


**LAMPADAIRE LUMÉA**

Référence : thème M1 A2

## Stabilité du lampadaire

<b>CENTRE D'INTERÊT</b>	<b>CI 9 - Comportement mécanique</b>			
<b>Compétences visées</b>	O5 – Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance CO5.1 – Expliquer des éléments de modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système. CO5.2 – Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle.			
<b>Connaissances associées</b>	2.3.3 Comportement mécanique des systèmes. 2.3.2 Comportement des matériaux			
<b>Prérequis</b>	Principe fondamental de la statique Contraintes de compression et de flexion. Bases de l'outil numérique : modeleur Allplan : Tracer un contour 2D / Mesurer une Aire			
<b>Conditions de réalisation</b>	 2 heures	<b>Nature de l'activité</b>		<b>Organisation de l'activité</b>
		TD	Étude de cas	TP
<b>Ressources</b>		extrait de l'Eurocode 1 EC1-ENV 1991 novembre 2005 et Annexe Nationale de mars 2008 Manipulation sur le tiers central : fichiers Tiers_central.pptx ou Tiers_central.pdf		
		Fiches ressources	surface_LUMEA_2DR1.pdf mat_3m.pdf Rappel_frottement.pdf Tiers-central.pdf Allplan_Lumea_CQ9_3D_avec_ressources.zip	
		Consulter le site : <a href="http://www.icab.fr/guide/">www.icab.fr/guide/</a> : puis Formulaires de calcul puis Pression du vent (Eurocode 1 / NV65) .		

## PRINCIPE DE L'ACTIVITÉ

À partir d'une donnée météorologique (vitesse du vent), déterminer les dimensions minimales du massif afin que le candélabre conserve sa stabilité.

Le principe est de déterminer la pression exercée par le vent à partir de sa vitesse, d'en déduire les efforts induits sur chaque élément du luminaire, d'évaluer tous les efforts transmis au massif de fondation.

Une fois la situation transcrite, le sol doit résister aux actions mécaniques que lui transmet le massif de fondation. Il faut appliquer le principe fondamental de l'équilibre statique pour résoudre cette situation à problème.

## SITUATION :

L'effet du vent le système tendance à renverser le luminaire, ceci d'autant plus que la surface la plus grande offerte au vent, la lanterne, se trouve en tête du mât.

La base du mât est fixée sur le massif de fondation. Ce montage permet de transmettre directement les efforts au sol de fondation sous le massif. L'excavation (la fouille, le trou) de la mise en place du socle du luminaire n'est pas remblayée.

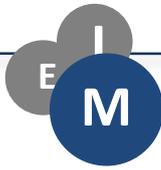
La situation consiste à déterminer les dimensions minimales du massif afin que le candélabre conserve sa stabilité sous l'effet du vent.

*Quelques hypothèses simplificatrices sont à prendre en compte :*

- *le coefficient de direction et le coefficient de saison ont été pris égaux à 1*
- *les coefficients d'exposition ou d'obstacle ont été négligés*
- *le coefficient structural est pris égal à 1*
- *les forces de frottement sont négligées*
- *le massif est choisi de forme cubique d'arête "a".*

*Quelques données numériques pour cette situation :*

- *La valeur du vent extrême, pour ce cas d'étude, est de 150 km.h<sup>-1</sup>.*
- *La résistance maximale du sol de fondation est de 200 kPa à l'état limite de service (en situation d'utilisation).*
- *Le poids volumique d'un béton C20/25, fabriqué sur le chantier est :  $\gamma_{\text{béton}}=2,20 \text{ kN.m}^{-3}$ .*
- *La masse de la lanterne est de 30,0 kg, celle du mât est de 24,0 kg.*
- *L'accélération de la pesanteur est 9,81 m.s<sup>-2</sup>.*
- *Coefficient de frottement : béton / sol :  $f_{\text{statique}} = 0,45$*



# I. VITESSE DU VENT / PRESSION

*La finalité de cette étape est le passage d'une vitesse du vent à une pression dynamique.*

## 1.1 Acquis préalables :

- Q.1.1 : Quelle expression littérale permet de passer de la vitesse du vent à la pression exercée sur une surface ? Préciser les unités ?  
Quelle est la valeur de la masse volumique de l'air à prendre pour la France ?

**Réponse :**

**Réponse :**

## 1.2 Passer de la vitesse du vent à la pression dynamique.

- Q.1.2 : Quelle est la valeur de la vitesse du vent en m/s ?  
Quelle pression dynamique exerce ce vent extrême ?

**Réponse :**

**Réponse :**

## II. BILAN DES ACTIONS MÉCANIQUES

*La finalité de cette étape est de mettre en équation l'équilibre statique en fonction de la variable "a" (l'arête du massif de fondation).*

### 2.1. Évaluer l'impact, action mécanique, du vent sur le luminaire :

La force F1 s'applique sur la partie basse du mât de diamètre 114 mm

La force F2 s'applique sur la partie haute du mât de diamètre 76,0 mm

La force F3 s'applique sur la lanterne dont l'aire de prise au vent est de  $0,385 \text{ m}^2$  (valeur mesurée).

Ouvrir le fichier [surface LUMEA 2D R1.pdf](#)

**Q 2.1.a Déterminer les forces horizontales induites par l'effet du vent sur chaque élément du luminaire en respectant le type d'annotation affecté au schéma ?**

**Réponse :**

**Q 2.1.b La surface de prise au vent mesurée est différente de celle donnée dans le document [mat 3m.pdf](#), quel coefficient de sécurité prend-on avec cette valeur (la valeur de référence est la valeur mesurée).**

**Réponse :**

### 2.2. Modéliser puis évaluer l'impact, action mécanique, du poids propre de chaque élément : mât, lanterne, massif.

**Q 2.2.a Faire le schéma mécanique du système dans le repère (M,x,z) : la liaison lampadaire avec le sol est un appui plan (axe vertical z, axe horizontal x).**

**Positionner les actions : poids propres et vent sur les éléments concernés.**

**Réponses :**

**Q 2.2.b Déterminer les forces verticales induites par le poids propre de chaque élément du luminaire en respectant le type d'annotation affecté au schéma ?**

*Remarque : la résolution se fait en fonction du paramètre "a" arête du massif à dimensionner.*

**Réponses :**

### 2.3. Faire le bilan des actions du système sur le sol.

Q.2.3.a Faire le bilan des actions verticales puis des actions horizontales.

*Remarque : l'écriture se fait en fonction du paramètre "a" arête du massif à dimensionner.*

**Réponse :**

Q.2.3.b Que dire des moments par rapport au point M provoqués par le poids propre de chaque élément (lanterne, mât, socle) ?

**Réponse :**

Q.2.3.c Calculer le moment par rapport au point O induit par l'action du vent sur chaque élément, en déduire le moment résultant.

*Remarque : l'écriture se fait en fonction du paramètre "a" arête du massif à dimensionner.*

**Réponse :**

### III. DIMENSIONNEMENT DU MASSIF DE FONDATION

*La finalité de cette étape est d'obtenir la dimension minimale de la variable "a" (l'arête du massif de fondation) dans la situation de départ : stabilité sous un vent extrême de 150 km/h.*

#### 3.1. Étude du sol de fondation :

Pour que la totalité de l'arase inférieure transmette les charges du luminaire et du vent sur le sol, la contrainte la plus petite reçue par le sol doit être positive ou nulle.

Notre étude se porte sur une semelle entièrement comprimée : consulter le document [info semelle.pdf](#).

L'action du système sur le sol doit être vérifiée aux 3 phénomènes :

- au non glissement sous l'effet des actions horizontales (poussée du vent),
- au non poinçonnement sous l'effet des actions verticales (poids propres),
- au non renversement sous l'effet du couple du vent sur le luminaire.

Pour que le sol n'atteigne pas sa limite de résistance sous l'action de la contrainte maximale, il faut que cette contrainte ne dépasse pas une valeur limite.

**Q.3.1.a Tracer la répartition limite de la contrainte sous l'arase inférieure du massif (prendre par exemple un segment de 9 cm pour la surface de contact : socle / sol).**

*Pour faciliter la compréhension du tiers central, il est opportun de réaliser la manipulation décrite dans ce fichier : [Tiers central.pdf](#)*

**Réponse :**

**Q.3.1.b Calculer la valeur de la contrainte maximale à prendre en compte pour ne pas minimiser la contrainte admissible du sol.**

**Réponse :**

#### 3.2. Actions limites du dessous du massif sur le sol :

**Q.3.2.a Vérifier le non glissement de l'ensemble du luminaire sur le sol.**

Rappel sur le modèle de Coulomb : pour le coefficient de frottement ouvrir [Rappel frottement.pdf](#).

**Réponse :**

**Q.3.2.b Déterminer les deux valeurs extrêmes (maximale et minimale) du côté "a" du socle cubique pour que l'ensemble du système ne poinçonne pas le sol.**

**Réponse :**

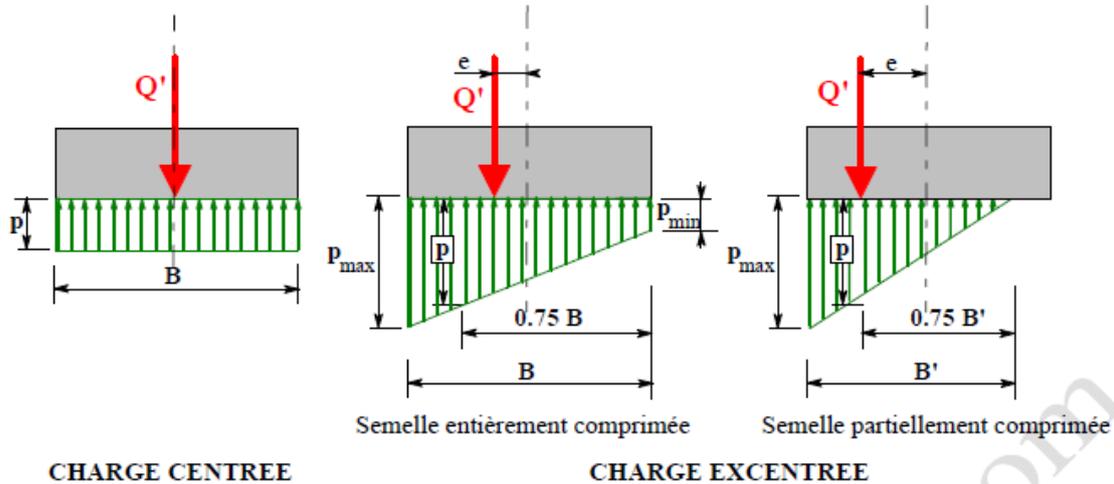
**Q.3.2.c Déterminer les dimensions minimales "a" du massif de fondation du luminaire afin que celui-ci ne se renverse pas sous l'effet du vent.**

**Réponse :**

**Q.3.2.d Proposer la valeur "a" du côté du cube qui vérifie les trois conditions (non glissement, non poinçonnement, non renversement) sachant que les dimensions des massifs varient en suivant un pas de 50 mm (200 / 250 / 300...).**

**Réponse :**

## Info\_semelle



Pour une **semelle isolée** soumise à une **charge centrée**.

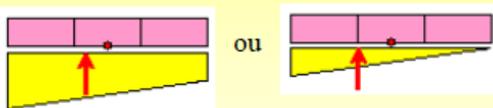
$$p = \frac{Q'}{B \times L}, \text{ si la semelle est } \mathbf{filante} \text{ on prend } \mathbf{L = 1.00 m}$$

Pour une semelle soumise à une **charge excentrée**, on calcule **p** au  $\frac{3}{4}$  de B.

$$p = \frac{3 p_{\max} + p_{\min}}{4} \text{ (notation D.T.U. 13.12)} \quad \text{ou} \quad q'_{\text{ref}} \leq \frac{3 q'_{\max} + q'_{\min}}{4} \text{ (notation Fascicule 62 titre V)}$$

### Réaction du sol sous la semelle : Diagramme des contraintes

- Si  $e_0 \leq \frac{B}{6}$  (résultante dans le noyau central)

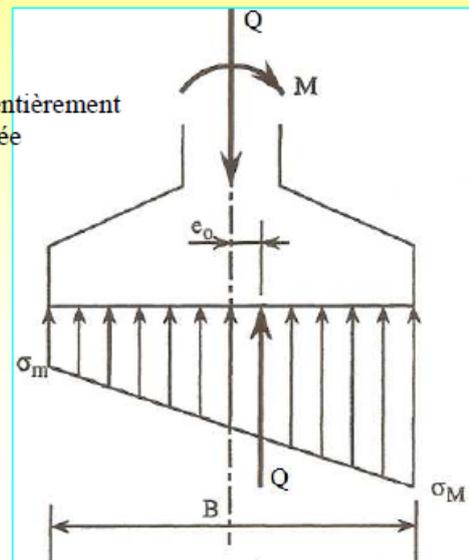


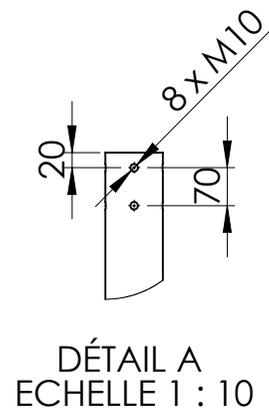
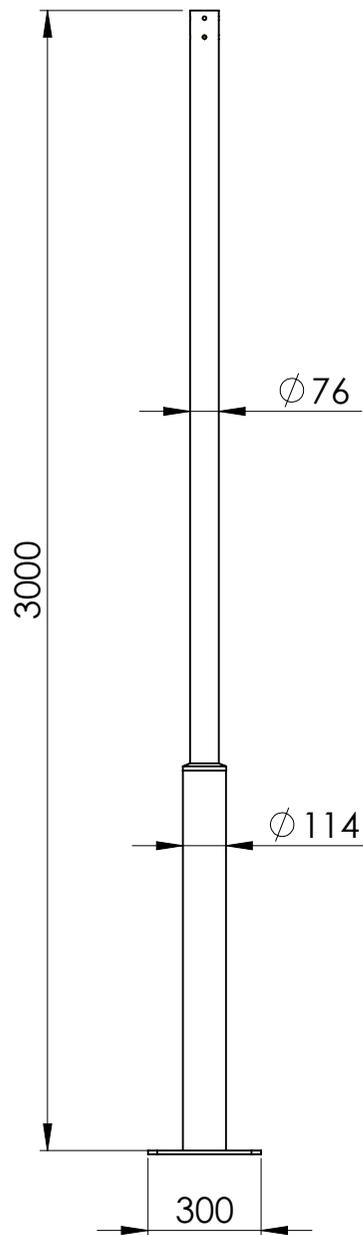
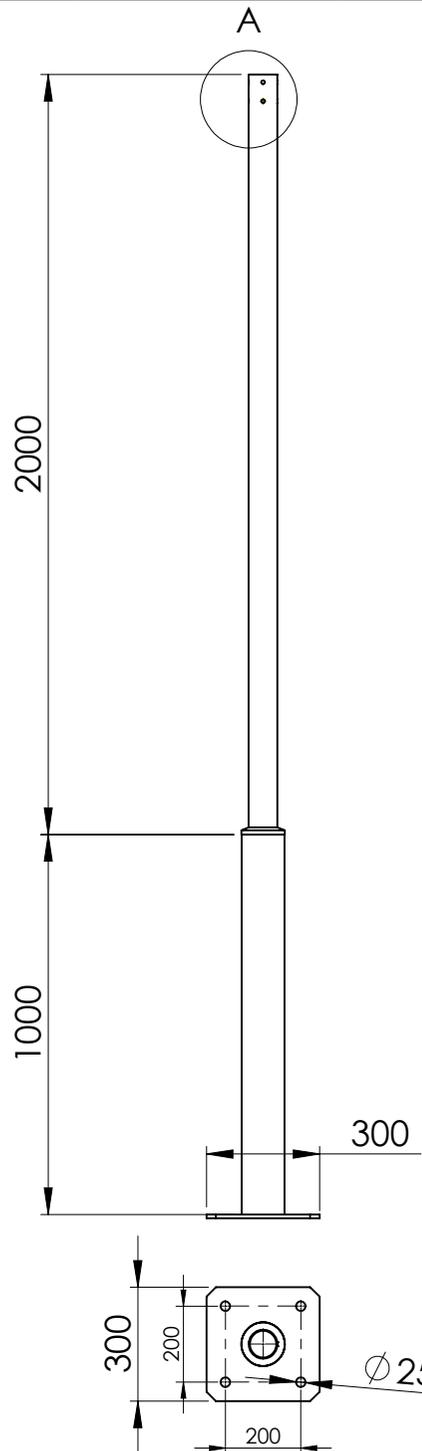
→ semelle entièrement comprimée

la *contrainte de contact*, a une répartition trapézoïdale sur toute la surface, est une *contrainte de compression* sous toute la semelle

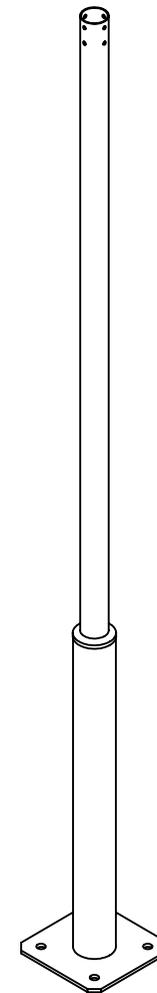
$$\sigma_m = \left(1 - 6 \frac{e_0}{B}\right) \frac{Q}{B \times L}$$

$$\sigma_M = \left(1 + 6 \frac{e_0}{B}\right) \frac{Q}{B \times L}$$





DÉTAIL A  
ECHELLE 1 : 10



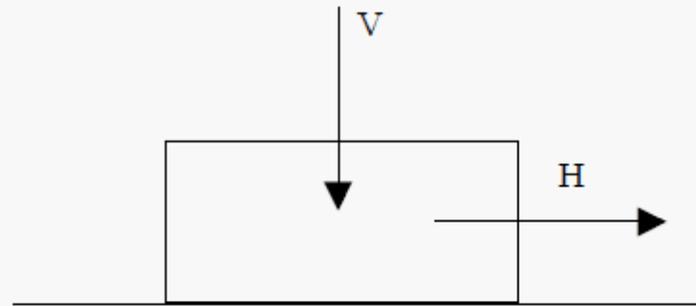
Poids de la lanterne :  
30kg

Surface de prise au vent :  
0,48m<sup>2</sup>

COMMENTAIRES	EXECUTE PAR	DM	DATE	02/02/2010	DESIGNATION	Mât 3m						
	Ce document est la propriété de NOVEA. Il ne peut être utilisé, reproduit ou ses contenus révélés à des tiers sans l'autorisation de NOVEA.				DESTINATION	Mât 3m LUMEA & SAD	TOLERANCES GENERALES					
					ECHELLE	1:50	MATIERE	Acier galvanisé	POIDS	26.26kg	COULEUR	
					REVISION	1	QUANTITE	A4	mât V1-2			
						SHEET 1 OF 1						

## *Rappels sur le frottement*

La modélisation théorique la plus couramment utilisée est le modèle de Coulomb.

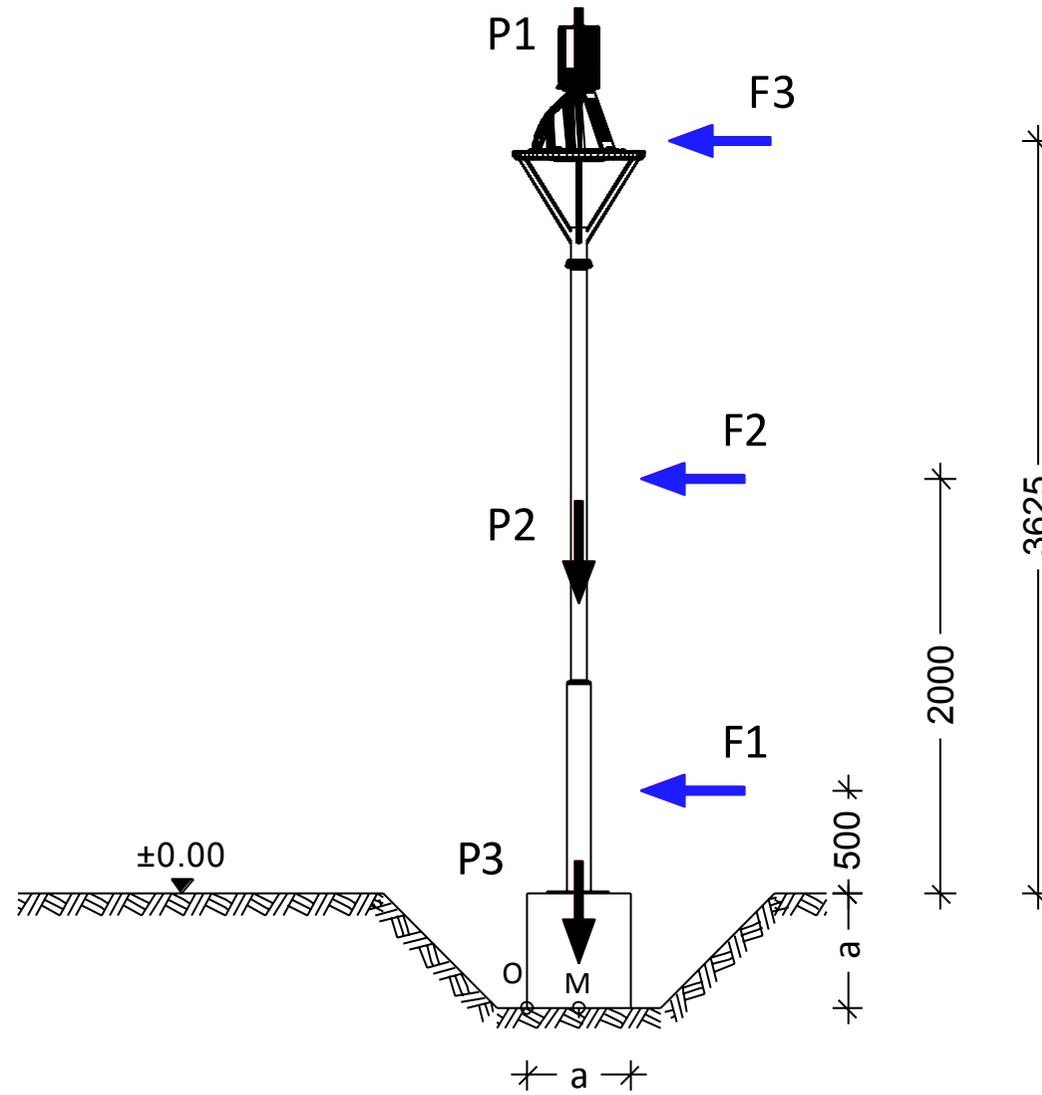


### **Définition du coefficient de frottement**

On désigne par  $V$  la force normale et  $H$  la force tangentielle appliquée. Le principe de l'action et de la réaction, nous donne, en l'absence d'accélération du bloc, que cette force  $H$  est égale à la composante horizontale de la force qui s'exerce à l'interface sol/structure. Le coefficient de frottement  $f$  statique est défini comme la valeur maximale que peut atteindre le rapport  $H/V$  sans que le bloc ne se déplace. Le coefficient  $f$  est réputé constant pour deux matériaux donnés.



Aire = 0.1912 m<sup>2</sup>  
hauteur CdG 3.6237 m



# TIERS CENTRAL

Finalité : visualiser la répartition des contraintes à l'interface de la matière.

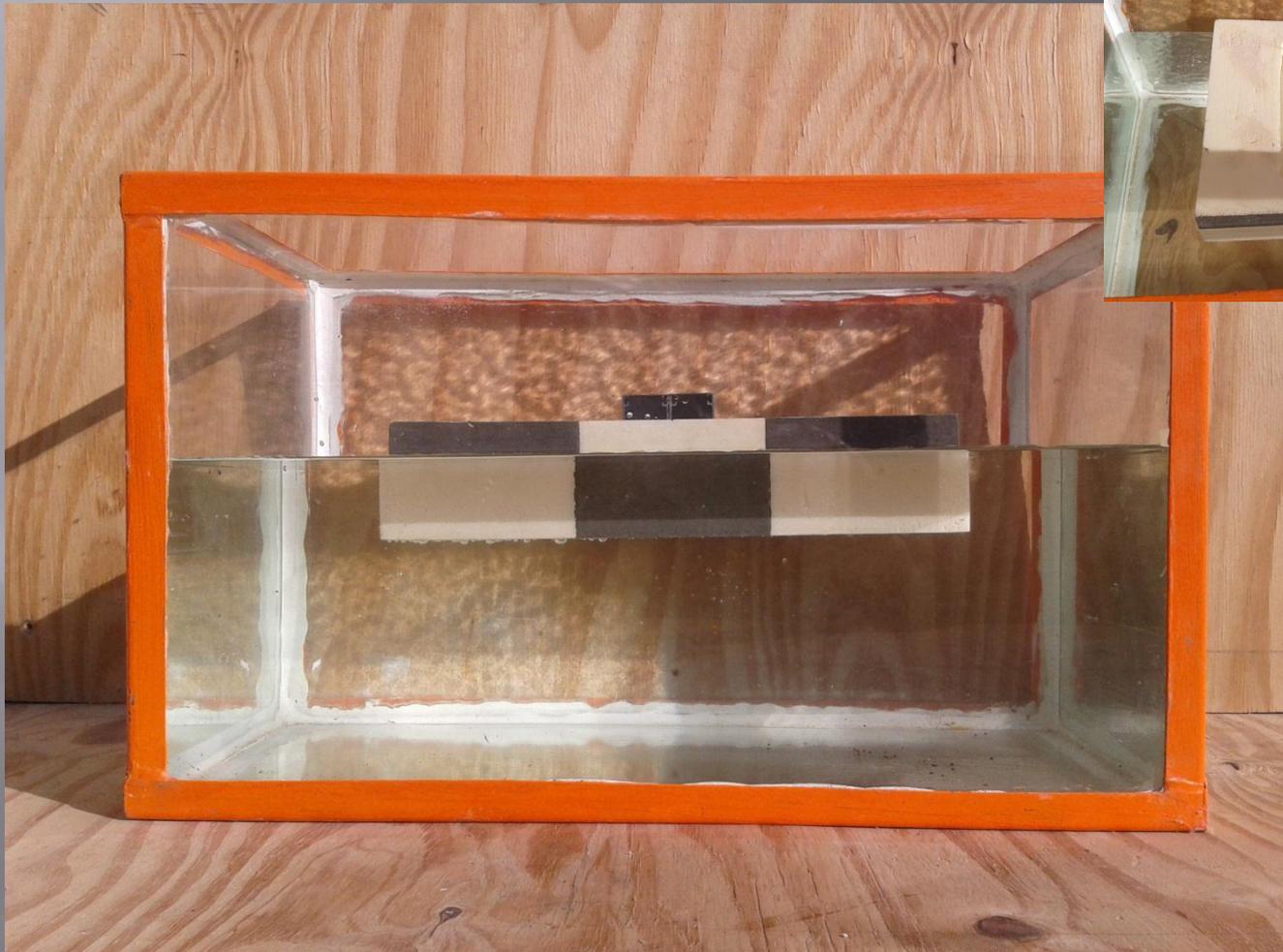
Solide en équilibre statique

# L'ESSAI

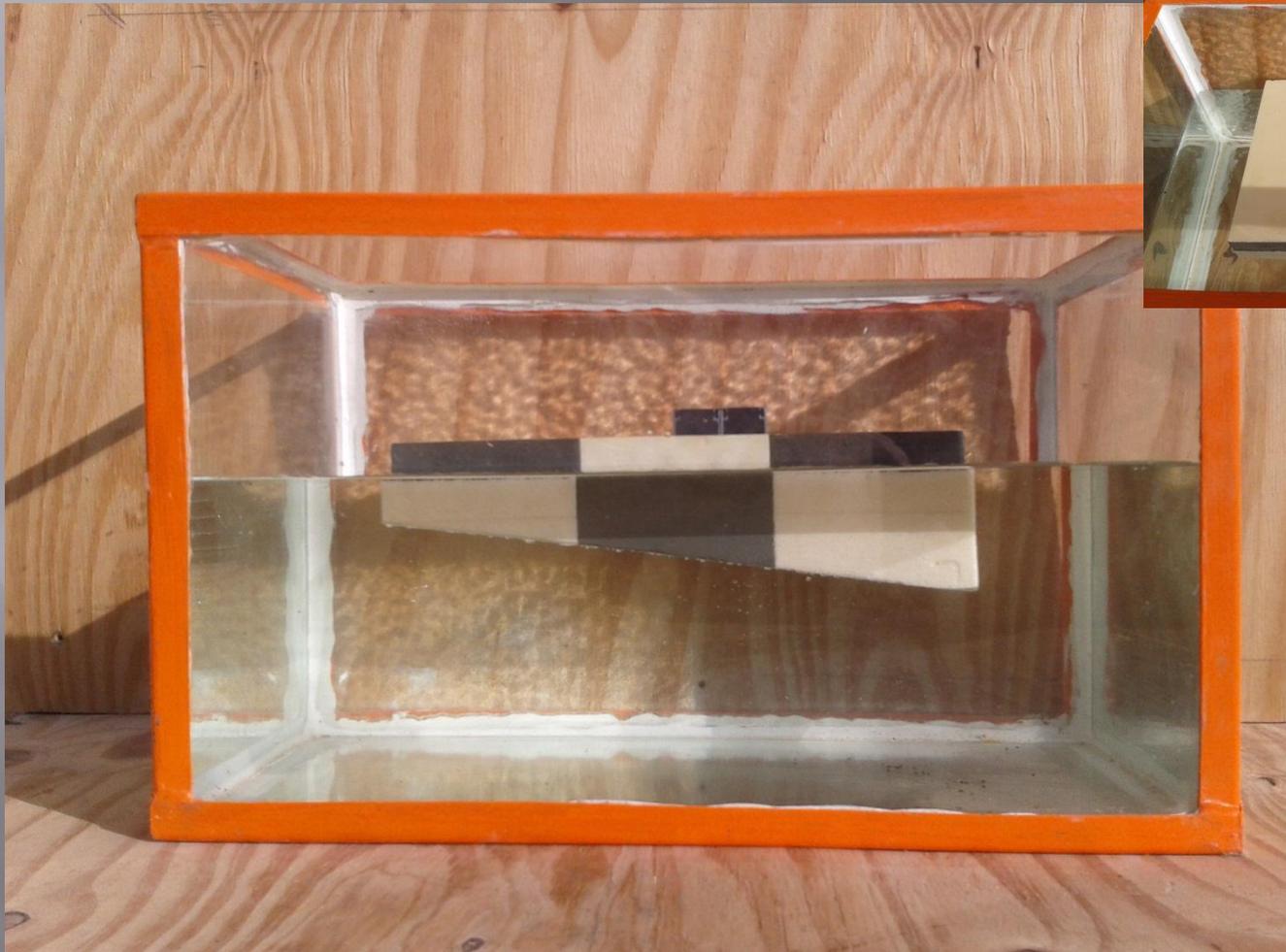
3 manipulations

- 1<sup>ière</sup> charge centrée axée dans le tiers central
- 2<sup>ième</sup> charge à l'intérieur de tiers central
- 3<sup>ième</sup> charge à la limite du tiers central

# Masse axée sur le tiers central diagramme rectangulaire



# Masse à l'intérieur du tiers central diagramme trapézoïdal



# Masse à la limite du tiers central diagramme triangulaire

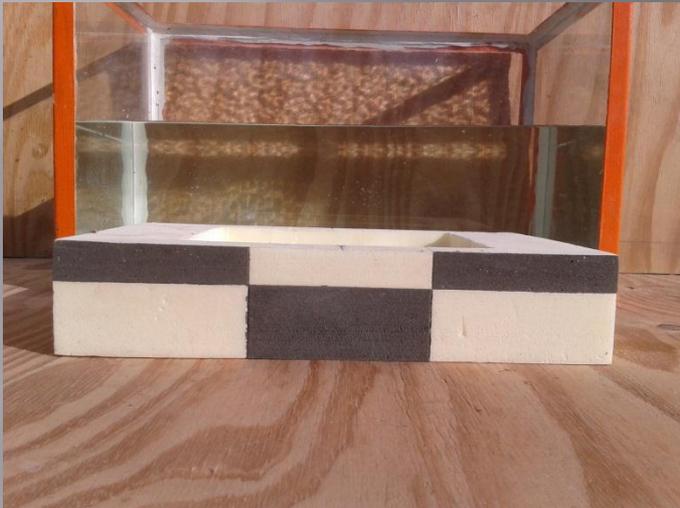


# LE MATÉRIEL

Ndlr : en voulant bien faire, j'avais ajouté 20mm au dessus de la ligne de flottaison, mais cela à augmenter le couple masse/ centre de poussée, c'est la raison du défonçage fait au niveau du chargement.

Solution : ne pas prévoir ces 20mm au dessus de la ligne de flottaison (dimension mise en parenthèse dans le descriptif du matériel)

Matériels : 4 blocs de Styrodur prédécoupés  
un aquarium et une masse



# aquarium



hauteur supérieure à 80,0 (hauteur la plus haute des blocs)  
longueur supérieure à longueur des blocs  
profondeur supérieure à la profondeur des blocs

Remplir avec plus de 80,0 d'eau en hauteur

# Bloc : section rectangulaire



hauteur 40,0(+20,0 facultatif)

longueur 300

profondeur 200

Section :  $40,0 \times 300 \times 200 = 2,40 \cdot 10^6$

Préparer le partage vertical en trois tiers

# Bloc : section trapézoïdale



hauteurs 20,0 à gauche 60,0 à droite (+20,0 facultatif)

longueur 300

profondeur 200

Section :  $(20,0+60,0)/2 \times 300 \times 200 = 2,40 \cdot 10^6$

Préparer le partage vertical en trois tiers

# Bloc : section rectangulaire



hauteurs 0,00 à gauche ; 80,0 à droite (+20,0 facultatif)

longueur 300

profondeur 200

Section :  $(80,0/2) \times 300 \times 200 = 2,40 \cdot 10^6$

Préparer le partage vertical en trois tiers

# Masse de plomb



Masse de 2,40 kg

La masse est égale à la masse de volume d'eau déplacée par la partie immergée

Fin