

EPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
SOUS EPREUVE A1 – ETUDE D'UN OUVRAGE

U11

Durée : 4 heures – Coefficient 2

PROPOSITION CORRIGE

Documents remis : **8** (soit 8 feuilles A3)

* **Mécanique appliquée**

- 1^{ère} partie : Calcul de masse et d'un poids : DC 3/12
- 2^{ème} partie : Centre de gravité : DC 4/12, DC 5/12
- 3^{ème} partie : Statique : DC 6/12, DC 7/12
- 4^{ème} partie : Résistance des matériaux : DC 8/12, DC 9/12

* **Dessin technique**

- 5^{ème} partie : Complément d'un document technique : DC 12/12

MECANIQUE APPLIQUEE

Première PARTIE: Recherche de masse et de poids

Afin de choisir un moyen adapté au levage d'un échangeur, on vous demande de déterminer son poids.

Question 1 : Déterminer la masse (en kg) des différents éléments qui composent un échangeur **DT 2/10, DT 3/10,**

Le matériau utilisé pour la fabrication d'un échangeur est de l'acier inoxydable **X2CrNi 18-11**, vous prendrez $\rho = 7,85 \text{ Kg/dm}^3$ pour la masse volumique

Données :

- Pour le calcul, le poids des joints flasques et de la visserie sont négligés.
- Vous laisserez tous vos calculs apparents, notez les unités.

a) Masse des carters (AG et AH) :

Surface totale de tôle utilisée pour ces carters est estimée à 1580 m^2 :
Déterminer le volume de matière utilisé (en dm^3) :

$$\text{Volume} = \text{Surface} \times \text{épaisseur} = 1580 \times 0.015$$

$$\text{Volume} = 23.7 \text{ dm}^3$$

Déterminer la masse M_1 des carters :

$$\text{Masse} = \text{Vol} \times \rho = 23.7 \times 7.85 = 186.05$$

$M_1 = 186 \text{ kg}$	/3 Pts
--	---------------

b) Masse des flasques (AB et AF) :

Les flasques seront considérés comme des disques pleins (cylindres plats):

Déterminer le volume de matière utilisé pour un flasque (en dm^3) :

$$\text{Volume} = \text{Surface} \times \text{épaisseur} = (\pi \times 7.15^2 / 4) \times 0.2 = 8.03$$

$$\text{Volume} = 8.03 \text{ dm}^3$$

Déterminer la masse M_2 des flasques (AB et AF) :

$$\text{Masse} = \text{Vol} \times \rho = 8.03 \times 7.85 = 63.03$$

$$\text{Masse} = 63.03 \times 2 = 126.06$$

$M_2 = 126 \text{ kg}$	/3 Pts
--	---------------

c) Masse entretoise réducteur (AD) :

$M_3 = 19 \text{ kg}$

d) Masse du tambour (AC) :

$M_4 = 259.5 \text{ kg}$
--

e) Masse base corps échangeur (AA) :

Le volume de matière utilisé pour la réalisation de cet élément est de $128,6 \text{ dm}^3$:

Déterminer la masse M_5 de la base corps échangeur :

$$\text{Masse} = \text{Vol} \times \rho = 128,6 \times 7.85 = 1009,5$$

$M_5 = 1009.5 \text{ kg}$	/2 Pts
---	---------------

f) Masse du motoréducteur (AI) :

Retrouver la masse du motoréducteur:

$$\text{Masse} = \text{voir nomenclature DT 3/9} = 137$$

$M_6 = 137 \text{ kg}$	/1 Pts
--	---------------

g) Masse total de l'ensemble :

Déterminer la masse totale (M_t) d'un échangeur :

$$\text{Masse totale} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$$

$$M_t = 186 + 126 + 19 + 259.5 + 1009.5 + 137 = 1737$$

$M_t = 1737 \text{ kg}$	/2 Pts
---	---------------

Question 2 : En déduire le poids (en Newtons) d'un échangeur :

Vous prendrez pour la valeur de l'accélération de la pesanteur
 $g = 9,81 \text{ N/Kg (9.81 m/s}^2)$

Déterminer le poids total (P) d'un échangeur :

$$P = m \times g = 1737 \times 9.81 = 17039.97$$

$P = 17040 \text{ N}$	/4 Pts
---	---------------

PROPOSITION CORRIGE

Total des points obtenus sur ce document:

..... / 15 Pts

DC 3/12

MECANIQUE APPLIQUEE

Deuxième PARTIE : Détermination position Centre de gravité (Analytique **ou** graphique)

Afin de positionner l'élingue principale de levage pour lever l'échangeur horizontalement, on cherche à déterminer le lieu horizontal du centre de gravité d'un ensemble échangeur.

Données : Etant donné, le plan de symétrie vertical, l'étude est ramenée à un problème plan (plan x, y, du système).

Etant donné que le levage s'effectue verticalement vous ne recherchez que la position sur l'axe x de ce centre de gravité.

Les points G1 et G2 sont les centres de gravité respectifs du motoréducteur (solide 1) et de l'échangeur (solide 2).

Les positions des centres de gravités des solides 1 et 2 sont représentées sur la figure ci-contre.

Les poids respectifs des solides 1 et 2 sont:

$$P1 = 140 \text{ daN et } P2 = 1600 \text{ daN}$$

Question 3: Détermination analytique de la position du centre de gravité:

a) Compléter le tableau ci-dessous :

Solides (Si)	Poids solide (Pi)	Xi	Pi x Xi
S1	140	419	58660
S2	1600	3849	6158400
Totaux	1740		6217060

/4 Pts

b) Détermination de cote de position du centre de gravité XG :

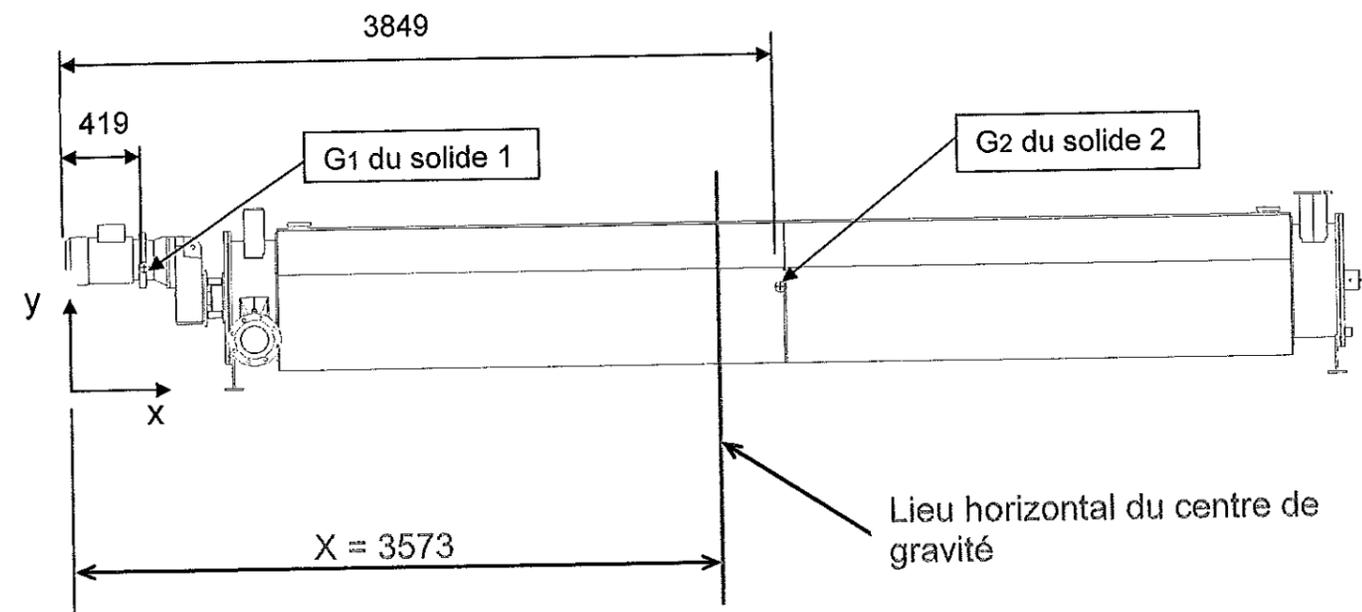
$$X_G = \frac{6217060}{1740}$$

XG = 3573 mm

/2 Pts

c) Positionnement et cotation du centre de gravité

- Sur le croquis ci-dessous, **représenter** (approximativement) le lieu horizontal du centre de gravité,
- **Inscrire**, dans le repère, la cote qui le positionne



/4 Pts

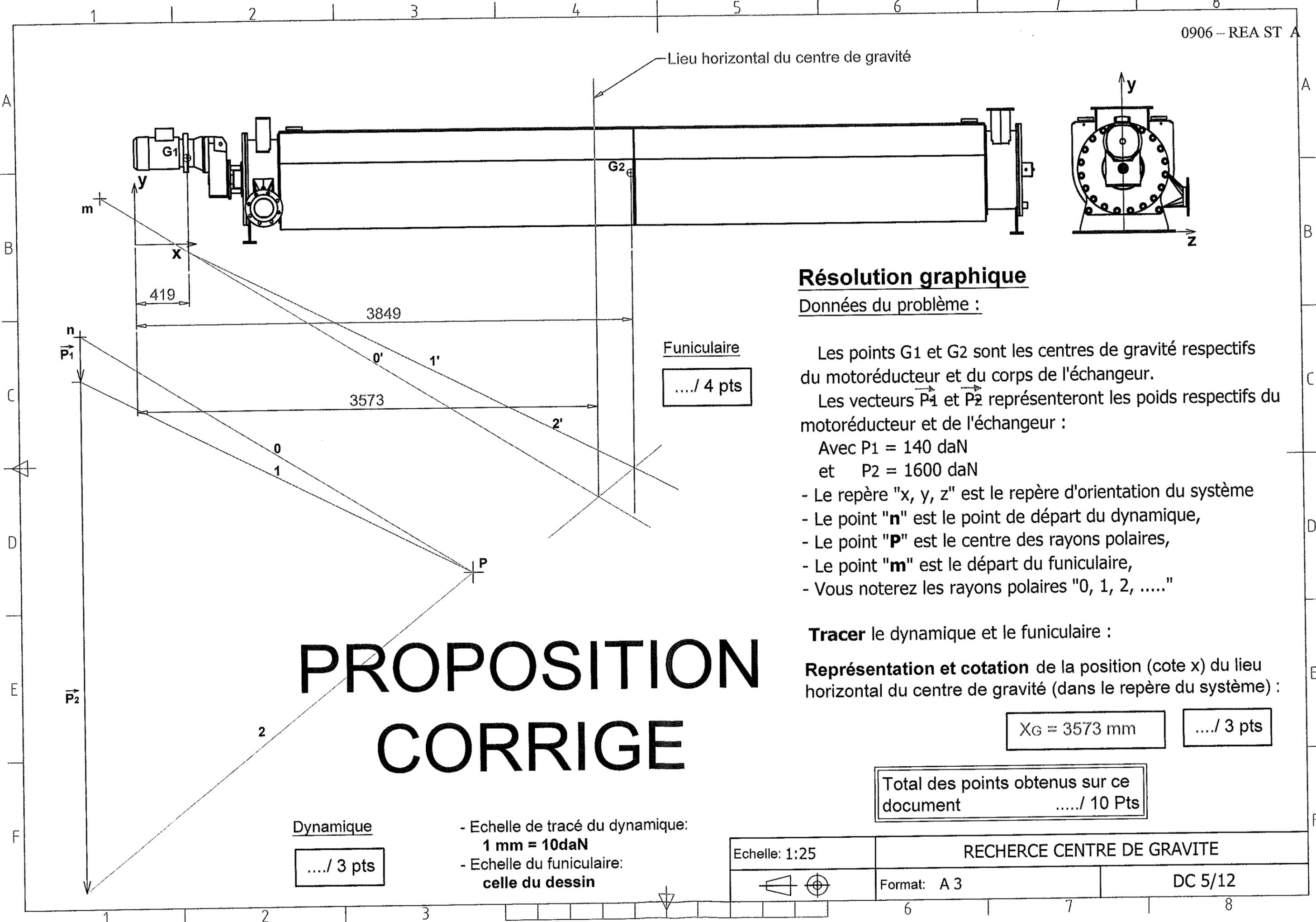
Question 4: Détermination graphique de la position du centre de gravité:

Voir DR 5/12

(Si la détermination analytique a été réalisée, ne pas faire la résolution graphique).

PROPOSITION CORRIGE

Total des points obtenus sur ce document:/ 10 Pts	DC 4/12
---	---------------	---------



Funiculaire
 / 4 pts

Résolution graphique

Données du problème :

- Les points G1 et G2 sont les centres de gravité respectifs du motoréducteur et du corps de l'échangeur.
- Les vecteurs \vec{P}_1 et \vec{P}_2 représenteront les poids respectifs du motoréducteur et de l'échangeur :
 - Avec $P_1 = 140 \text{ daN}$
 - et $P_2 = 1600 \text{ daN}$
- Le repère "x, y, z" est le repère d'orientation du système
- Le point "n" est le point de départ du dynamique,
- Le point "P" est le centre des rayons polaires,
- Le point "m" est le départ du funiculaire,
- Vous noterez les rayons polaires "0, 1, 2,"

Tracer le dynamique et le funiculaire :

Représentation et cotation de la position (cote x) du lieu horizontal du centre de gravité (dans le repère du système) :

$X_G = 3573 \text{ mm}$

.... / 3 pts

Total des points obtenus sur ce document
 / 10 Pts

PROPOSITION CORRIGÉ

Dynamique
 / 3 pts

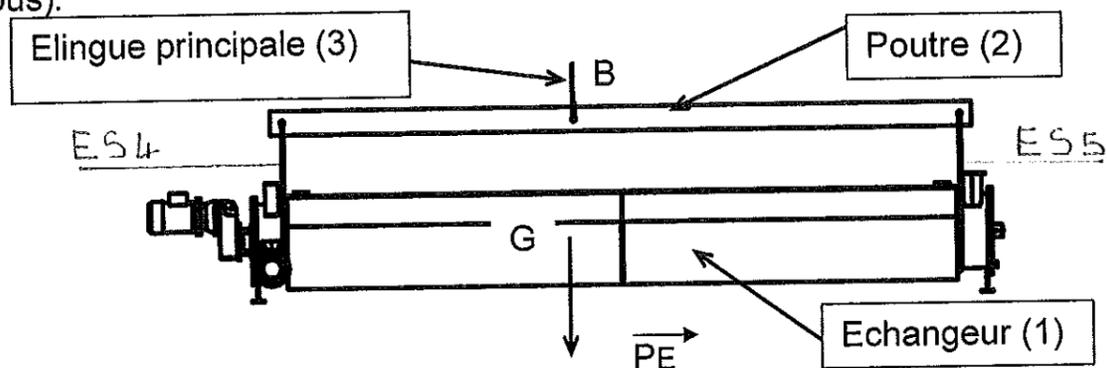
- Echelle de tracé du dynamique:
 $1 \text{ mm} = 10 \text{ daN}$
- Echelle du funiculaire:
 celle du dessin

Echelle: 1:25	RECHERCHE CENTRE DE GRAVITE	
	Format: A 3	DC 5/12

MECANIQUE APPLIQUEE

TROISIEME PARTIE : Détermination des efforts appliqués sur la poutre (Résolution Graphique ou analytique).

Les échangeurs sont manipulés, un par un, à l'aide d'une poutre de manutention afin d'assurer un maximum de sécurité pendant le levage (voir croquis ci-dessous).



Données : On considère le poids (PE) total d'un échangeur = 1740daN.
le poids (PP) de la poutre est négligé.
La résolution est reportée à un problème plan.

Question 5: Détermination de l'effort de levage :

Connaissant le poids d'un échangeur et de la poutre, on vous demande de déterminer l'effort de levage \vec{F} qui s'exerce dans l'élingue principale.
On isole le système "poutre(2) + échangeur(1)" + élingues intermédiaires ES4 et ES5.
Compléter les cases (quand cela est possible) du **tableau bilan** ci-dessous :

Action Méca	Pt App°	Diréc°	Sens	Intensité (daN)
\vec{PE}	B	I	↓	?...1740
\vec{F}	G	? I	? ↑	?...1740

/ 4 Pts

Remarque: les résultats non identifiés seront remplacés par un ?

Citer le PFS: Système en équilibre soumis à 2 actions mécaniques (AM), les deux AM sont égales et directement opposées

/ 2 Pts

Résultats: **Compléter** le tableau :

L'effort de levage est de :

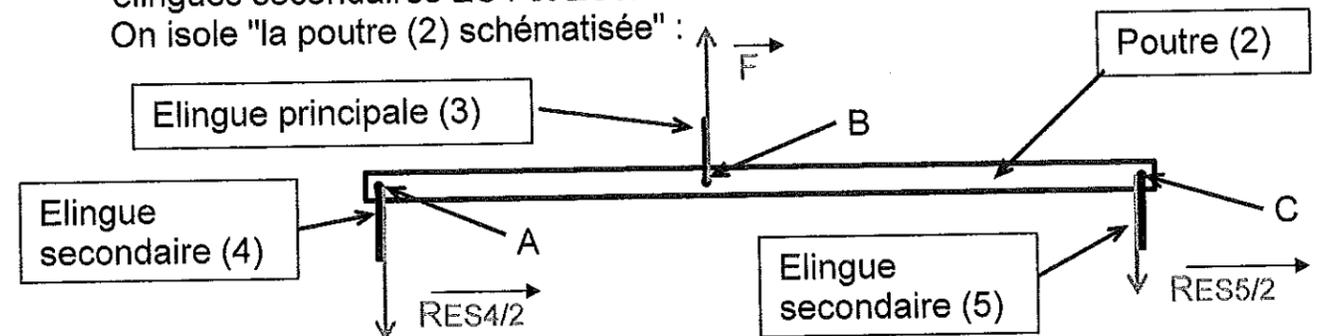
F = 1740 daN

/ 1 Pts

PROPOSITION CORRIGE

Question 6: Détermination des actions exercées sur la poutre 0906 – REA ST A

En tenant compte du poids de la poutre, l'effort de levage s'élève à 2000 daN.
On vous demande de déterminer les réactions aux points d'ancrages des élingues secondaires ES4 et ES5.
On isole "la poutre (2) schématisée" :



a) Faire le bilan des actions mécaniques (AM) qui sollicitent la poutre (1); compléter, quand cela est possible, le **tableau bilan** ci-dessous :

Action Méca	Pt App°	Diréc°	Sens	Intensité (daN)
\vec{F}	B	I	↑	2000
$\vec{RES4/2}$	A	? I	? ↓	?.....1108
$\vec{RES5/2}$	C	? I	? ↓	?.....892

Remarque: les résultats non identifiés seront remplacés par un ?

Résolution Graphique

b) **Citer le PFS :** Le système est en équilibre sous l'action de 3 AM //

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = 0 \\ \sum M_{F_{ext}} = 0 \end{cases} \begin{cases} \text{(le dynamique est fermé),} \\ \text{(le funiculaire est fermé),} \end{cases}$$

/ 2 Pts

c) Pour la **construction graphique** du dynamique et du funiculaire reportez-vous au document **DR 7/12**.

d) **Compléter** le tableau bilan :

/ 6 Pts

e) **Modéliser** les actions mécaniques sur le croquis ci-dessus (donner l'allure, utiliser de la couleur).....

/ 2 Pts

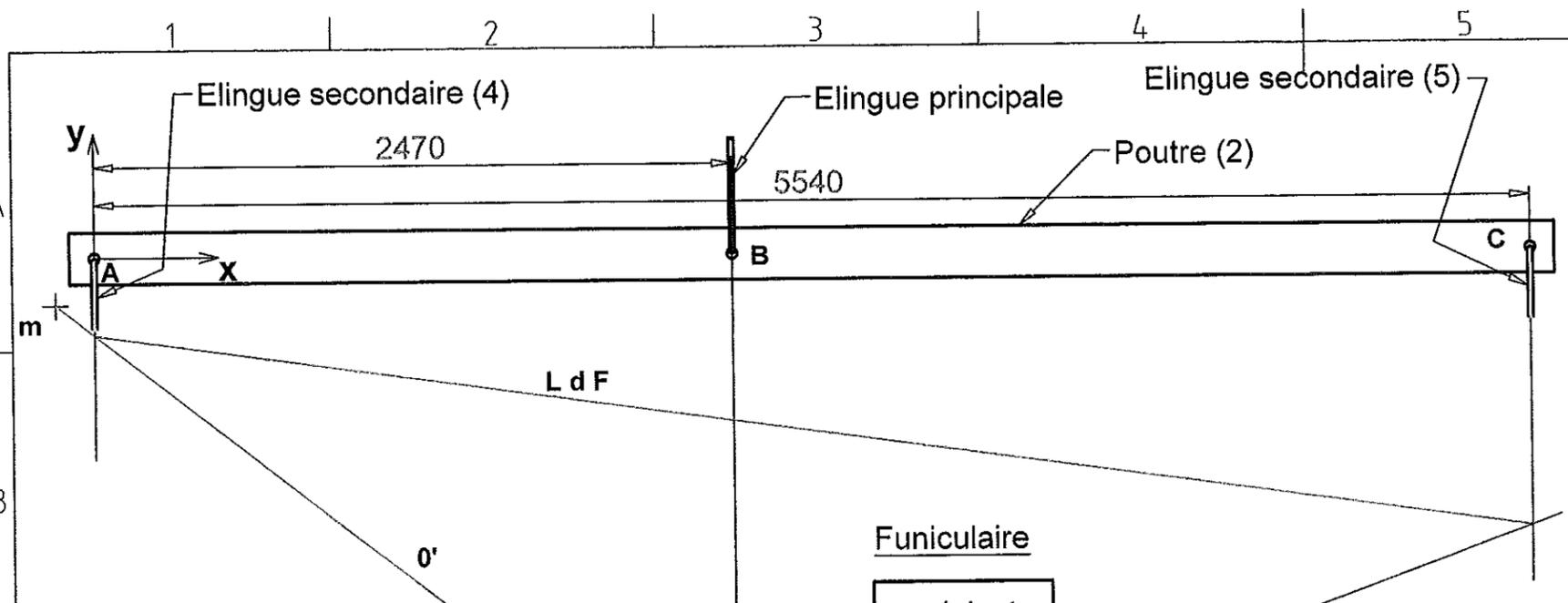
Total des points obtenus sur ce document:	.../ 17Pts	DC 6/12
---	------------	---------

Résolution graphique

Données du problème:

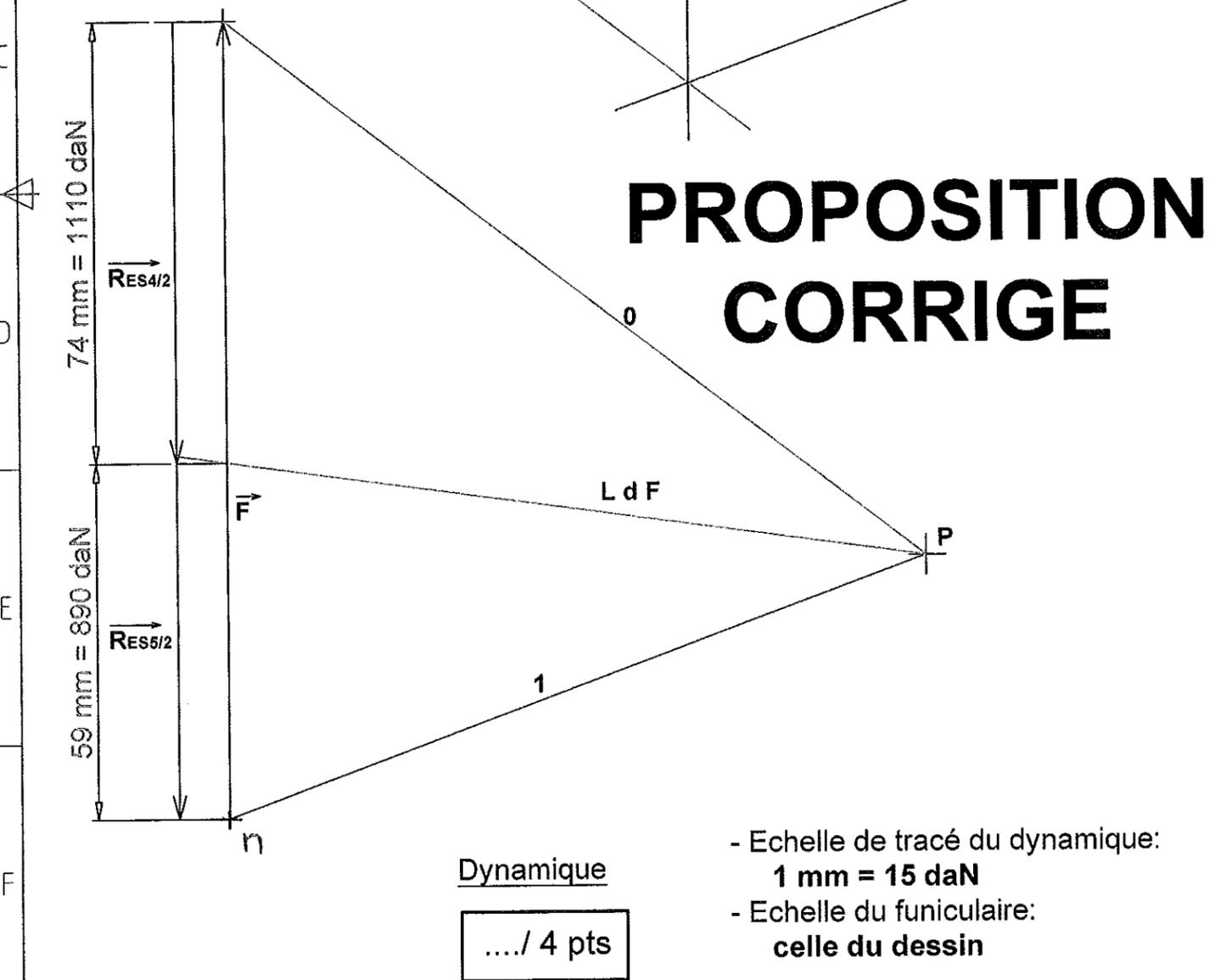
- Les points A, B et C sont les centres d'ancrage des élingues.
- Les actions mécaniques sont représentées par des vecteurs.
- Le repère "x, y, z" est le repère d'orientation du système.
- Le point "n" est le point de départ du dynamique.
- Le point "P" est le centre des rayons polaires.
- Le point "m" est le départ du funiculaire,
- Vous noterez les rayons polaire "0, 1,"

=> Tracer le dynamique et le funiculaire **ci-contre**.
 => Compléter le tableau bilan sur **DR 6/12**.



Funiculaire
 / 4 pts

PROPOSITION CORRIGE



Dynamique
 / 4 pts

- Echelle de tracé du dynamique:
1 mm = 15 daN
 - Echelle du funiculaire:
celle du dessin

Résolution analytique: (Si résolution graphique effectuée, pas de résolution analytique)

f) Citer le PFS: Le système est en équilibre sous l'action de trois AM //
 $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$,
 $\sum \vec{M}_{F_{ext}} = \vec{0}$ / 2 pts

g) Détermination des actions mécaniques: (vous prenez les moments par rapport au point A):
 - 1) $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R}_{ES4/2} + \vec{F} + \vec{R}_{ES5/2} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R}_{ES4/2} = -\vec{F} - \vec{R}_{ES5/2}$
 $\Rightarrow R_{ES4/2} = R_{ES5/2} - F \Rightarrow R_{ES4/2} = 891 - 2000$ / 4 pts
 $\Rightarrow \dots\dots\dots R_{ES4/2} = -1108 \text{ daN}$

- 2) $\sum \vec{M}_A \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}_A \vec{R}_{ES4/2} + \vec{M}_A \vec{F} + \vec{M}_2 \vec{R}_{ES5/2} = \vec{0}$ / 4 pts
 $\Rightarrow \vec{M}_A \vec{R}_{ES5/2} = -\vec{M}_A \vec{F} \Rightarrow M_A R_{ES5/2} = -M_A F$
 $\Rightarrow R_{ES5/2} \times 5540 = -F \times 2470 \Rightarrow R_{ES5/2} = -(2000 \times 2470) / 5540$
 $\Rightarrow \dots\dots\dots R_{ES5/2} = -892 \text{ daN}$

h) Compléter le tableau bilan du **DR 6/12**, / 6 pts

i) Modéliser les actions mécaniques sur le croquis du **DR 6/12**
 (donner l'allure, utiliser de la couleur)..... / 2 pts

Total des points obtenus sur ce document / 26 Pts

Echelle: sans	STATIQUE EFFORTS APPLIQUES SUR LA POUTRE	
	Format: A3	DC 7/12

MECANIQUE APPLIQUEE

QUATRIEME PARTIE : Détermination en flexion de la poutre

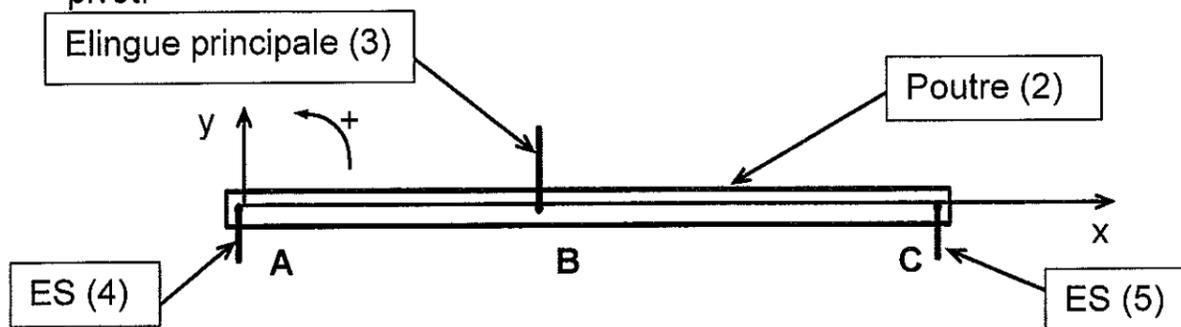
L'objectif est ici de déterminer la section de la poutre de manutention en vue de faire la commande du tube sélectionné dans un tableau de différentes sections de profil rectangulaire. Le choix sera fait à partir d'une étude en flexion.

Données : Matière **S 295**, coefficient de sécurité $n = 3$.

Effort de levage subit par la poutre **F = 2000 daN**.

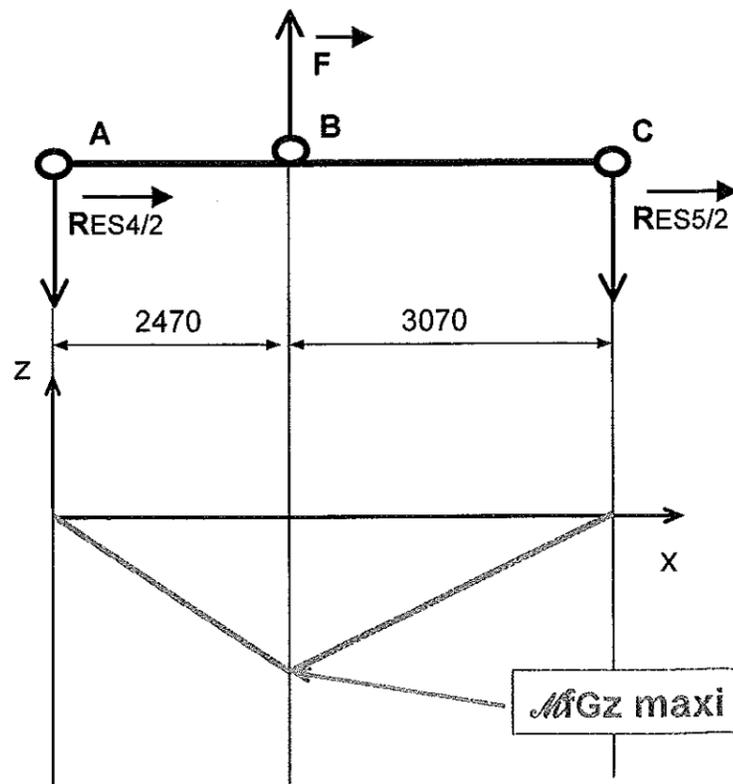
Effort des élingues secondaires **RES4/2 = 1110 daN**; **RES5/2 = 890 daN**

Les liaisons de la poutre et des élingues sont considérées comme des liaisons pivot.



Question 7 : Etablir le diagramme du moment fléchissant :

A l'aide du schéma de la poutre ci-contre :



a) Tracer l'allure du diagramme du moment fléchissant (M_{Gz}).
Indiquer le point du moment de flexion maxi :

/ 3 Pts

b) Déterminer le moment fléchissant maxi (M_{Gz} maxi) : 0906 – REA ST A

$$M_{Gz} \text{ maxi} = - \text{RES4/2} \times X$$

$$M_{Gz} \text{ maxi} = - 11100 \times 2470$$

$$M_{Gz} \text{ maxi} = - 27417000 \text{ Nmm}$$

/ 3 Pts

Question 8 : Détermination de Rpe :

Calculer la valeur de la résistance pratique à l'extension :

$$R_{pe} = \frac{R_e}{s} = \frac{295}{3}$$

$$R_{pe} = 98.33 \text{ N/mm}^2$$

/ 2 Pts

Question 9 : Détermination du module de flexion ($I_{Gz/v}$) :

En utilisant la condition de résistance, calculer le module de flexion :

$$\sigma = \frac{M_{Gz} \text{ maxi}}{I_{Gz/v}} \leq R_{pe} \Rightarrow I_{Gz/v} \geq \frac{M_{Gz} \text{ maxi}}{R_{pe}}$$

$$I_{Gz/v} \geq \frac{27417000}{98.33}$$

$$I_{Gz/v} \geq 278408 \text{ mm}^3$$

/ 4 Pts

Question 10 : Choisir la section de la poutre :

A l'aide de l'extrait de catalogue de profil creux (tube) rectangulaire ci-dessous, choisissez la section qui vous semble adaptée en fonction des résultats que vous avez trouvés (attention aux unités).

	Epaisseur	Masse par mètre	Aire de la section	Moment d'inertie de torsion	Constante de torsion	Moment d'inertie de flexion	Module d'inertie de flexion	Rayon de giration
	e	P	A	J	C	I_{Gz}	$I_{Gz/y}$	i
Dimensions	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm
150 x 50	5	14.8	18.88	229.6	57.26	483.8	64.48	2.065
200 x 100	5	22.2	28.23	1209	171.8	1446	144.6	4.182
200 x 100	10	41.5	52.91	2157	293.1	2479	247.9	3.952
250 x 150	6	35.7	45.45	3895	395.4	3857	308.5	6.219
250 x 150	10	57.2	72.91	6116	603.1	5879	470.4	6.003
300 x 100	5	30	38.23	2048	262.1	4036	269.1	4.339
300 x 100	8	46.7	59.46	3079	385.8	6028	401.9	4.203

Votre choix de section :

Section: 250x150 ep 6

/ 2 Pts

PROPOSITION CORRIGE

Total des points obtenus sur ce document:

...../ 14 Pts

DC 8/12

MECANIQUE APPLIQUEE

CINQUIEME PARTIE : Vérification épaisseur enveloppe, (CODAP)

Avant la mise en place du système thermo flash on a fait une vérification aux ultrasons du niveau d'usure de l'enveloppe. La cote la plus faible relevée $e = 2,9$
L'objectif est ici de vérifier l'épaisseur de l'enveloppe échangeur **AA5** du **DT 4/4** suite à une modification de la pression d'utilisation. A l'intérieur de cette enveloppe circule l'eau chaude sous pression qui permet l'élévation de la température de l'échangeur.

Après la manipulation et la vérification de l'épaisseur la plus faible, l'échangeur doit subir une **mise à l'épreuve** faite par un organisme agréé qui applique la procédure issue du CODAP (Code des Appareils à Pression).

Données : L'échangeur est un appareil de catégorie B. Le CODAP prévoit pour la vérification les règles suivantes.

- Une situation normale de fonctionnement ou de service:
Pression de service = 6 bars.

La contrainte nominale de calcul est : $f = \frac{Re}{1.2}$

Le coefficient de soudure est $z = 0.85$

- Une situation exceptionnelle de fonctionnement::
Pression = 7 bars

La contrainte nominale de calcul est $f = \frac{Rm}{2.7}$

- Une situation d'épreuve:

La pression d'épreuve est 1.3 fois la pression de service

La contrainte nominale de calcul est : $f = \frac{Re}{1.2}$

Le coefficient de soudure est $z = 0.85$

- L'acier inoxydable utilisé pour la réalisation est du : **X2CrNi 18-11**, dont la valeur limite de la résistance élastique (Re) est **175 MPa** et sa limite à la rupture (Rm) est de **600 MPa**.
- On prendra $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bars}$
- La valeur $R_{p1,0}^t$ du CODAP est remplacée par Re.

Notation :

- $e =$ épaisseur minimale de l'enveloppe en mm
- $D_i =$ diamètre intérieur de l'enveloppe en mm
- $D_m =$ diamètre moyen de l'enveloppe en mm
- $D_e =$ diamètre extérieur de l'enveloppe en mm
- $f =$ contrainte nominale de calcul du matériau de l'enveloppe
- $P =$ pression de calcul en MPa
- $z =$ coefficient de soudure

Question 11 :

En vous aidant des données précédentes et des caractéristiques de l'enveloppe échangeur **AA5** représentée sur le **DT 4/4**,

Choisir la bonne formule pour les calculs de l'épaisseur minimum.

Encadrer la formule choisie.

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2 f \cdot z - P}$$

$$e = \frac{P \cdot D_m}{2 f \cdot z}$$

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2 f \cdot z + P}$$

/ 2 Pts

Question 12 :

Calculer l'épaisseur minimale "e" de l'enveloppe échangeur **AA5** :

$$e = \frac{0.78 \times 698.5}{(2 (175/1.2) \cdot 0.85) + 0.78}$$

$$e = \frac{544.83}{247.9 + 0.78}$$

$$e = \frac{544.83}{248.68}$$

e mini = 2.19 mm

/ 2 Pts

Question 13 :

Comparer votre résultat et le choix du fabricant et **conclure** :

$$e_{\text{mini}} \leq e_{\text{enveloppe}} \Rightarrow 2.19 \leq 3.175$$

$$2.19 < 2.9$$

L'enveloppe va résister à la nouvelle pression d'utilisation

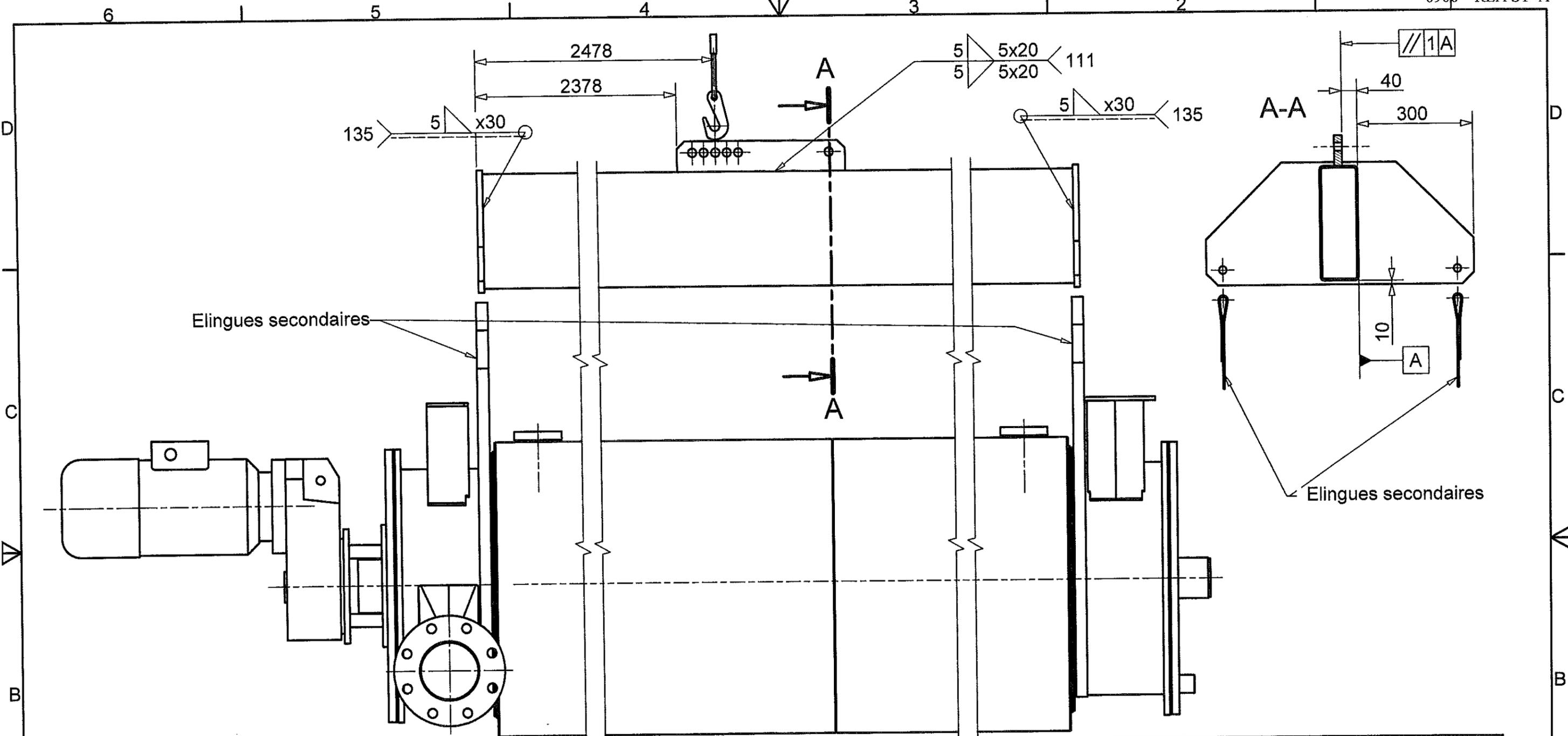
/ 2 Pts

PROPOSITION CORRIGE

Total des points obtenus
sur ce document:

..... / 6 Pts

DC 9/12



Elingues secondaires

Elingues secondaires

PROPOSITION DE CORRECTION

NOTA:

Pour des raisons de longueur de l'échangeur, deux interruptions de vues ont été réalisées sur la vue de face.
Ne pas en tenir compte pour la cotation

BAREME DE NOTATION	
Conception rationnelle	/ 2
Vue de Face	/ 5
Vue de gauche	/ 5
Qualité dessin	/ 5
Symboles soudure	/ 6
Cotes position tube	/ 2
Cotes position barre	/ 2
Tolérance géométrique	/ 3
Total document	/ 30

Ech: 1 : 10	DESSIN TECHNIQUE	
	Format: A3	DC 12/12