

1 – Mise en situation

On s'intéresse à un bâtiment correspondant à une avancée sur un cours d'eau. Son équilibre est assuré par un appui sur la dalle et à un câble reliant le sol du bâtiment à un mât.

On notera qu'au mât sont reliés trois câbles ; on appelle cela un haubannage, terme qu'on retrouve dans la marine (à voile). Cela dit, nous ne nous intéresserons pas à l'équilibre du haubannage ; seul celui du bâtiment en porte-à-faux sera considéré.

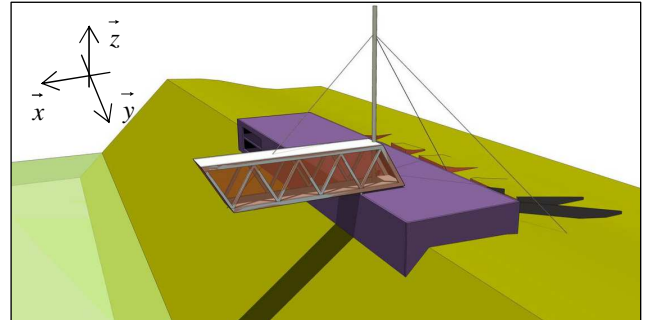


Fig. 1 : vue générale de l'implantation

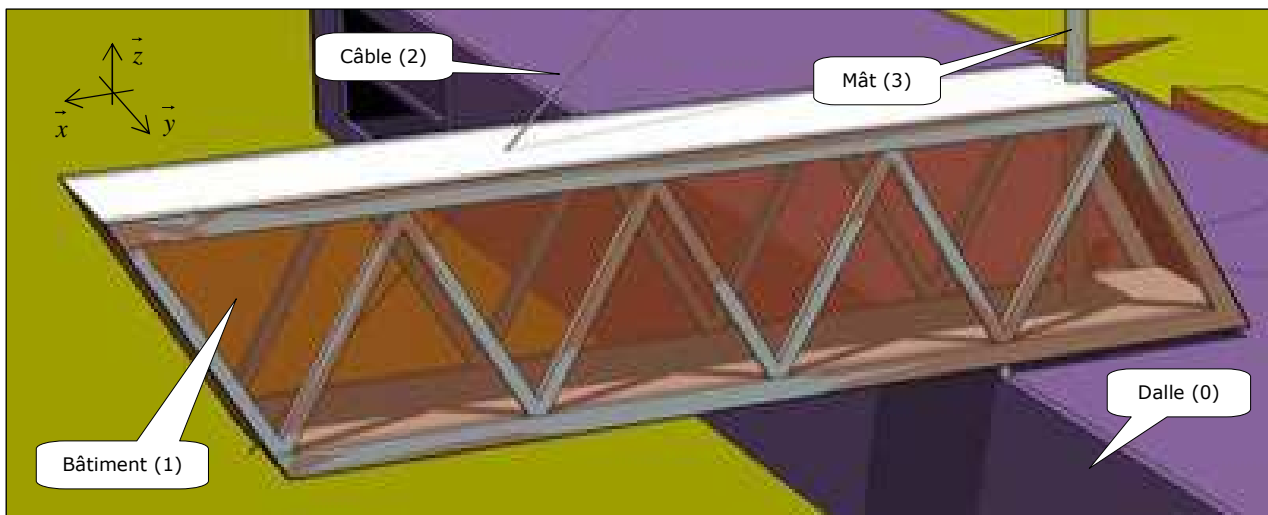


Fig. 2 : principaux éléments de la structure

2 – Objectif de l'étude

Partant des données fournies plus loin, on se propose de **dimensionner le câble (2)** qui participe à l'équilibre de la structure. Pour être plus précis, il s'agira de définir à partir d'un document constructeur fourni : le type de câble qui va bien (selon le champ d'application), sa référence et aussi la longueur (de câble) nécessaire.

Remarque : puisqu'il s'agit d'un cas d'équilibre, on comprend d'emblée qu'il sera nécessaire de mettre en œuvre le PFS (cas particulier du PFD pour lequel le système ne subit pas d'accélération). Aussi, dans cette activité, on s'attachera à mettre en œuvre le PFS sous ses trois formes, à savoir avec une approche :

- ⇒ graphique (vue en classe de première, ça rafraîchira la mémoire...),
- ⇒ analytique (vue aussi en première),
- ⇒ torsorielle (afin de mettre en œuvre les torseurs dans une étude complète).

L'idée de mener ces trois études statiques est simplement de vous aider à faire le lien entre elles et, bien entendu, vérifier que fondamentalement elles ne sont que le reflet d'une seule et même loi physique, celle de Newton (PFD).

3 – Données

→ Composition du bâtiment (1)

La composition du bâtiment (1) se résume à trois éléments architecturaux :

- ⇒ Une dalle en béton (au sol uniquement)
Épaisseur : $e_D = 20 \text{ cm}$
- ⇒ Une structure en alliage d'aluminium
Masse : $m_{SA} = 9 \text{ t}$
- ⇒ Des panneaux latéraux en verre fumé
Épaisseur : $e_p = 18 \text{ mm}$

☞ Les masses volumiques utiles seront à prendre dans le cours.

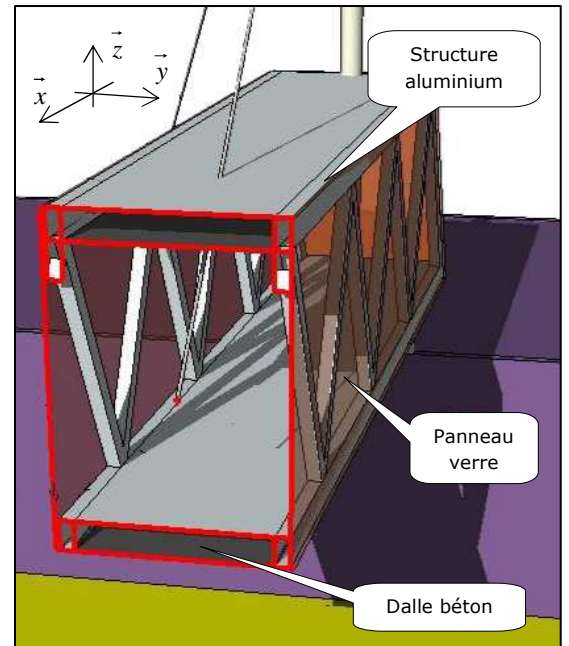


Fig. 3 : composition du bâtiment

→ Dimensions générales – Géométrie

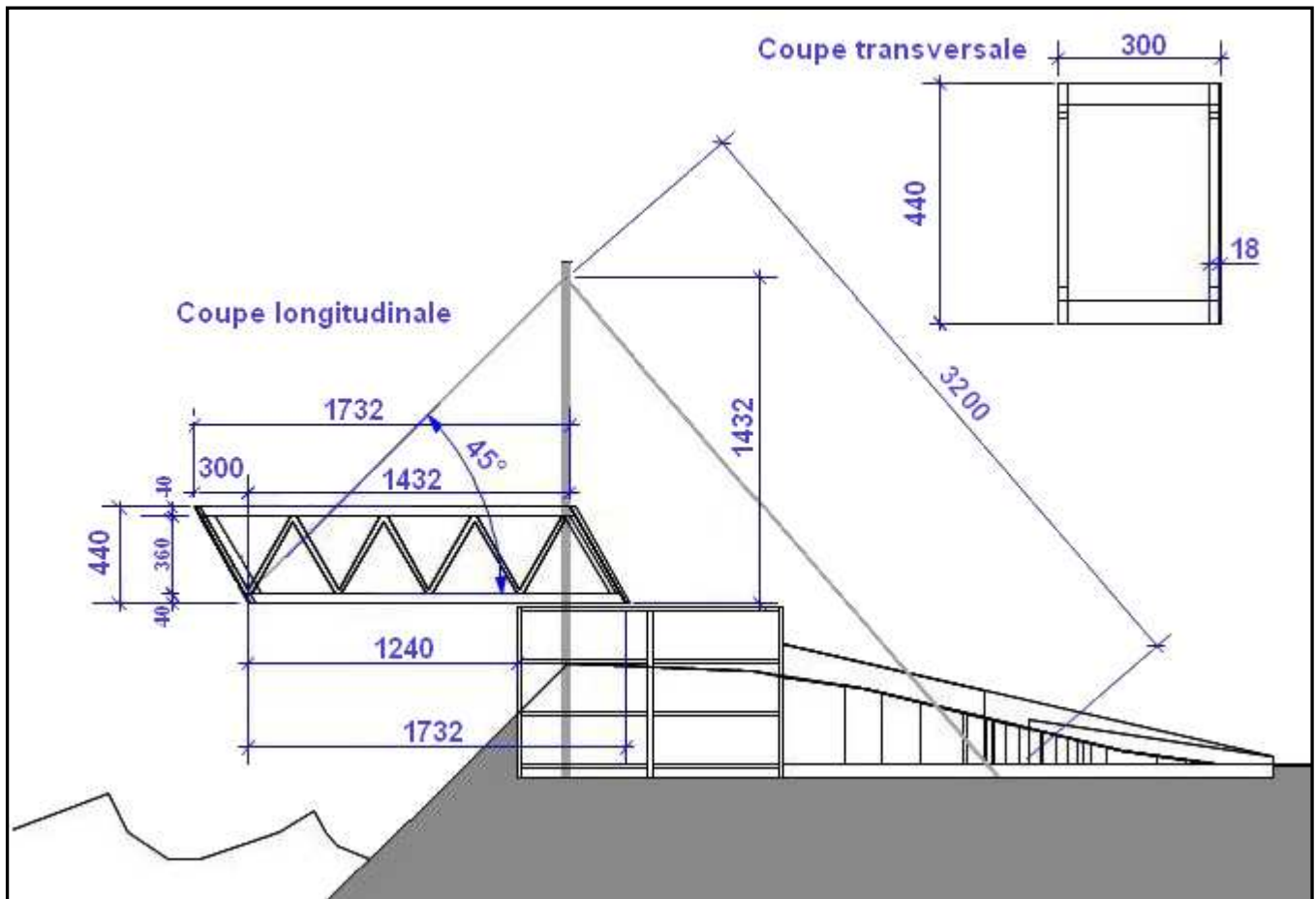


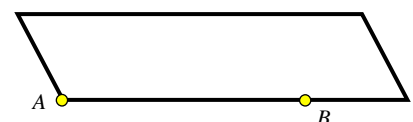
Fig. 4 : dimensions (cm) de l'ensemble de la structure

En vue de côté, le bâtiment (1) est assimilable à un parallélogramme.

Le câble (2) est en **liaison rotule de centre** A avec le bâtiment (1).

Le bâtiment (1) est en **liaison pivot d'axe** (B, \vec{y}) avec la dalle (0).

On donne $AB = 1240 \text{ cm}$ (conformément à la figure 4).



→ Chargement sur le bâtiment (1)

Le bâtiment (1) est sollicité par deux types de charges agissant simultanément :

- ⇒ Charges permanentes : il s'agit simplement du poids propre de la structure, c'est-à-dire le bâtiment en surplomb (sans le mât, sans les câbles) ; il faudra calculer ce poids...
- ⇒ Charges d'exploitation (ou charges mobiles) : il s'agit des charges placées dans le bâtiment pour son usage, ici des personnes uniquement ; la valeur maximale de ces charges d'exploitation est normalisée (NF P 06-001) et on a $Q_e = 3500 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. Ceci signifie que chaque mètre carré de la surface au sol à l'intérieur du bâtiment ne doit pas recevoir plus de 3500 Newtons.

→ Critères de bon dimensionnement du câble (2)

On se donne les deux critères suivants :

- ⇒ Critère de service : le câble (2) a une longueur telle que le bâtiment (1) doit être le plus horizontal possible, ce qui se traduit géométriquement par le fait que, une fois le câble (2) installé, les points A et B sont portés par la même horizontale (le point A n'est ni plus haut ni plus bas que le point B).
- ⇒ Critère de sécurité : le câble doit résister à l'effort de traction (inconnu pour le moment) auquel il est soumis ; on utilisera un coefficient de sécurité $s = 1,3$.

4 – Travail demandé

↔ 02H00 ↔

Il se décompose en quatre parties dépendantes les unes des autres ; le but est de trouver l'effort de traction que subit le câble (2) en vue de le dimensionner correctement.

PARTIE A : calcul des charges générées par le bâtiment ; leur connaissance est indispensable car ce sont elles qui sont à la base de la sollicitation que subit le câble (2).

PARTIE B : études statiques visant à évaluer l'effort de traction dans le câble (2).

B1 : méthodes de résolution graphique.

B2 : méthodes de résolution analytique.

B3 : méthodes de résolution torsorielle.

PARTIE C : choix d'un câble convenable au regard du critère de sécurité.

PARTIE D : calcul de la longueur de câble au regard du critère de service.

Remarque : le travail proposé est volontairement peu guidé ; à vous d'organiser les choses à faire avec cohérence et bon sens ; ce faisant, d'un point de vue rédactionnel, une « approche brouillonnée » va s'imposer à vous, mais ça ne veut en aucun cas dire que votre copie doit être illisible. Il peut y avoir des ratures, mais on doit s'y retrouver (dire ce qu'on calcule, avec un titre, encadrer les résultats, bien nommer les choses, etc.)

PARTIE A

Calcul des charges générées par le bâtiment (1)

Charge permanente : le poids propre du bâtiment (1)

Q1 – Calculer en N le poids propre du bâtiment (1).

Q2 – Indiquer où se situe son point d'application, c'est-à-dire le centre de gravité G_1 du bâtiment (1).

- ☞ *On admettra que le centre de gravité recherché correspond au barycentre du parallélogramme que forme le contour du bâtiment (1).*
- ☞ *Faire un petit schéma avec 2 ou 3 cotes est probablement une bonne façon d'indiquer ce qui est demandé...*

Charge d'exploitation :

Q3 – Calculer en N l'intensité de la charge d'exploitation maximale autorisée.

Q4 – Indiquer où se situe son point d'application ; on nommera Q ce point.

- ☞ *Compléter le schéma précédent est probablement une bonne façon d'indiquer ce qui est demandé...*

PARTIE B

Recherche de l'effort de traction dans le câble (2)

B1 : mise en œuvre des méthodes de résolution graphiques.

Q5 – Mener les études de **statique graphique** nécessaires pour trouver l'intensité de l'effort de traction que subit le câble (2).

- ☞ *Important : pour vous simplifier la vie, on admettra que les points G_1 et Q sont confondus ; plus précisément, on placera en G_1 le poids propre du bâtiment (1) mais aussi la charge d'exploitation.*

Enfin, et c'est juste pour vous aider, on vous dit ce qui suit : (qu'on aurait pu ne pas vous dire...)

- ☞ *Il faut mener DEUX études de statique dans un ordre précis ; une première étude statique en isolant le câble (2), et une seconde étude statique en isolant le système { bâtiment (1) + câble (2) }.*
- ☞ *Une étude statique, c'est : 1) dire ce qu'on isole ; 2) faire le BAME (avec usage du PAM si nécessaire) ; 3) appliquer le PFS.*
- ☞ *En étude graphique, le BAME se fait à l'aide d'un tableau avec en colonne : « nom, point, direction, sens, intensité »).*
- ☞ *Les constructions graphiques sont à réaliser sur le DR1. Ne pas oublier de préciser l'échelle des forces*
- ☞ *Voir si nécessaire les fiches de cours qui se rapportent à ces notions et pourquoi pas les exercices y ayant trait. Idéalement, vous devriez être (très) autonome sur l'ensemble des choses demandées.*

B2 : mise en œuvre des méthodes de résolution analytiques.

Q6 – Mener les études de **statique analytique** nécessaires pour trouver l'intensité de l'effort de traction que subit le câble (2).

- ☞ Important : on appliquera le poids propre du bâtiment (1) en son centre de gravité G_1 et la charge d'exploitation en Q . On considèrera donc 4 forces et non plus 3 comme cela a été fait précédemment en graphique.
- ☞ Il faut ici aussi mener les deux mêmes études de statique, ceci en suivant exactement la même démarche !
- ☞ En étude analytique, le BAME se fait en écrivant des vecteurs ; ils seront exprimés dans le repère $\mathcal{R}(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ donné sur les figures.
- ☞ Voir si nécessaire les fiches de cours qui se rapportent à ces notions et pourquoi pas les exercices y ayant trait. Idéalement, vous devriez être (très) autonome sur l'ensemble des choses demandées.

B3 : mise en œuvre des méthodes de résolution torsorielles.

Q7 – Mener les études de **statique torsorielle** nécessaires pour trouver l'intensité de l'effort de traction que subit le câble (2).

- ☞ Important : On considèrera là encore 4 forces et non plus 3 comme cela a été fait précédemment en graphique.
- ☞ Encore les deux mêmes études de statique en suivant exactement la même démarche !
- ☞ Le BAME se fait en écrivant des torseurs ; ils seront exprimés dans le repère $\mathcal{R}(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ donné sur les figures.
- ☞ La nature des liaisons mécaniques évoquées dans la présentation en page 2 est à considérer pour faire le BAME.
- ☞ Voir si nécessaire les fiches de cours qui se rapportent à ces notions et pourquoi pas les exercices y ayant trait. Idéalement, vous devriez être (très) autonome sur l'ensemble des choses demandées.

PARTIE C

Choix d'un câble convenable au regard du critère de sécurité

Consulter la documentation fournie sur les câbles (fichier pdf).

Q8 – Partant de l'effort de traction précédemment déterminé, proposer un câble qui convient.

- ☞ Le coefficient de sécurité qui est donné dans la présentation est à considérer ici.

PARTIE D

Calcul de la longueur de câble (au regard du critère de service)

Le câble (2) est issu d'une bobine de laquelle on déroule puis coupe une longueur L .

Q9 – Préciser avec deux ou trois phrases maximum les précautions à prendre pour définir la longueur L à débiter.

- ☞ Le critère de service qui est donné dans la présentation est à considérer ici.

Q10 – Calculer la longueur L qu'il convient de débiter.