

# 4. CINÉMATIQUE

4.1. On souhaite valider la longueur et la course du vérin godet (4+5) en traçant une épure des positions du godet 1.

Hypothèses :

Les liaisons sont parfaites ;

Le balancier 6 est en position verticale et sera considéré comme fixe (voir Figure 1).

Données :

Godet 1 représenté en position intermédiaire (voir Figure 1) ; (la tige 4 est à mi-parcours)

Dimension du vérin godet en position intermédiaire  $L_{4,5} = FE = 650 \text{ mm}$  ;

Course du vérin godet  $C_{4,5 \text{ max}} = 200 \text{ mm}$  ;

Liaison entre le renvoi godet 2 et la tige de vérin godet 4 :  $L_{2,4} =$  liaison pivot (E, z).

Liaison entre le renvoi balancier 3 et la tige de vérin godet 4 :  $L_{3,4} =$  liaison pivot (E, z).

Les tracés se feront sur la figure 1.

4.1.1. Donner la nature des mouvements  $M^{1/6}$ ,  $M^{3/6}$ ,  $M^{5/6}$  et  $M^{4/5}$ .

En déduire les trajectoires  $T_{A, e1/6}$ ,  $T_{E, e3/6}$  et  $T_{C, e1/6}$  des points A, E et C.

$M^{1/6}$  : Rotation de centre B 1,75 pts

$M^{3/6}$  : Rotation de centre D

$M^{5/6}$  : Rotation de centre F

$M^{4/5}$  : Translation rectiligne

$T_{A, e1/6}$  : Trajectoire circulaire de centre B et de rayon [AB]

$T_{E, e3/6}$  : Trajectoire circulaire de centre D et de rayon [DE]

$T_{C, e1/6}$  : Trajectoire circulaire de centre B et de rayon [BC]

4.1.2. Déterminer la position du point E notée  $E_R$  lorsque le vérin est sorti au maximum. 0,5 pt

4.1.3. Déterminer la position du point A notée  $A_S$  lorsque le vérin est sorti au maximum. 0,5 pt

4.1.4. Dans cette position extrême, le godet risque-t-il d'interférer avec le balancier ? Justifiez votre réponse. 0,75 pt

Non, il n'y aura pas de risque d'interférence car le godet ne butera pas le balancier.

3,5 pts

$40 \text{ mm} \leftrightarrow 300 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} \leftrightarrow 750 \text{ mm}$   
 $(650 + 100)$

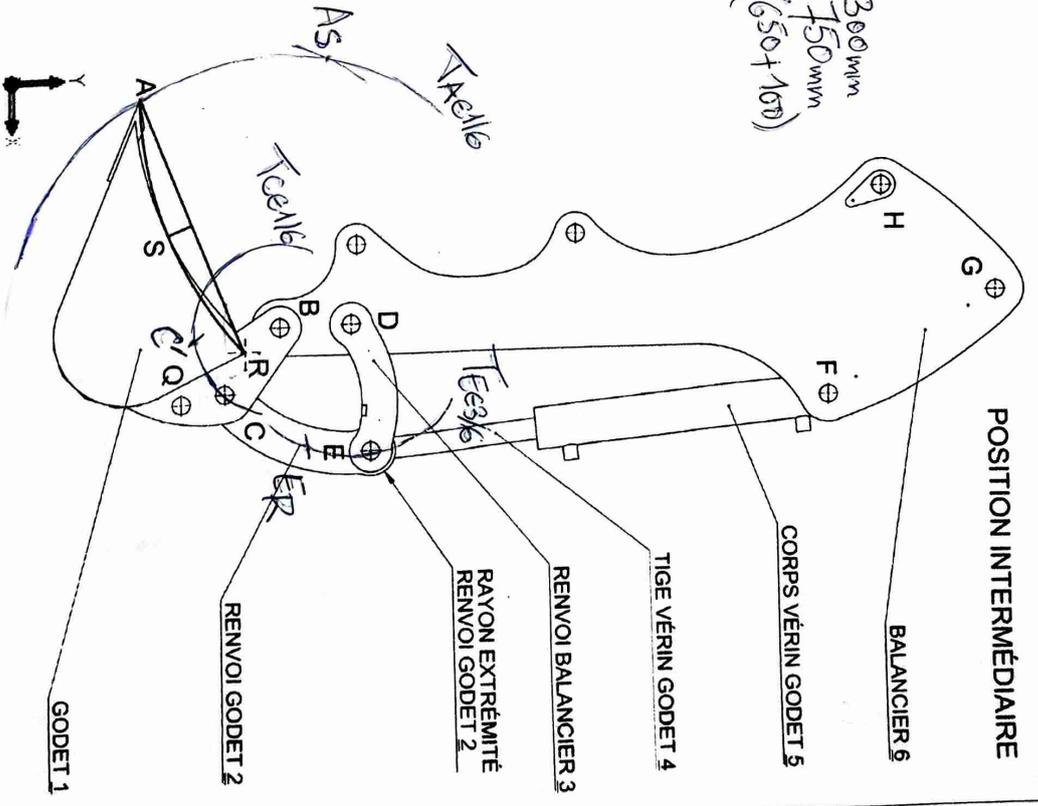
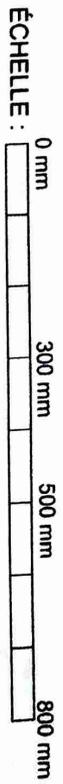


Figure 1 : Epures des positions extrêmes du godet

4.1.5. L'objectif visé dans cette partie est de déterminer la vitesse d'entrée de la tige du vérin 7-8. Les tracés se feront sur la figure 2.

Roux repère de taille fixe.

- On donne la vitesse  $\|\vec{V}_{e9/10}\| = 0,05 \text{ m/s}$ ;
- Echelle des vitesses 10mm  $\rightarrow$  0,05m/s;
- Le chassis mobile 12 est considéré comme élément de référence;

3,54 pt

4.1.5.1. Donner la nature du mouvement  $M^{9/10}$   
 $M^{9/10}$  : Translation rectiligne

0,25 pt

4.1.5.2. Déduire le support et tracer la vitesse  $\|\vec{V}_{e9/10}\|$ ;  
 $\Delta \vec{V}_{e9/10}$  : suit l'axe Laxe (KI)

0,25 pt

4.1.5.3. Quelle est la nature du mouvement  $M^{10/12}$ ? En déduire et tracer le support de  $\vec{V}_{e10/12}$  ?  
 $M^{10/12}$  : Rotation de centre K  
 $\Delta \vec{V}_{e10/12}$  :  $\perp [KI]$

0,25 pt

4.1.5.4. Quelle est la nature du mouvement  $M^{11/12}$ ? En déduire et tracer le support de  $\vec{V}_{e11/12}$  ?  
 $M^{11/12}$  : Rotation de centre L  
 $\Delta \vec{V}_{e11/12}$  :  $\perp [LI]$

0,5 pt

4.1.5.5. Comparer les vitesses  $\vec{V}_{e9/12}$  et  $\vec{V}_{e11/12}$ ;  
 $\vec{V}_{e9/12} = \vec{V}_{e9/10} + \vec{V}_{e10/12}$  ;  $\vec{V}_{e11/12} = \vec{V}_{e11/10} + \vec{V}_{e10/12}$  ;  
 J sont coïncident

0,25 pt

4.1.5.6. Ecrire la relation de composition des vitesses au point J.  
 $\vec{V}_{J9/12} = \vec{V}_{J9/10} + \vec{V}_{J10/12}$

0,25 pt

4.1.5.7. Déterminer graphiquement la vitesse  $\vec{V}_{e11/12}$  ;  $\|\vec{V}_{e11/12}\| = 0,2 \text{ m/s}$

0,5 pt

4.1.5.8. Déterminer par la méthode de l'équiprojectivité la vitesse  $\vec{V}_{e11/12}$  ;  
 $\|\vec{V}_{e11/12}\| = 0,45 \text{ m/s}$

1 pt

4.1.5.9. Comparer les vitesses  $\vec{V}_{H6/12}$  et  $\vec{V}_{H11/12}$  ;  
 $\vec{V}_{H6/12} = \vec{V}_{H11/12}$

0,5 pt

4.1.5.10. En supposant que le support de la vitesse  $\vec{V}_{G6/12}$  est la droite (IG), déterminer le CIR de  $L_{6/12}$ .  
 En déduire la norme de la vitesse  $\|\vec{V}_{G6/12}\|$   
 Sachant que  $IG = IH$ , donc  $\|\vec{V}_{G6/12}\| = \|\vec{V}_{H6/12}\|$

0,5 pt

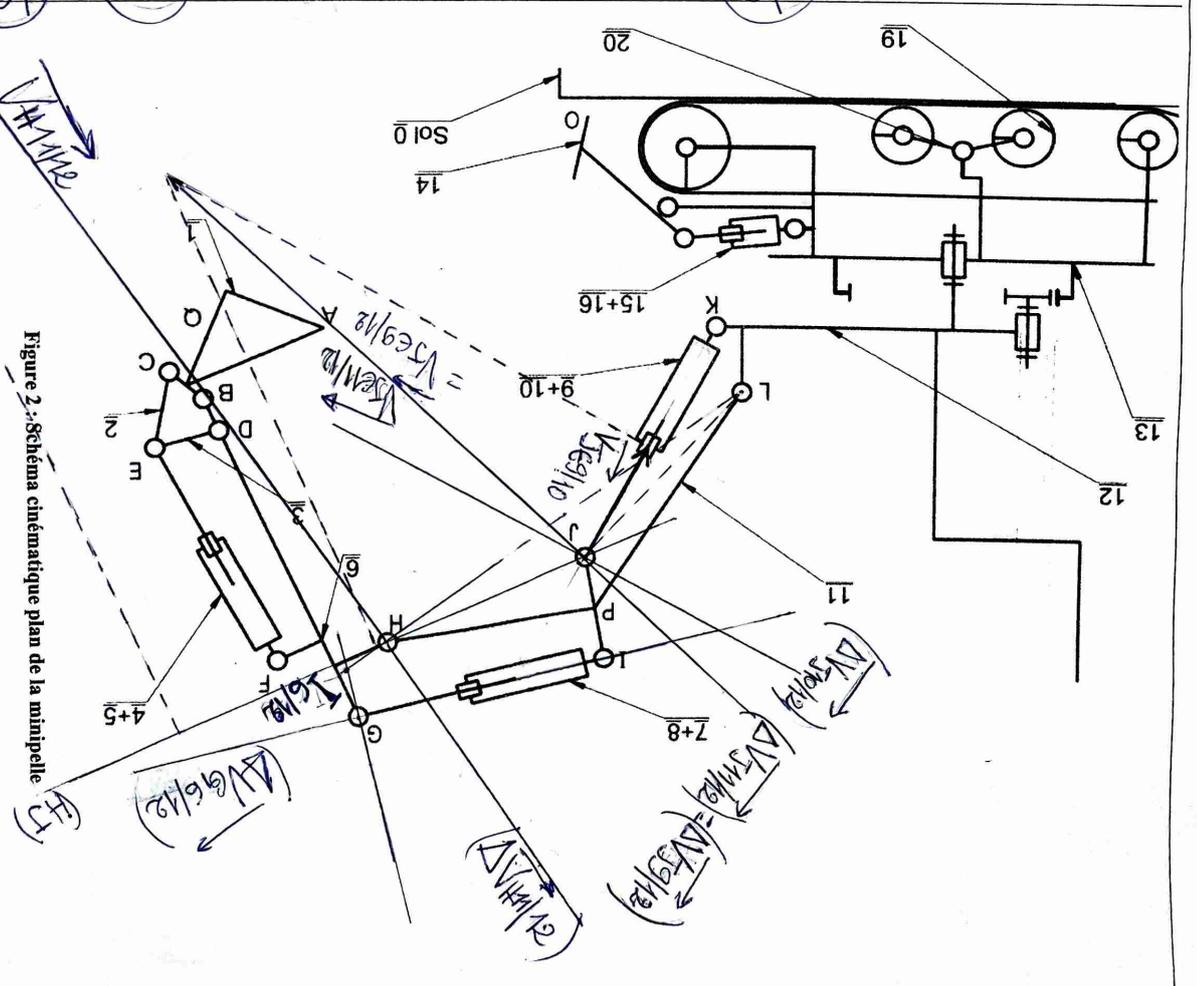
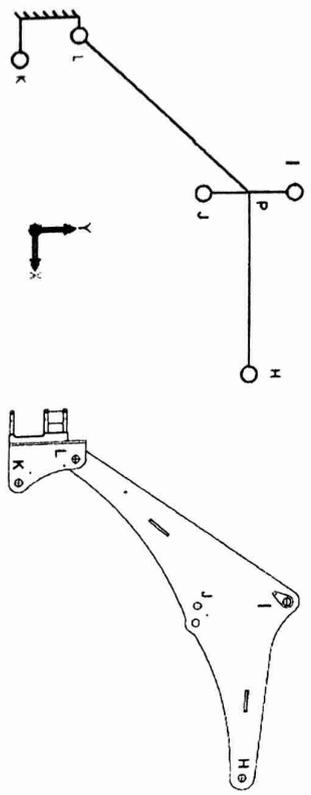


Figure 2: Schéma cinématique plan de la minipelle

# 5. RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

**Problématique :** valider les dimensions de la section de la flèche.  
**Objectif :** pré-dimensionner l'extrémité de la flèche.



**Hypothèses :**  
 la flèche 11 est assimilée dans un premier temps à une poutre;

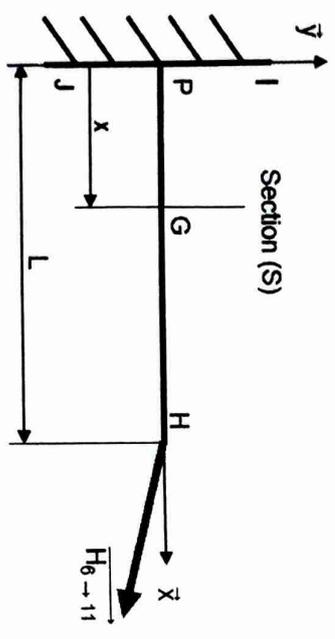
( $\vec{x}, \vec{y}$ ) est le plan de symétrie ;  
 afin de simplifier les premiers calculs, on considérera que l'extrémité de la poutre (P, H) est encastree au point P sur une partie fixe (I, J).

**Données :**

Dans la position décrite, l'action mécanique au point H du balancier 6 sur la flèche 11 issue d'une simulation est modélisable par le torseur d'actions mécaniques  $\{T_{6/11}\}_H = \begin{Bmatrix} 15000 & 0 \\ -11000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$  (en N et N.m).

Longueur de la poutre  $L = [PH] = 580$  mm.

Matériau utilisé : acier à basse teneur en carbone S235  
 Coefficient de sécurité  $s = 4$  ;



5.1. Faire le bilan des torseurs des actions mécaniques sur la poutre.

$$\{T_{6/11}\}_P = \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 15000 \\ -11000 \\ 0 \end{Bmatrix} ; \{T_{6/11}\}_H = \begin{Bmatrix} 15000 \\ -11000 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

1,5 pts

5.2. Déterminer le torseur de l'action mécanique sur la poutre au point P.  
 Ramenez le torseur au point P.

$$\{T_{6/11}\}_P = \begin{Bmatrix} R_H \\ M_P(R_H) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 15000 \vec{x} - 11000 \vec{y} \\ M_P(R_H) \end{Bmatrix}$$

$$\vec{P} \wedge \vec{A} \wedge \vec{R}_H = \begin{vmatrix} 580 & 15000 & 0 \\ 0 & 0 & -11000 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -6380.000 \end{Bmatrix}$$

$$\{T_{6/11}\}_P = \begin{Bmatrix} 15000 \\ -11000 \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -6380.000 \end{Bmatrix}$$

$$RFS : \{T_{6/11}\}_P + \{T_{6/11}\}_P = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

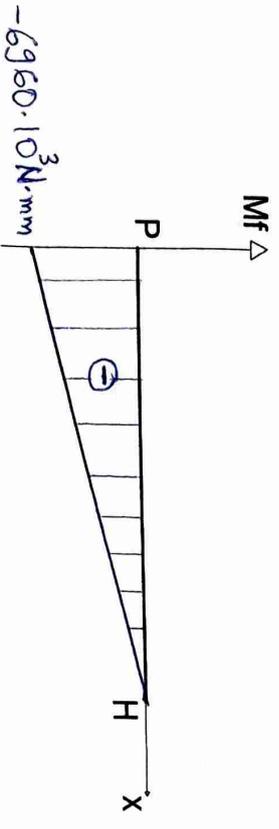
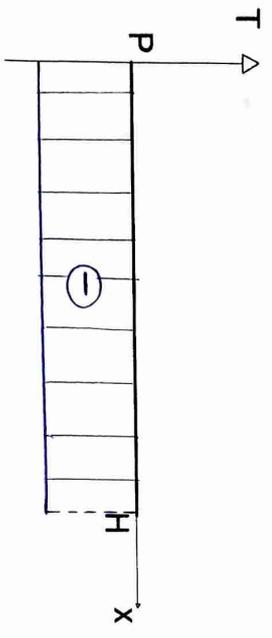
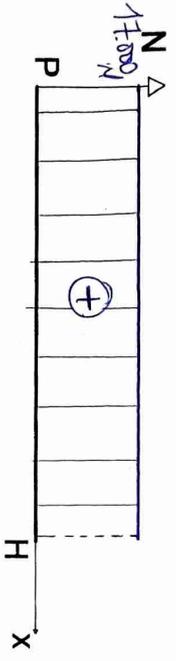
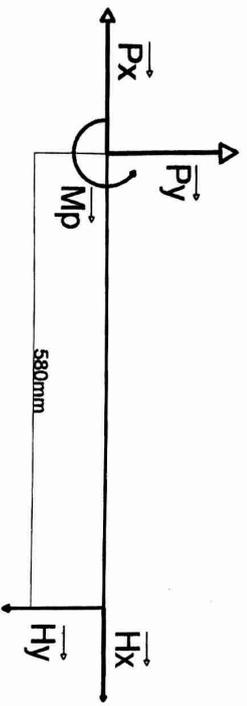
$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 15000 \\ -11000 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -15000 \\ 11000 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -15000 \\ 11000 \\ 0 \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -15000 \\ 11000 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$\{T_{6/11}\}_P = \begin{Bmatrix} -15000 \\ 11000 \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -6380.000 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -15000 \\ 11000 \\ -6380 \end{Bmatrix}$$

Pour la suite la poutre est modélisée comme suit :

$$\{ \tau_{6/11} \}_P = \begin{pmatrix} -17000 & 0 & 0 \\ 12000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} ; \{ \tau_{6/11} \}_H = \begin{pmatrix} 17000 & 0 & 0 \\ -12000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



5.3. Déterminer les équations et tracer les graphes des efforts normaux N, tranchants T et des moments fléchissants Mf.

Zone PH :  $0 \leq x \leq 580$   
 Effort normal :  $N = -17000$   
 Effort tranchant :  $T = -12000$   
 Moment fléchissant :  $M_f = -12000x + 6960$

En P :  $x=0$   
 $M_{fP} = 0 - 6960 = -6960$   
 $N_{fP} = 0 - 6960 = -6960$   
 $T_{fP} = 0$

5.4. Déterminer le module de flexion ( $I_{Gz}$ ) mini de la poutre.

$$I_{max} = \frac{M_{fmax}}{\sigma_{max}} \Rightarrow \left( \frac{I_{Gz}}{y} \right) = \frac{M_{fmax}}{\sigma_{max}} \quad \text{or } I_{max} \leq \frac{Re}{\sigma}$$

Dans  $\frac{M_{fmax}}{\left( \frac{I_{Gz}}{y} \right)} \leq \frac{Re}{\sigma} \Rightarrow \left( \frac{I_{Gz}}{y} \right) \geq \frac{M_{fmax} \cdot \sigma}{Re}$

$$\left( \frac{I_{Gz}}{y} \right) \geq \frac{6960 \cdot 10^3 \times 14}{235}$$

$$\left( \frac{I_{Gz}}{y} \right)_{min} = 118168,085 \text{ mm}^3$$

3,5 pts / 2,5 pts