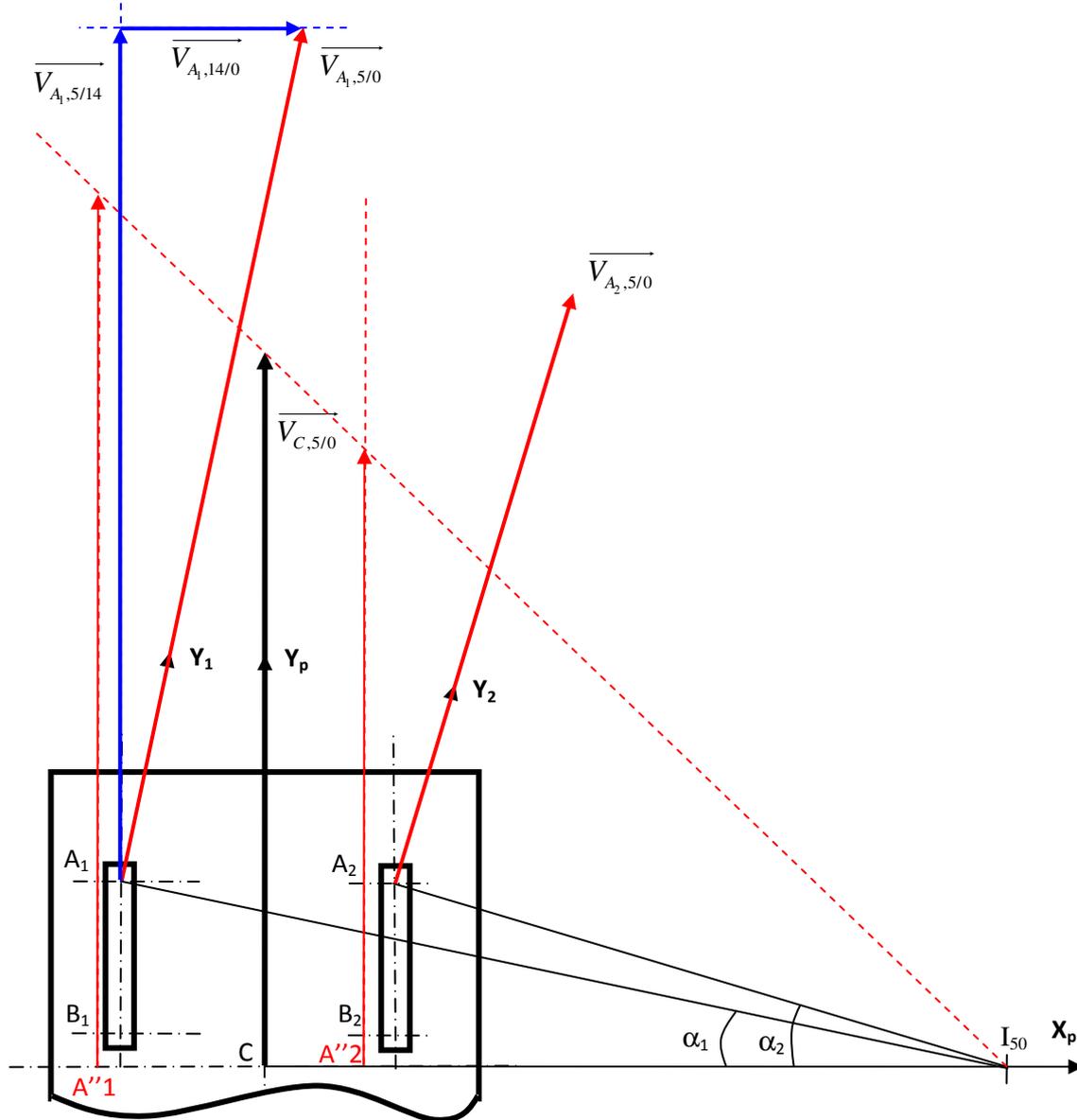
En conclusion : les chenilles du porteur n'adhèrent pas sur la surface vitrée.

C10.

Les ventouses vont augmenter l'effort normal au niveau des chenilles, permettant ainsi d'augmenter les efforts tangentiels transmissibles.

--	--	--	--	--

D1.

Echelle 1 cm \leftrightarrow 0,01 m/s

Justification :

I est le CIR du mouvement de 5/0 ainsi la vitesse en tout point M est perpendiculaire à IM et proportionnelle à la distance à l'axe. Connaissant la vitesse en C, on peut déterminer la vitesse en n'importe quel point.

$$\|\vec{V}_{A_1,5/0}\| = 0,122 \text{ m/s et } \|\vec{V}_{A_2,5/0}\| = 0,086 \text{ m/s}$$

D2.

$$\vec{V}_{A_1,5/0} = \vec{V}_{A_1,5/0} + \vec{A}_1' A_1 \wedge \vec{\Omega}_{5/0} = \vec{V}_{A_1,5/0} + r \vec{Z}_p \wedge \omega_{5/0} \vec{Z}_p = \vec{V}_{A_1,5/0}$$

--	--	--	--	--

D3.

$$\vec{V}_{A_1,14/5} = \vec{V}_{A_1,12/5} = \vec{V}_{A_1,12/5} + \vec{A}'_1 A_1 \wedge \vec{\Omega}_{12/5} = \vec{0} + r \vec{Z}_p \wedge -\omega_1 \vec{X}_p = -r \omega_1 \vec{Y}_p$$

D4.

$$\vec{V}_{A_1,5/0} = \vec{V}_{A_1,5/14} + \vec{V}_{A_1,14/0} = r \omega_1 \vec{Y}_p + \vec{V}_{A_1,14/0}$$

D5. Les tracés seront réalisés dans la case prévue en D1.

Justification :

On a la relation vu en D4., on connaît 2 supports et une vitesse, on peut donc faire la fermeture vectorielle pour trouver les deux vitesses manquantes.

Graphiquement on obtient que $\|\vec{V}_{A_1,14/0}\| = 0,025 \text{ m/s}$

Or le cahier des charges stipule que la vitesse de glissement ne peut excéder 20% de la vitesse nominale, c'est-à-dire 0,02 m/s. Donc dans cette configuration là, le robot ne respecte pas le cahier des charges.

D6.

D'après les propriétés du CIR, on sait que $\frac{V_1}{V_0} = \frac{IA_1}{IC} = \frac{R+D}{R \cos \alpha_1}$

D7.

D'après la relation établie en D4., les vitesses recherchées sont les projections sur X_p et Y_p :

$$\|\vec{V}_{A_1,14/5}\| = V_1 \cos \alpha_1$$

$$\|\vec{V}_{A_1,14/0}\| = V_1 \sin \alpha_1$$

D8.

$$\|\vec{V}_{A_1,14/0}\| = V_1 \sin \alpha_1 = V_0 \frac{R+D}{R} \tan \alpha_1 = V_0 \frac{R+D}{R} \frac{d+e}{R+D} = V_0 \frac{d+e}{R}$$

On remarque que les deux vitesses de glissement sont égales.

$$\|\vec{V}_{A_1,14/0}\|_{\max} = 0,2V_0 = V_0 \frac{d+e}{R_{\min}} \Rightarrow R_{\min} = \frac{d+e}{0,2} = 5(d+e)$$

A.N. : $R_{\min} = 2100 \text{ mm}$

--	--	--	--	--

D9.

$$\left. \begin{aligned} \|\overrightarrow{V_{A_1,14/5}}\| &= V_1 \cos \alpha_1 = V_0 \frac{R+D}{R} = r\omega_1 \\ \|\overrightarrow{V_{A_2,14/5}}\| &= V_2 \cos \alpha_2 = V_0 \frac{R-D}{R} = r\omega_2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \omega_1 &= \frac{R+D}{R} \\ \omega_2 &= \frac{R-D}{R} \end{aligned}$$

$$\text{AN : } \frac{2100 + 300}{2100 - 300} = \frac{2400}{1800} = \frac{4}{3}$$

E1.

La consigne est comparée à la sortie pour former un écart. Cet écart est corrigé et amplifié pour piloter la partie opérative. Il s'agit donc d'un système asservi.

E2.

Si l'on souhaite arrêter d'envoyer de l'énergie dans le système quand la sortie est égale à la consigne, cela signifie que l'écart doit être nul à ce moment là. Hors l'écart vaut $k_a \Omega_c(p) - k_p \Omega_c(p)$. Pour que ce soit nul, il faut nécessairement que $k_a = k_p$.

Autre réponse : Afin d'asservir sur la vitesse de rotation du moteur, il faut que l'erreur soit mesurée entre la vitesse de consigne et la vitesse du moteur. Pour cela, les deux blocs k_a et k_p du schéma bloc de la figure 10 doivent être déplacés simultanément à la sortie à droite du comparateur. La chaîne de retour devient unitaire. Cette manipulation n'est possible qu'en ayant $k_a = k_p$.

Seul k_a est ajustable car c'est nous qui concevons le calculateur. Le gain k_p peut être choisi sur le catalogue constructeur simplement.

E3.

$$U(p) - E(p) = RI(p)$$

$$E(p) = k_e \Omega_m(p)$$

$$J \Omega_m(p) = C_m(p)$$

$$C_m(p) = k_i I(p)$$

E4.

En travaillant sur les équations précédentes, on obtient la fonction de transfert suivante :

$$H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)} = \frac{k_i}{k_i k_e + RJp} = \frac{1/k_e}{1 + \frac{RJ}{k_i k_e} p}$$

On note $k_m = 1/k_e$ le gain de la fonction de transfert du 1er ordre et $\tau_m = \frac{RJ}{k_i k_e}$ sa constante de temps.

--	--	--	--	--

E5.

Le système est en boucle fermée classique aussi on peut écrire la fonction de transfert directement :

$$F_1(p) = \frac{\Omega_m(p)}{\Omega_c(p)} = k_a \frac{k_c k_v H_m(p)}{1 + k_p k_c k_v H_m(p)} = \frac{k_a k_c k_v \frac{k_m}{1 + \tau_m p}}{1 + k_p k_c k_v \frac{k_m}{1 + \tau_m p}} = \frac{k_a k_c k_v k_m}{1 + k_p k_c k_v k_m + \tau_m p}$$

E6.

$$F(p) = \frac{\Omega_m(p)}{\Omega_c(p)} = \frac{k_a k_c k_v k_m}{1 + k_p k_c k_v k_m + \tau_m p} = \frac{\frac{k_a k_c k_v k_m}{1 + k_p k_c k_v k_m}}{1 + \frac{\tau_m}{1 + k_p k_c k_v k_m} p}$$

Il s'agit d'une fonction de transfert du 1^{er} ordre pour laquelle on peut noter $k_1 = \frac{k_a k_c k_v k_m}{1 + k_p k_c k_v k_m}$ son gain et

$$\tau_1 = \frac{\tau_m}{1 + k_p k_c k_v k_m} \text{ sa constante de temps.}$$

E7.

$$\varepsilon(p) = k_a \Omega_c(p) - k_p \Omega_m(p) = (k_a - k_p F_1(p)) \Omega_c(p)$$

Le système est précis si la réponse temporelle à un échelon unitaire vaut 1 rad/s en régime permanent.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \varepsilon(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p (k_a - k_p F_1(p)) \Omega_c(p) = \lim_{p \rightarrow 0} k_a - k_p F_1(p) = k_a - k_p k_1 \neq 0$$

Donc le système n'est pas précis car k_1 est différent de 1 (et on a déjà $k_a = k_p$).

E8. De même que précédemment :

$$F_2(p) = \frac{\Omega_m(p)}{\Omega_c(p)} = \frac{k_a \frac{k_c}{p} k_v \frac{k_m}{1 + \tau_m p}}{1 + k_p \frac{k_c}{p} k_v \frac{k_m}{1 + \tau_m p}} = \frac{k_a k_c k_v k_m}{k_p k_c k_v k_m + p + \tau_m p^2} = \frac{\frac{k_a}{k_p}}{1 + \frac{p}{k_p k_c k_v k_m} + \frac{\tau_m}{k_p k_c k_v k_m} p^2}$$

Il s'agit d'un système du 2nd ordre. On identifie le gain statique $k_2 = \frac{k_a}{k_p}$; la pulsation non amortie

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_p k_c k_v k_m}{\tau_m}} \text{ et l'amortissement } z = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{k_p k_c k_v k_m \tau_m}}.$$

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES

$$\mathbf{E9.} \quad \varepsilon(p) = k_a \Omega_c(p) - k_p \Omega_m(p) = (k_a - k_p F_2(p)) \Omega_c(p)$$

Le système est précis si la réponse temporelle à un échelon unitaire vaut 1 rad/s en régime permanent.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \varepsilon(p) = \lim_{p \rightarrow 0} p (k_a - k_p F_2(p)) \Omega_c(p) = \lim_{p \rightarrow 0} k_a - k_p F_2(p) = k_a - k_p k_2 = k_a - k_p \frac{k_a}{k_p} = 0$$

Le système est donc précis.

E10.

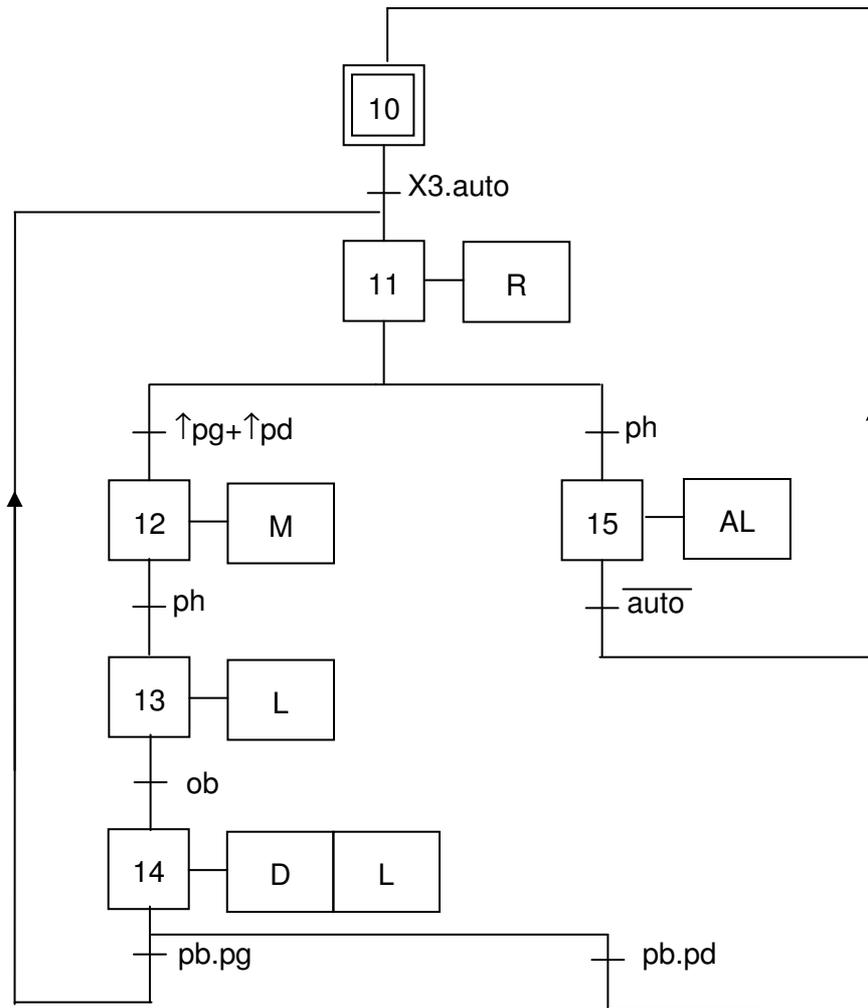
Pour s'assurer d'avoir une réponse non oscillante, il faut que l'amortissement soit égale à 1 aussi :

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{k_p k_c k_v k_m \tau_m}} = 1$$

Donc $k_c = \frac{1}{4k_p k_v k_m \tau_m}$

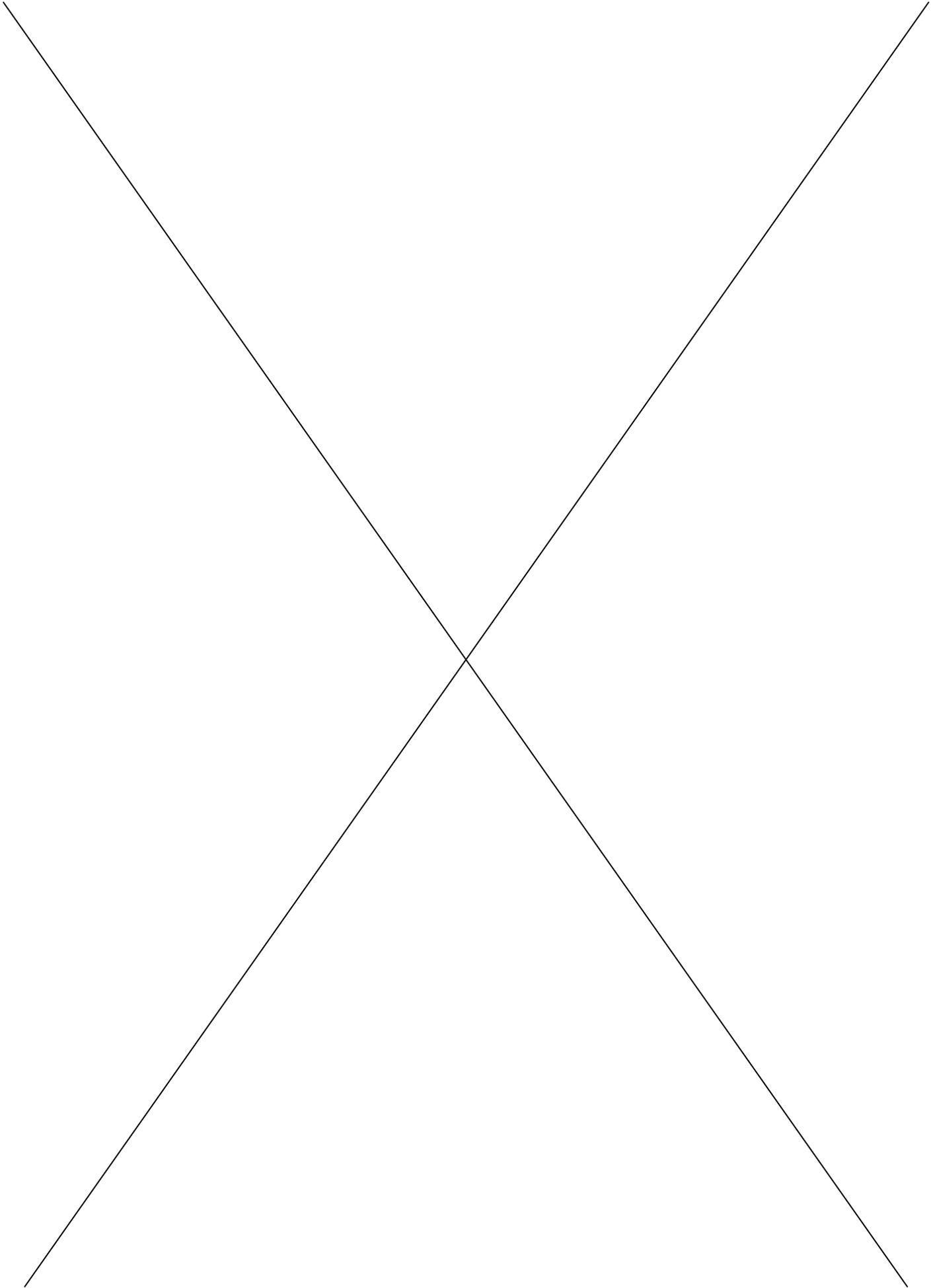
--	--	--	--	--

F1.

**-FIN DE L'EPREUVE-**

--	--	--	--	--

CONCOURS COMMUN SUP 2009 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES



--	--	--	--	--