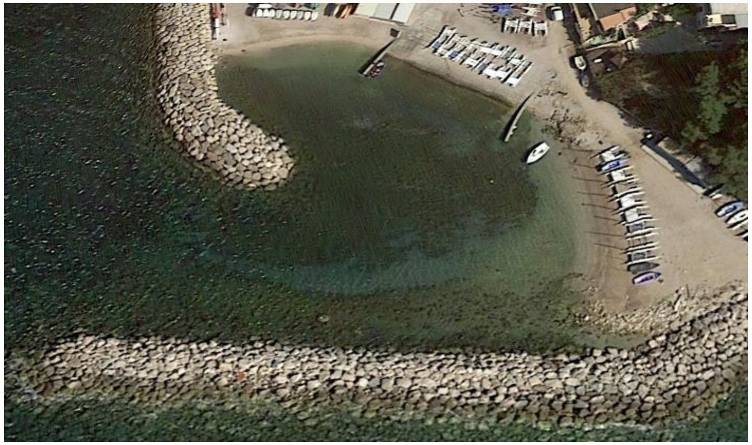
Llinares Emilie

Les digues, remparts contre l'érosion littorale

1967

2014

N° inscription : 39016




België
Belgique
Belgium
Frankfurt am Main
Luxembourg
Paris
France
Schweiz
Suisse
Svizzera
Switzerland
Milano
Monaco
Andorra
Barcelona

Sommaire

Quelles sont les solutions et innovations possibles pour améliorer l'efficacité des digues ?

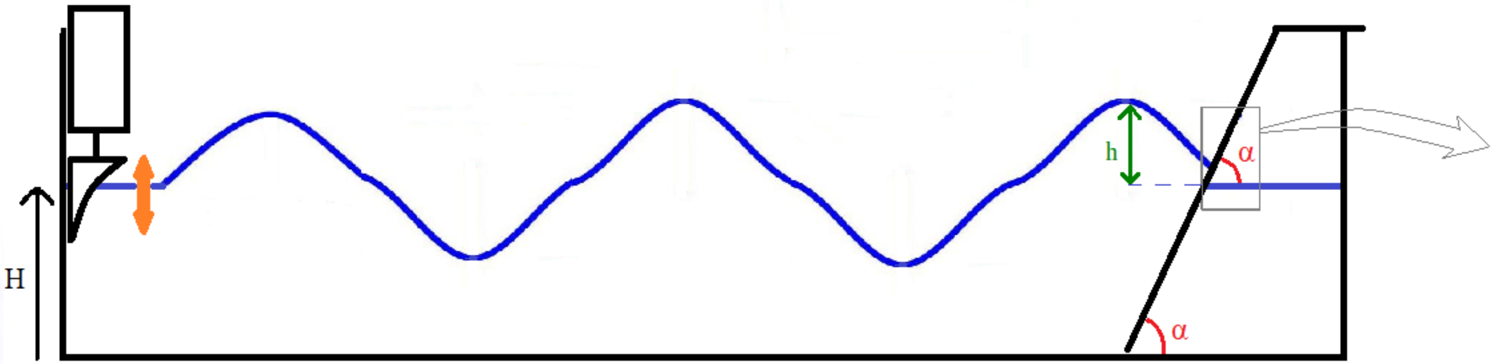
I. Efficacité des digues fixes
  A. Le mur d'attaque
  B. L'érosion par submersion

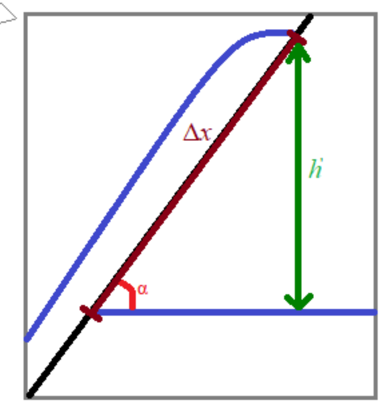
II. Le système MOSE, digue mobile
  A. Théorie
  B. Expérience

Conclusion

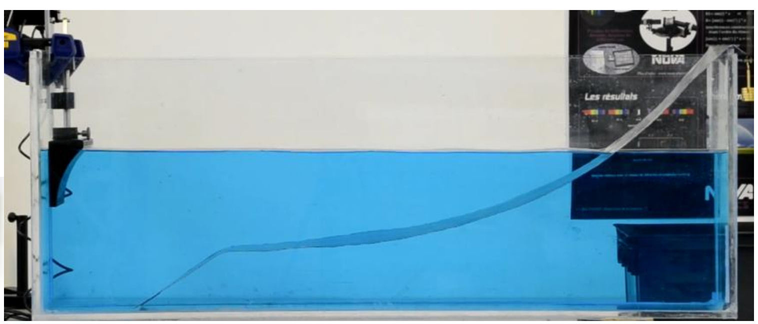
I. Efficacité des digues fixes

A. Le mur d'attaque

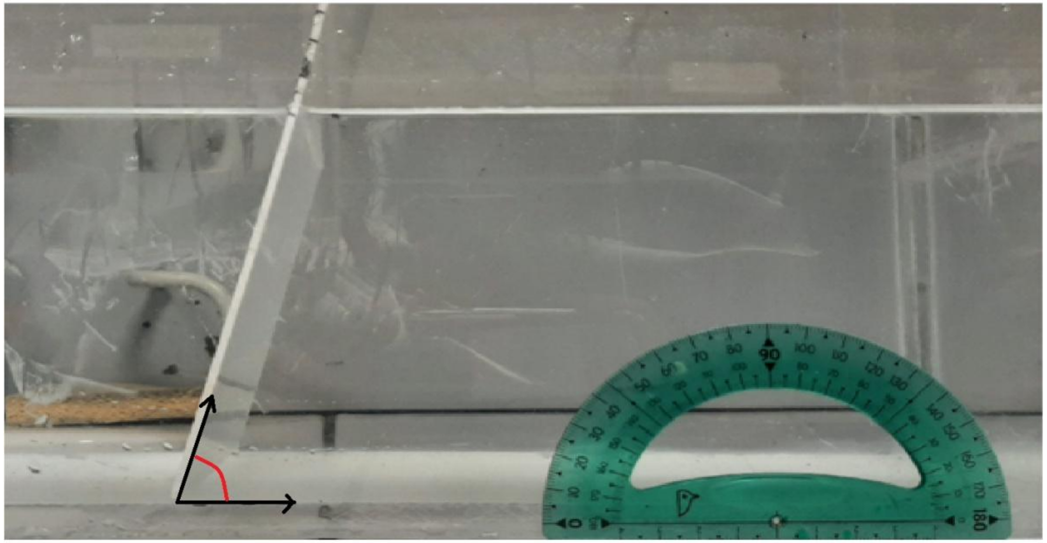




$$\sin \alpha = \frac{h'}{\Delta x}$$



Existe-t-il α tel que Δx soit minimal ?



71,63°

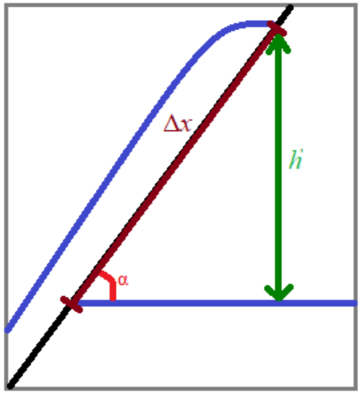
N° inscription : 39016

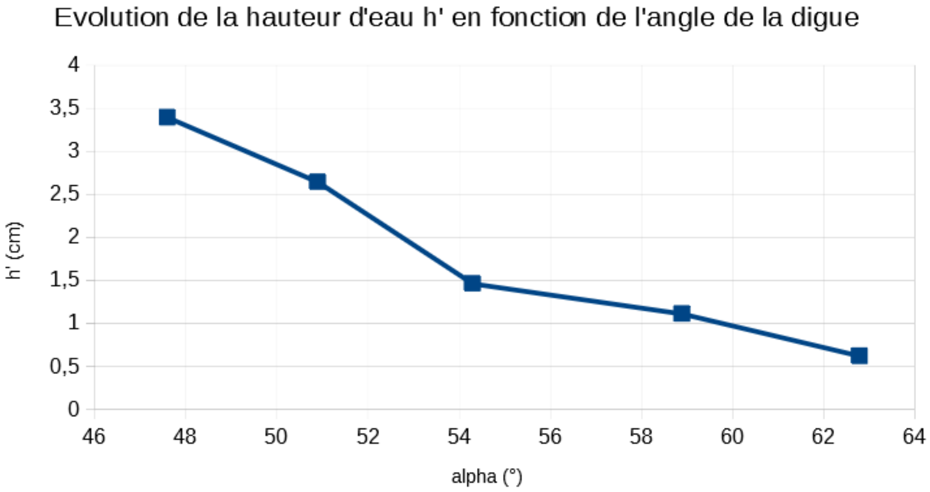
Résultats

Δx (cm)	α (°)
4,6	47,6
3,4	50,9
1,8	54,3
1,3	58,9
0,7	62,8

U~0,1°

α (°)	h'(cm)
62,8	0,62
58,9	1,11
54,3	1,46
50,9	2,64
47,6	3,39





Il existe un angle alpha compris entre 54,3° et 58,9° tel que les vagues montent le moins haut

$$54.3 \leq \alpha_{idéal} \leq 58.9$$

Effet de réflexion : comment faire pour que l'amplitude résultante de l'onde incidente et de l'onde réfléchie soit la plus petite possible ?

N° inscription : 39016

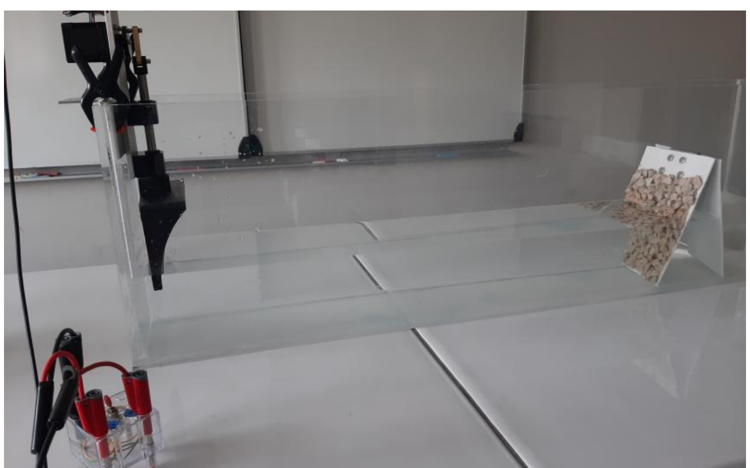
Cas d’une digue constituée de roches

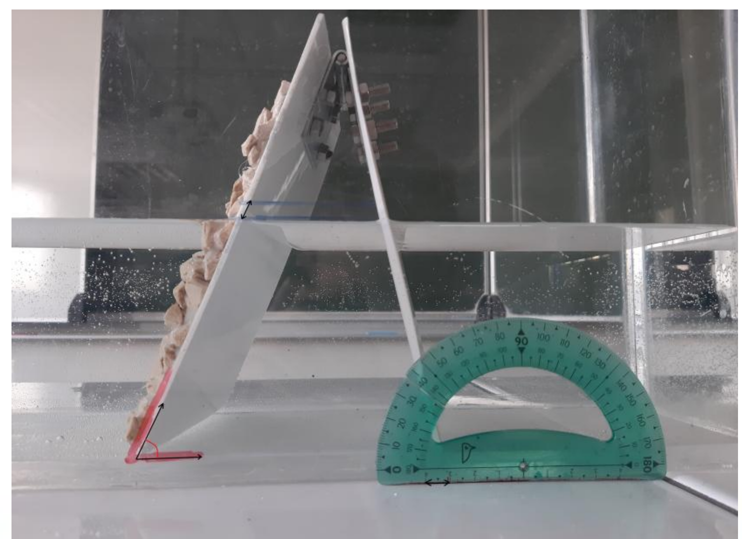
Sans roches

Δx (cm)	α (°)
4,6	47,6
3,4	50,9
1,8	54,3
1,3	58,9
0.7	62.8

Avec roches

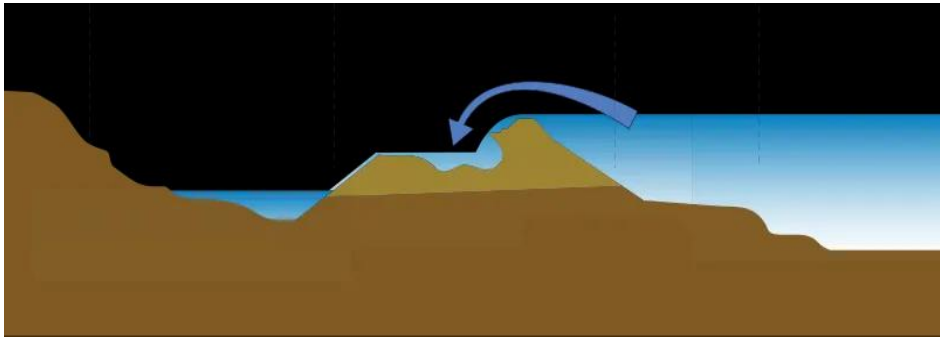
Δx (cm)	α’ (°)
1,34	46,6
0,98	57,3
0,72	64,4
0,63	66,5
0,67	74,2
0,74	89,1





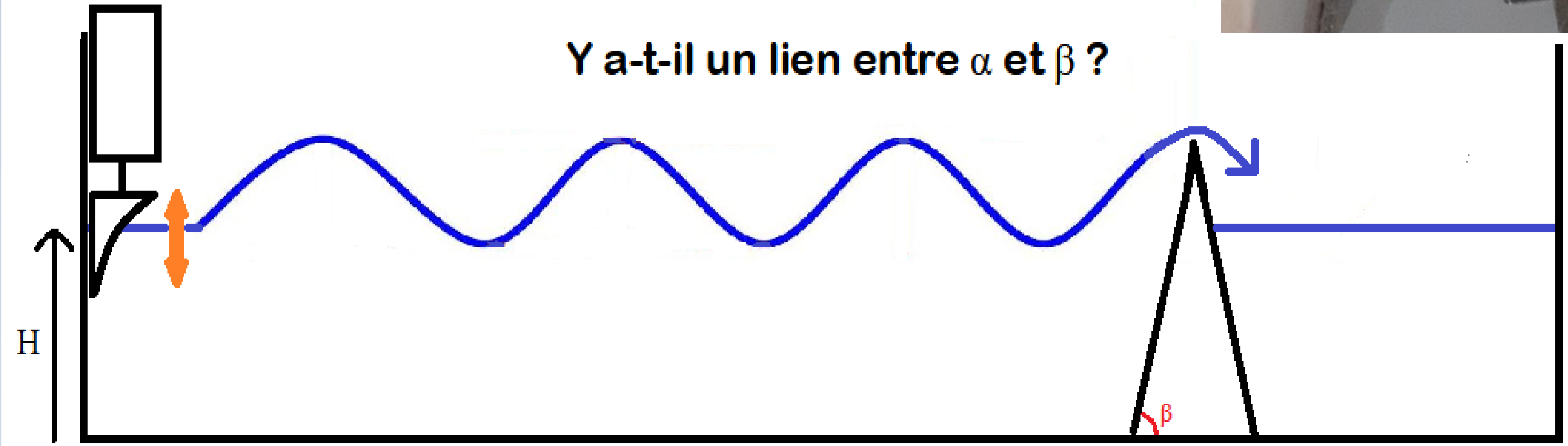
N° inscription : 39016

B. L'érosion par submersion

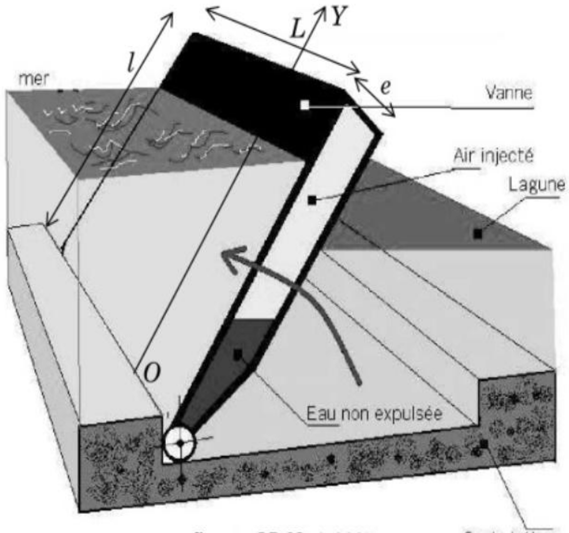


Existe-t-il β tel que le ruissellement soit minimal ?

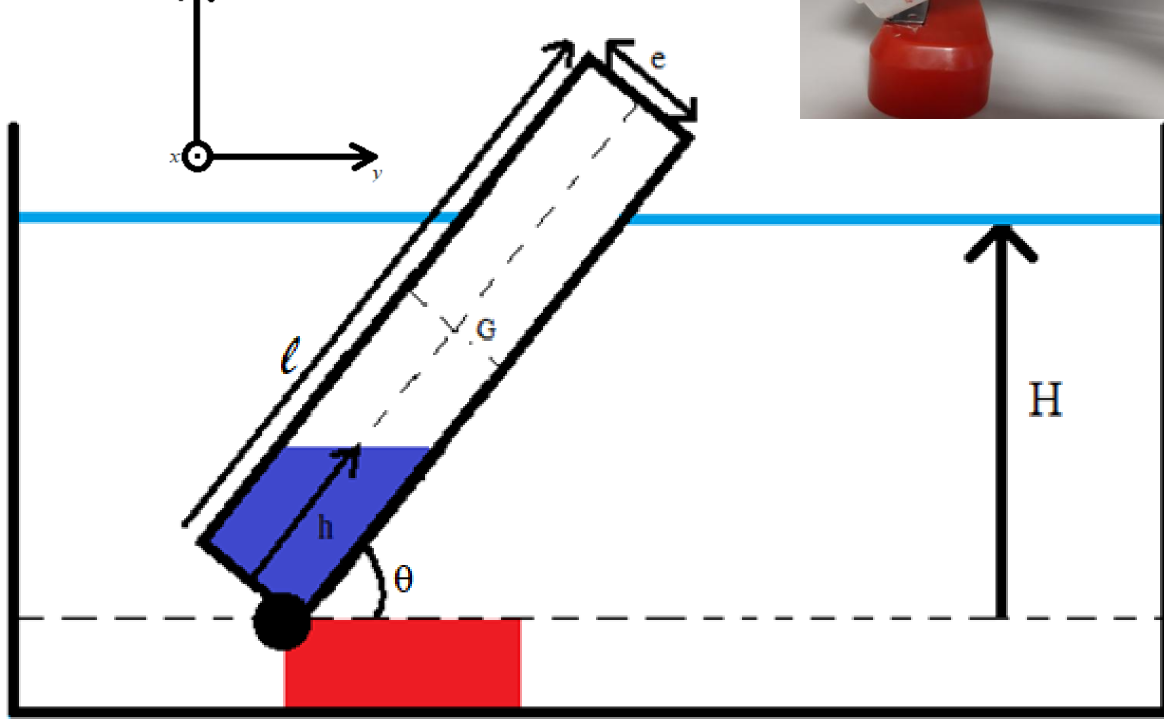
Y a-t-il un lien entre α et β ?

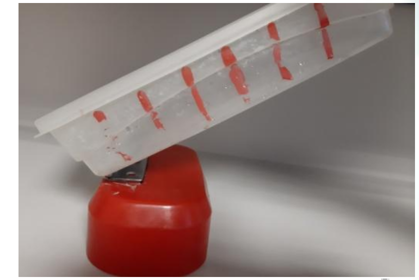


II. Le système MOSE, digue mobile
A. Théorie



d'après J.P. Neri, 2007





m_c=170 tonnes
ℓ =18 m
e= 4,5 m
L= 20 m
V_{eaumax}=1320 tonnes

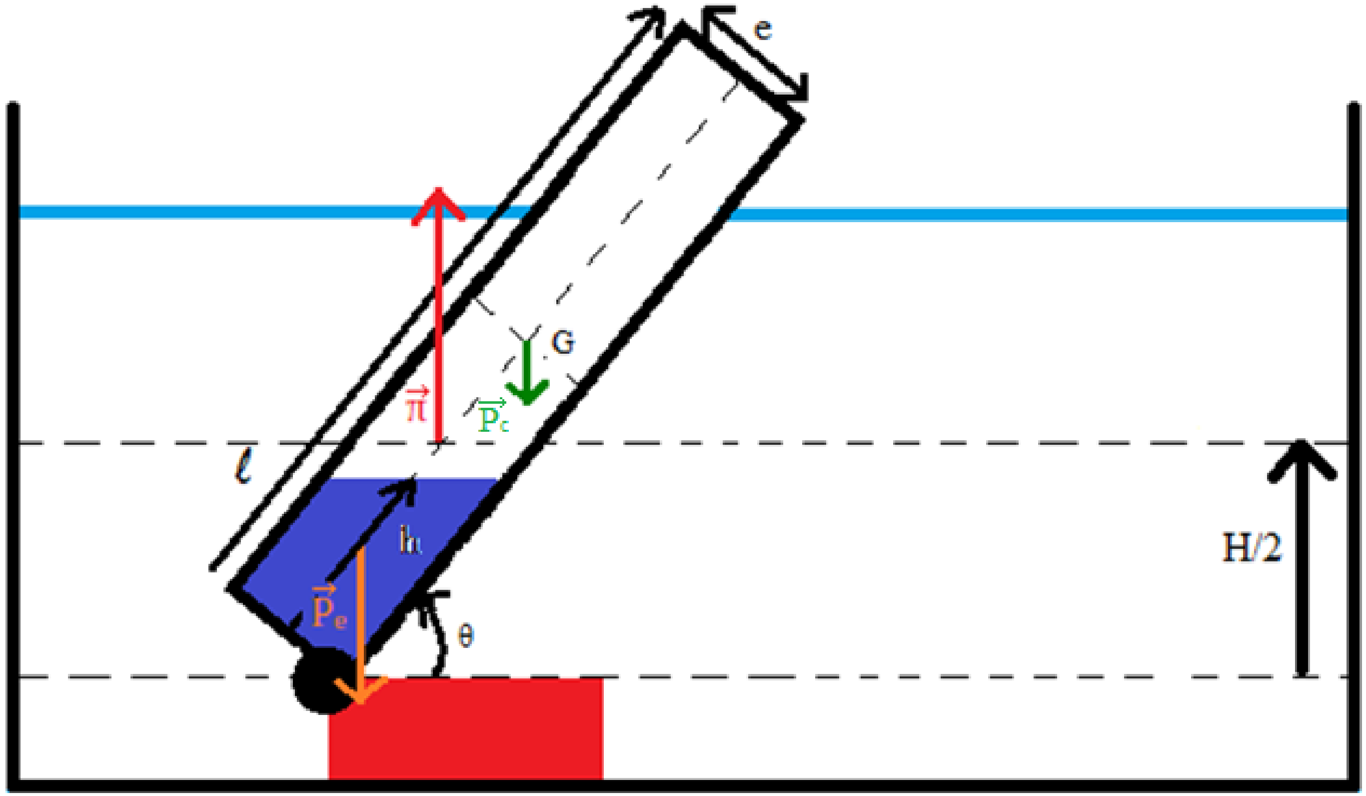
$\frac{V_{eaumax}}{m_c}$=7,7

m_c = 82,5 g
ℓ = 17,5 cm
e = 3,5 cm
L= 11 cm
V_{eaumax} =500 g

$\frac{V_{eaumax}}{m_c}$= 6,1

N° inscription : 39016

Premier cas : caisson partiellement immergé



$$\|\vec{P_c}\| < \|\vec{P_e}\| < \|\vec{\pi}\|$$

$$\mathcal{M}_{P_c} = -m_c g \frac{\ell}{2} \cos\theta$$

$$\mathcal{M}_{P_e} = -m_e g \frac{h}{2} \cos\theta$$

$$\mathcal{M}_P = -(m_e h + m_c \ell) \frac{g\cos\theta}{2}$$

$$\mathcal{M}_\pi = \rho_e S g \frac{H}{\sin\theta} \frac{H}{2\tan\theta}$$

N° inscription : 39016

On pose :

$\lambda_e = \rho_e S$ donc $m_e = \rho_e e L h = \lambda_e h$

$\lambda_c = \dfrac{m_c}{\ell}$

$\lambda = \dfrac{\lambda_c}{\lambda_e}$

$\mathcal{M}_P = -(\lambda_e h^2 + \lambda_c \ell^2)\dfrac{g\cos\theta}{2}$

$\mathcal{M}_\pi = \lambda_e \dfrac{H^2 g}{2\sin^2\theta}\cos\theta$

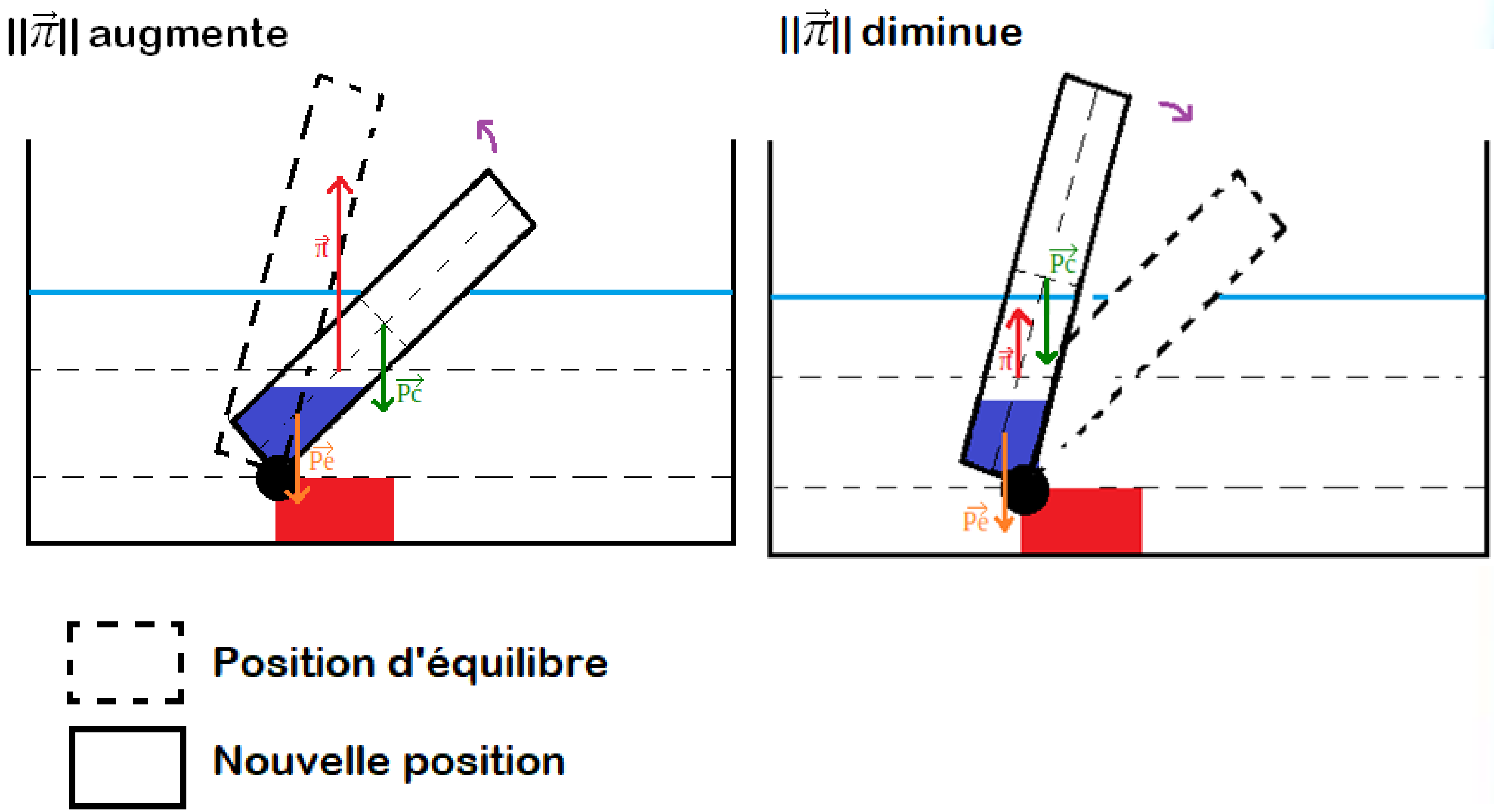
TMC : $\mathcal{M}_\pi + \mathcal{M}_P = 0 \Rightarrow \cos\theta = 0 \Rightarrow \theta = \dfrac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \sin\theta = \sqrt{\frac{H^2}{h^2+\lambda l^2}}$$

Pour le caisson vertical : $\lambda_e H^2 = \lambda_e h^2 + \lambda_c \ell^2$ **donc** $h = \sqrt{H^2 - \lambda l^2}$

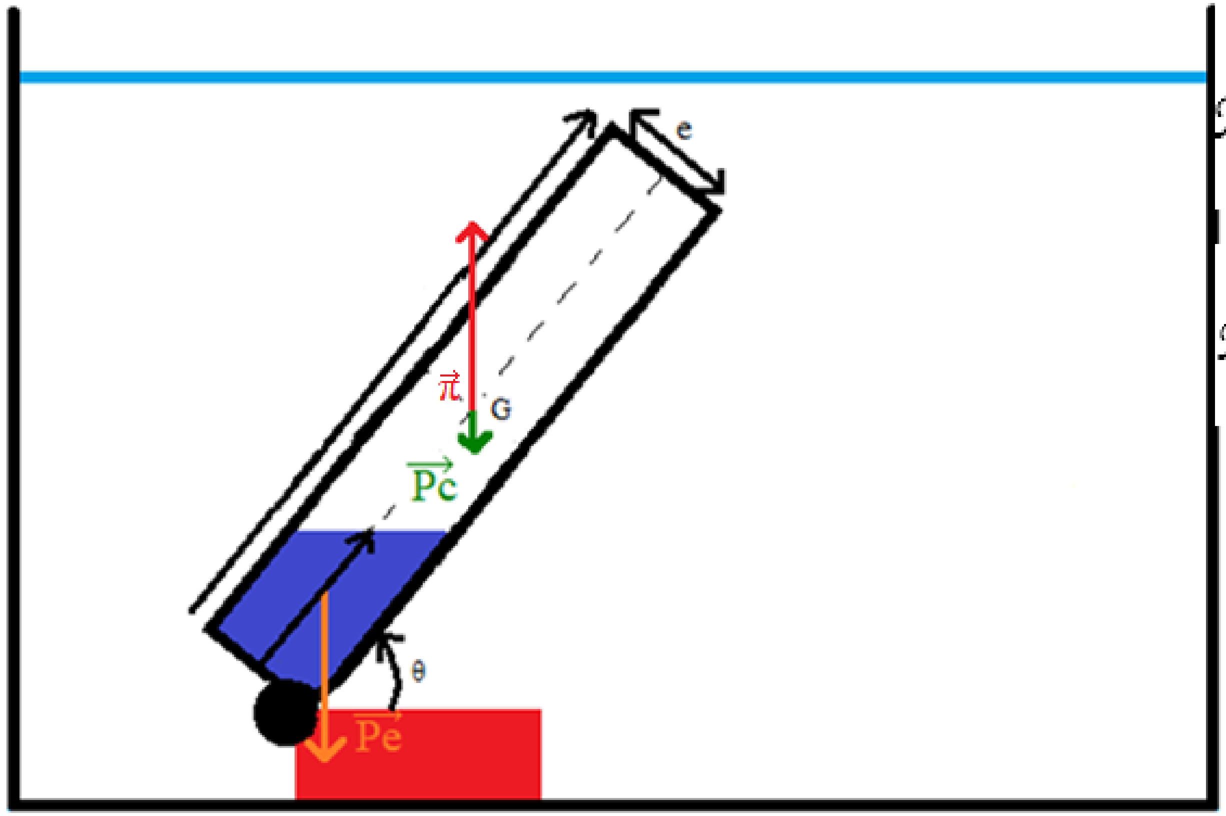
N° inscription : 39016

Stabilité des positions d’équilibre



N° inscription : 39016

Deuxième cas : caisson totalement immergé



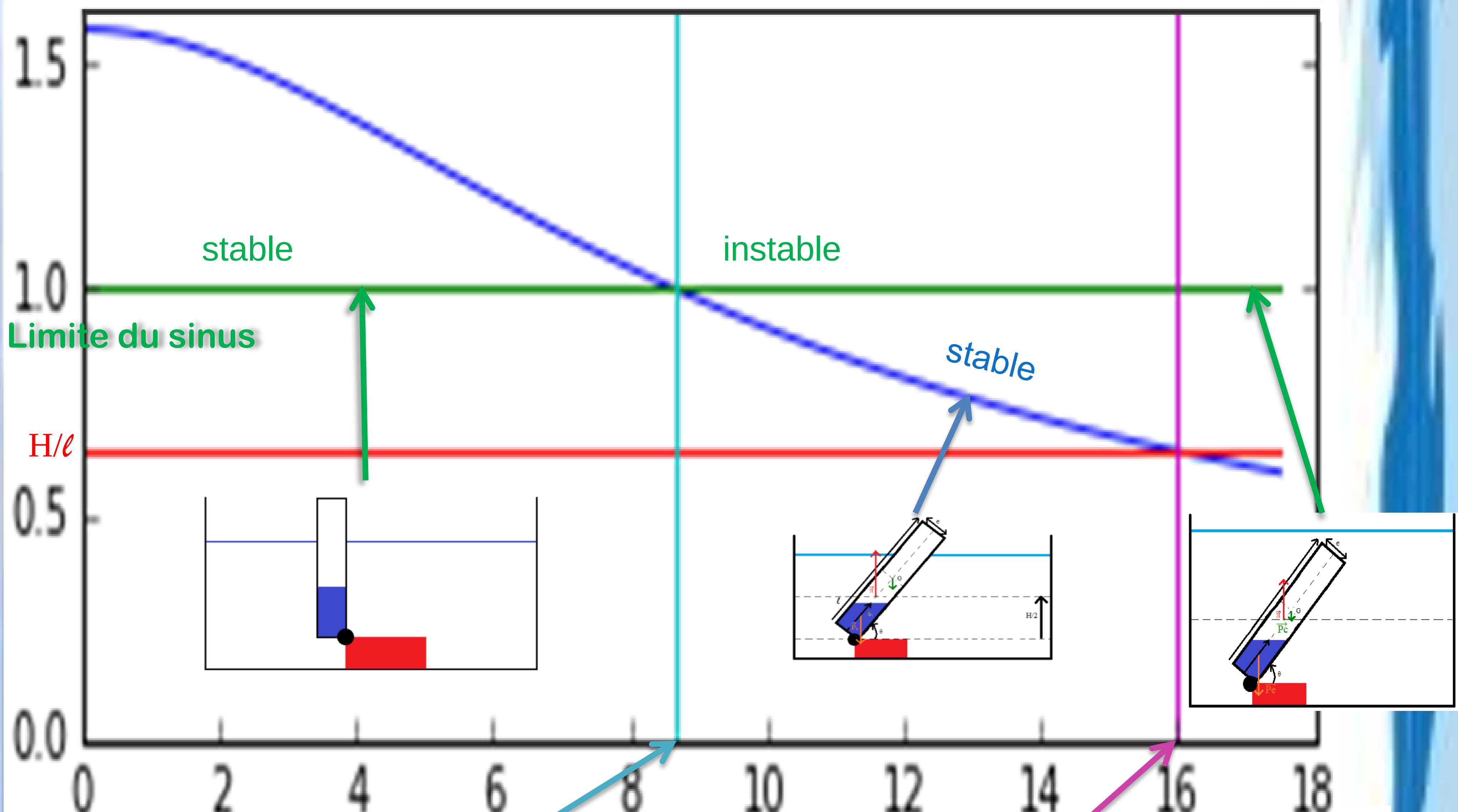
$$\mathcal{M}_P = -(\lambda_e h^2 + \lambda_c \ell^2)\ \frac{g\cos\theta}{2}$$

$$\mathcal{M}_\pi = \rho_e S e g \frac{\ell}{2}\cos\theta = \lambda_e \frac{\ell^2 g\cos\theta}{2}$$

$$\text{TMC} : \mathcal{M}_\pi + \mathcal{M}_P = 0 \Rightarrow h = \ell\ \sqrt{1-\lambda}$$

N° inscription : 39016

Évolution de l'angle en fonction de h



h=$\ell\sqrt{1-\lambda}$

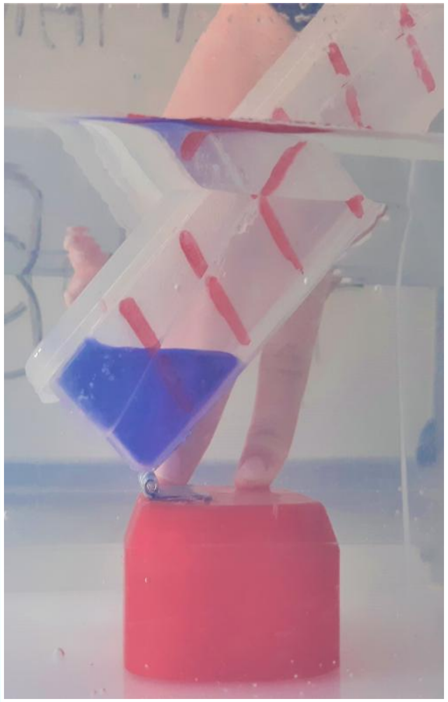
h= $\sqrt{H^2-\lambda l^2}$

N° inscription : 39016

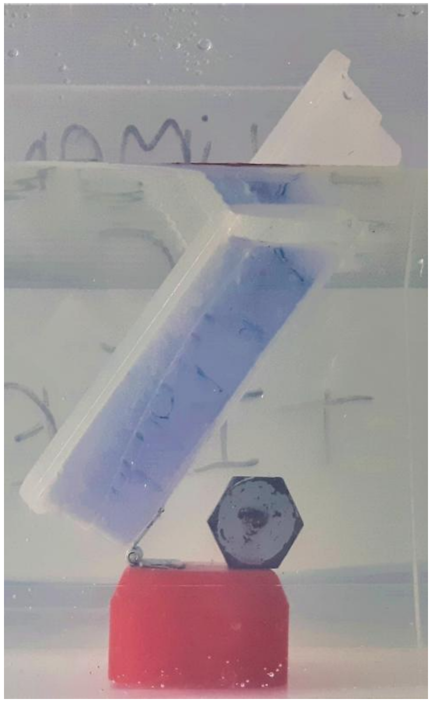
B. Expérience

H = 25 cm

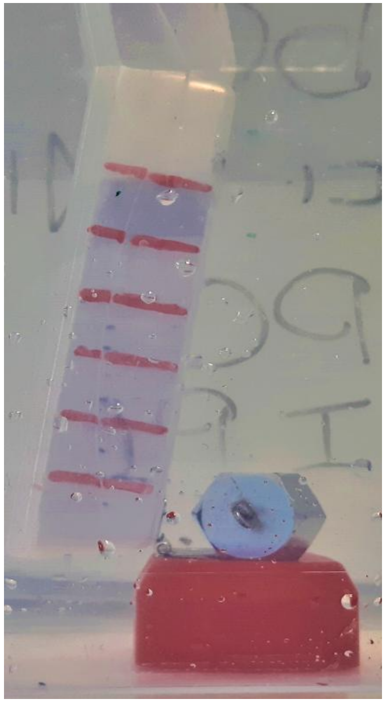
H = 10 cm



H = 15 cm



H = 18 cm



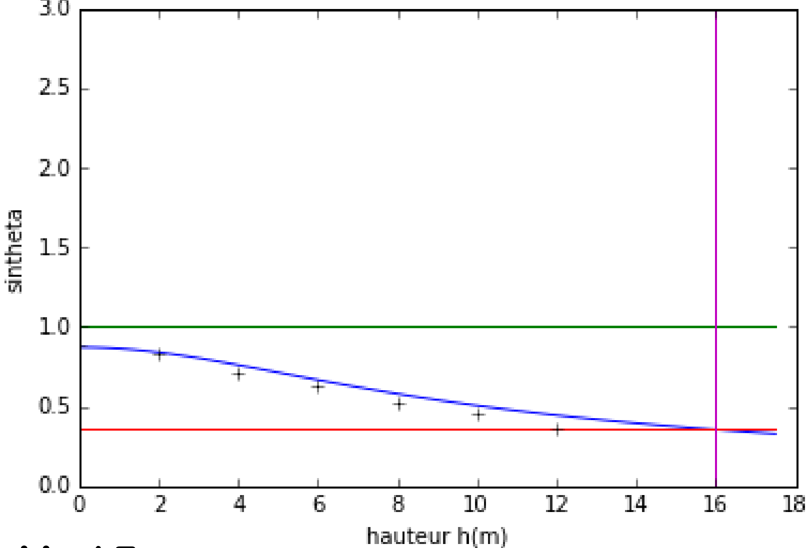
$$h = \ell \sqrt{1-\lambda}$$

$$\sin\theta = \sqrt{\frac{H^2}{h^2+\lambda l^2}}$$

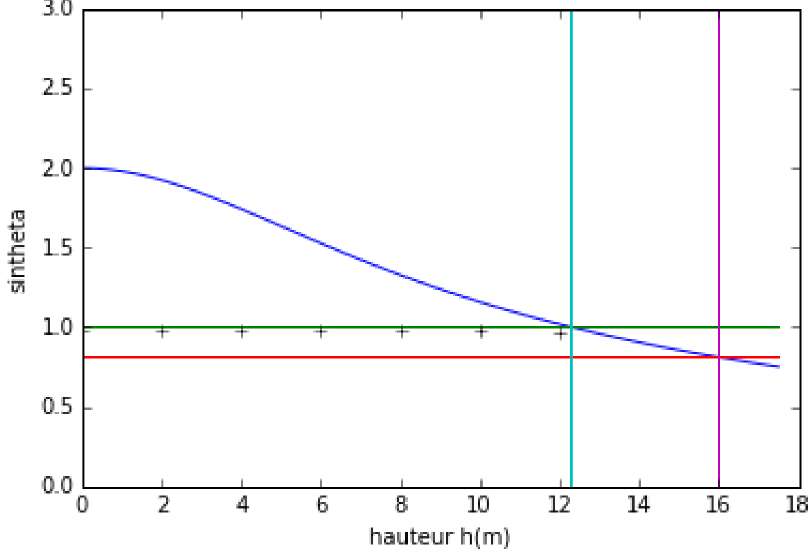
N° inscription : 39016

Résultats

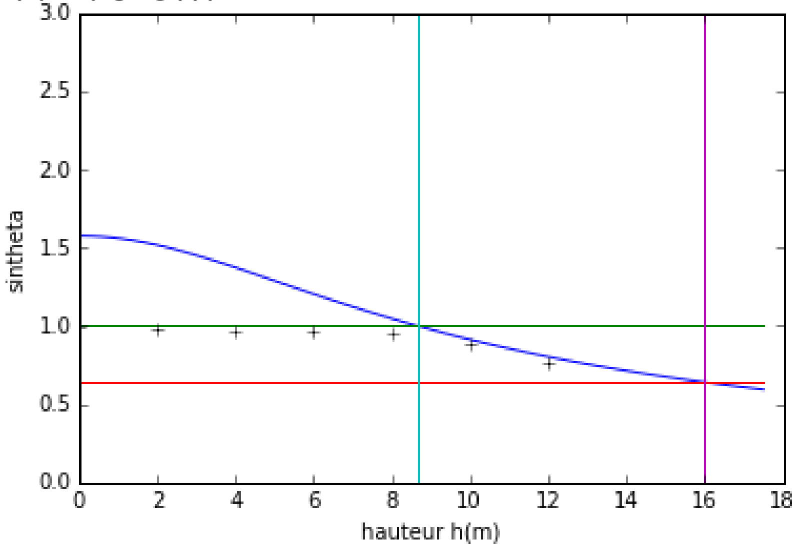
H=10 cm

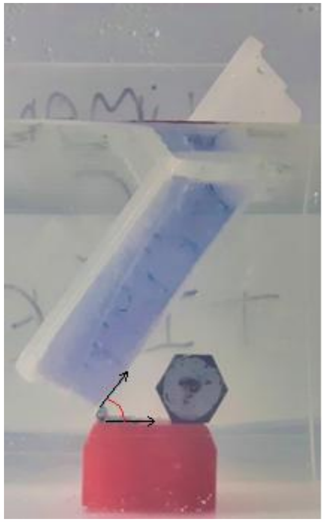


H=18 cm

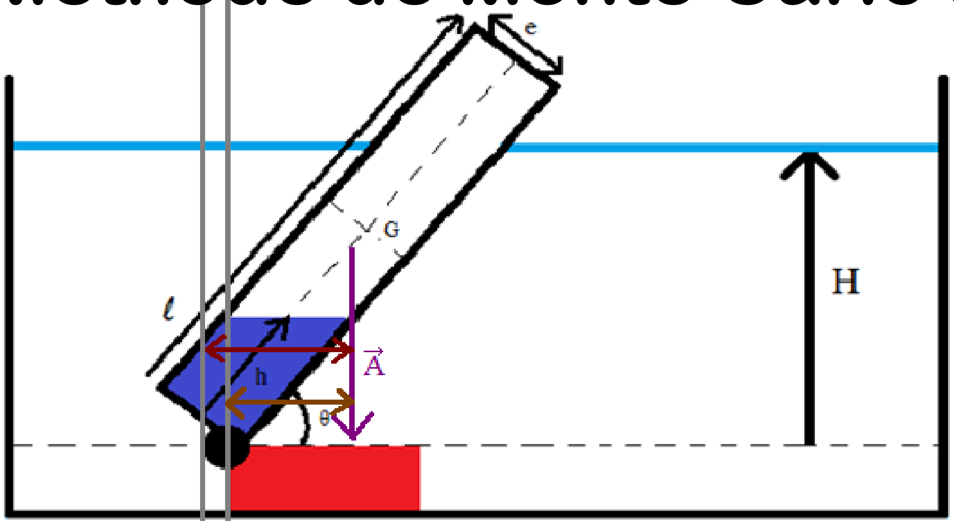


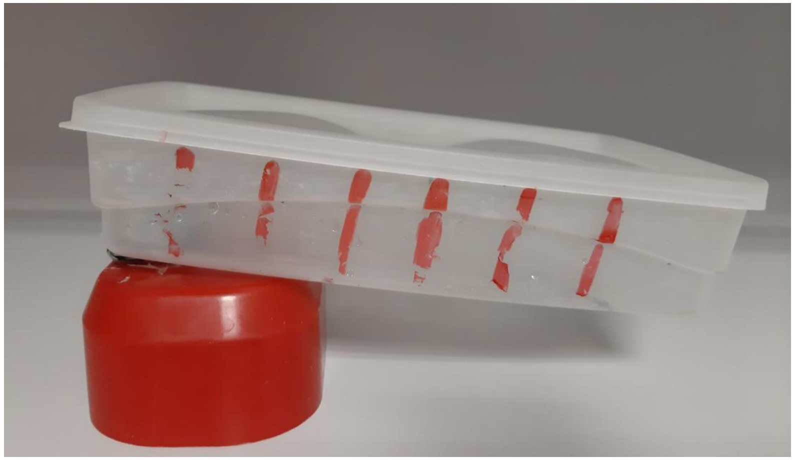
H=15 cm

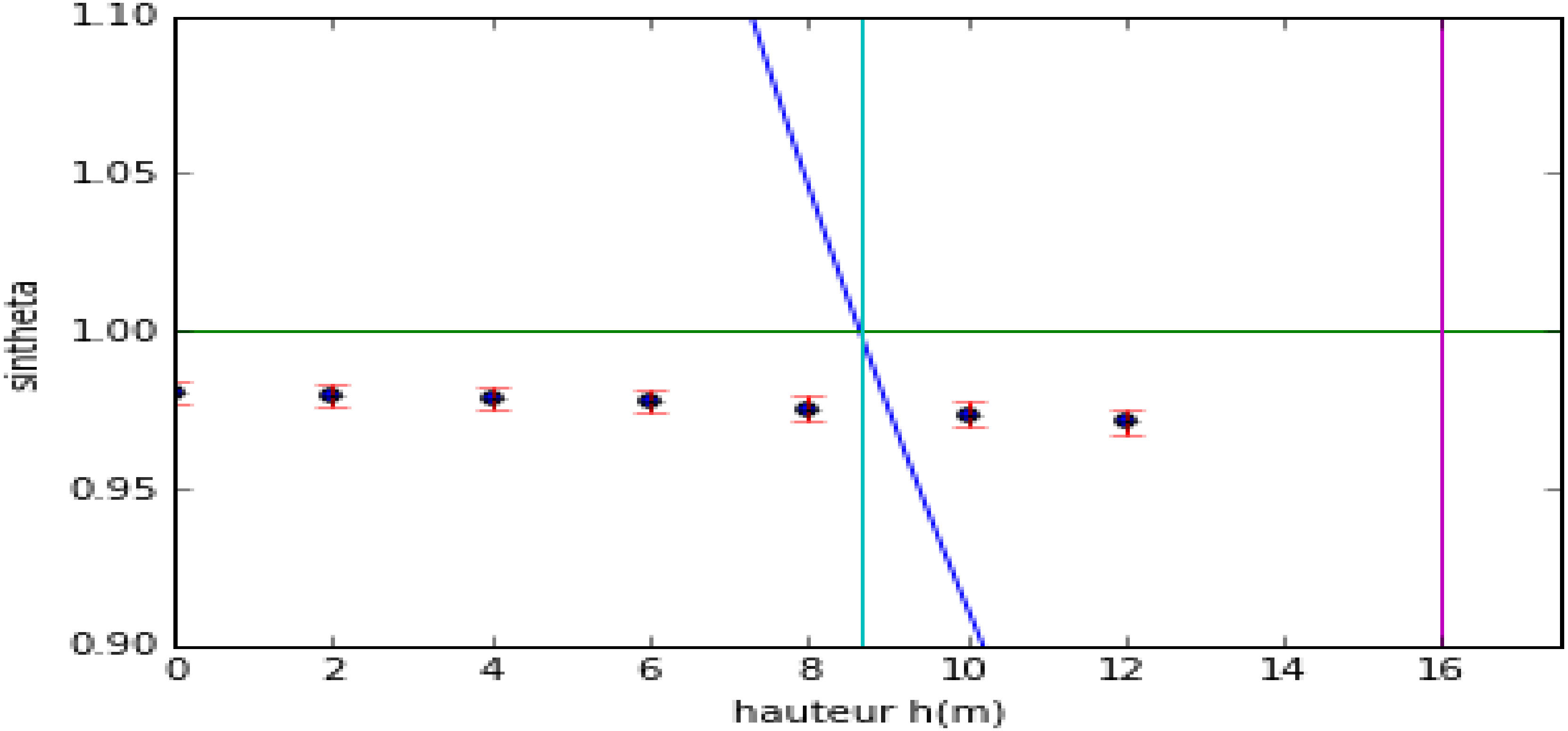




Méthode de Monte Carlo appliquée aux résultats







N° inscription : 39016

Conclusion

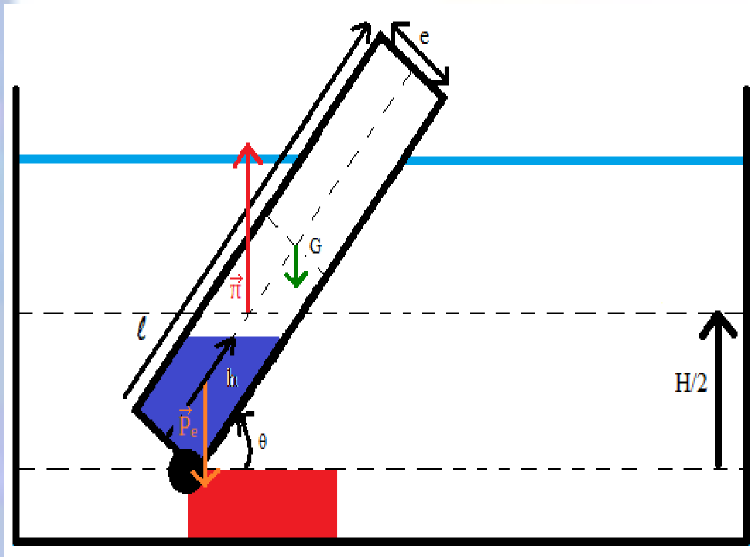
MOSE, Venise, Italie

Vannes de la Tamise, Londres, Royaume-Uni

Baby MOSE, Chioggia, Italie

N° inscription : 39016

Annexe



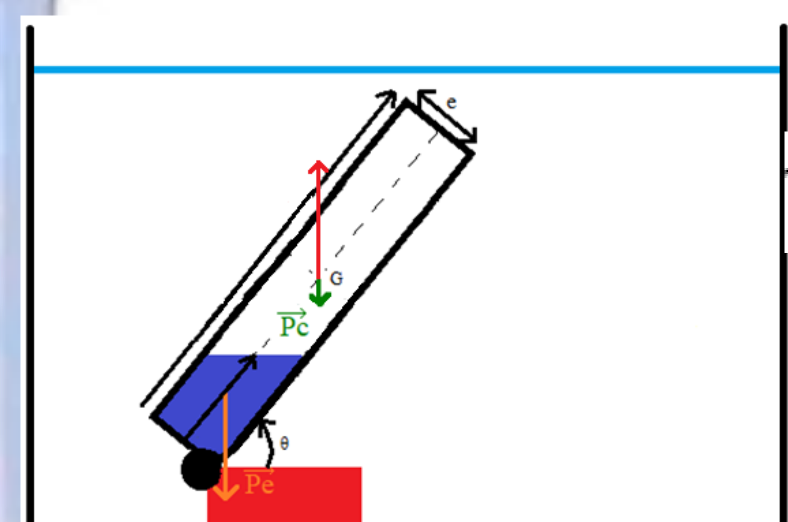
$$\mathcal{M}_P = -(\lambda_e h^2 + \lambda_c \ell^2)\ \frac{g \cos\theta}{2}$$

$$\mathcal{M}_\pi = \lambda_e \frac{H^2 g}{2 \sin^2\theta} \cos\theta$$

$$\text{TMC} : \mathcal{M}_\pi + \mathcal{M}_P = 0 \Rightarrow (\lambda_e h^2 + \lambda_c \ell^2)\ \frac{g\cos\theta}{2} = \lambda_e\ \frac{g\, H^2 \cos\theta}{2 \sin^2\theta}$$

$$\Rightarrow \cos\theta = 0 \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \sin^2\theta = \frac{H^2}{h^2 + \lambda l^2} \Rightarrow \sin\theta = \sqrt{\frac{H^2}{h^2 + \lambda l^2}}$$



$$\mathcal{M}_\pi = \rho_e S e g \frac{\ell}{2} \cos\theta = \lambda_e \frac{\ell^2 g \cos\theta}{2}$$

$$\text{TMC} : \mathcal{M}_\pi + \mathcal{M}_P = 0 \Rightarrow (\lambda_e h^2 + \lambda_c \ell^2)\ \frac{g\cos\theta}{2} = \lambda_e\ \frac{l^2 g \cos\theta}{2}$$

$$\Rightarrow h^2 = \ell\ \frac{\lambda e - \lambda c}{\lambda e} \Rightarrow h = \ell\ \sqrt{1-\lambda}$$