Partie I.

démarche PFS
écriture PFS $\Big\}$ (1)

Question 1 (3)

* 1→8 et 13→9 sont des liaisons pivots d'axe $G\vec{x}$ et $H\vec{x}$

$$\left\{\mathcal{T}_{1\to 8}\right\} = \left\{\begin{array}{c|c} X_{18} & 0 \\ Y_{18} & M_{18} \\ Z_{18} & N_{18} \end{array}\right\}_{G,xyz}$$

l'hypothèse d'un pb plan permet d'écrire

$$\left\{\mathcal{T}_{1\to 8}\right\} = \left\{\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ Y_{18} & 0 \\ Z_{18} & 0 \end{array}\right\}_{G,xyz}$$

~~Les~~ Les actions mécaniques de 1→8 et 13→9

sont donc modelisables par des forces appliquées respectivement en G et en H.

/1

* on isole (8+9)

Pb plan

BAM ext
- pesanteur négligée
- $\vec{F}_{1\to 8}$ en G
- $\vec{F}_{13\to 9}$ en H

(solide soumis à 2 forces)

PFS $\quad \sum \vec{M}_{H\,ext\to(8+9)} = \vec{0} \Rightarrow \vec{HG} \wedge \vec{F}_{1\to 8} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{1\to 8} \,//\, \vec{HG}$ /1

$\quad \sum \vec{F}_{ext\to(8+9)} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{1\to 8} + \vec{F}_{13\to 9} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{1\to 8} = -\vec{F}_{13\to 9}$ /1

* Par analogie, les forces agissant en J sur (11) $\vec{F}_{12\to 11}$ et en I sur (10) $\vec{F}_{1\to 10}$

sont dirigées suivant (JI) et sont opposées.

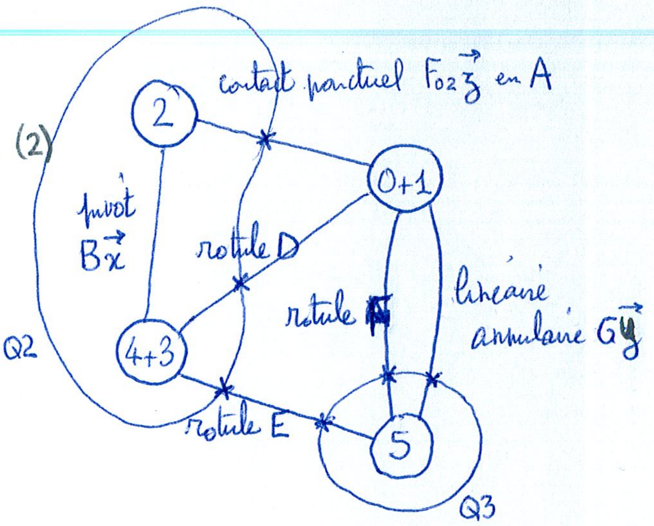
$$\vec{F}_{12\to 11} = -\vec{F}_{1\to 10} \quad \text{et} \quad \vec{F}_{12\to 11} \,//\, \vec{IJ}$$

Question 2 (2) voir figure /2

Question 3 (2) voir figure /2

Partie II

Question 1 (2)



pesanteur négligée

/2

Question 2 (3)

on isole (2+3+4)

Type de Pb : plan (x,z)

BAMext
- $0 \to 2$: $F_{02}\vec{z}$ en A
- $1 \to 4$: rotule en D : $\begin{Bmatrix} X_{14} & 0 \\ Y_{14} & 0 \\ Z_{14} & 0 \end{Bmatrix}_{Dxyz}$ ou $\vec{F}_{14}\begin{pmatrix} X_{14} \\ Z_{14} \end{pmatrix}$ en D
- $5 \to 3$: rotule en E : $\begin{Bmatrix} X_{53} & 0 \\ Y_{53} & 0 \\ Z_{53} & 0 \end{Bmatrix}_{Exyz}$ ou $\vec{F}_{53}\begin{pmatrix} X_{53} \\ Z_{53} \end{pmatrix}$ en D

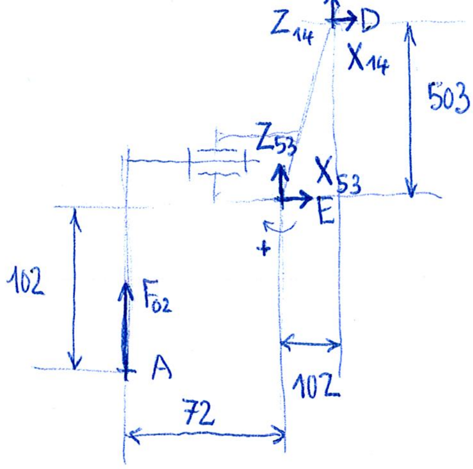
/1

PFS

$$\sum \vec{F}_{ext \to (2+3+4)} = \vec{0} \qquad \begin{cases} X_{14} + X_{53} = 0 & (a) \\ Z_{14} + Z_{53} + F_{02} = 0 & Z_{14} + Z_{53} + 2500 = 0 \quad (b) \end{cases}$$

$$\sum \vec{M}_{E\,ext(2+3+4)} = \vec{0} \qquad -102\,Z_{14} + 503\,X_{14} + 72\,F_{02} = 0 \quad (c)$$

/2



(si on écrit $\sum \vec{M}_{D\,ext \to (2+3+4)} = \vec{0}$

$$102\,Z_{53} - 503\,X_{53} + 174\,F_{02} = 0\ )$$

Question 3 (4)

on isole (5)

Type de Pb : spatial

BAMext→(5)

rotule en E $\begin{Bmatrix} X_{35} & 0 \\ Y_{35} & 0 \\ Z_{35} & 0 \end{Bmatrix}_{E\,xyz}$ ou $\vec{F}_{35} \begin{pmatrix} X_{35} \\ \\ Z_{35} \end{pmatrix}$ en E

rotule en F $\begin{Bmatrix} X_{15} & 0 \\ Y_{15} & 0 \\ Z_{15} & 0 \end{Bmatrix}_{F,\,xyz}$

~~rotule en G~~

linéaire annulaire en G axe $\vec{y}$ $\begin{Bmatrix} X'_{15} & 0 \\ 0 & 0 \\ Z'_{15} & 0 \end{Bmatrix}_{G\,xyz}$

/1

PFS

$$\sum \vec{F}_{ext\to(5)} = \vec{0} \qquad \begin{cases} X_{35} + X_{15} + X'_{15} = 0 \\ Y_{35} + Y_{15} = 0 \\ Z_{35} + Z_{15} + Z'_{15} = 0 \end{cases}$$

/1

$$\sum \vec{M}_{F\,ext\to(5)} = \vec{0} \qquad \left\{ \left(\vec{FE} \wedge \vec{F}_{35}\right) + \left(\vec{FG} \wedge \vec{F}'_{15}\right) = \vec{0} \right.$$

$$\begin{pmatrix} -152 \\ 26 \\ 19 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} X_{35} \\ 0 \\ Z_{35} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 158 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} X'_{15} \\ 0 \\ Z'_{15} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \begin{cases} 26\,Z_{35} + 158\,Z'_{15} = 0 \\ 19\,X_{35} + 152\,Z_{35} = 0 \\ -26\,X_{35} - 158\,X'_{15} = 0 \end{cases}$$

/1

L'équation qui permet de trouver $\vec{F}_{35}$ est l'équation de moment autour de $F\vec{y}$: $19\,X_{35} + 152\,Z_{35} = 0$ (d) /1

Question 4 (2)

Le système d'équations (a) (b) (c) (d) donne

$$\left.\begin{array}{l} 102\,Z_{53} - 503\,X_{53} + 174 \cdot 2500 = 0 \\ 19\,X_{53} + 152\,Z_{53} = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow X_{53} = -8\,Z_{53}$$

$$(102 + 4024)\,Z_{53} = -43{,}5\;10^4$$

$Z_{53} = -105{,}5$ N $\qquad X_{53} = +844$ N

$X_{14} = -844$ N

2

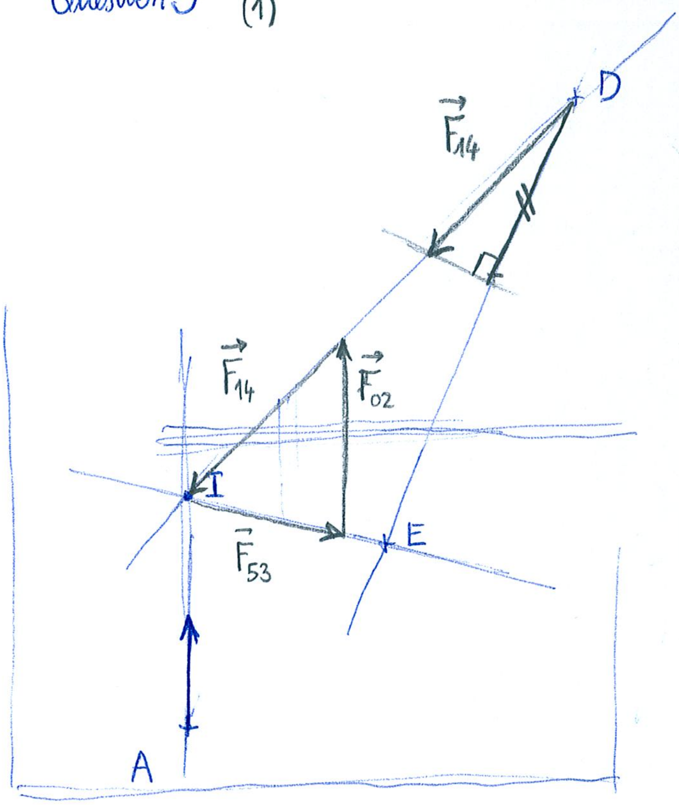
$Z_{14} = -2500 + 105{,}5 = -2394{,}5$ N

L'effort dans la suspension correspond en isolant (4) à l'effort en D projeté sur l'axe de la suspension $\vec{u}_{ED}$

$$\vec{u}_{ED} = \frac{\vec{ED}}{\|\vec{ED}\|} \qquad \vec{ED} = \begin{pmatrix} 102 \\ 503 \end{pmatrix}_{xz} \qquad \vec{u}_{ED} = \begin{pmatrix} 0,2 \\ 0,98 \end{pmatrix}$$

d'où $F_{susp} = (0,2 \times 844) + (0,98 \times 2394,5) = 2515,5\ N$ /1

Question 5 (1)



(Figure avec échelle des coordonnées non respectée)

on isole (345)

Pb plan

BAMext
- 5→3 passe par (EF) (// $\vec{EF}$) (voir question 3)
- 1→4 en D inconnue
- 0→2 en A connue

La statique graphique permet de trouver $\vec{F}_{14}$ en D

La projection de $\vec{F}_{14}$ sur $\vec{ED}$ donne l'effort dans la suspension. /1

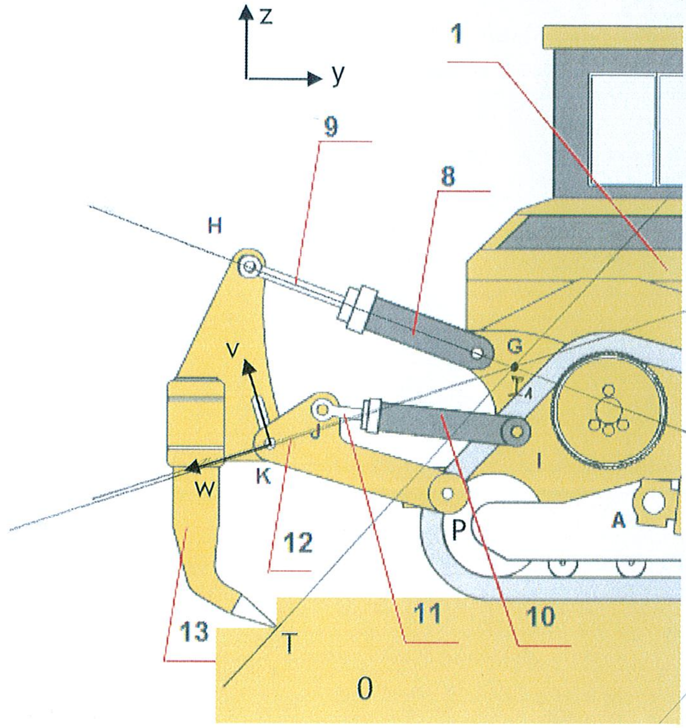
NOM :	Prénom :	GROUPE :

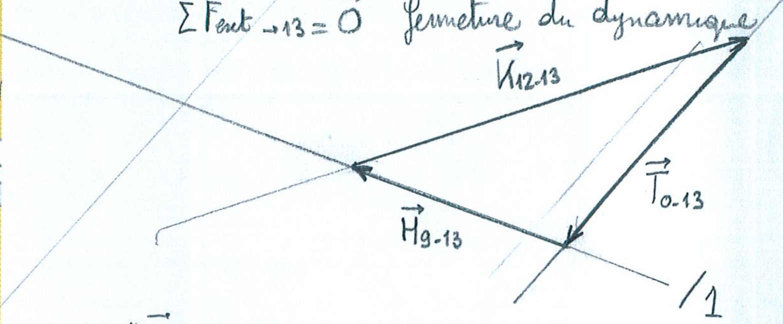
Forces, échelle des tracés : 1 cm = 100 kN

on isole 13
Pb plan
BAM ext
- $\vec{H}_{9\text{-}13}$ connu $// \vec{HG}$ 300 kN
- $\vec{K}_{12\text{-}13}$ direction connue $// \vec{W}$
- $\vec{T}_{12\text{-}13}$ inconnu

$\sum \vec{M}_{I_1, ext \to 13} = \vec{0}$

$\sum \vec{F}_{ext \to 13} = \vec{0}$ fermeture du dynamique





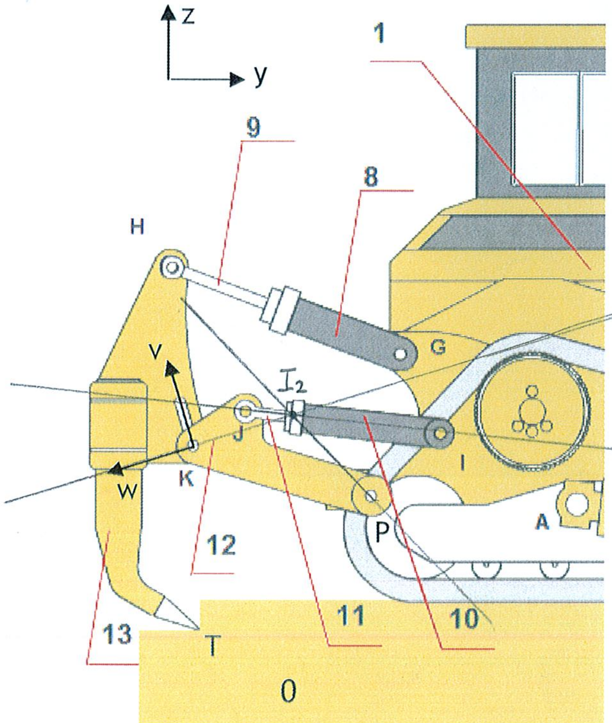
$\|\vec{K}_{12\text{-}13}\| = 550$ N

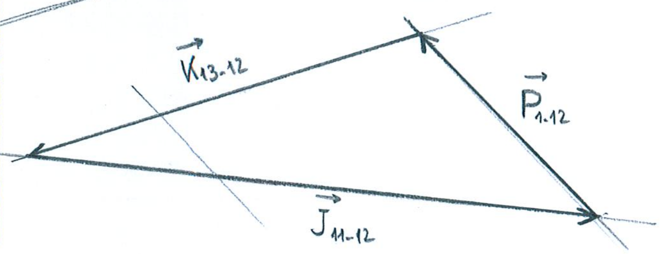
Figure 7

$\|\vec{T}_{0\text{-}13}\| = 360$ N /1

Forces, échelle des tracés : 1 cm = 100 kN

on isole 12
Pb plan
BAM ext
- $\vec{K}_{13 \to 12}$ connue (Q2)
- $\vec{J}_{11\text{-}12}$ direction $// (\vec{IJ})$
- $\vec{P}_{1\text{-}12}$ inconnu





$\sum \vec{M}_{ext \to 12, I_2} = \vec{0}$

$\sum \vec{F}_{ext \to 12} = \vec{0}$ fermeture du dynamique

Figure 8

$\|\vec{J}_{11\text{-}12}\| = 770$ N

$\|\vec{P}_{1\text{-}12}\| \simeq 340$ N /1