

Calcul des hourdis

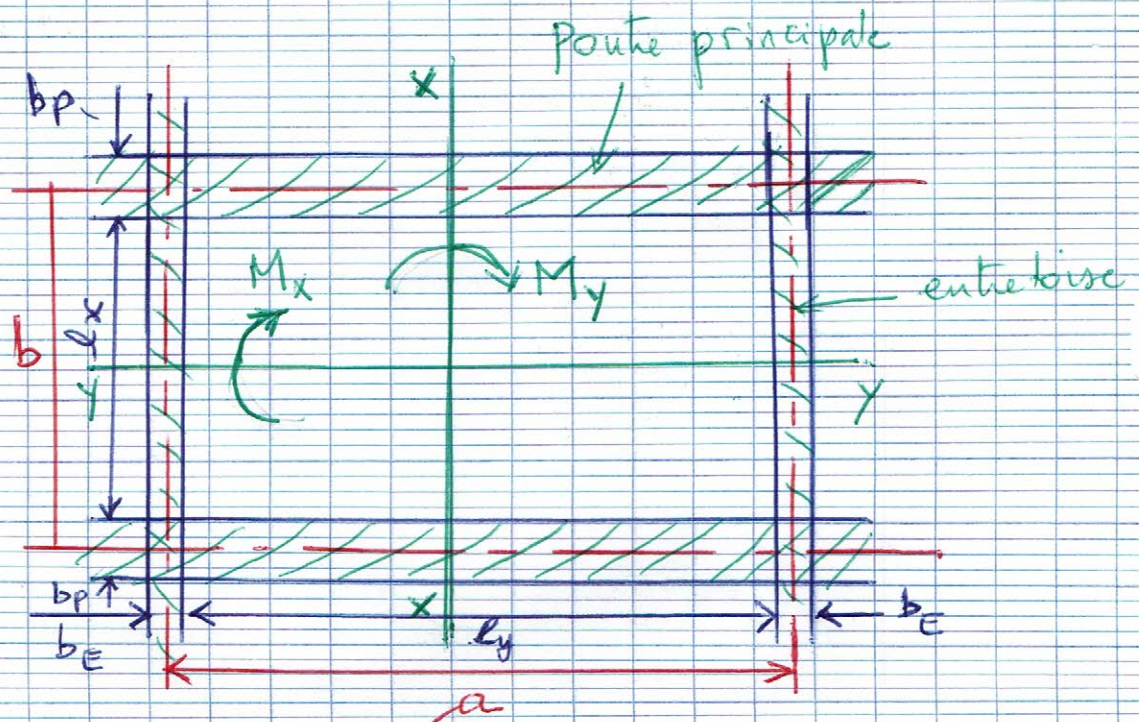
La dalle d'un pont à pontes est connue sous le nom de l'hourdis.

Si les travées ne sont pas entretoisées en zone courante (c.a.d sans entretoises ~~ou~~ intermédiaires), les efforts dans l'hourdis sont surtout donnés par le calcul de efforts transversaux dans les pontes (Guyon Tarnonet). Dans ce cas, l'hourdis va jouer le rôle d'entretoisement. Ainsi il supporte en plus de la flexion locale, une flexion globale.

$$\text{Flexion locale} + \text{Flexion globale} = \text{flexion totale}$$

A) Flexion locale

Les portées des hourdis à prendre en compte sont mesurées entre nus des appuis, c.a.d entre nus des pontes principales et entre nus des entretoises.



b : distance entre axes des pontes principales

a : distance entre axes des entretoises.

b_p : épaisseur de l'âme des pontes principales

b_E : épaisseur des entretoises

M_x : Moment fléchissant au centre de la dalle dans la direction l_x

M_y : direction l_y .

l_x : le plus petit côté, tel que:
 $l_x = \inf (b - b_p ; a - b_E)$
généralement $l_x = b - b_p$

l_y : le grand côté, tel que:
 $l_y = \sup (b - b_p ; a - b_E)$
généralement $l_y = a - b_E$

Donc $l_x \leq l_y$ et le rapport l_x/l_y sera noté ρ
 $0 \leq \rho = \frac{l_x}{l_y} \leq 1$

On choisit les axes xx et yy tel que $xx \parallel l_x$ et $yy \parallel l_y$.

M_x : Moment fléchissant au centre de la dalle dans la direction l_x (autour de l_y)

M_y : Moment fléchissant au centre de la dalle dans la direction l_y (autour de l_x).

* L'hourdis est calculé aux :

- Charges permanentes (poids propre de l'hourdis et des éléments reposant sur lui).
- Surcharges roulantes de type B (B_c, B_r, B_t).
- Surcharges militaires ou exceptionnelles

Remarques

La charge de type A n'est pas considérée pour le calcul de l'hourdis sauf pour le cas des hourdis de grandes largeurs.

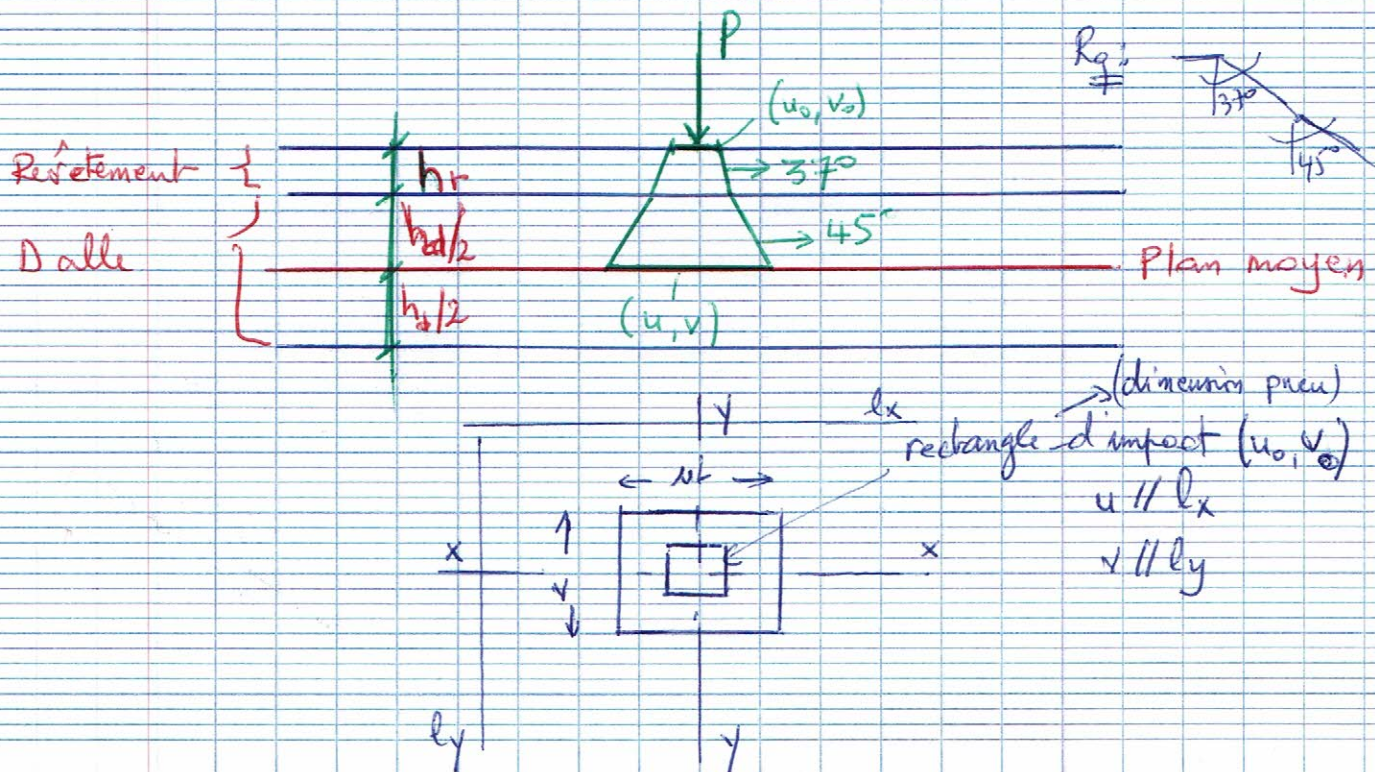
* Lorsque l'hourdis est soumis à une charge uniformément répartie sur toute la surface de la dalle (poids propre...), celle-ci est considérée comme portant dans une seule direction si $\rho = l_x/l_y < 0,4$ et portant suivant deux directions si $0,4 \leq \rho = l_x/l_y \leq 1$.

* Sous l'effet d'une charge concentrée (B), la dalle porte suivant deux directions quelque soit le rapport ρ .

a) Diffusion des charges localisées:

On admet que les charges localisées appliquées à la surface de la dalle se diffusent suivant un angle de 45° jusqu'au plan moyen de la dalle. En ce qui concerne le revêtement qui est en général composé de matériaux moins résistants, l'angle de diffusion des charges localisées diminue à 37° .

Soit P une charge localisée s'appliquant suivant une aire rectangulaire de dimensions (u_0, v_0)



Diffusion d'une charge P sur le plan moyen de la dalle.

$$u = u_0 + 2 \cdot \operatorname{tg} 37^\circ \cdot h_r + 2 \left(\frac{h_d}{2} \right) \times \operatorname{tg} 45^\circ$$

$$\Rightarrow u = u_0 + 1,5 \cdot h_r + h_d$$

de même $v = v_0 + 1,5 h_r + h_d$.

La dimension de la roue parallèle à l'axe (xx) est notée u_0 et celle parallèle à l'axe yy est notée v_0 .
($u_0 \parallel l_x$ et $v_0 \parallel l_y$).

Dalle rectangulaire sur quatre appuis articulés.

Avant de calculer les sollicitations

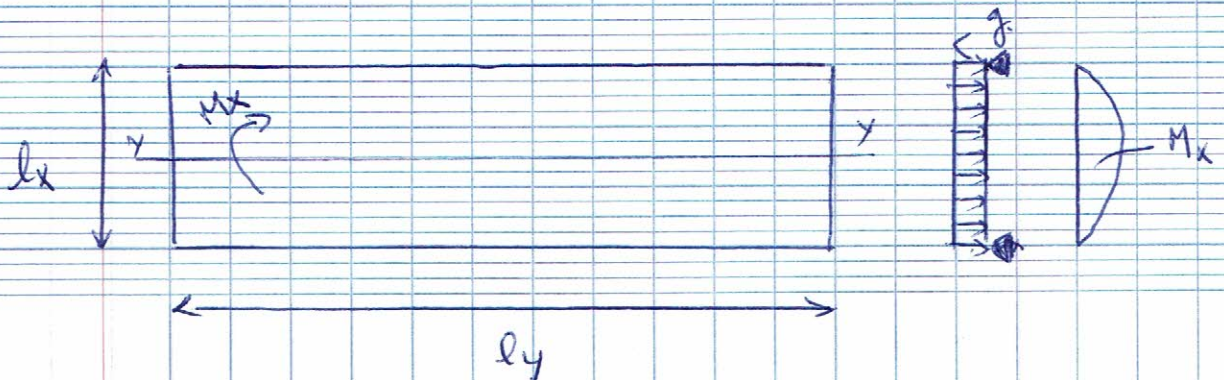
a) Charge uniformément répartie sur toute la surface de la dalle.
Cette charge représente la charge permanente g_{per}^n

1^{er} Cas: $f = l_x / l_y < 0,4$

Dans ce cas, les moments fléchissants M_y ainsi que les efforts tranchants T_y dans le sens de la plus grande portée sont faibles. On les néglige et on admet que la dalle ne porte que dans une seule direction, celle de la plus petite portée l_x . La dalle travaille comme une poutre de portée l_x . Les moments fléchissants et les efforts tranchants sont les mêmes que pour une poutre isostatique à une travée, c'a, d:

$$M_{0x} = \frac{g_{per}^n \cdot l_x^2}{8}$$

$$T_{ap,x} = \frac{g_{per}^n \cdot l_x}{2}$$



$$M_{0y} = 0 \quad \text{et} \quad T_{ap,y} = 0$$

2^{ème} Cas: $0,4 \leq \rho \leq 1$

La poutre porte la dalle porte alors dans les deux directions

Moments fléchissants

$$M_{0x} = \mu_x \cdot g_{per} \cdot l_x^2$$

$$M_{0y} = \mu_y \cdot M_{0x}$$

Les coefficients μ_x et μ_y sont donnés en fonction de $\rho = \frac{l_x}{l_y}$ et du coefficient de poisson ν

avec $\nu = 0$ pour l'ELU

et $\nu = 0,2$ pour l'ELS

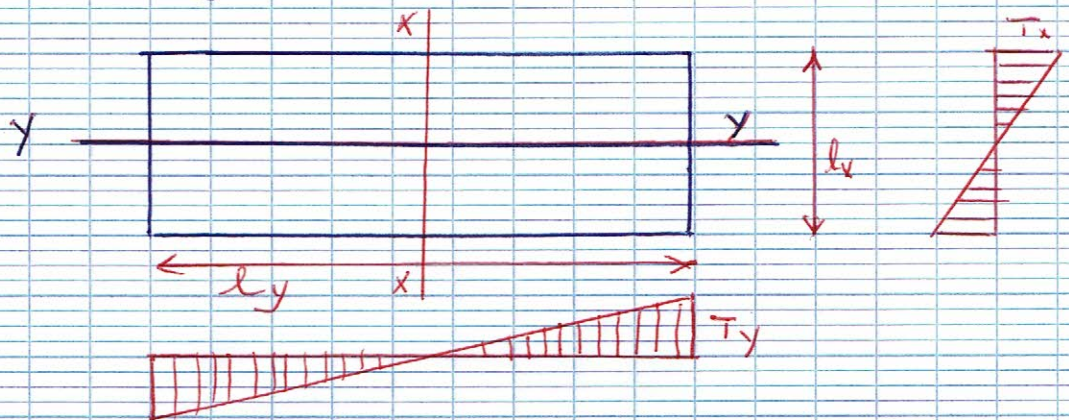
Efforts tranchants

$$T_{ap,x} = \frac{g_{per} \cdot l_x \cdot l_y}{2 \cdot l_y + l_x}$$

(au milieu de l_y) \rightarrow dans le sens xx

$$T_{ap,y} = \frac{g_{per} \cdot l_x \cdot l_y}{3 \cdot l_y}$$

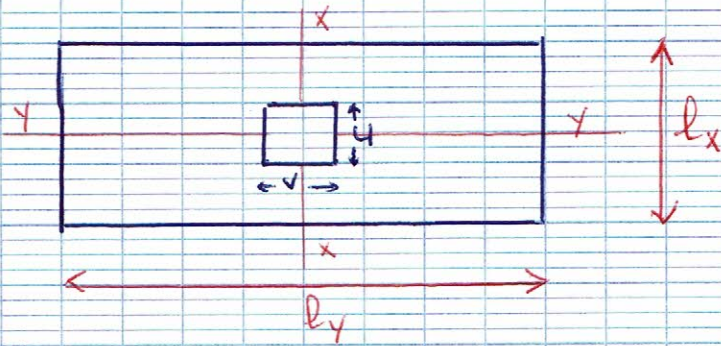
(au milieu du côté l_x) \rightarrow dans le sens yy



b) Charge localisée concentrée P , placée au centre de la dalle

Dans ce cas la dalle travaille dans les deux directions quelque soit le rapport ρ .

La charge localisée est répartie sur un rectangle de répartition de dimension $(u \times v)$ (voir précédemment)



• Moments fléchissants

Les moments par unité de largeur de la dalle :

$$M_{0x} = (M_1 + \nu M_2) \cdot P$$

$$M_{0y} = (M_2 + \nu M_1) \cdot P$$

avec ν coefficient de poisson = 0

donc $M_{0x} = M_1 \cdot P$

$$M_{0y} = M_2 \cdot P$$

M_1 et M_2 sont en fonction de β , u/l_x et ν/l_y établis sous forme d'abaque de Pigeaud, ensuite par les abaques de J.P. Mougin (plus précise).
 Les valeurs M_1 et M_2 sont lues ^{directement} sur les abaques de Mougin (attachés) pour β variant de 0,05 à 1 par pas de 0,05.
 Pour des valeurs de β intermédiaires, on effectue des interpolations

$$\alpha = u/l_x$$

$$\beta = \frac{\nu}{l_y}$$

• Effets tranchants

1^{er} Cas : $u \geq \nu$

- au milieu de ν (dans le sens de xx) : $T_x = \frac{P}{3 \cdot u}$

- au milieu de u (dans le sens de yy) : $T_y = \frac{P}{2u + \nu}$

2^{ème} Cas :

- au milieu de ν (dans le sens de xx) : $T_x = \frac{P}{2\nu + u}$

- au milieu de u (dans le sens de yy) : $T_y = \frac{P}{3\nu}$

Charge localisée P décentrée.

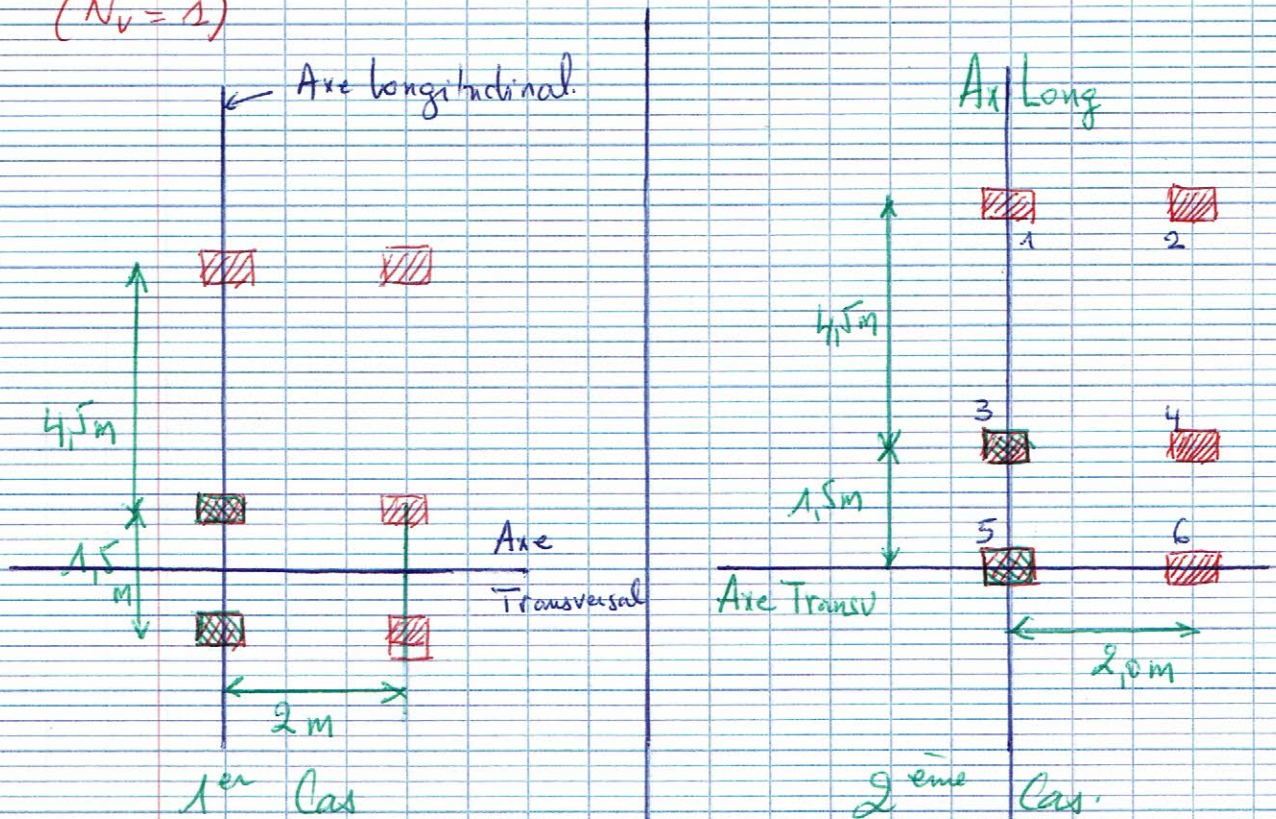
On utilise la méthode de superposition avec les abaques de Pigeaud ou de Mougis.

Les différentes charges utilisées sont B_c, B_t, B_r, M_c avec les différentes positions du rectangles d'impact correspondant.

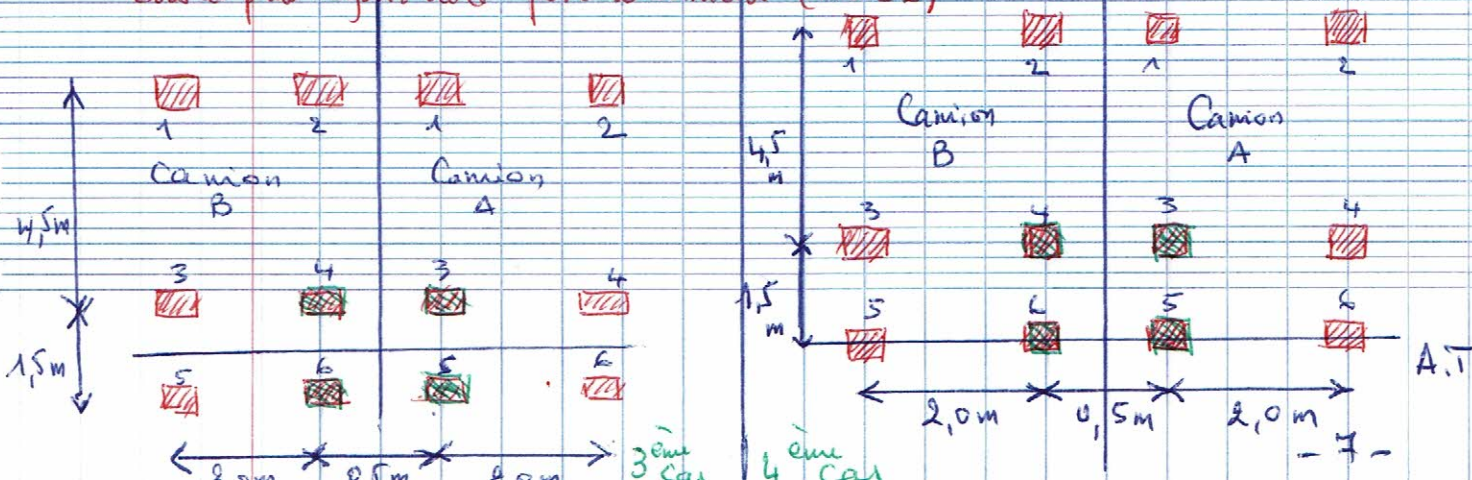
Ex: Pour obtenir le moment maximal, il faudra disposer les rectangles d'impact le plus près possible du centre de la dalle.

• Dans le cas de B_c , ce sont les roues arrières de 6 t qu'il faudra disposer à proximité du centre de la dalle.

Cas les plus défavorables pour un seul camion sur la chaussée ($N_v = 1$)

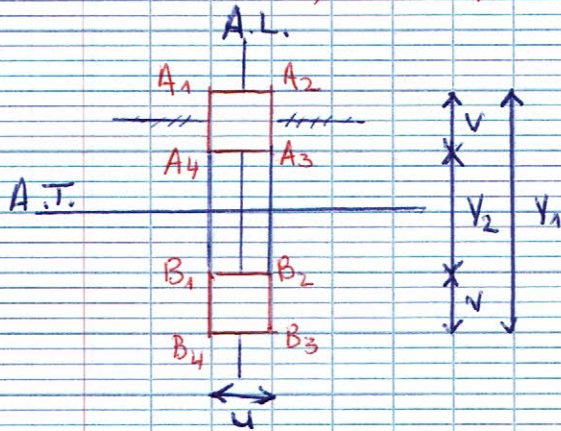


Cas le plus défavorable pour 2 camions ($N_v = 2$)



Traitement des cas

1^{er} cas. Effet de deux rectangles situés sur un axe et asymétriques par rapport à un autre :



L'effet des deux rectangles d'impact $(A_1 A_2 A_3 A_4)$ et $(B_1 B_2 B_3 B_4)$ est égal à l'effet du rectangle $(A_1 A_2 B_3 B_4)$ moins l'effet du rectangle $(A_4 A_3 B_2 B_1)$ avec la même densité de charge p .

avec $p = \frac{P}{u \times v}$

pour un rectangle de répartition de dimension $(u \times v)$

$$(A_1 A_2 A_3 A_4) + (B_1 B_2 B_3 B_4) = (A_1 A_2 B_3 B_4) - (A_4 A_3 B_2 B_1)$$

• Effet de $(A_1 A_2 B_3 B_4)$ de dimension $(u \times v_1)$.
Les rapports u/l_x et v_1/l_y nous permettent d'obtenir M'_1 et M'_2 d'après les abaques de Mougis

$$\begin{aligned} M'_{ox} &= M'_1 \cdot P' \\ M'_{oy} &= M'_2 \cdot P' \end{aligned} \quad \left\| \begin{array}{l} \text{Avec } P' : \text{ poids total appliqué sur cette} \\ \text{surface } u \times v_1 \text{ de } (A_1 A_2 B_3 B_4) \\ P' = p \cdot u \cdot v_1 \end{array} \right.$$

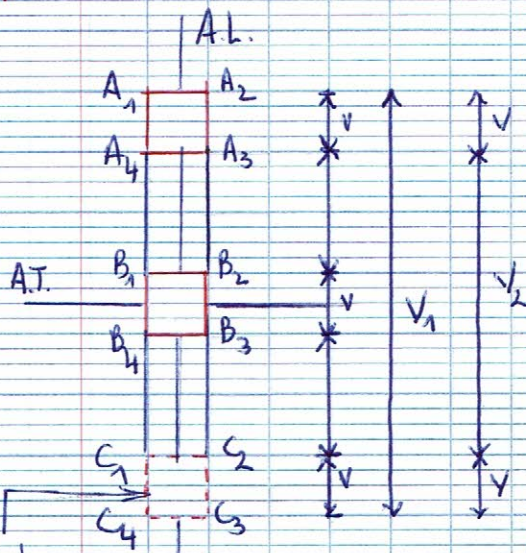
• Effet de $(A_4 A_3 B_2 B_1)$ de dimension $u \times v_2$
On obtient à l'aide des abaques de Mougis M''_1 et M''_2

$$\begin{aligned} M''_{ox} &= M''_1 \cdot P'' \\ M''_{oy} &= M''_2 \cdot P'' \end{aligned} \quad \left\| \text{Avec } P'' = p \cdot u \cdot v_2 \right.$$

• Effet des 2 rectangles d'impact $(A_1 A_2 A_3 A_4)$ et $(B_1 B_2 B_3 B_4) :$

$$\begin{aligned} M_{ox} &= M'_{ox} - M''_{ox} \\ M_{oy} &= M'_{oy} - M''_{oy} \end{aligned}$$

2^{ème} Cas: Effet d'un rectangle centré et d'un rectangle placé sur un axe.



$$(A_1 A_2 A_3 A_4) + (B_1 B_2 B_3 B_4) \cong$$

$$\frac{1}{2} \left[(A_1 A_2 C_3 C_4) - (A_4 A_3 C_2 C_1) \right] + (B_1 B_2 B_3 B_4)$$

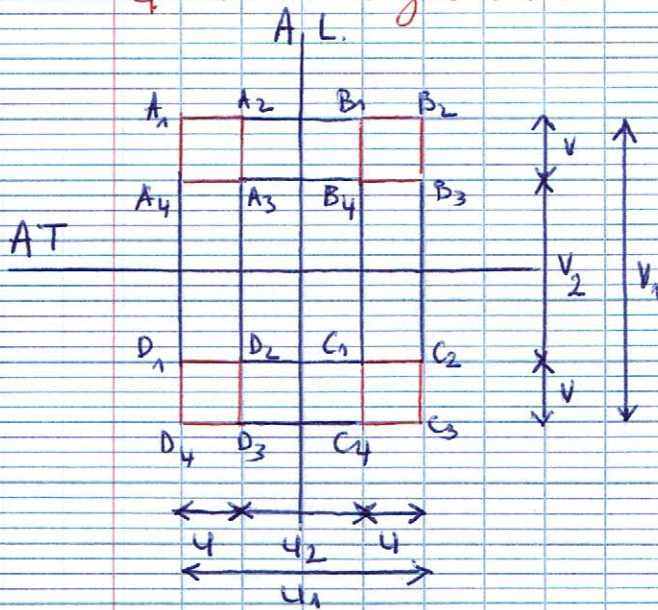
Avec:

$(A_1 A_2 C_3 C_4)$ est de dimension $(u \times v_1)$
 $(A_4 A_3 C_2 C_1)$ et de dimension $(u \times v_2)$
 $(B_1 B_2 B_3 B_4)$ et de dimension $(u \times v)$.

un impact
 fctf symétrique u

à $(A_1 A_2 A_3 A_4)$ par rapport
 à l'axe transversal.

3^{ème} Cas: Quatre rectangles non centrés et symétriques deux à deux.



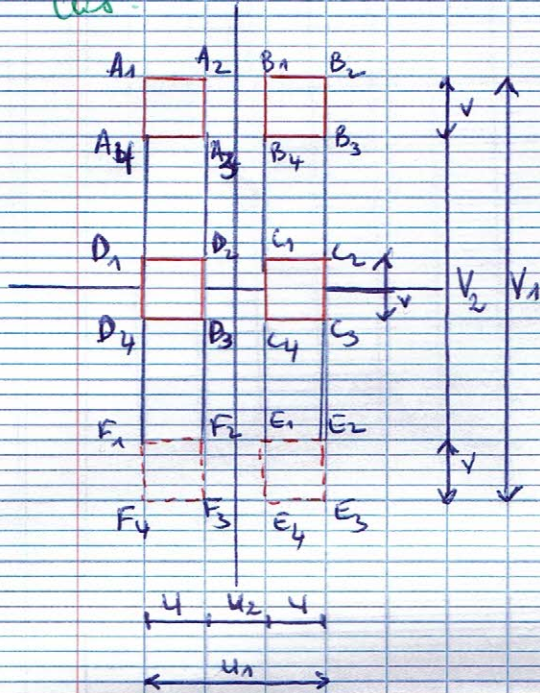
$$(A_1 A_2 A_3 A_4) + (B_1 B_2 B_3 B_4) + (C_1 C_2 C_3 C_4)$$

$$+ (D_1 D_2 D_3 D_4) \cong$$

$$(A_1 B_2 C_3 D_4) - (A_2 B_1 C_4 C_3) - (A_4 B_3 C_2 D_1) + (A_3 B_4 C_1 D_2)$$

Rq: Dans le cas où les lignes se chevauchent au niveau de leur rectangle de repartition, ces cas seront traité comme les cas 1 et 2

Hence Cas:



$$\begin{aligned}
 & (A_1 A_2 A_3 A_4) + (B_1 B_2 B_3 B_4) + (C_1 C_2 C_3 C_4) \\
 & + (D_1 D_2 D_3 D_4) \cong \\
 & \frac{1}{2} \left[(A_1 B_2 E_3 F_4) - (A_2 B_1 E_4 F_3) \right. \\
 & \quad \left. (A_4 B_3 E_2 F_1) + (A_3 B_4 E_1 F_2) \right] \\
 & + (D_1 C_2 C_3 D_4) - (D_2 C_1 C_4 D_3)
 \end{aligned}$$