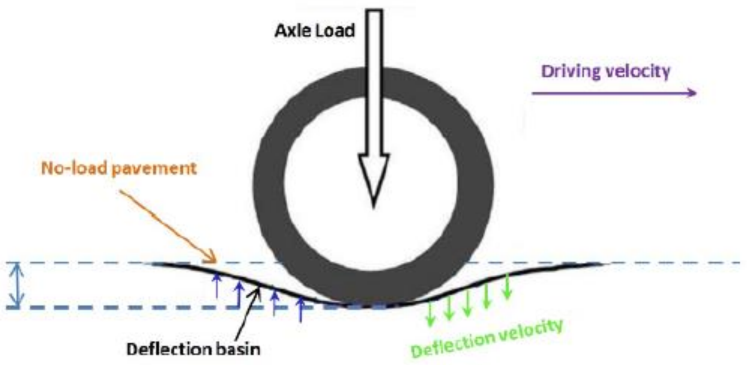
Déformation élastique d’une route et déflectométrie Doppler



A Correction Model for the Continuous Deflection Measurement of Pavements under Dynamic Loads , IEEEAccess

Comment déterminer la déflexion d’une route subissant une contrainte?

Numéro candidat: 39043

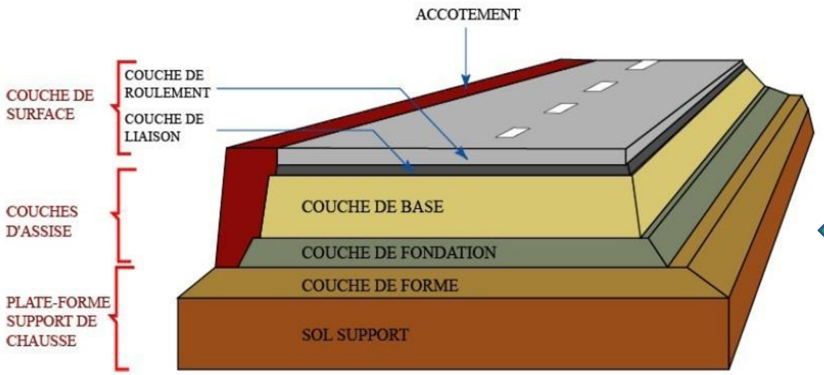
Démarche de résolution

I) <u>Etude de la déformation d’une route statique</u>

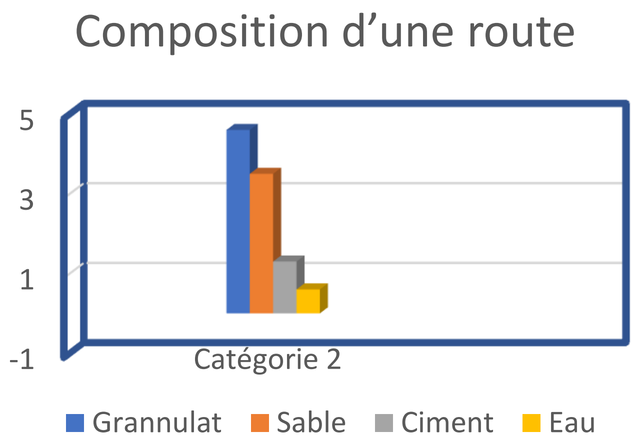
II) <u>Etude d’une déformation dynamique</u>

<u>Conclusion</u>

I) 1) Modélisation de la route



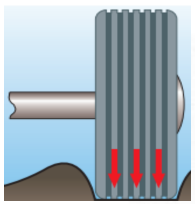
Les structures routières – Principe des structures routières, lycee-cherioux.fr



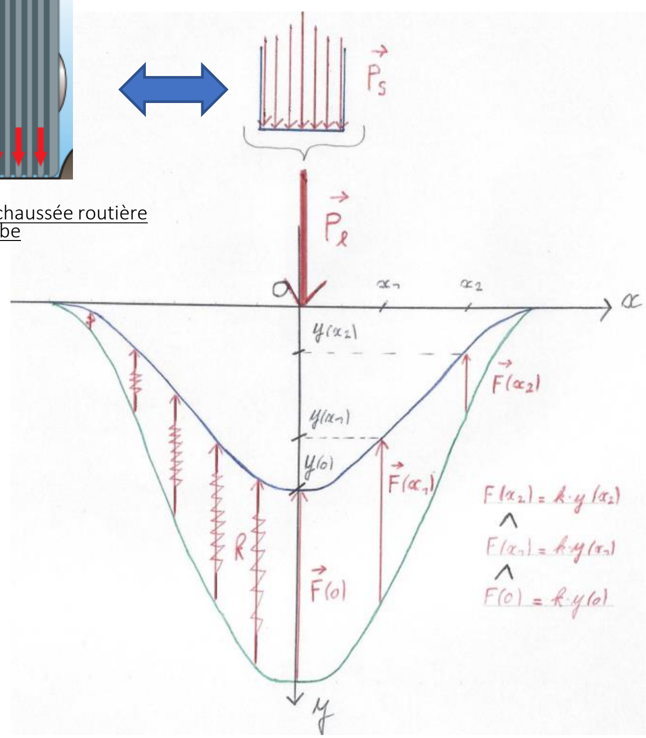
- Caractère élastique
- Comportement élastique, élastoplastique et visqueux
- Aspect déformable

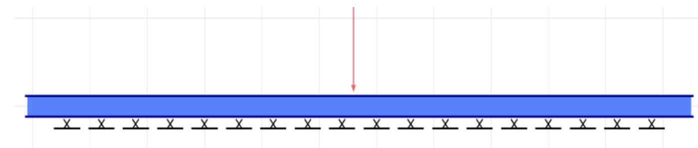
Manuel des degradations des chaussées souples (slideshare.net)

I) 1) Modélisation de la route : Poutre sur support élastique, la fondation de Winkler



[(465) Structure d'une chaussée routière - YouTube]





Réaction de support élastique: $\vec{F} = -\, k * y(x)\ \vec{e_y}$

- k : raideur de la fondation ($N.m^{-1}$)

Bassin de déflexion régit par: $\frac{d^4y}{dx^4} + 4\beta y = 0$

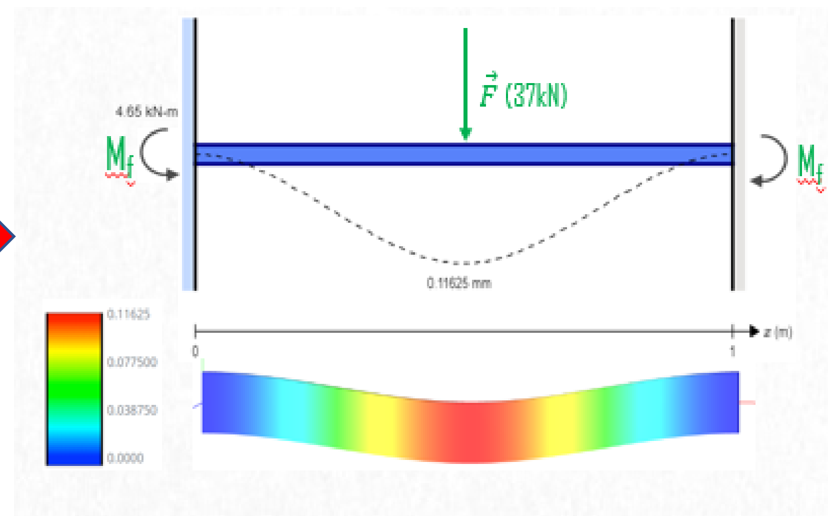
- $\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{EI_G}}$ (m^{-1})

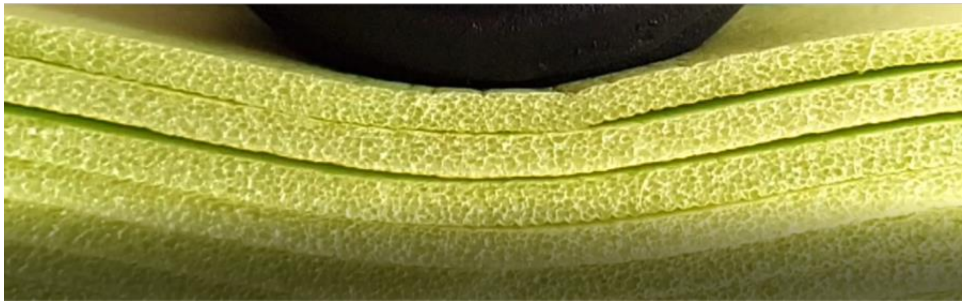
I) 2) Dispositif expérimental

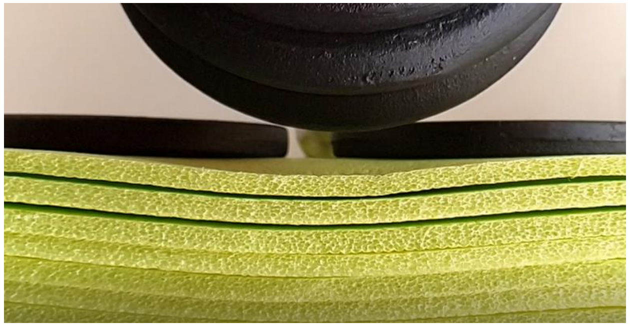
Matériel:

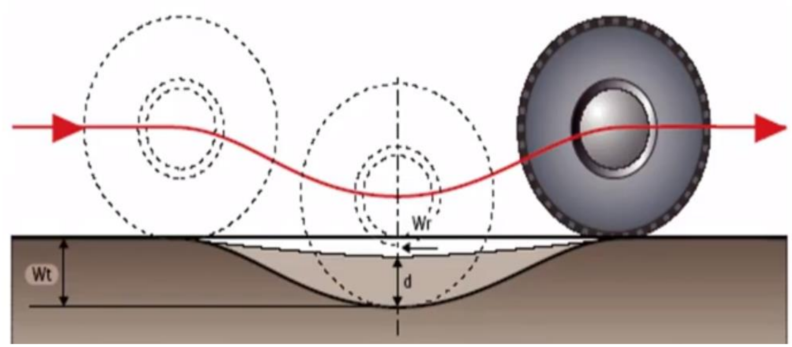
- 10kg de poids
- 8 tapis de gym en mousse

Densité:	$\rho = 29 \pm 1\ kg.m^{-3}$
Module d'Young:	$E = 0{,}1$ Mpa
Moment quadratique:	$I_G = 88 \times 10^5\ mm^4$
Raideur de la fondation	$k = 35 \times 10^2 \pm 5\ N.m^{-1}$









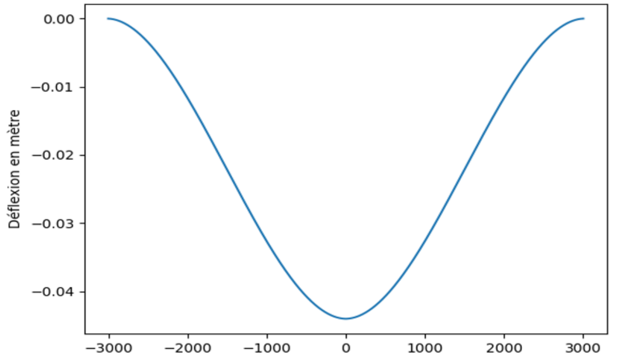
(465) Structure d'une chaussée routière - YouTube

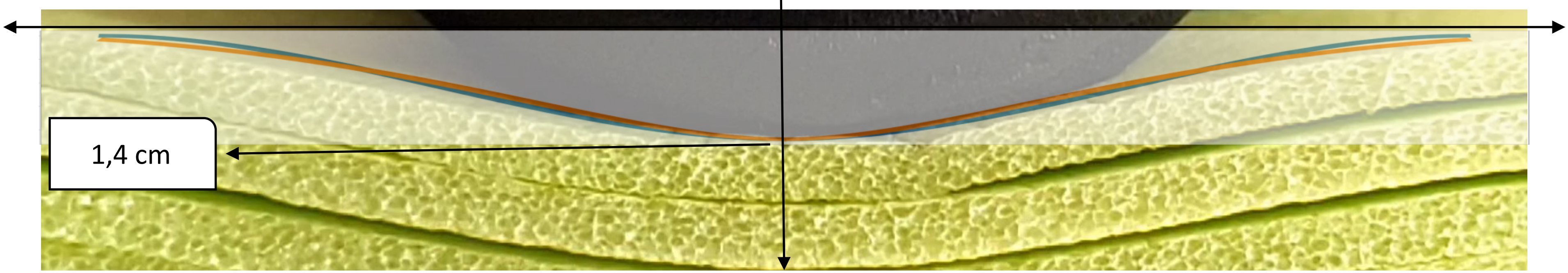
Choix cohérent

I) 3) Résultats expérimentaux

$$\frac{d^4y}{dx^4} + 4\beta y = 0$$

Méthode d'Euler





$$y(x) = \frac{P\beta}{2k} \times e^{-\beta x} \times (\cos(\beta x) + \sin(\beta x))$$

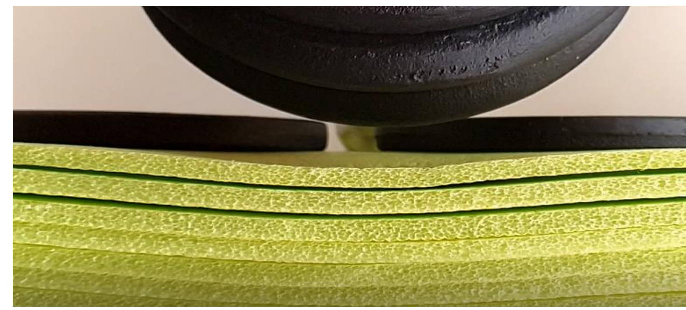
: Solution exacte

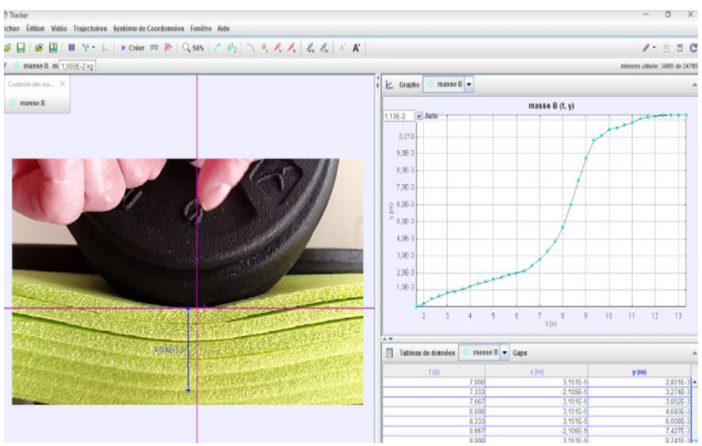
: Solution approchée

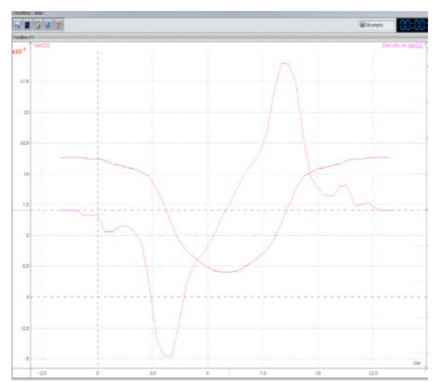
Incertitudes:

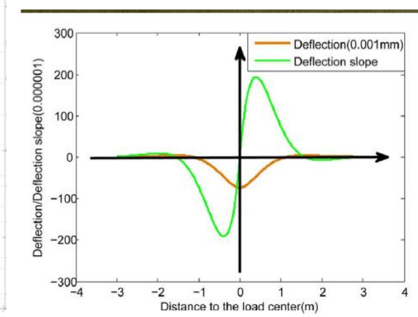
- Déflexion théorique: 2,6 cm
- Déflexion observée : 1,4 $\pm$ 0,1 cm

II) Déflexion en régime dynamique
1) Modélisation



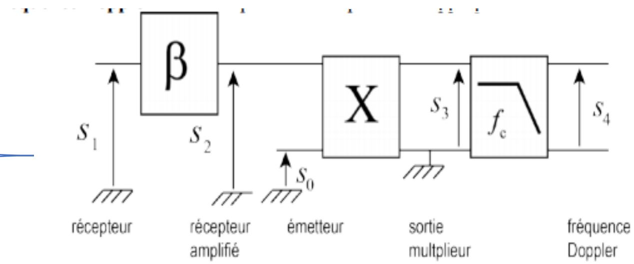






Automation in Construction
Volume 83, November 2017, Pages 149-162

I) 2) Déflectometrie par effet Doppler



Chaine de mesure de vitesse par effet Doppler

- $S(t) = A\cos(2\pi f.t)$
- $f(t) = 2.v(t).f0 / c$

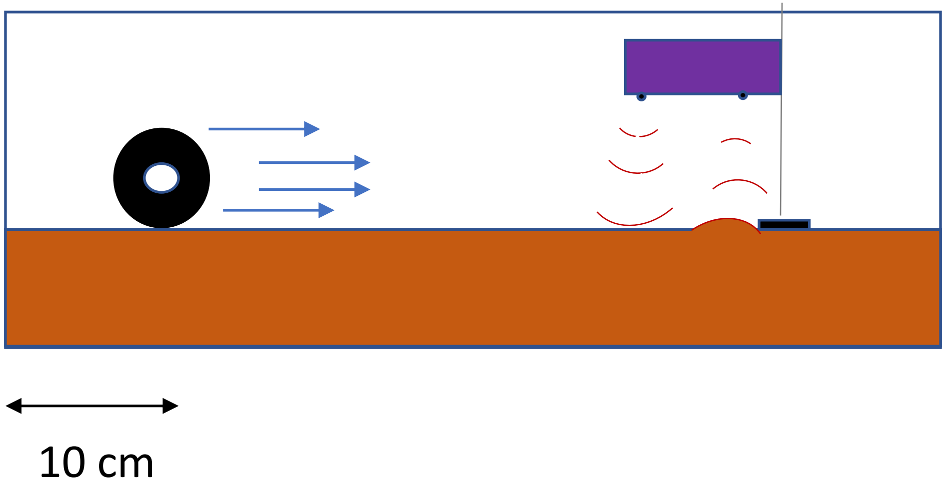
-v : vitesse de déflexion
-f0 : fréquence émise (38,8kHz)
-c : vitesse du son dans le vide

$T(t) = 1/f(t)$

$\Rightarrow T(t) = c/2.v(t).f0$

$v(t) = c/2.T(t).f0$

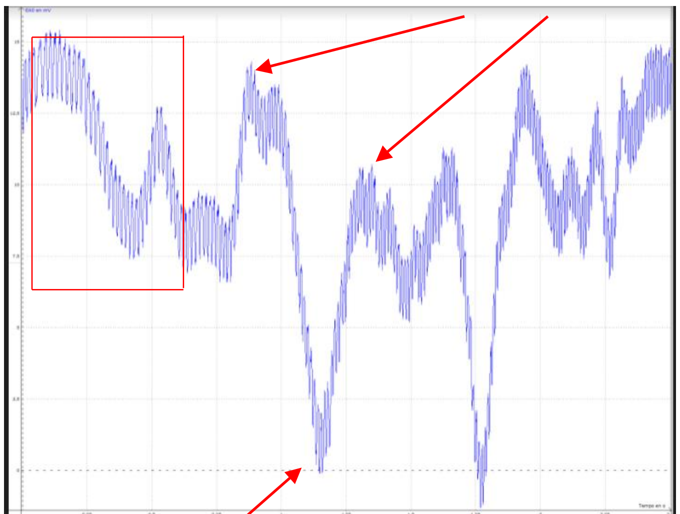
II) 2) Mise en œuvre expérimentale



II) 2) Mise en œuvre expérimentale

Signal obtenu en fonction du temps

Tension (en V)

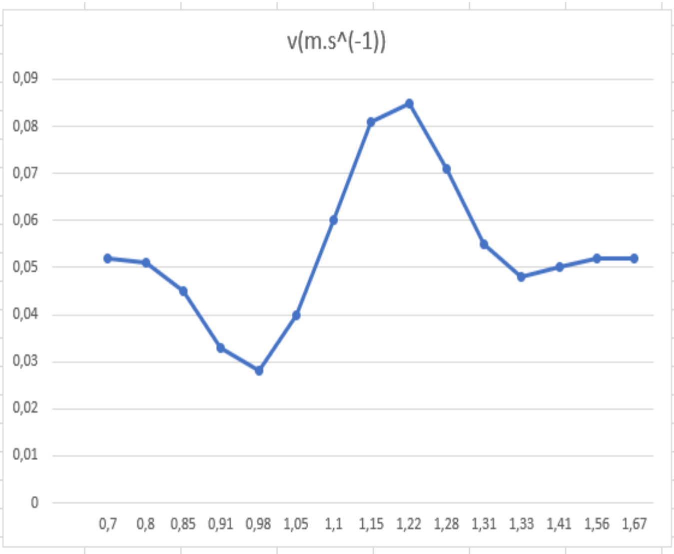


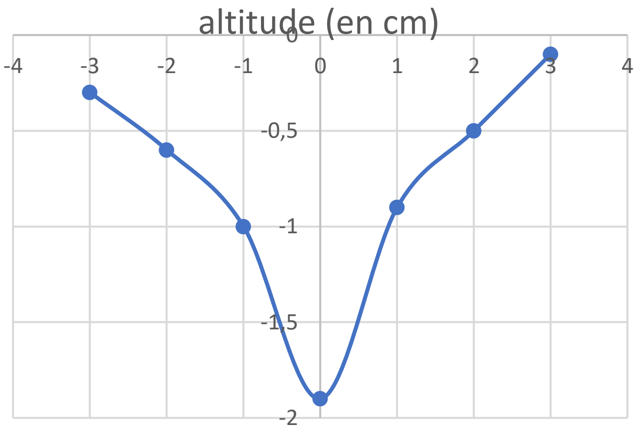
Temps (en s)

T(s)
0,083
0,084
0,106
0,135
0,174
0,5
0,046
0,048
0,102
0,21
0,17

- Points: 2000
-Te: 2ms
-Total: 4s

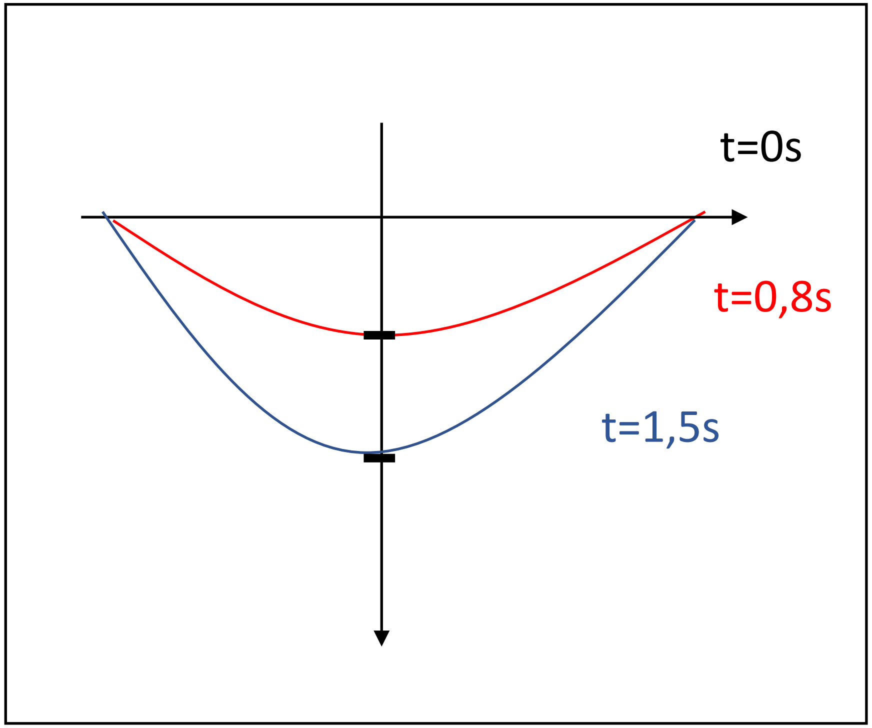
II) 3) Résultats d'expériences

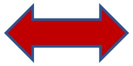


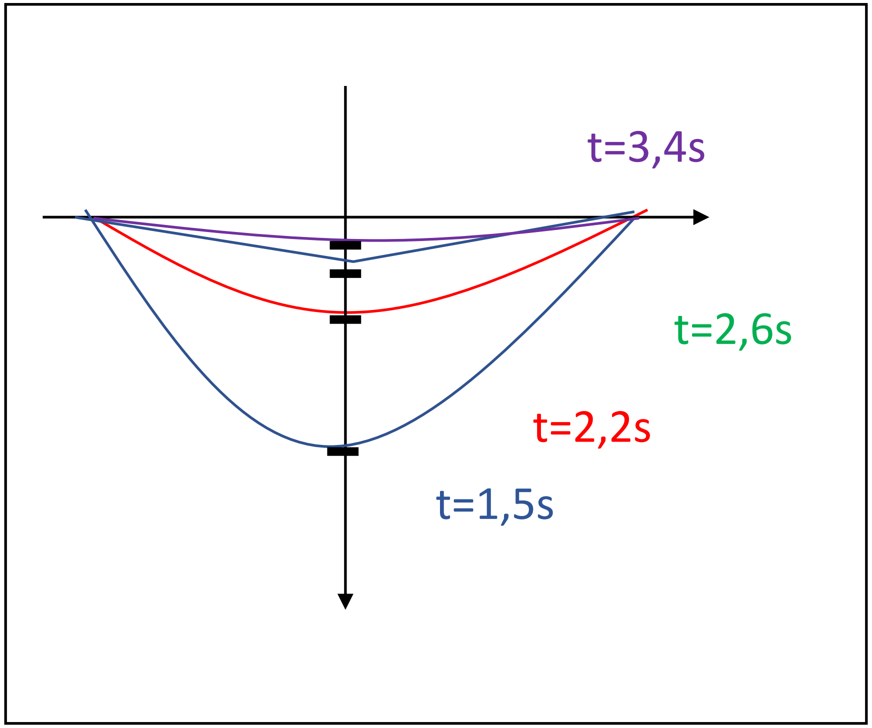


Déflexion observée: 1,9 $\pm$ 0,3 cm
Déflexion théorique: 2,7 cm

II) 3) Résultats d’expériences



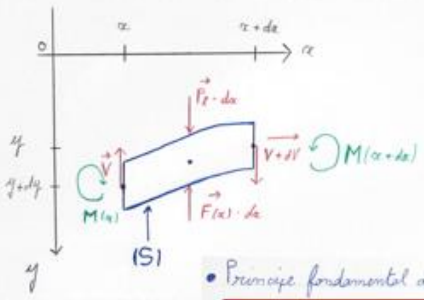




Conclusion

Annexe

Démonstrations des équations de la déflexion avec l'hypothèse de la fondation de Winkler:



- Principe fondamental de la statique appliqué à (S) dans le référentiel galiléen d'étude :

  $\backslash Oy : \ P_\ell \, dx - F \cdot dx + V + dV - V = 0$

  $\Longrightarrow \frac{dV}{dx} = k \cdot y - P_\ell$

- Relation entre moment fléchissant et effort tranchant :

  $\frac{dM}{dx} = V$

- Lien avec module de Young en moment quadratique :

  $M = -E \cdot I \, \frac{d^2 y}{dx^2}$

$$\Longrightarrow \boxed{E \cdot I \, \frac{d^4 y}{dx^4} + k \cdot y = 0}$$

- Résolution :

  Avec : $\beta = \left(\frac{k}{4EI}\right)^{\frac{1}{4}}$, on a : $\frac{d^4 y}{dx^4} + 4\beta^4 y = 0$

  Alors : $y(x) = \cos(\beta x)\left[A e^{\beta x} + C e^{-\beta x}\right] + \sin(\beta x)\left[B e^{\beta x} + D e^{-\beta x}\right]$

- Conditions aux limites :

  - y est borné $\Rightarrow A = B = 0$
  - au creux de la déflexion : $\left.\frac{dy}{dx}\right|_{x=0} = 0 \Rightarrow C = D$
  - équilibre entre forces de réaction et forces pesantes :

    $\int_{-\infty}^{+\infty} F(x) \cdot dx = P_\ell \Rightarrow C = \frac{P_\ell \beta}{2k}$

D'où : $\boxed{y(x) = \frac{P_\ell \beta}{2k} \cdot e^{-\beta x} \cdot \left[\cos(\beta x) + \sin(\beta x)\right]}$