

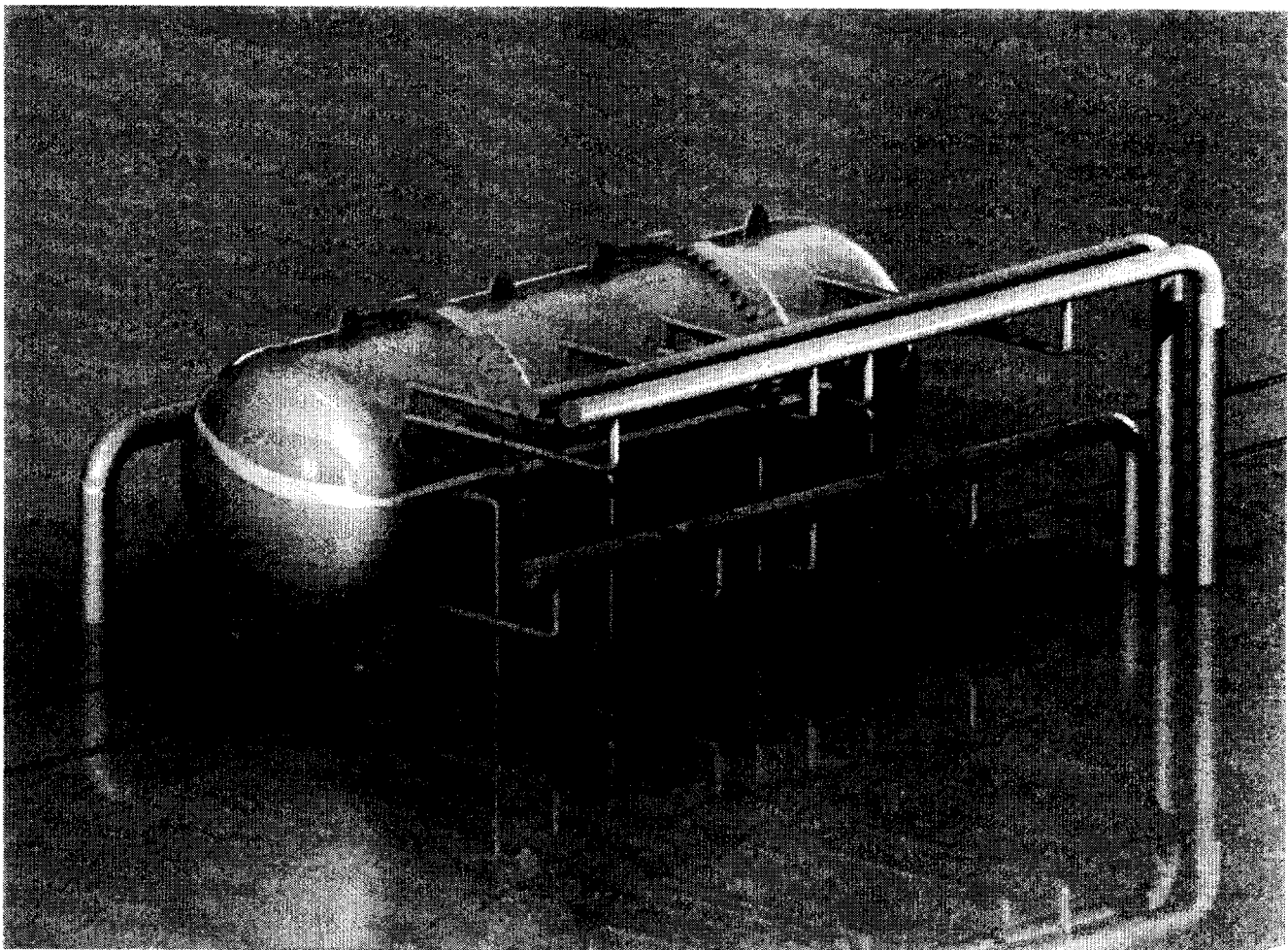
BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
REALISATION D'OUVRAGES CHAUDRONNES

CONCEPTION DES APPAREILS

Sous épreuve U41-B

Temps conseillé : 2h

Electrolyseur sous pression et température élevée



Ce dossier comporte 8 documents au format A4 :

- **Document sujet** : DS1- U41-B, DS2- U41-B, DS3- U41-B, DS4- U41-B
- **Documents techniques** : de DT1- U41-B jusqu'à DT4- U41-B

Toutes les réponses seront rédigées sur feuilles de copies réglementaires

MECANIQUE

Mise en situation

L'étude porte sur un électrolyseur sous pression et à température élevée pour produire de l'hydrogène.

Il est défini dans le dessin d'ensemble DT2-U41-AB et DT3-U41-AB. Il produit de l'hydrogène et de l'oxygène à partir de l'électrolyse de l'eau grâce à un passage de courant électrique dans l'électrolyseur. La température de fonctionnement et la pression interne sont élevées pour diminuer le coût de fabrication de l'hydrogène.

Les 3 parties sont indépendantes.

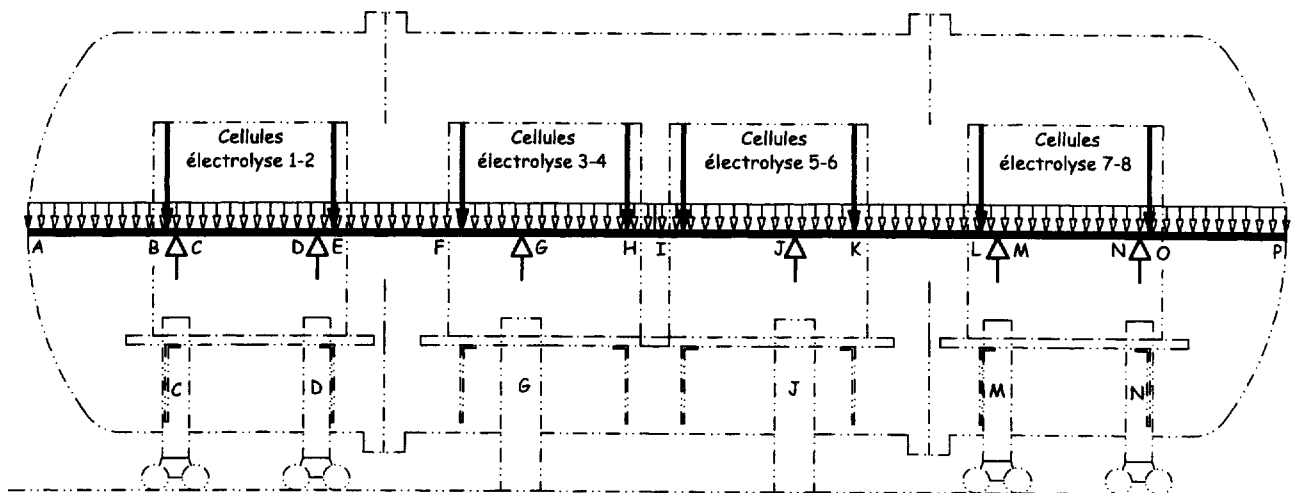
Corps de l'appareil

Données

- L'ensemble de l'appareil (virole + fonds) est assimilé à un cylindre de diamètre extérieur 3 100 mm, épaisseur 40 mm et longueur 9 300 mm.
- Masse volumique de l'acier $\rho_{\text{acier}} = 7\,850 \text{ kg/m}^3$
- Accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Matériau constituant les viroles et les fonds : P295GH

1. Modélisation de l'électrolyseur

Le but de cette étude est de déterminer la valeur de la charge répartie q (virole + eau)



B.1.1 : Calculer le taux de charge uniformément répartie due au poids de l'eau dans l'appareil q_{eau} (unité kN/m). On considère que l'électrolyseur est rempli complètement d'eau.

B.1.2 : Calculer le taux de charge uniformément répartie due au poids de la virole en acier q_{acier} (unité kN/m).

DS1-U41-B

B.1.3: En déduire le taux de charge total q (unité kN/m) due aux poids propres de l'eau et de la virole.

2. Calcul de la contrainte normale dans une section droite de la virole

Objectif de cette partie : vérifier le dimensionnement de la virole en déterminant la valeur de la contrainte.

Données : (voir document DT2-U41-B)

- Taux de charge total $q=100$ kN/m (eau + virole)
- Valeurs des actions aux appuis : en C = 380 kN et en D=200 kN.
- Les berceaux fixes et mobiles sont modélisés par des contacts ponctuels parfaits en C, D, G, J, M et N.
- Les poids des cellules d'électrolyse sont modélisés par des actions en B, E, F, H, I, K, L et O toutes égales à 160 kN.

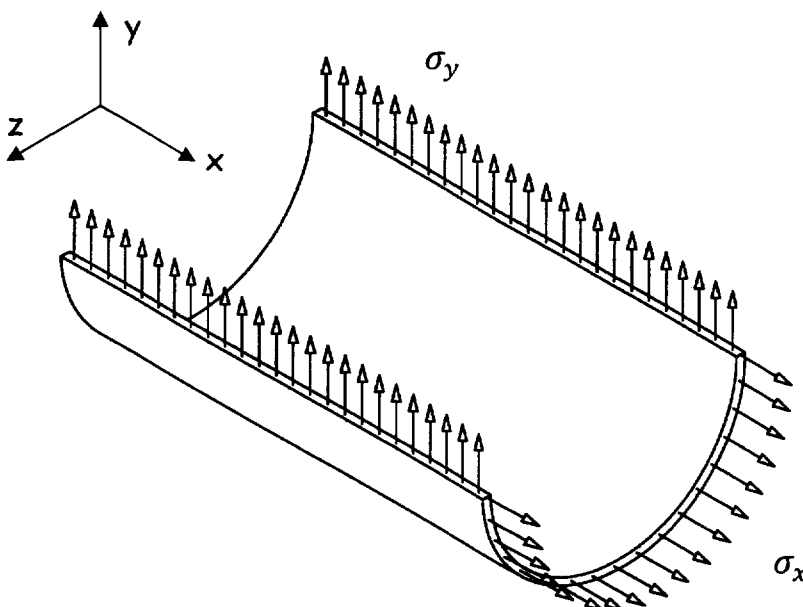
Une simulation de l'étude est donnée sur le document DT3-U41-B

On voit sur ce document que le moment fléchissant maxi est obtenu en G ($x=3650$ mm)

B.2.1: Calculer la valeur du moment fléchissant au point G.

B.2.2: Calculer la contrainte normale maximum dans la section de centre G due au moment fléchissant. Pour le calcul prendre $M_f= 100$ kN.m

B.2.3: Déterminer la contrainte normale longitudinale due à la pression dans le réservoir.



La pression dans le réservoir est de 30 bar, la pression interne sollicite le réservoir à la traction comme l'indique la figure ci-contre

Demi-virole isolée

$$\sigma_y = \frac{pd}{2e} \quad \sigma_x = \frac{pd}{4e}$$

p : pression dans le réservoir
 d : diamètre interne de la virole
 e : épaisseur de la virole

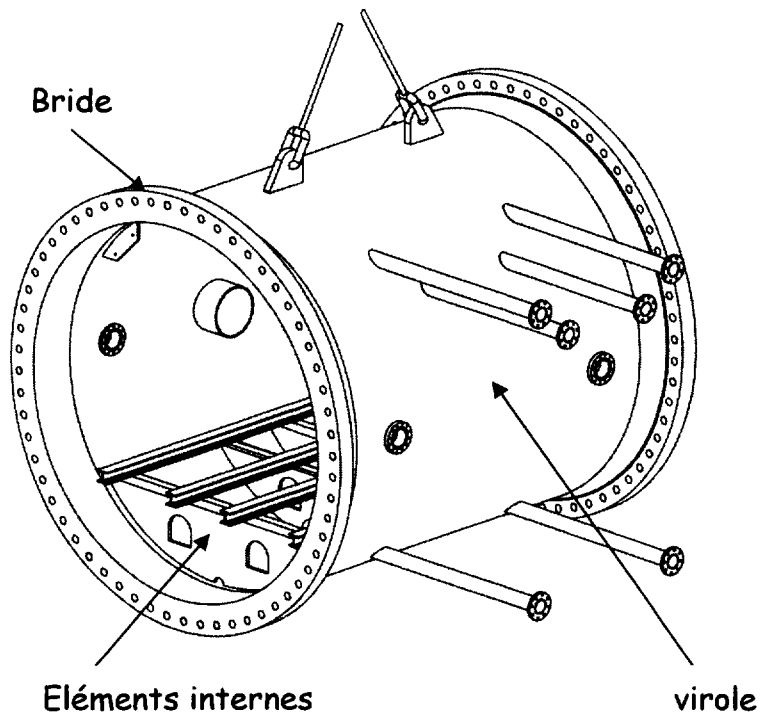
DS2-U41-B

B.2.4 : En appliquant le principe de superposition, dans la section droite passant par le point G (point d'appui), en déduire la valeur de la contrainte normale maxi. Conclure.

3. Oreilles de levage

Objectif de cette partie : dimensionner la longueur de cordon minimale des cordons de soudure des oreilles de levage.

On se place lors de sa mise en position, la virole centrale est déplacée à l'aide de deux oreilles.



Données :

Poids de l'ensemble $P = 200 \text{ kN}$

L'ensemble est symétrique

Coefficient de pondération des charges $K_p = 1.5$

Le coefficient β_w de l'acier de base $\beta_w = 0.85$

Résistance ultime en traction $f_u = 460 \text{ MPa}$

Le coefficient partiel de sécurité : $\gamma_{MW} = 1.3$

B.3.1 : Déterminer l'action sur une élingue sachant que l'angle est de 60° par rapport à l'axe de la virole centrale. Le poids de l'ensemble est de $P = 200 \text{ kN}$ appliqué au point Gv

Le schéma est donné sur la page 24/28 (DS4-U41-B)

B.3.2 : Déterminer la longueur des cordons de soudure des oreilles de levage en utilisant les extrait l'Eurocode 3 (DT4-U41-B).

On prendra pour l'action sur l'élingue $T = 120 \text{ kN}$. La soudure étant d'angle, la formule du coefficient σ_w donnée dans le document peut être simplifiée par la relation suivante:

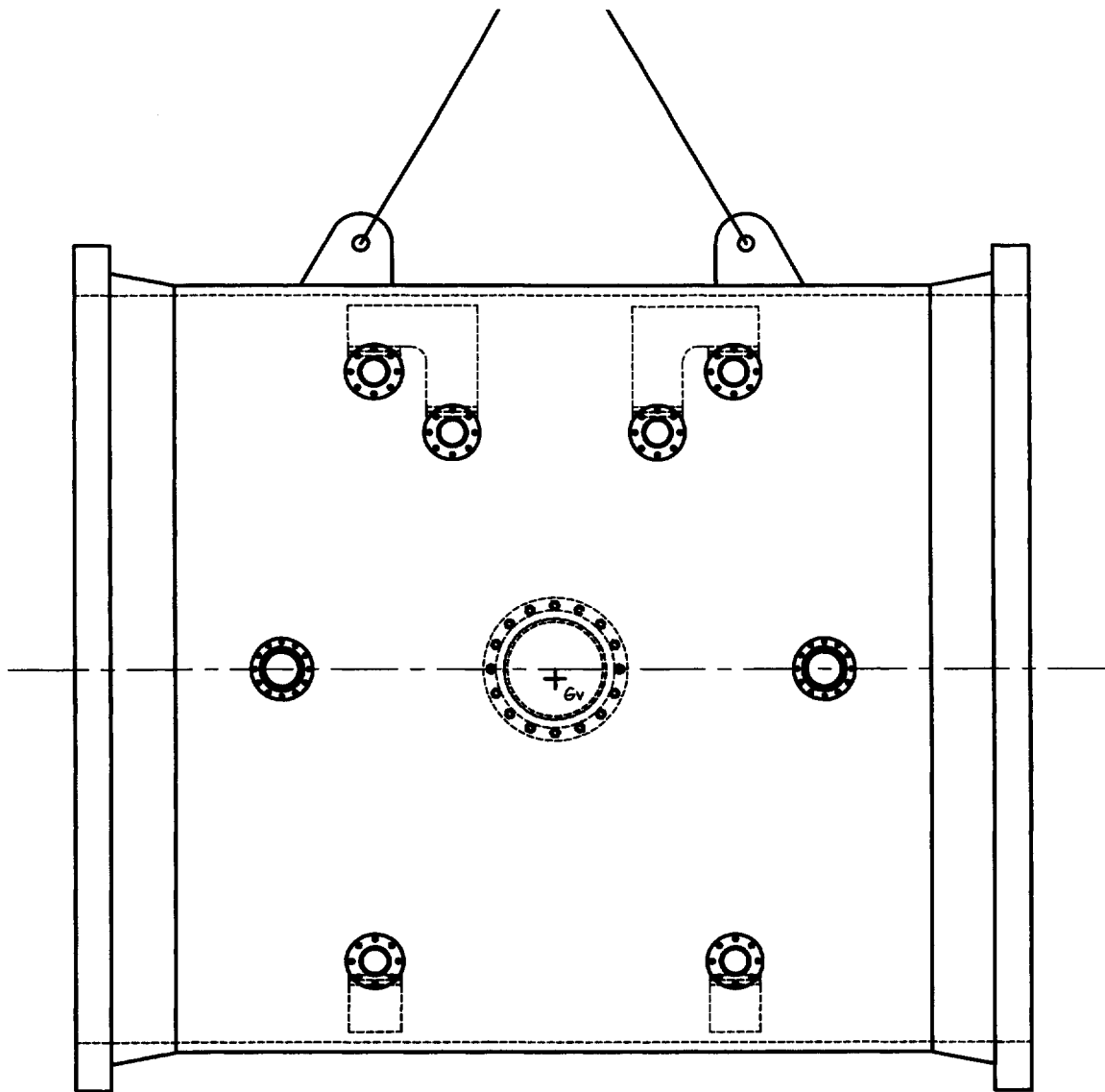
$$\sigma_w = \frac{\beta_w}{S_U} F \sqrt{3 - \sin^2 \alpha}$$

S_U : surface utile de la soudure dans le plan de la gorge

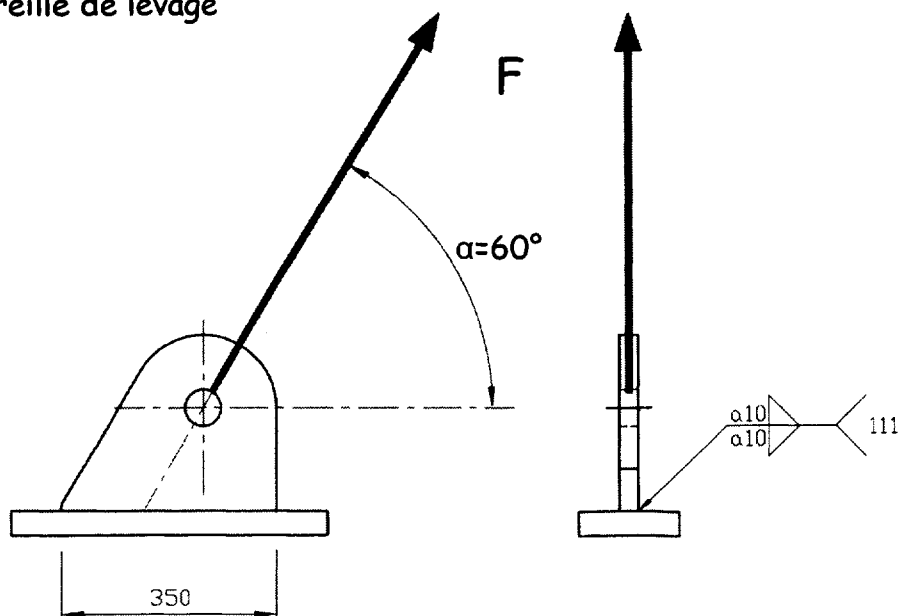
α : angle de l'effort F par rapport à l'axe de la virole centrale

DS3-U41-B

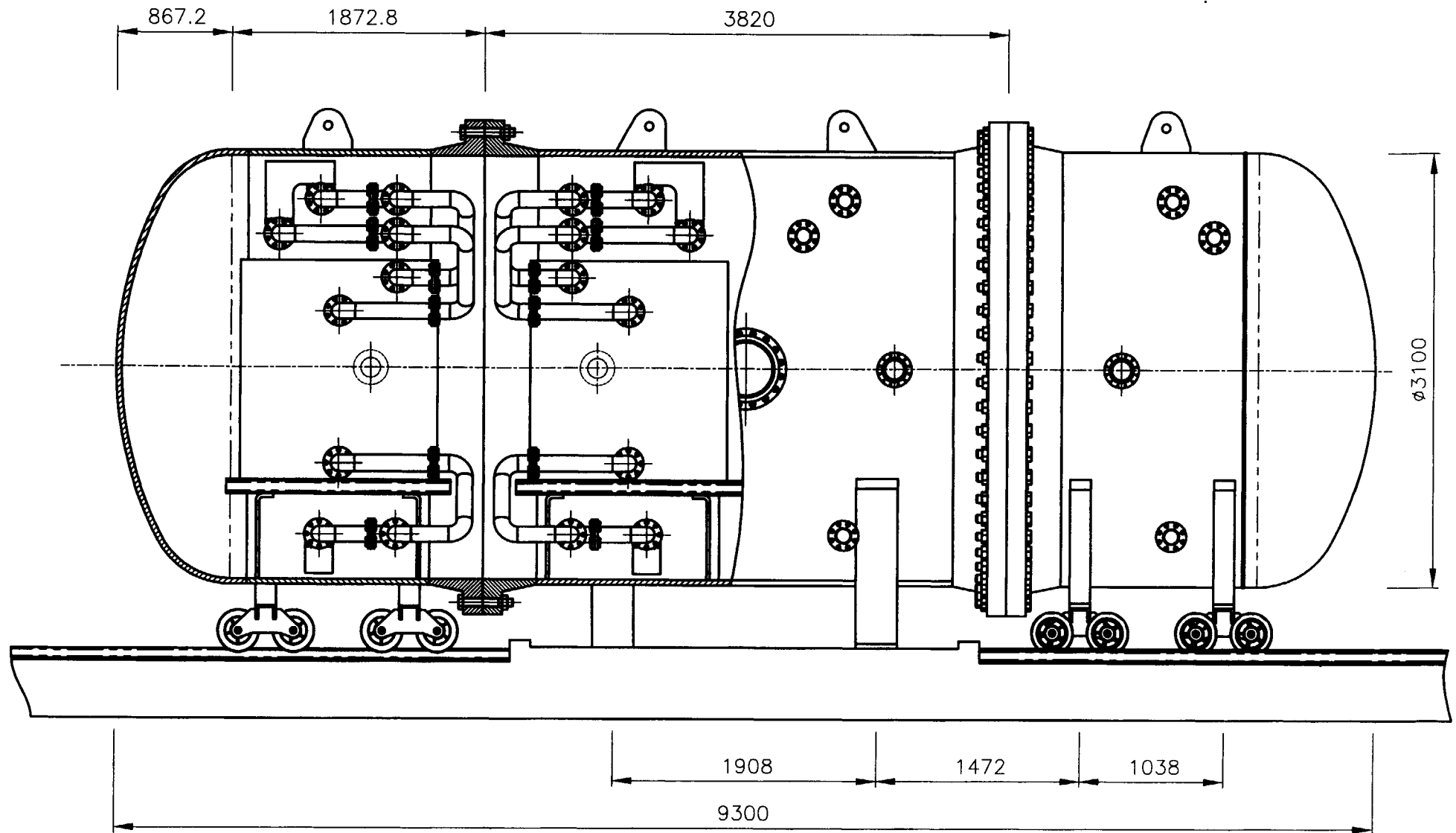
Levage de l'ensemble central par deux élingues




Oreille de levage



DS4-U41-B

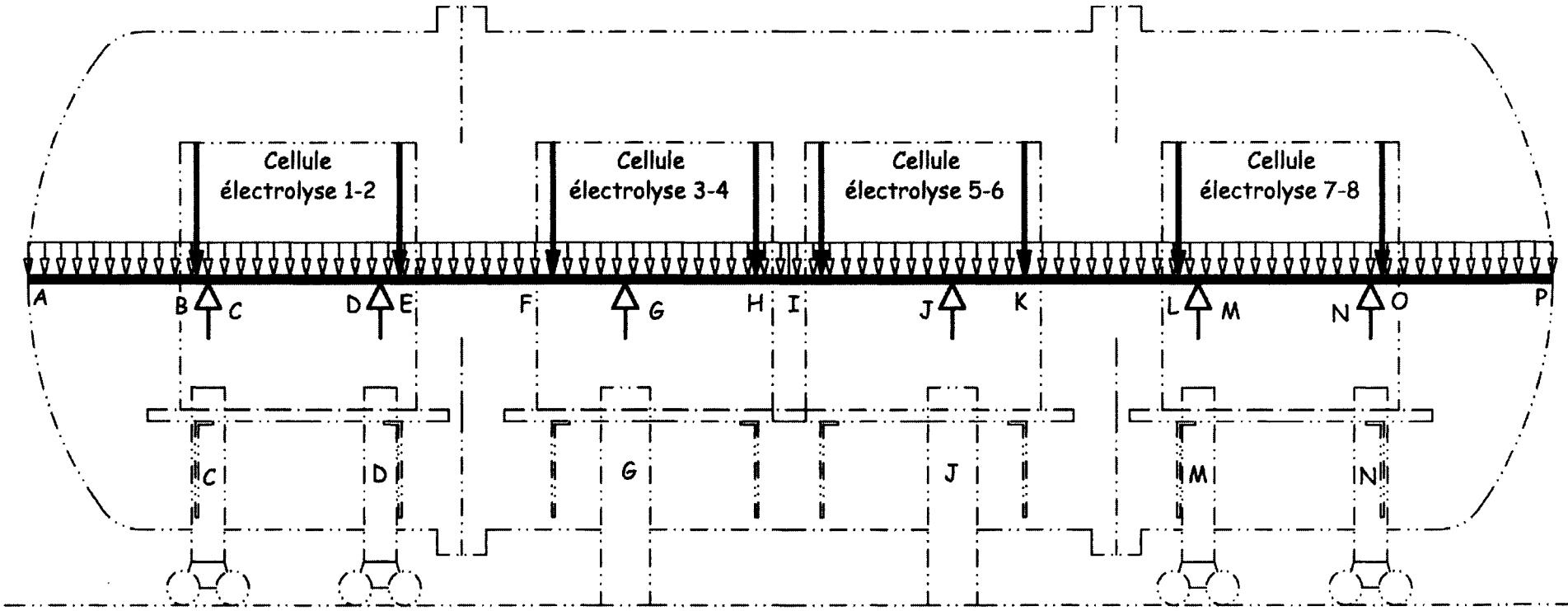



 echelle 1:40

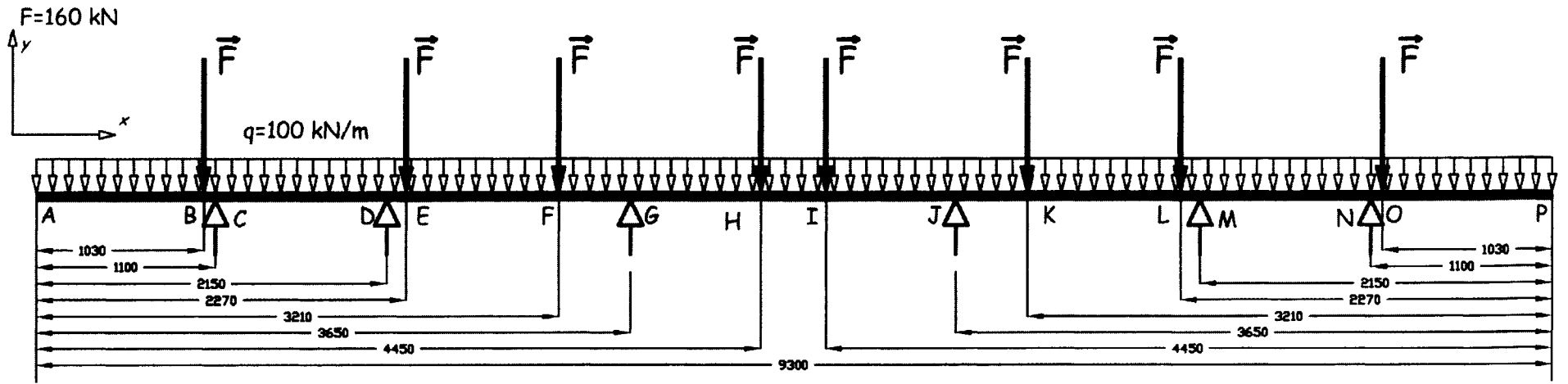
ELECTROLYSEUR

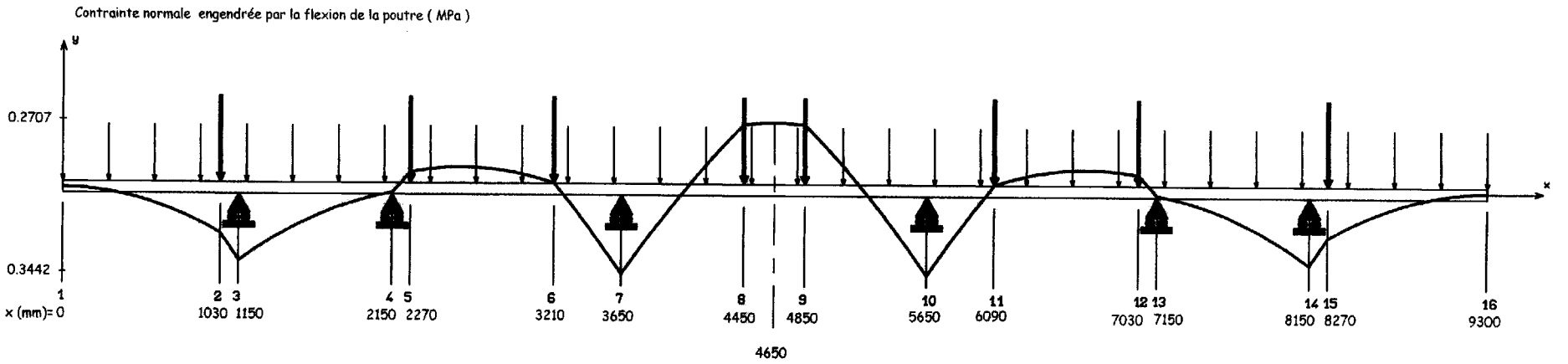
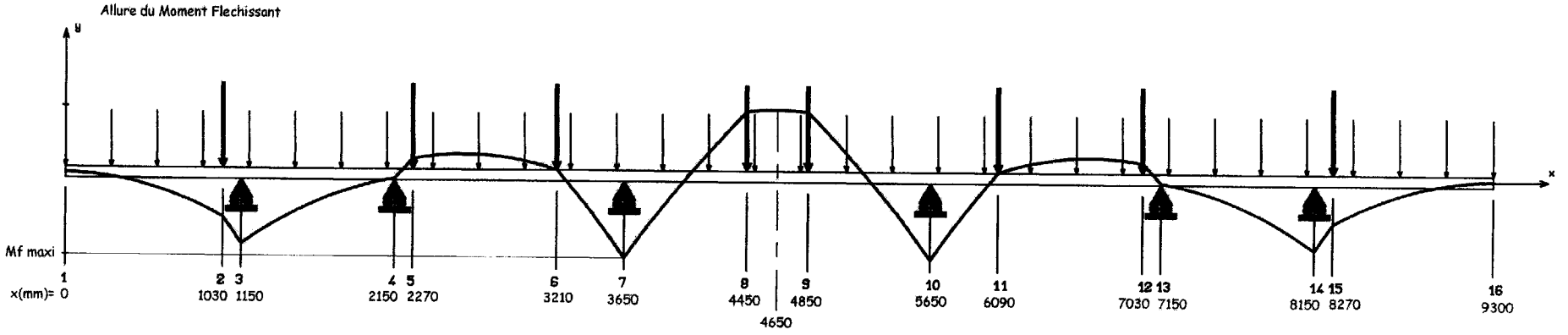
A4
DT1-U41-B

DT2-U41-B



Modélisation retenue pour l'étude





CONTRAINTE DANS UN CORDON DE SOUDURE EUROCODE 3

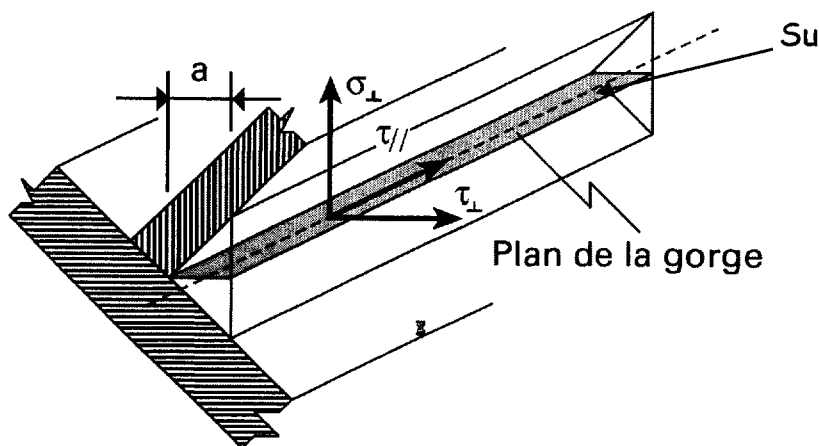
La résistance d'un cordon de soudure peut être établie en se référant aux contraintes moyennes dans le plan de la gorge, malgré le fait que le plan de rupture ne soit pas forcément le plan de la gorge.

Pour décrire l'état de contrainte dans la gorge d'un cordon de soudure, les contraintes suivantes sont utilisées :

σ_{\perp} : Contrainte normale perpendiculaire au plan de la gorge de la soudure,

τ_{\perp} : Contrainte de cisaillement dans le plan de la gorge, perpendiculaire à l'axe de la soudure,

$\tau_{//}$: Contrainte de cisaillement dans le plan de la gorge, parallèle à l'axe de la soudure.



$$\sigma_w = \beta_w \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \gamma(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \sigma_{lim} = \frac{fu}{\gamma_{MW}}$$
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{fu}{\gamma_{MW}}$$

Limite de résistance σ_{lim}

il s'agit de la résistance ultime en traction de l'acier de base divisée par un coefficient

partiel de sécurité : $\frac{fu}{\gamma_{MW}}$.

Coefficient γ

Il a été décidé de prendre la valeur de 3 afin de retrouver l'expression du critère de Von Mises.

Coefficient β_w

Le coefficient β_w a une valeur qui dépend de la nuance de l'acier de base et varie de 0,7 à 1,8

DT4-U41-B