

Nom : CORRIGE

ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE

Q-1 Par application du théorème de la résultante statique au bateau en projection sur \vec{y} :

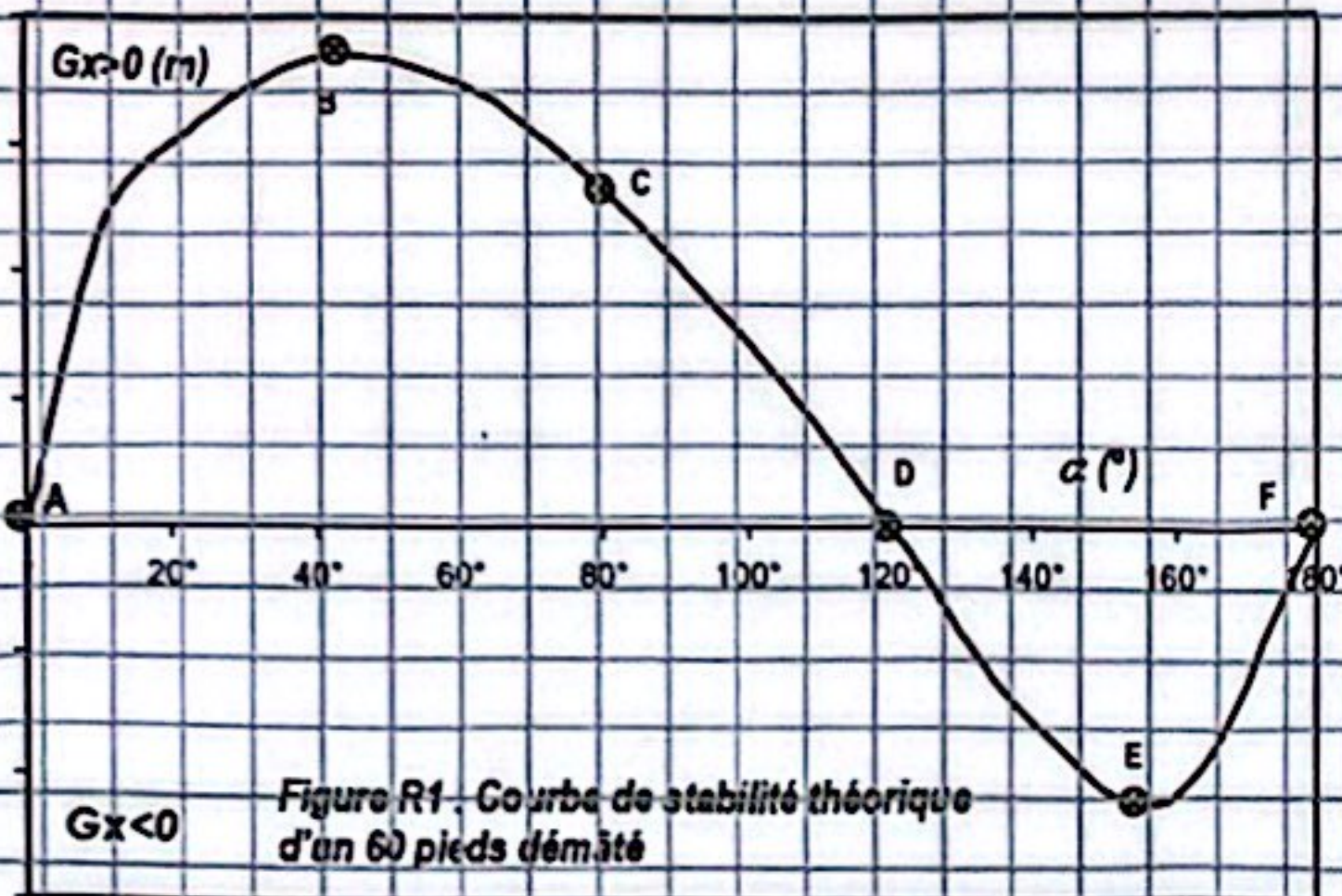
$$-Mg + R_D = 0 \Rightarrow \boxed{Mg = R_D}$$

Q-2

Cas	« Moment de redressement »	« Moment de chavirage »
$R_D.GX > 0$ et $\alpha > 0$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$R_D.GX > 0$ et $\alpha < 0$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$R_D.GX < 0$ et $\alpha > 0$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$R_D.GX < 0$ et $\alpha < 0$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

N.B. : cocher les cases correspondantes

Q. 3



a- $R_0 > 0$ donc le signe de G_x donne le signe du produit $R_0 \cdot G_x$.
Pour un angle de gîte $\alpha > 0$ on a un moment de redressement pour $0 < \alpha < 120^\circ$.

b-

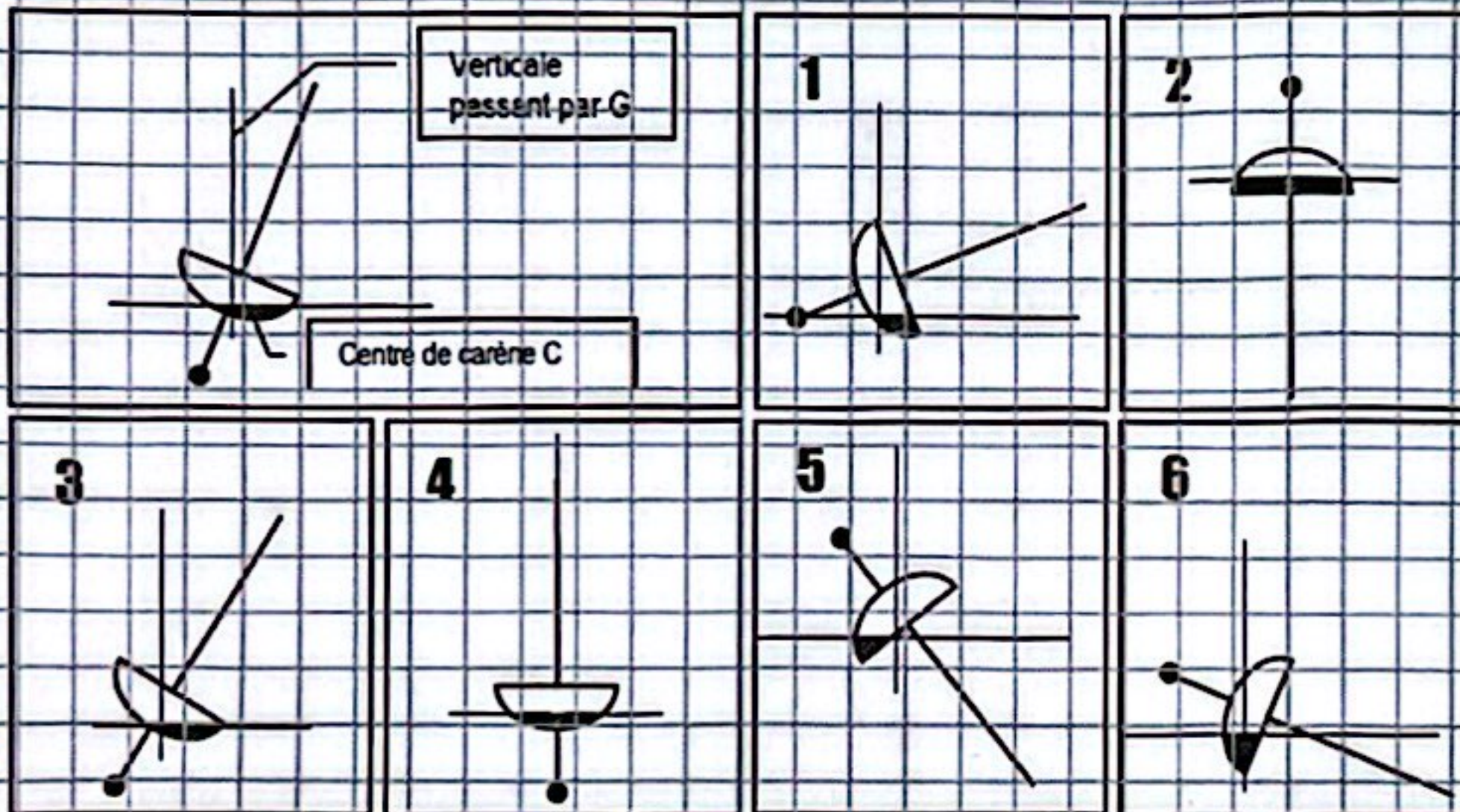
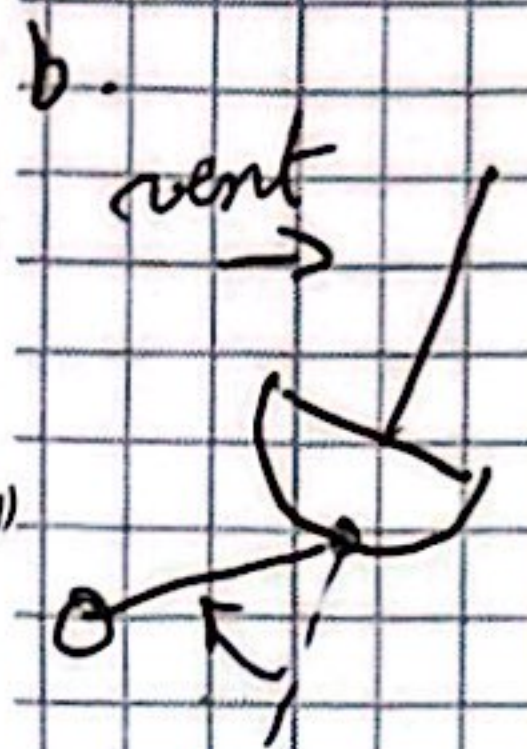
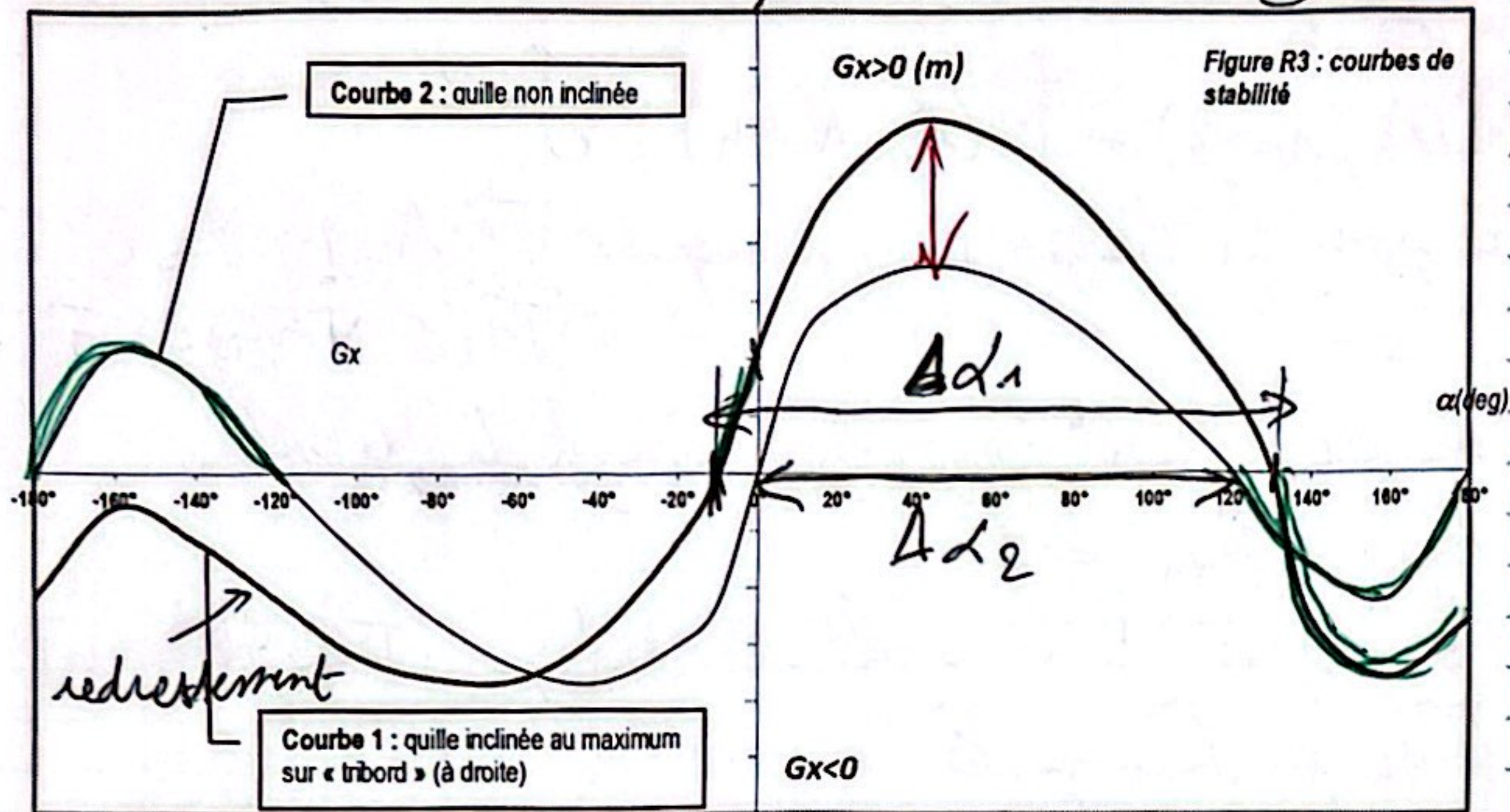


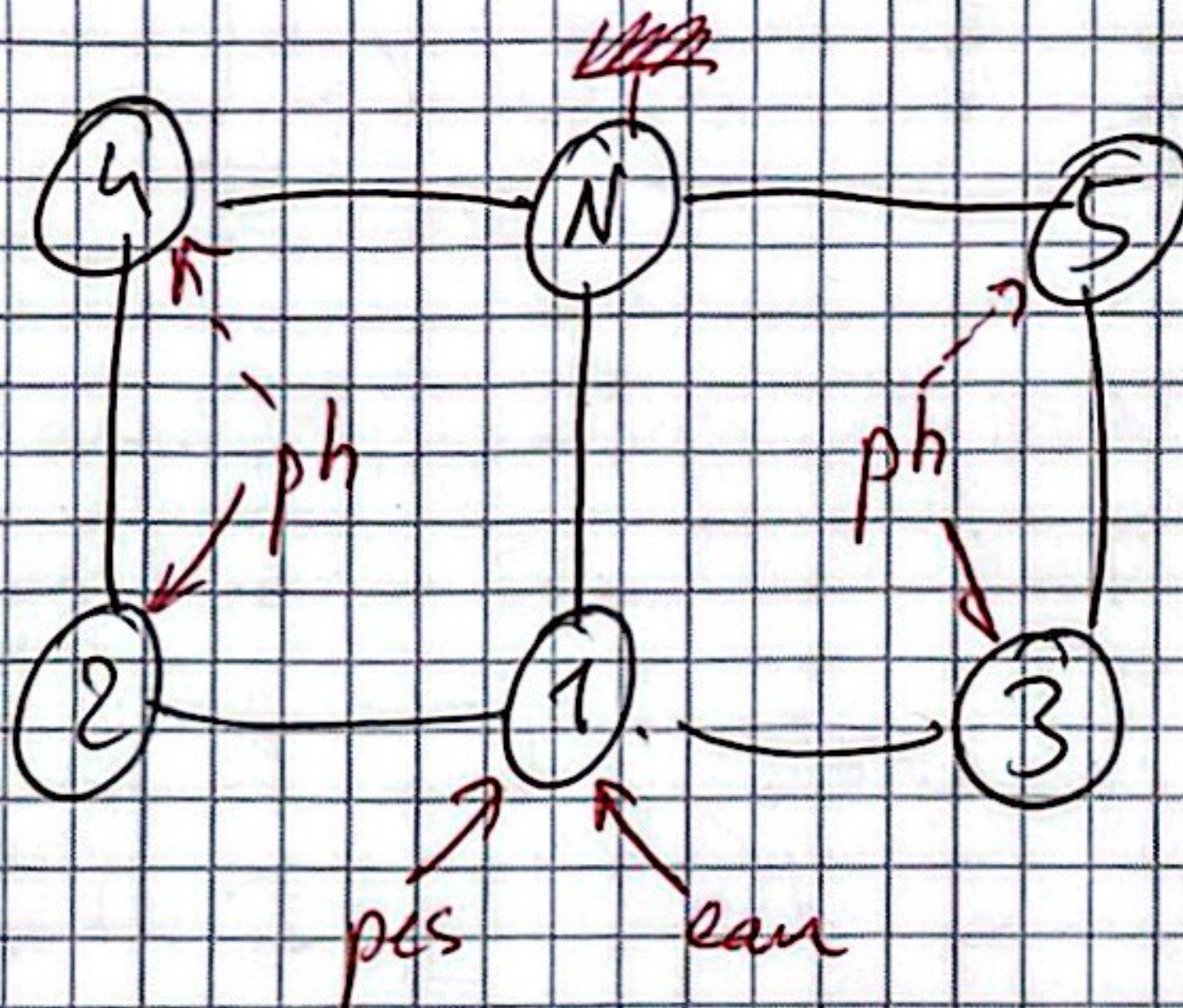
Figure R2 : Positions d'équilibre

Point d'équilibre	N° de figure correspondant
A	4
B	3
C	1
D	6
E	5
F	2

Q-4 a - Moins de moments de chavirage (10° de gain) et moment de redressement de valeur plus élevée (en rouge).



Q-5 et 6



non mentionné dans le sujet, mais il faut retenir que l'action de pression hydraulique sur l'ensemble du vérieu est nulle.

Q7. Système {2, 4}. Je fais le bilan des actions mécaniques extérieures (BAME): $\{N \rightarrow 4\}$ et $\{1 \rightarrow 4\}$

6.7

$\{ph \rightarrow 2\}$ est compensée par $\{ph \rightarrow 4\}$ annulée

Q-8

Théorème du moment statique (TMS) appliqué à $\{2, 4\}$ en A_2 :

$$\vec{M}(A_2, 1 \rightarrow 2) + \vec{M}(A_2, N \rightarrow 4) = \vec{0}$$

or pour les liaisons sphériques $\begin{cases} \vec{M}(A_2, 1 \rightarrow 2) = \vec{0} \\ \vec{M}(C, N \rightarrow 4) = \vec{0} \end{cases}$

Donc on obtient après changement de point.

$$\vec{A_2 C} \wedge \vec{R_{N4}} = \vec{0}$$

Théorème de la résultante statique T.R.S :

$$\vec{R_{N4}} + \vec{R_{12}} = \vec{0}$$

D'où $\boxed{\vec{R_{N4}} = -\vec{R_{12}} \parallel \vec{A_2 C} \parallel \vec{x}}$

Q-9 J'isole 2. BAME : $\{ph \rightarrow 2\}$; $\{4 \rightarrow 2\}$ et $\{1 \rightarrow 2\}$

J'applique le TRS : $F_{12} \vec{x_2} + \vec{R_{42}} + \vec{R_{12}} = \vec{0}$

or $\vec{R_{42}} \perp \vec{x_2}$ car il s'agit d'une liaison pivot glissant d'axe parallèle à $\vec{x_2}$ d'où $\begin{cases} F_{12} \vec{x_2} + \vec{R_{12}} = \vec{0} \\ \vec{R_{42}} = \vec{0} \end{cases}$

Donc $\boxed{\vec{R_{12}} = -F_{12} \vec{x_2}}$

remarque : en statique avec les hypothèses de pesanteur négligée et liaisons rotules parfaites la liaison pivot glissant ne transmet aucun effort

Q-10 L'axe 1 soumis à $\{2 \rightarrow 1\}$, $\{N \rightarrow 1\}$, $\{pes \rightarrow 1\}$
(les autres actions sont négligées)

T.M.S. en O en projection sur \vec{z}_N :

$$\vec{M}(O, 2 \rightarrow 1) \cdot \vec{z}_N + \vec{M}(O, N \rightarrow 1) \cdot \vec{z}_N + \vec{M}(O, pes \rightarrow 1) \cdot \vec{z}_N = 0$$

$$\vec{OA}_2 \wedge F_{N2} \vec{x}_2 \cdot \vec{z}_N + 0 + 0 \wedge a - M_1 g \vec{y}_N \cdot \vec{z}_N = 0$$

$\hookrightarrow \vec{OA}_2 \parallel \vec{z}_N$

$$\vec{y}_1 \wedge \vec{x}_2 = -\cos \theta_1 \vec{z}_N \text{ et } \vec{y}_1 \wedge \vec{y}_N = -\sin \theta_1 \vec{z}_N$$

$$\text{d'où } -R \cdot F_{N2} \cdot \cos \theta_1 - L_1 \cdot M_1 g \sin \theta_1 = 0$$

$$F_{N2} = -\frac{L_1 M_1 g \tan \theta_1}{R}$$

On reprend le même PFS appliqué à 1

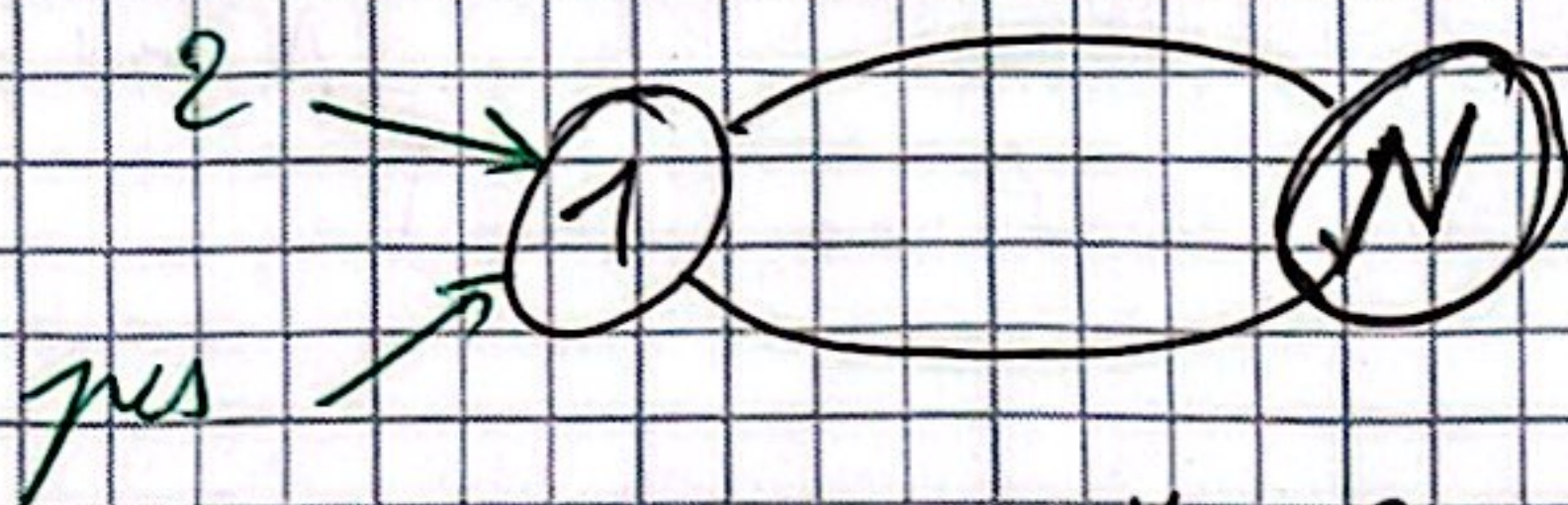
$$\vec{R}_{N1} = -\vec{R}_{21} + M_1 g \vec{y}_N$$

$$\vec{M}(O, N \rightarrow 1) = -\vec{M}(O, 2 \rightarrow 1) - \vec{M}(O, pes \rightarrow 1)$$

$$\{N \rightarrow 1\} = \begin{cases} -F_{N2} \vec{x}_2 + M_1 g \vec{y}_N \\ \vec{OA}_2 \wedge F_{N2} \vec{x}_2 \end{cases}$$

$$\{N \rightarrow 1\} = \begin{pmatrix} -F_{N2} & 0 \\ M_1 g & d.F_{N2} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Q.12



$$\{N \rightarrow 1\}_{\text{sphérique}} = \begin{Bmatrix} X_2 & 0 \\ Y_2 & 0 \\ Z_2 & 0 \end{Bmatrix}_{O_2}$$

$$\{N \rightarrow 1\}_{\text{sphère cylindre}} = \begin{Bmatrix} X_1 & 0 \\ Y_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O_1}$$

Le torseur d'action mécanique transmissible par la liaison pivot est alors la somme de torseurs associés à ces 2 liaisons : $\{N \rightarrow 1\}_{\text{pivot}} = \{N \rightarrow 1\}_{\text{sphérique}} + \{N \rightarrow 1\}_{\text{sphère-cylindre}}$

On écrit cette somme en O

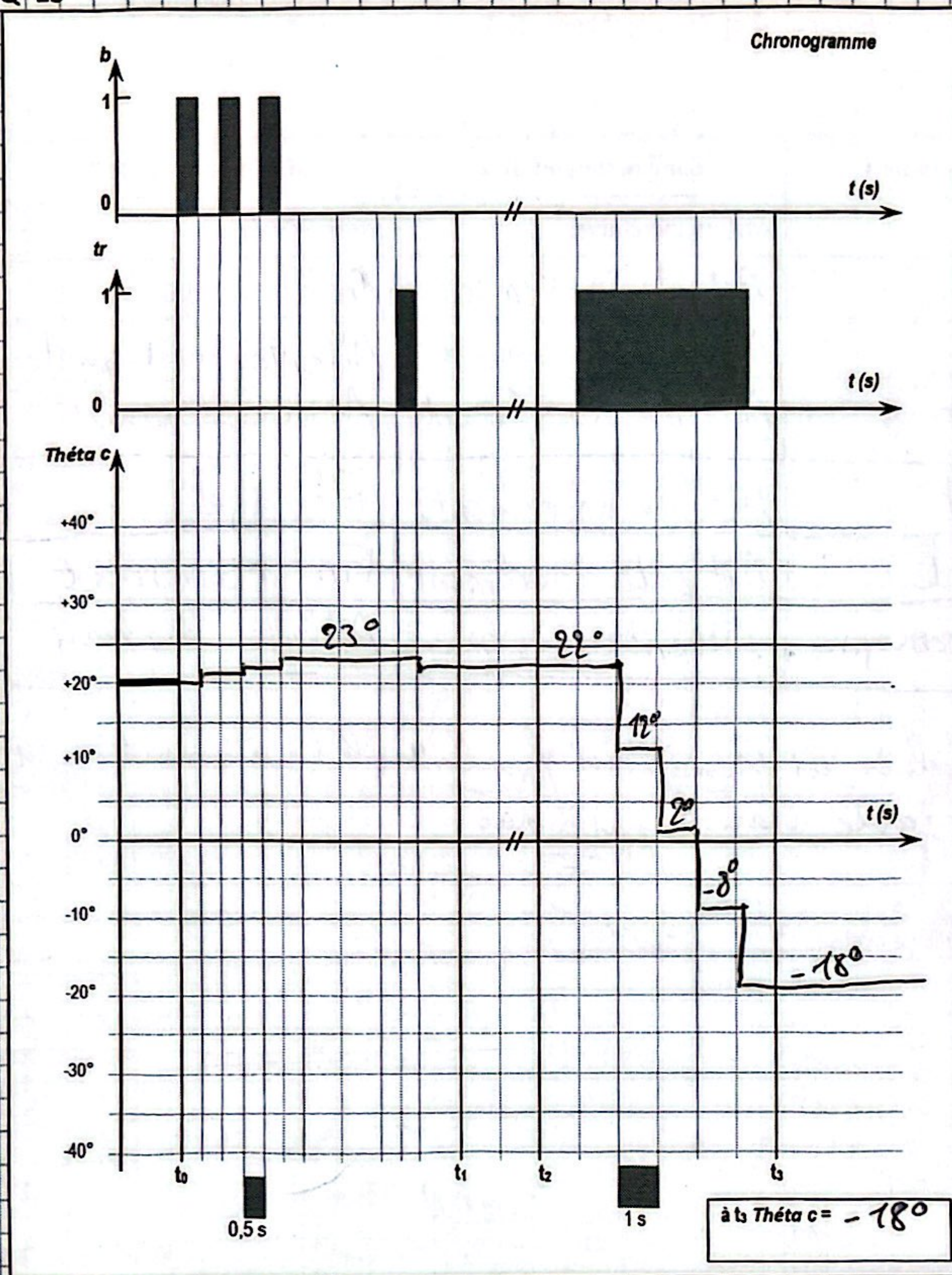
$$\begin{Bmatrix} -F_{N2} & 0 \\ M_{N2} & d \cdot F_{N2} \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_O = \begin{Bmatrix} X_2 & -e Y_2 \\ Y_2 & e X_2 \\ Z_2 & 0 \end{Bmatrix}_O + \begin{Bmatrix} X_1 & e Y_1 \\ Y_1 & -e X_1 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_O$$

$$\text{d'où } \begin{cases} -F_{N2} = X_2 + X_1 \\ M_{N2} = Y_2 + Y_1 \\ 0 = -e Y_2 + e Y_1 \\ d \cdot F_{N2} = e X_2 - e X_1 \end{cases} \Rightarrow \{N \rightarrow 1\}_{\text{sphère cylindre}} = \begin{Bmatrix} -F_{N2} \frac{d+e}{2e} & 0 \\ \frac{M_{N2}}{2e} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O_1}$$

$$\text{Q.12. } F = \sqrt{\left(-F_{N2} \left(\frac{d+e}{2e}\right)\right)^2 + \left(\frac{M_{N2}}{2e}\right)^2} = 15,8 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\text{d'où } p_{12} = \frac{F}{d_{\text{dec}}} = 39,62 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ et } \boxed{p_{12} < p_{\text{adm}}}$$

Q-13



Q-14

N.B. : le graphe des états fait apparaître 3 zones orthogonales qui sont nommées ci-après Zone orthogonale 1, Zone orthogonale 2 et Zone orthogonale 3.

Evolution des états actifs :

Zone orthogonale 1	Zone orthogonale 2	Zone orthogonale 3
Attente consigne	Attente incréments	Attente_hydrau
Virement	Attente incréments	Débloccage
Virement	Attente incréments	Attente retour quille
Virement	Attente incréments	Asservissement
Virement	Attente incréments	Blocage
Virement	Attente incréments	Fin mouvement
Attente consigne	Attente incréments	Attente_hydrau

remarque : évaluer les transitions franchissables (événement ou/et condition de garde vraie) pas à pas

mes(Théta) en fin de ce cycle : -40°

Q-15

J'applique la transformée de Laplace à (a) et (b):

$$(a) \quad Q(p) = Sp \cdot X(p) + \frac{V}{2B} p \Sigma(p) \Rightarrow \Sigma(p) = \frac{Q(p) - SpX(p)}{\frac{2B}{V}p}$$

$$(b) \quad Mp^2 = S \Sigma(p) - kX(p) - \lambda p X(p) - Fr(p) \quad \text{avec} \quad \begin{cases} x(0) = 0 \\ \dot{x}(0) = 0 \end{cases}$$

$$\text{d'où} \quad X(p) = \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k} (S \Sigma(p) - Fr(p))$$

$$\text{et} \quad \Sigma(p) = \left(\frac{1}{Sp} Q(p) - X(p) \right) \cdot \frac{2BS}{V}$$

$$\text{d'où} \quad \boxed{A_1 = \frac{1}{Sp}}; \quad \boxed{A_2 = \frac{2BS}{V}}; \quad \boxed{A_3 = S}$$

$$\boxed{A_4 = \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k}}$$

Q-16

Q.16. on remonte le sommateur de la perturbation en amont de la boucle:



$$\text{d'où} \quad X = \frac{A_2 A_3 A_4}{1 + A_2 A_3 A_4} \left(A_1 Q - \frac{FR}{A_2 A_3} \right)$$

$$\text{soit} \quad X = \frac{A_4}{1 + A_2 A_3 A_4} (A_1 A_2 A_3 Q - FR)$$

$$\text{et par identification:} \quad \boxed{H_2 = \frac{A_4}{1 + A_2 A_3 A_4}} \quad \boxed{H_1 = A_1 A_2 A_3}$$

Q-17 $F_R = 0 \Rightarrow \frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{A_1 A_2 A_3 A_4}{1 + A_2 A_3 A_4}$

$$\frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{\frac{2BS}{Vp} \cdot \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k}}{1 + \frac{2BS^2}{V} \cdot \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k}}$$

soit sous forme canonique (non demandée):

$$\boxed{\frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{\frac{2BS}{V(k + 2BS^2)}}{p \left(1 + \frac{V\lambda}{V(k + 2BS^2)} p + \frac{MV}{V(k + 2BS^2)} p^2 \right)}}$$

Q-18 FTBO:

$$\boxed{H_{BO}(p) = C(p) \cdot H_{SV} \cdot H_1 \cdot H_2 \cdot H_{CN} \cdot K_c}$$

FTBF P:
(pompe)

$$H_{BF1}(p) = K'_c \cdot \frac{\frac{H_{BO}(p)}{K_c}}{1 + H_{BO}(p)}$$

$$\boxed{H_{BF1}(p) = K'_c \cdot \frac{C(p) \cdot H_{SV} \cdot H_1 \cdot H_2 \cdot H_{CN}}{1 + C(p) \cdot H_{SV} \cdot H_1 \cdot H_2 \cdot H_{CN} \cdot K_c}}$$

FTBF R:
(régulation)

$$\boxed{H_{BF2}(p) = - \frac{H_2 \cdot H_{CN}}{1 + C(p) \cdot H_{SV} \cdot H_1 \cdot H_2 \cdot H_{CN} \cdot K_c}}$$