

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE PARIS LA VILETTE

CYCLE LICENCE

DISCIPLINE STRUCTURE II

PROF. : Marc LEYRAL & Sylvain EBODE



Pont Alamillo, Séville, 1987-199, Santiago Calatrava

TD S1 - A : APPROCHE SENSIBLE - INTRODUCTION AUX STRUCTURES

Marc LEYRAL

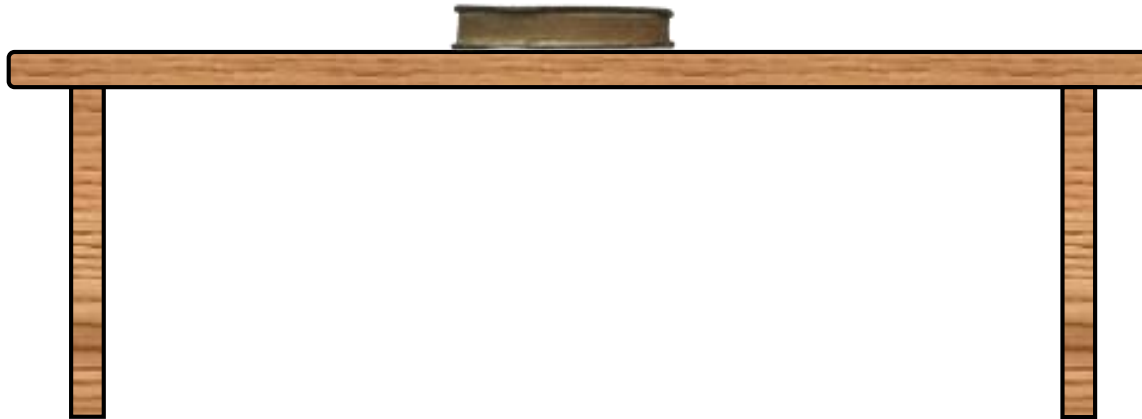
Une autre approche du cours

Ce qui a été vu en amphi :

- **Les forces**
- **Les moments**
- **Les équilibres**
- **La stabilité**

Revenons sur ces notions.

Un livre sur une table « tient ». Evident. Oui, mais pourquoi ?



Le livre exerce une force sur la table

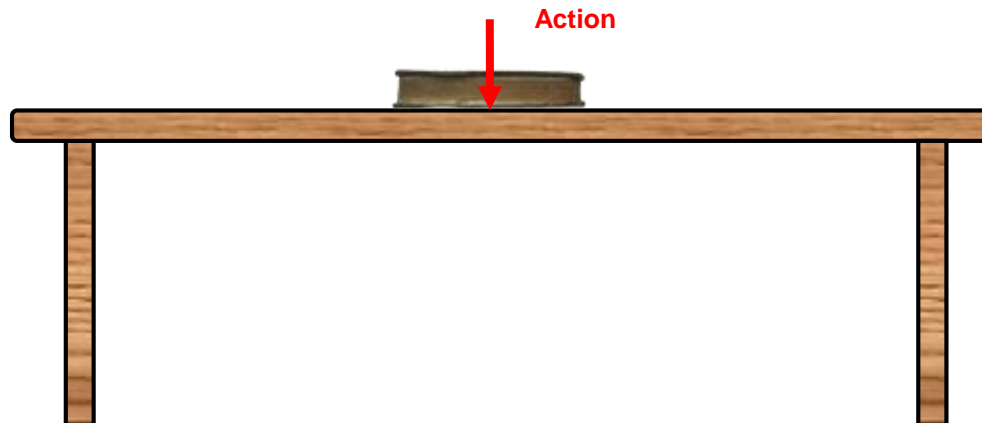
Une force c'est quoi ?

C'est une grandeur physique qui pousse les corps à translater.

La représentation vectorielle du poids se compose:

- D'un point d'application : le centre de gravité
- Une intensité ($10 \text{ N} = 1 \text{ kg}$)
- Une direction : verticale
- Un sens vers le bas

On appelle ACTION la force exercée par le poids du livre sur la table

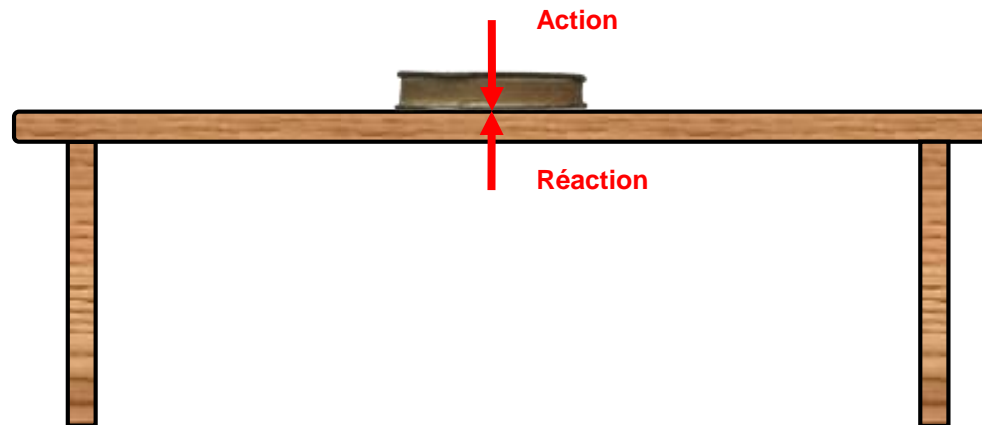


Le principe des actions réciproques (3^e Loi de Newton) nous dit que tout corps exerçant une ACTION sur un autre corps reçoit en retour une REACTION opposée.

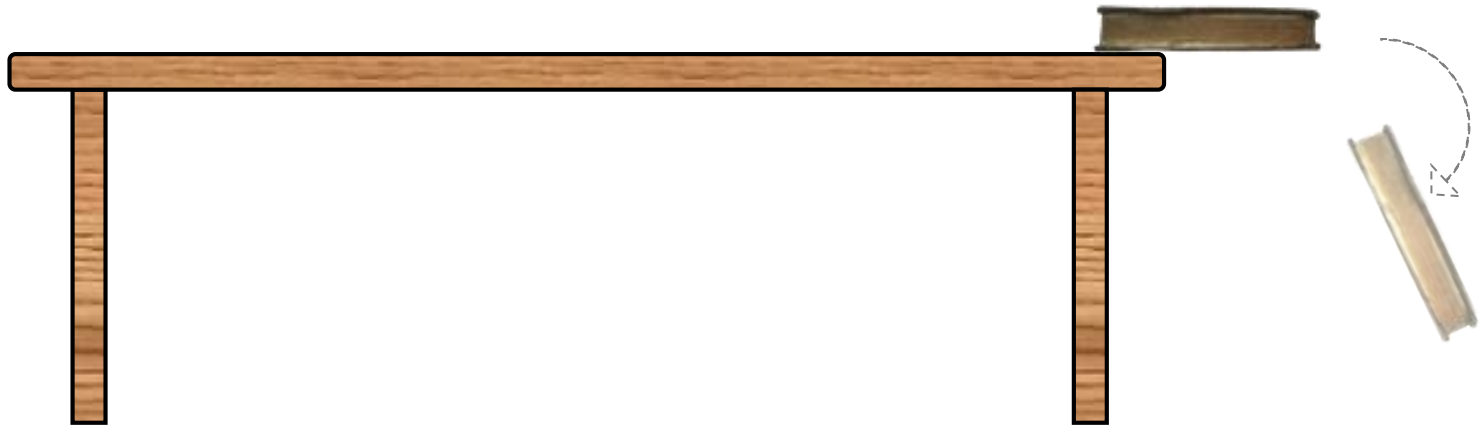
Le livre impose une action à la table qui réagit en provoquant une réaction.

« OPPOSEE », cela veut dire qu'il faut qu'elles respectent trois conditions :

1. Elles sont de même grandeur
2. Elles sont de sens opposés
3. Elles sont rigoureusement alignées

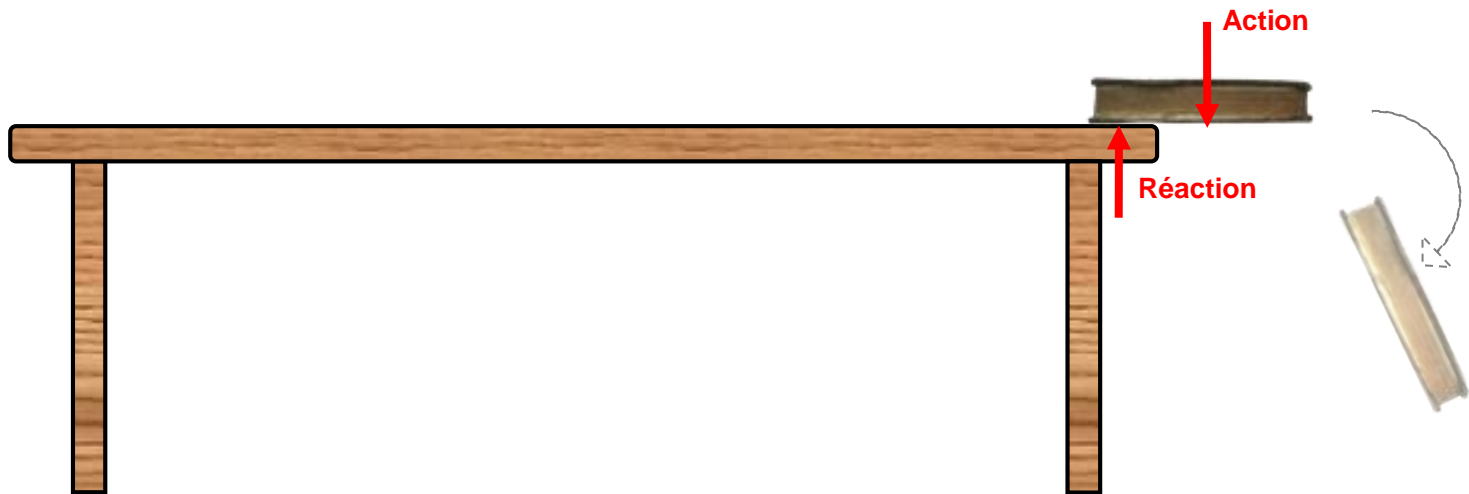


Que se passe-t-il lorsqu'on décale le livre ?



Il tombe. Pourquoi ?

**Le livre tombe car la troisième condition n'est plus respectée :
ACTION et REACTION ne sont plus alignées.**



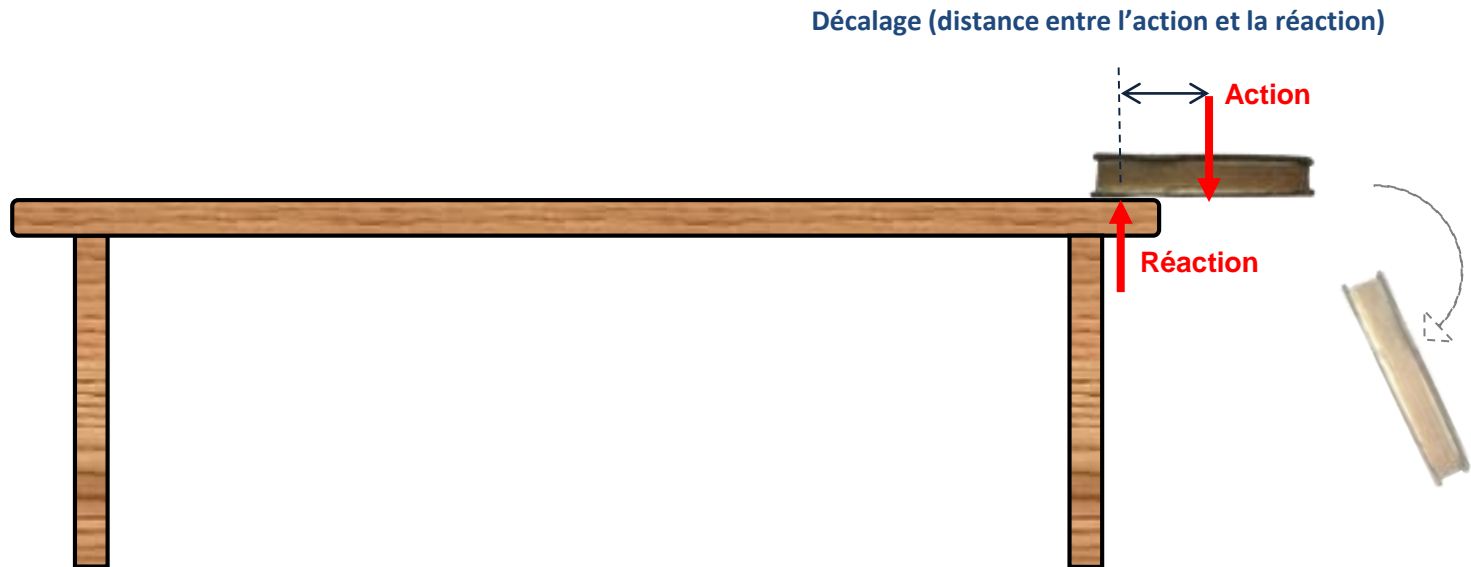
On observe que le livre tourne autour de la table en tombant.

C'est une rotation, ce n'est donc pas seulement dû à une force qui ne provoque que des translation.

Le décalage entre ACTION et REACTION a induit un moment.

Un **moment**, c'est une **autre grandeur physique** qui tend à faire **tourner** les corps, on parle de **rotation** ou de **basculement**.

Il se calcule par rapport à un point. Dans ce TD on fera toujours le calcul des moments par rapport au pivot (point autour duquel s'effectue la rotation)

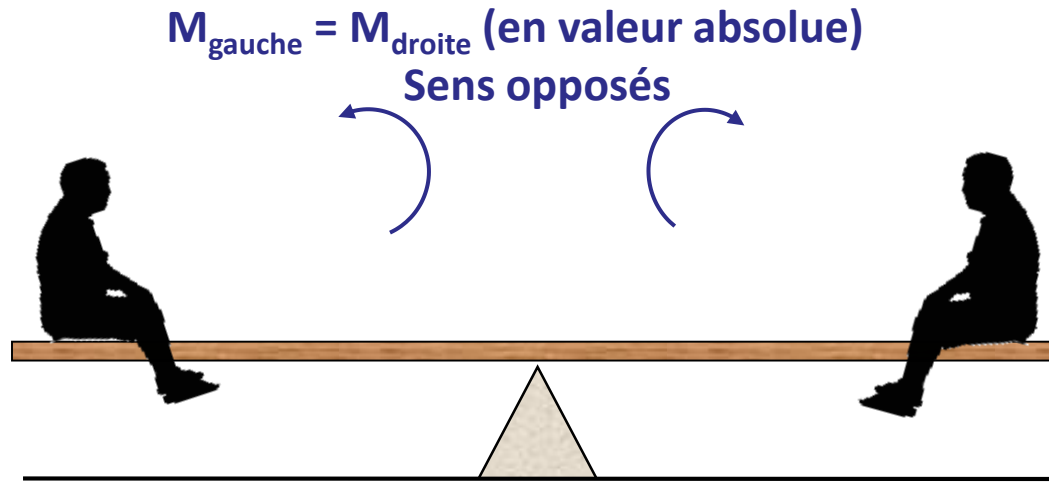


MOMENT = ACTION x DISTANCE (ou BRAS DE LEVIER)

Moment du livre = 10 N x 0,2 m = 2 N.m.

Des moments en équilibre

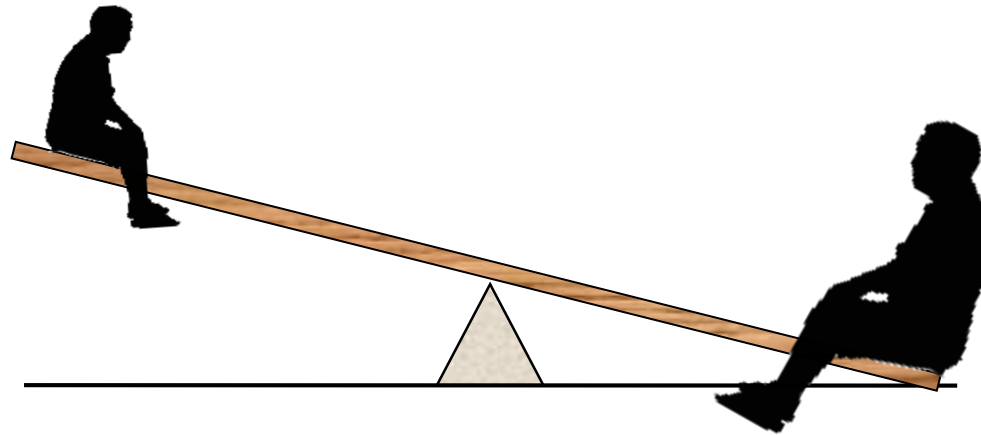
Il est possible de retrouver un équilibre sans réaligner les actions et les réactions.
Il suffit d'ajouter un ou plusieurs moments qui équilibrent le premier.



Les moments doivent alors être de même intensité mais de sens de rotation opposés.

Des moments en équilibre ?

En rajoutant du poids, la valeur du moment à droite augmente et dépasse le moment à gauche : l'équilibre est rompu → rotation jusqu'à un nouvel équilibre

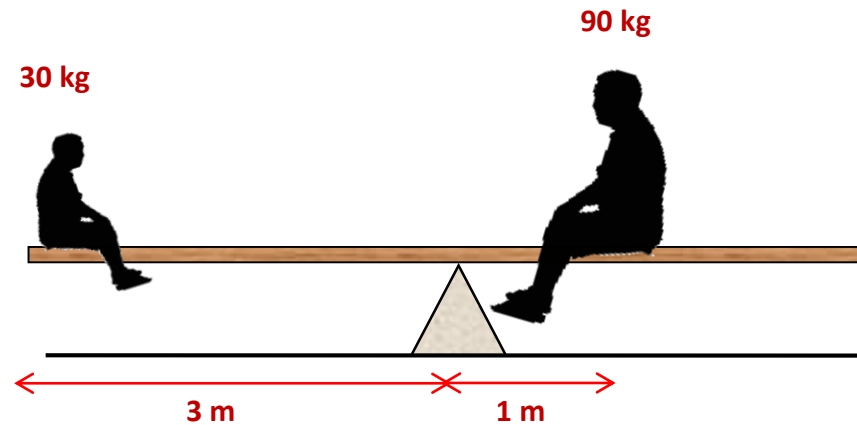


Comment rééquilibrer les moments ?

Des moments en équilibre ?

On ne peut pas modifier la masse de l'adulte, mais on peut modifier la distance qui le sépare de l'axe (bras de levier).

Pour avoir l'équilibre des moments produits par des forces d'intensités différentes :
Poids faibles x Bras de levier important = Poids lourds x Bras de levier réduit



Un exemple dans l'architecture :



La flèche du Génie Civil, architecte Jean Van Dooselare, sculpteur Jacques Moeschal, ingénieur André Paduart, 1958, Exposition Universelle de Bruxelles (aujourd'hui détruite)

Un exemple contre-intuitif.

Comment ça tient ?

Pourquoi ne tombe-t-elle pas ?

Le porte-à-faux est gigantesque (78 mètres !)



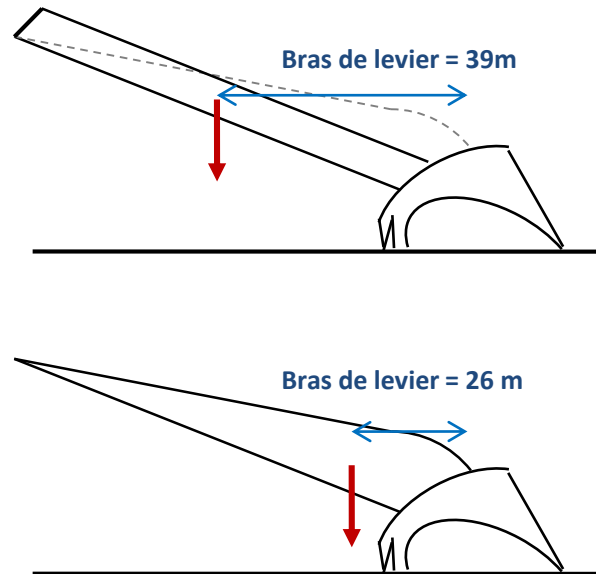
Intuitivement, si ça devait tomber, il se produirait une rotation à la base de la flèche et la pointe tournerait jusqu'à toucher le sol.

Rotation = Moment : le défi de cette construction vient d'un problème de moment.

Imaginons une flèche de même masse mais de forme rectangulaire.

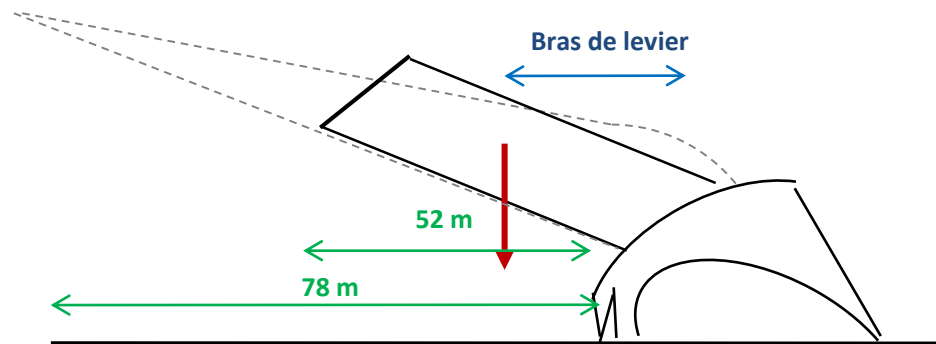
La résultante du poids s'exerce au centre de gravité, le bras de levier partirait donc du milieu de la flèche.

Grâce à sa forme triangulaire, cette résultante s'exprime beaucoup plus près de la base.

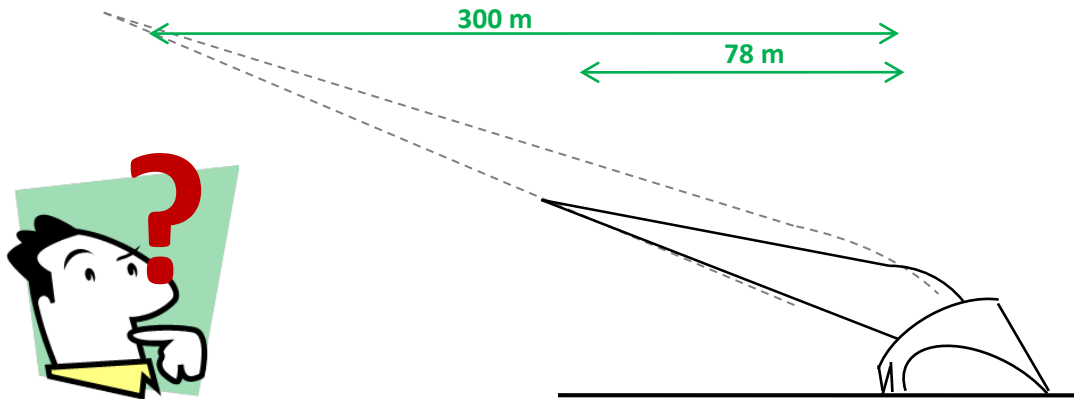


- Pour une flèche triangulaire, le centre de gravité se situe à environ $1/3$ du bord
→ bras de levier = $78/3 = 26$ mètres
- Pour une flèche rectangulaire de même masse, c'est au milieu
→ bras de levier = 39 mètres

On pourrait également dire que si on voulait réaliser une flèche rectangulaire de même masse et être sûr qu'elle ne tombe pas au sol, il faudrait prendre un bras de levier égal à celui de la flèche triangulaire, soit 26 mètres. Le porte-à-faux d'une telle flèche, ne serait donc « que » de 52 mètres, c'est moins épatant.



Pourquoi ne ferions-nous pas un porte-à-faux de 300 mètres ?

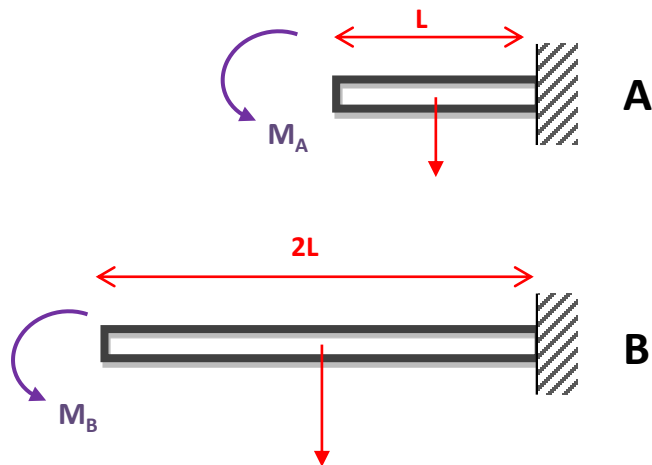


Pourquoi ne ferions-nous pas un porte-à-faux de 300 mètres ?

Le moment augmente avec la longueur d'un élément. OK.

A section constante, comment augmente-il lorsque l'élançement augmente ?

Linéairement ? En ralentissant ? Ou en accélérant ?



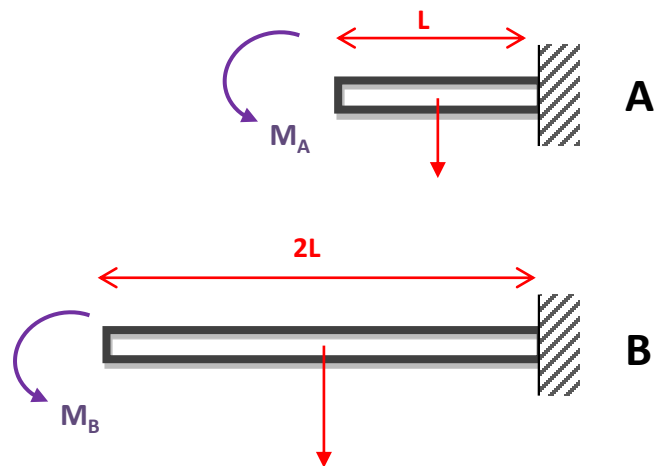
Comment est M_B par rapport à M_A ?

Pourquoi ne ferions-nous pas un porte-à-faux de 300 mètres ?

Le moment augmente avec la longueur d'un élément. OK.

A section constante, comment augmente-il lorsque l'élançement augmente ?

Linéairement ? En ralentissant ? Ou en accélérant ?



Comment est M_B par rapport à M_A ?

L'augmentation du moment est accélérée !

Si un l'élançement d'un élément augmente à section constante alors :

- Son poids augmente
- Son bras de levier augmente

Dans l'exemple :

Pour A :

- $F = P$
- $D = L/2$
- Donc $M_A = P \times L/2$

Pour B :

- $F = 2P$
- $D = L$
- Donc $M_B = P \times 2L$

Le moment de B est 4 fois plus grand que le moment de A alors qu'il est deux fois plus élançé !

L'élançement des structures est donc un point critique... on y reviendra.