

José OUIN

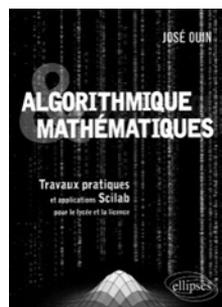
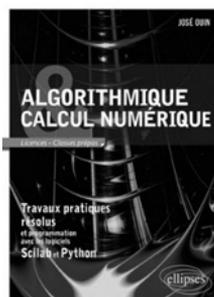
*Ingénieur INSA Toulouse
Ancien élève de l'ENS Cachan
Professeur Agrégé de Génie civil
Professeur Agrégé de Mathématiques*

MECANIQUE STI2D PAR LA PRATIQUE

Rappels de cours et exercices corrigés

Première et Terminale STI2D

Du même auteur aux Editions Ellipses et Educavivre



ISBN : 978-2-9592760-4-0

© José OUIIN



Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayant cause, est illicite" (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'auteur ou du Centre français du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

PREFACE

Maîtriser correctement les savoirs en mécanique et les appliquer avec méthode et rigueur à la résolution de cas concrets du domaine du génie civil n'est pas une démarche aisée et facile pour une majorité d'élèves des classes de première et terminale du baccalauréat sciences et techniques industrielles "génie civil".

Monsieur José OUIN a conduit une réflexion sur la manière la mieux adaptée aux lycéens afin qu'ils acquièrent des connaissances, des méthodes de travail et qu'ils aient des pré-requis solides pour continuer, dans de bonnes conditions, leurs études dans l'enseignement supérieur court (sections de techniciens supérieurs ou instituts universitaires de technologie).

Ce travail de fonds a débouché sur un ouvrage bien conçu qui sera un outil de travail parfaitement adapté à ceux qui seront amenés à l'utiliser en formation initiale et même en formation continue.

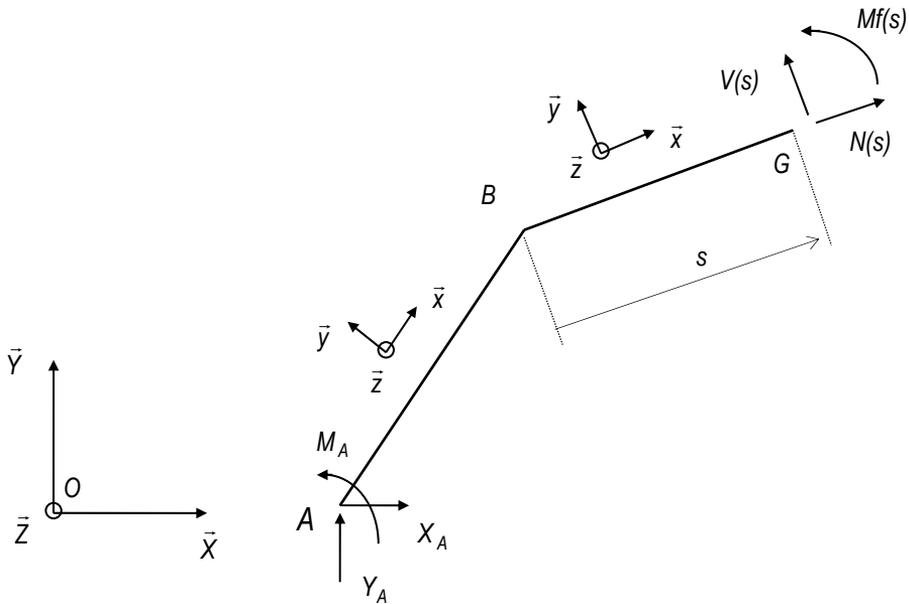
Ce livre est bien équilibré. Les rappels de cours sont clairs, concis mais suffisants. La partie consacrée aux applications est importante et couvre bien le programme. Les exemples sont nombreux et variés.

Monsieur José OUIN mérite des félicitations et des encouragements pour l'aide qu'il peut apporter à ses collègues et aux élèves dans une discipline difficile à maîtriser.

Je souhaite à cet ouvrage tout le succès qu'il mérite et remercie l'auteur qui est un professeur ayant de grandes qualités techniques et pédagogiques. Il fait profiter les enseignants de génie civil de son expérience et de tout son travail personnel qu'il conduit en permanence pour faire évoluer l'enseignement de la mécanique dans le secteur du génie civil.

Raoul CANTAREL
Inspecteur général honoraire
de l'Education nationale

2- CONVENTIONS DE SIGNE



Les conventions de signe utilisées dans les calculs de mécanique des structures sont les suivantes :

- Repère général $(O, \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$ absolument quelconque.
- Repère local $(G, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ $G\bar{x}$ étant la tangente orientée à la fibre moyenne.
- Les réactions de liaison et les déplacements de la structure sont exprimés en projection sur le repère général $(O, \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$.
- Le torseur de cohésion (torseur résultant des efforts appliqués à une abscisse curviligne supérieure à celle de G) est exprimé en projection sur le repère local $(G, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$.

Sollicitation internes

L'effort normal est la projection du torseur des efforts de cohésion sur l'axe $G\bar{x}$, on le note $N(s)$.

L'effort tranchant est la projection du torseur des efforts de cohésion sur l'axe $G\bar{y}$, on le note $V(s)$.

Le moment fléchissant est la projection du torseur des efforts de cohésion sur l'axe $G\bar{z}$, on le note $Mf(s)$.

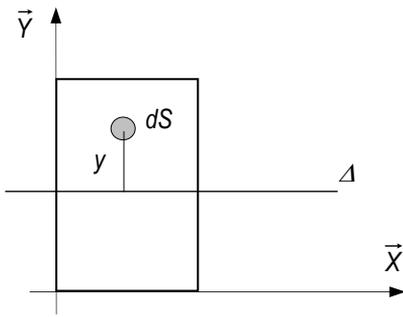
1- CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UNE SECTION

1-1. Moment statique – Centre de gravité

1-1.1 EXPRESSION DU MOMENT STATIQUE

On considère une surface plane homogène rectangulaire et l'on note S_{Δ} le moment statique de la surface par rapport à l'axe Δ .

Le moment statique S_{Δ} est défini par la formule suivante :



$$S_{\Delta} = \int_{\text{surface}} y \cdot dS \quad \text{en m}^3$$

Notations :

dS : surface élémentaire en m^2 ;

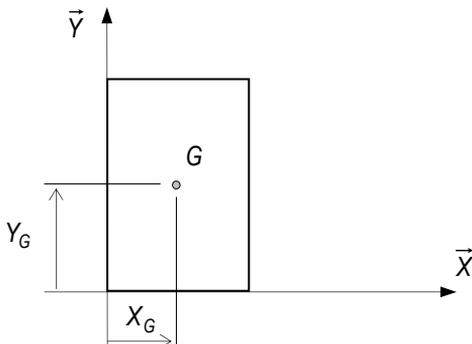
y : distance de la surface élémentaire dS par rapport à l'axe Δ en m.

Remarque :

Le moment statique d'une surface par rapport à un axe passant par son centre de gravité est égal à zéro.

1-1.2 EXPRESSION DU CENTRE DE GRAVITE

Les coordonnées $[X_G; Y_G]$ du centre de gravité G d'une surface plane homogène sont définies par les formules suivantes :



$$X_G = \frac{S_{\vec{Y}}}{A} \quad \text{en m}$$

$$Y_G = \frac{S_{\vec{X}}}{A} \quad \text{en m}$$

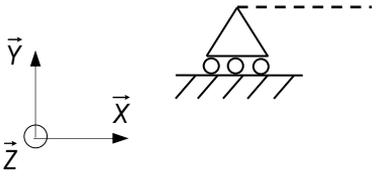
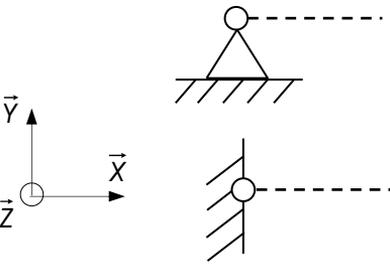
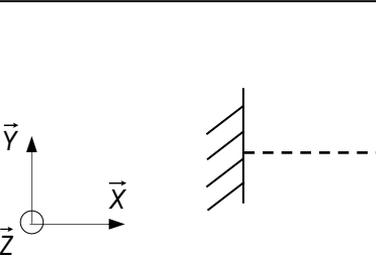
2- MODELISATION DES LIAISONS

2-1. Hypothèses

On ne considère que les liaisons idéales et l'on se place dans le cas d'un problème plan (structure plane chargée dans son plan).

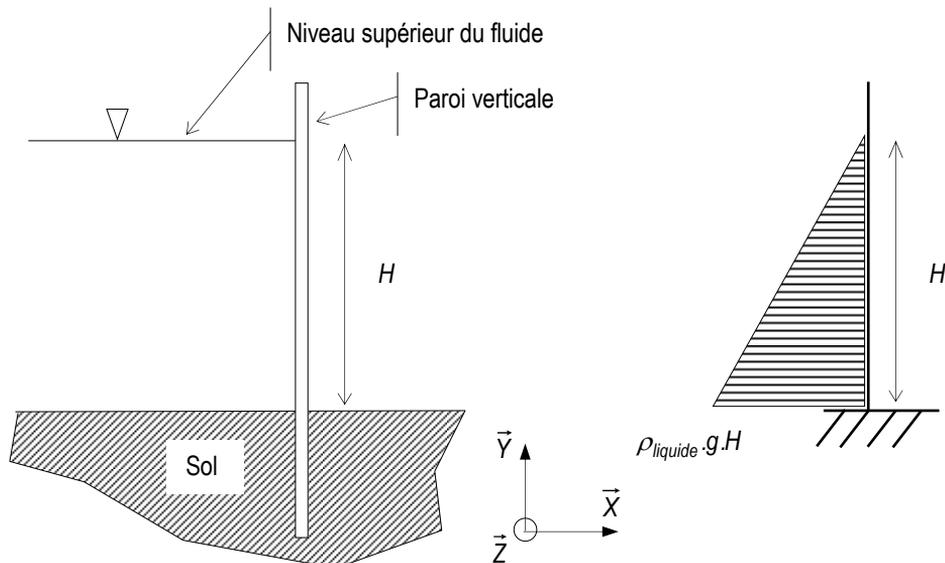
2-2. Définition des liaisons élémentaires

Le tableau ci-dessous rappelle les trois liaisons élémentaires rencontrées en Génie civil :

Types de liaison et modélisations	Déplacements interdits par la liaison	Degrés de liberté	Exemples
APPUI SIMPLE 	Translation selon \vec{Y}	2 ddl	Appui de pont (frottements négligés).
ARTICULATION 	Translation selon \vec{X} Translation selon \vec{Y}	1 ddl	1/ Liaison gousset/cornière pour une charpente métallique. 2/ Liaison de faîte d'un arc à 3 articulations pour une charpente en bois lamellé collé.
ENCASTREMENT 	Translation selon \vec{X} Translation selon \vec{Y} Rotation selon \vec{Z}	0 ddl	1/ Liaison console en béton armé. 2/ Soudure de deux éléments en acier.

3-1.4 ACTIONS MECANQUES DE CONTACT

• Action d'un fluide sur la surface d'un solide



Le fluide exerce une pression sur la surface de la paroi dont l'intensité maximale est égale à $\rho_{liquide} \cdot g \cdot H$.

Notations :

$\rho_{liquide}$: masse volumique du liquide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

g : accélération de la pesanteur en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ou en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$;

H : hauteur de liquide en contact avec la paroi en m.

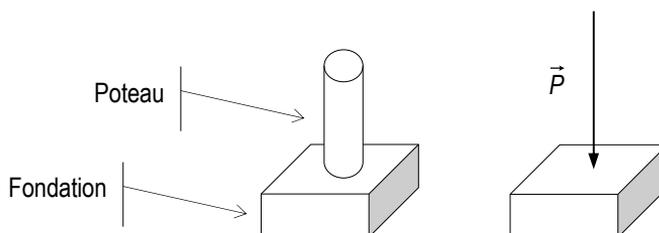
• Action d'un solide sur un autre solide

On distingue deux types d'actions d'un solide sur un solide :

✓ Action concentrée

L'action est concentrée en un point. On rappelle les deux types d'action concentrée :

- force concentrée schématisée par un vecteur force :



4- ISOLEMENT D'UN SYSTEME DE SOLIDES

Il s'applique deux types d'actions sur un système de solides isolé, les actions dites intérieures et les actions dites extérieures.

↳ Actions intérieures :

Les actions intérieures au système de solides isolé sont constituées par les actions dans les liaisons entre les solides. Le système de solides isolé comporte une infinité de solides (une barre est constituée d'un ensemble infini de points liés entre eux par des liaisons encastrement).

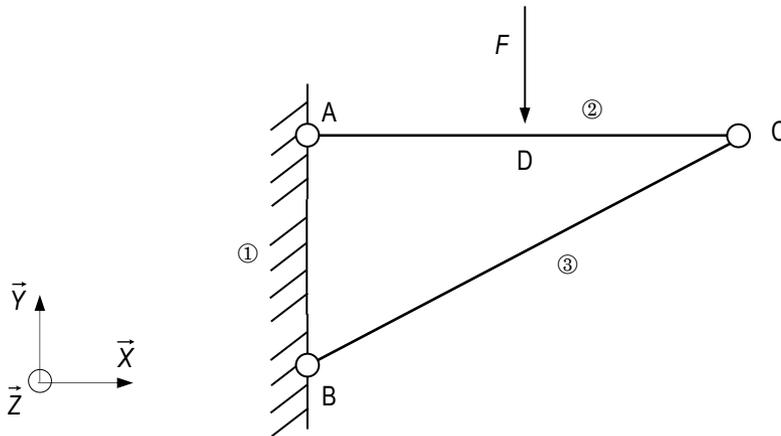
↳ Actions extérieures :

Les actions extérieures au système de solides isolé sont constituées par les actions suivantes :

- les actions mécaniques à distance ;
- les actions mécaniques de contact ;
- les actions mécaniques des autres solides sur le système de solides isolé.

Exemple :

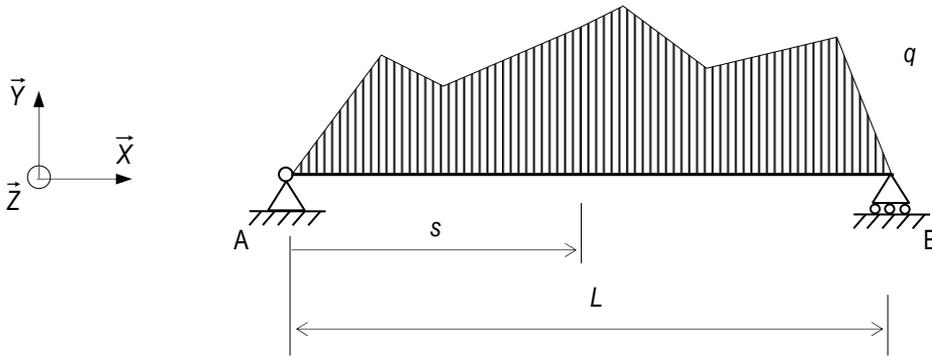
La figure ci-dessous représente une partie de la structure d'un abri à bicyclettes.



On isole le système de solides ② + ③ puis on énumère les actions intérieures et extérieures. La figure ci-après représente le système de solides isolé.

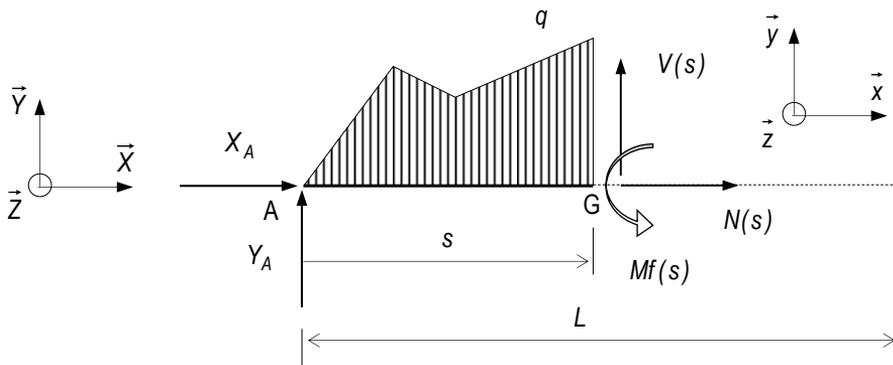
• Détermination des sollicitations internes

La figure ci-dessous représente une poutre de longueur L reposant sur deux appuis A et B. Cette poutre est soumise à des actions extérieures notées q .



✓ Isolement de la partie gauche de la poutre

On isole une partie de poutre de longueur s située à gauche de la coupure et l'on place en G les efforts de la partie de droite sur la partie isolée :

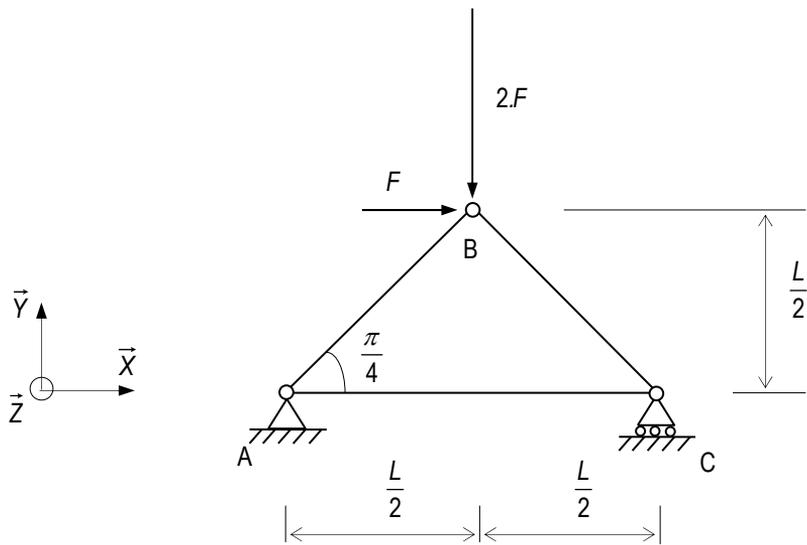


On applique le principe fondamental de la statique afin de déterminer les expressions des sollicitations internes. On obtient les trois équations suivantes :

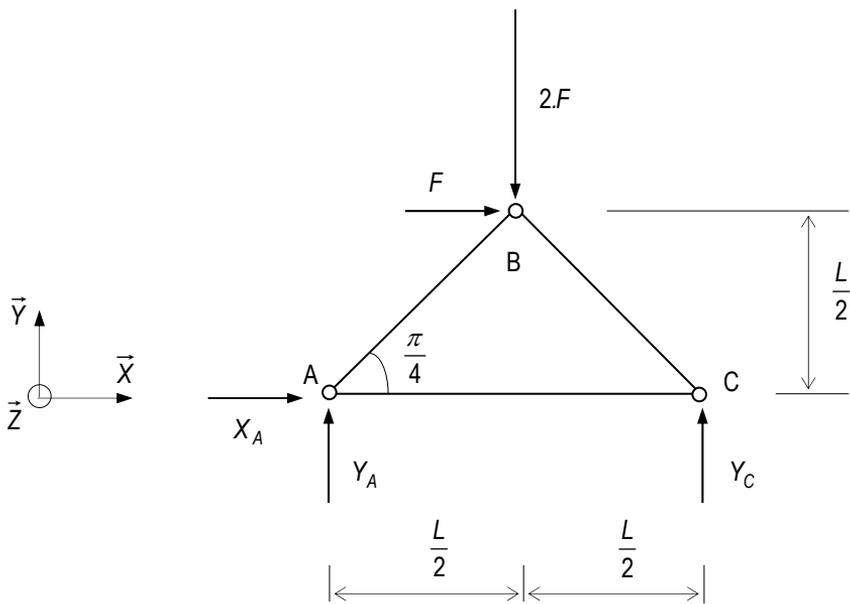
$$N(s) + \sum_{\text{en projection sur } \vec{x}} [\text{efforts à gauche de la coupure}] = 0$$

$$V(s) + \sum_{\text{en projection sur } \vec{y}} [\text{efforts à gauche de la coupure}] = 0$$

$$Mf(s) + \sum_{\text{en projection sur } \vec{z}} [\text{moments par rapport à G des efforts à gauche de la coupure}] = 0$$



On isole le système ABC et on fait apparaître les trois inconnues de liaison sur le système isolé.



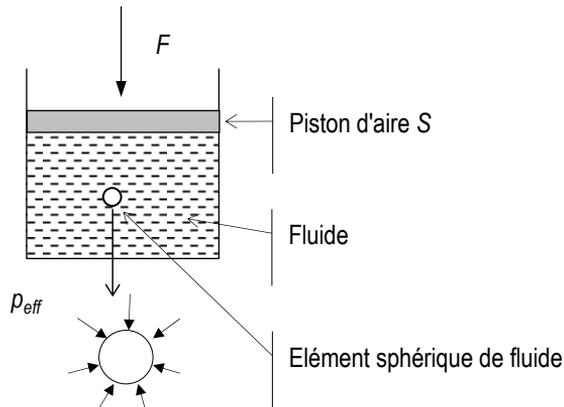
On applique le principe fondamental de la statique au système isolé :

7- MECANIQUE DES FLUIDES

7-1. Propriétés et caractéristiques des milieux fluides

7-1.1 CONTRAINTE NORMALE – PRESSION DANS UN FLUIDE

On étudie la pression effective résultant d'une force F appliquée sur une surface d'aire S .



La pression est définie par l'expression suivante :

$$p_{eff} = \frac{F}{S}$$

Notations :

p_{eff} : pression effective en Pa ;

F : force appliquée sur le piston d'aire S en N ;

S : aire de la surface du piston en contact avec le fluide en m^2 .

On rappelle la relation entre la pression effective et la pression absolue :

$$p_{eff} = p - p_{atm}$$

8- THERMIQUE

8-1. Concept physique de chaleur

Deux corps solides, liquides ou gazeux, en contact l'un avec l'autre sont en équilibre thermique si leurs températures sont égales. Dans le cas contraire, il y a un transfert de chaleur entre ces deux corps, que l'on nomme transfert thermique et qui peut être caractérisé par l'un des trois modes de transfert thermique suivants ou par l'association de plusieurs d'entre eux :

↘ Transfert thermique par rayonnement

↘ Transfert thermique par convection

↘ Transfert thermique par conduction

Dans le cas de l'association de plusieurs modes de transfert de chaleur, on dit que le transfert thermique est mixte.

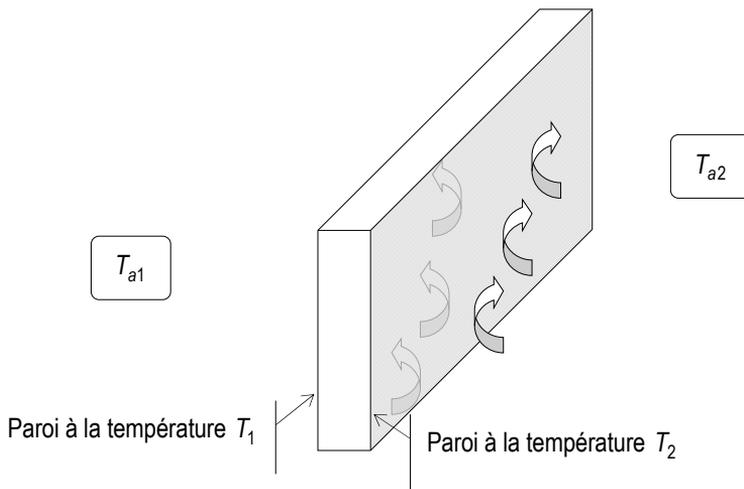
8-1.1 TRANSFERT THERMIQUE PAR RAYONNEMENT

La chaleur à la surface d'un corps est transformée en ondes électromagnétiques qui se propagent même dans le vide. Lorsque ces ondes arrivent sur un autre corps, elle sont en partie absorbées (donc transformées en chaleur), le reste des ondes est réfléchi ou transmis.

8-1.2 TRANSFERT THERMIQUE PAR CONVECTION

Le transfert thermique par convection est le mode de transfert de chaleur entre un fluide en mouvement et un solide. On étudie le transfert thermique en régime permanent.

La figure ci-dessous représente une paroi verticale d'aire S séparant les deux ambiances ① et ②.



9- CINEMATIQUE

La cinématique est la partie de la mécanique qui étudie les mouvements des corps sans tenir compte des forces qui les produisent.

On fait l'hypothèse de solides indéformables.

9-1. Système de référence

Le système de référence est défini par un repère d'espace et un repère de temps.

9-1.1 REPERE D'ESPACE

Le mouvement d'un solide est défini par rapport à un repère d'espace $(O, \vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$.

9-1.2 REPERE DE TEMPS

Le temps est considéré comme absolu et uniforme (chaque fragment de temps a la même durée que le fragment suivant). L'unité de base est la seconde.

9-2. Mouvement absolu – Mouvement relatif

9-2.1 MOUVEMENT ABSOLU

Il s'agit du mouvement d'un solide par rapport à un système de référence au repos absolu.

9-2.2 MOUVEMENT RELATIF

Il s'agit du mouvement d'un solide par rapport à un système de référence en mouvement. Ce système de référence est appelé repère relatif.

9-3. Mouvement d'un point matériel M

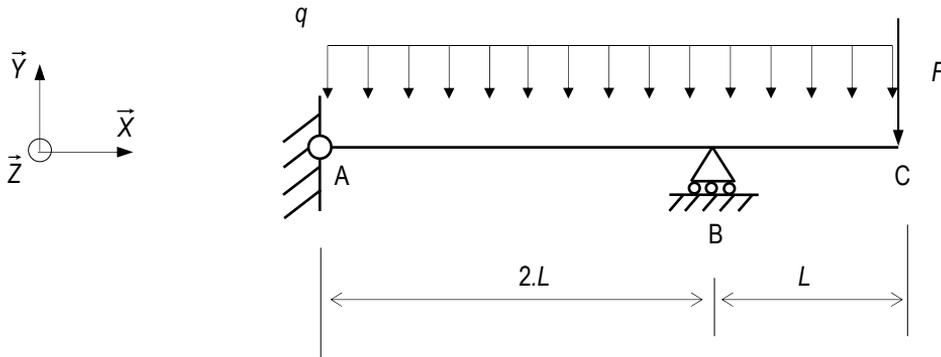
9-3.1 MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME

Le mouvement d'un point matériel M est dit uniforme lorsque sa vitesse est constante dans le temps.

Le tableau ci-après résume les différentes expressions de l'accélération, de la vitesse et du déplacement d'un point matériel M.

3. Méthode de détermination de la déformée d'une poutre

La figure ci-dessous représente la modélisation d'une partie de la structure d'un hall d'exposition. L'objectif de cette étude est d'exposer l'écriture des conditions aux limites permettant d'obtenir l'expression de la déformée de la structure étudiée.



On rappelle les expressions des sollicitations internes qui ont été déterminées au cours de l'exercice précédent :

Zones	AB	BC
$N(s)$	0	0
$V(s)$	$q \cdot s - \frac{3}{4} \cdot q \cdot L + \frac{1}{2} \cdot F$	$q \cdot s - [3 \cdot q \cdot L + F]$
$Mf(s)$	$-\frac{q \cdot s^2}{2} + \left[\frac{3}{4} \cdot q \cdot L - \frac{1}{2} \cdot F \right] \cdot s$	$-\frac{q \cdot s^2}{2} + [3 \cdot q \cdot L + F] \cdot s - \frac{9}{2} \cdot q \cdot L^2 - 3 \cdot F \cdot L$

On rappelle également l'expression générale de la déformée d'une poutre :

$$y''(s) = \frac{Mf(s)}{E \cdot I_{Gz}}$$

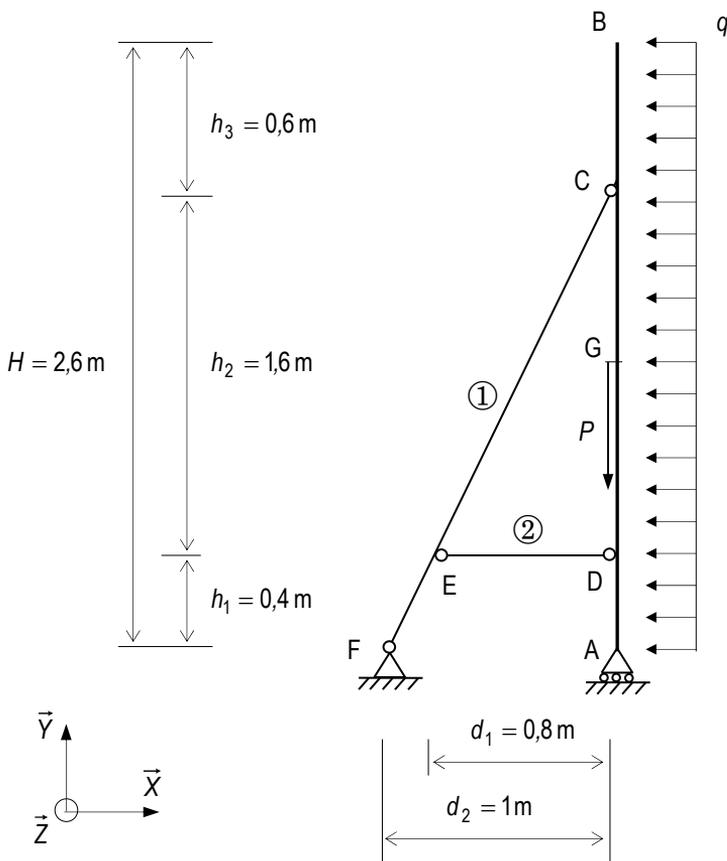
APPLICATIONS

5. Etude d'une banche

Le coffrage des voiles est réalisé par la juxtaposition de plusieurs banches. La figure ci-après représente la structure métallique d'une banche standard de hauteur $H = 2,60\text{ m}$, de largeur $L = 2,50\text{ m}$ et de poids $P = 1200\text{ daN}$.

La résistance au renversement est une des qualités essentielles d'une banche. Le vent est la principale cause de ce renversement en période d'attente (en service, les banches sont accouplées et sont stables). Lors de cette période, la banche est stabilisée grâce à un stabilisateur (barres ① et ②) dont la béquille est bloquée au point F (liaison articulation).

La liaison au point A est une liaison appui simple sans frottement. Les articulations sont supposées parfaites aux points C, D, E et F et l'on néglige les poids propres des barres ED et FC devant celui de la banche.

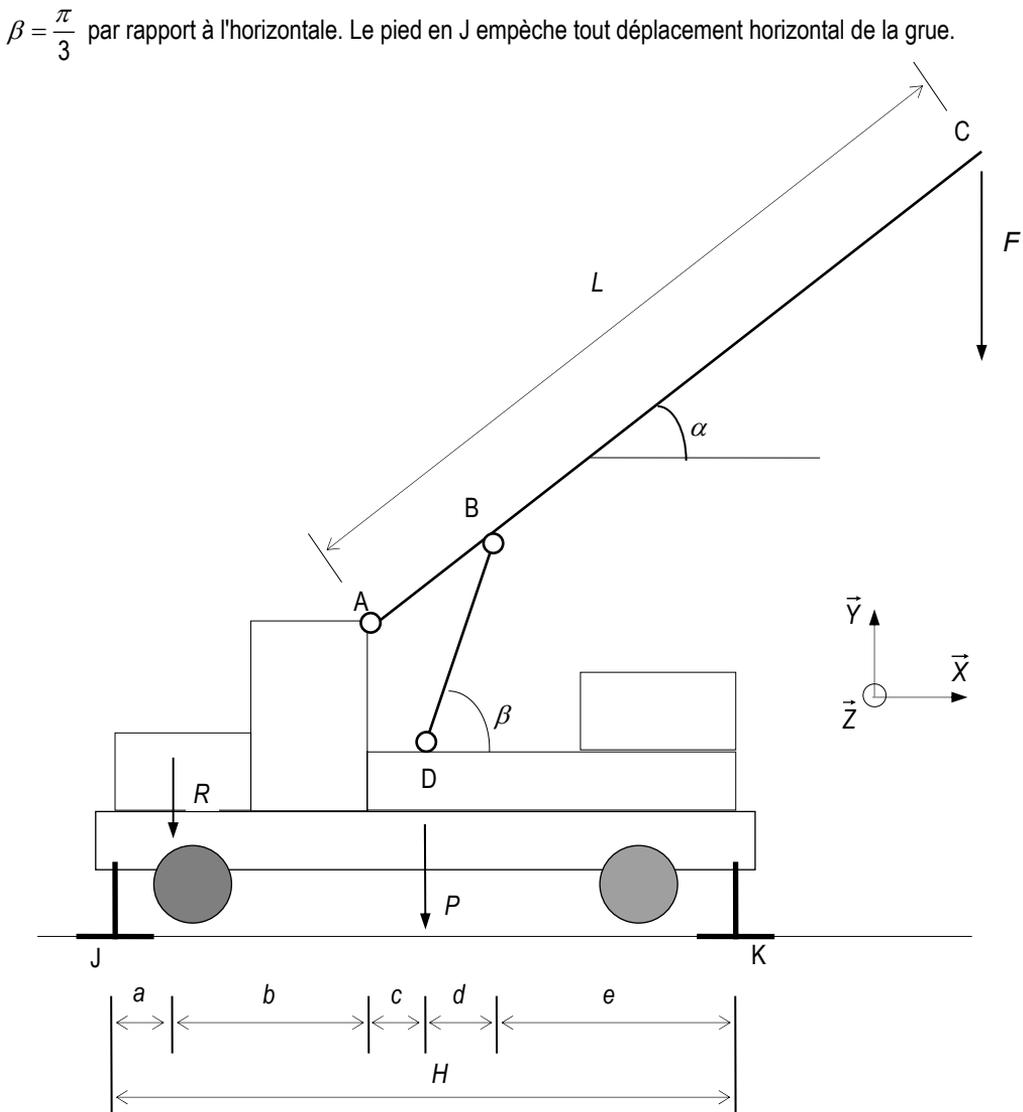


APPLICATIONS

8. Etude d'une grue

La figure ci-dessous représente la modélisation d'une grue de manutention. On note $R = 71\text{kN}$ et $P = 30\text{kN}$ les poids propres de la grue. La charge concentrée $F = 40\text{kN}$ correspond au poids de l'élément manutentionné.

Le mât ABC, de longueur $L = 10\text{ m}$, fait un angle $\alpha = \frac{\pi}{6}$ avec l'horizontale et le vérin DB est incliné d'un angle $\beta = \frac{\pi}{3}$ par rapport à l'horizontale. Le pied en J empêche tout déplacement horizontal de la grue.

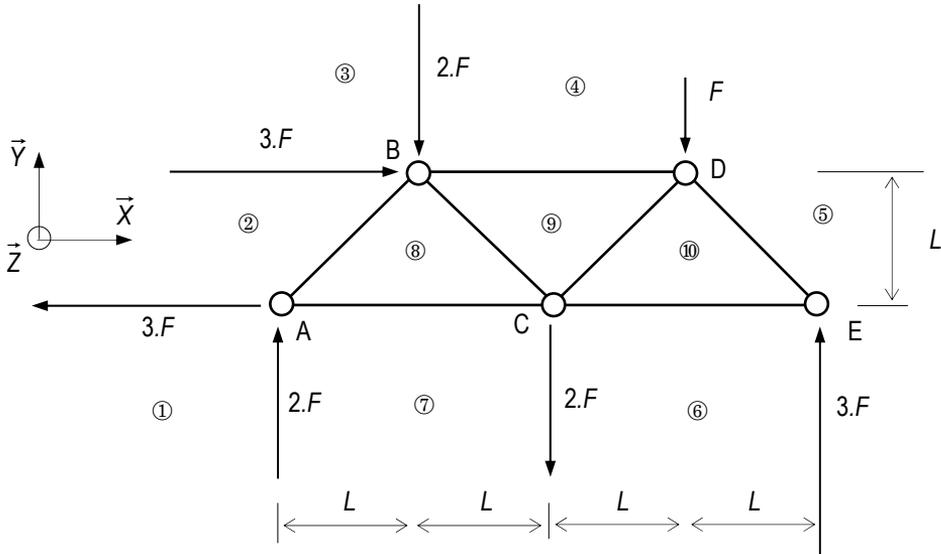


Désignations	a	b	c	d	e	H
Valeurs numériques en m	1	2	1	1,5	2,5	8

APPLICATIONS

3) Détermination des efforts dans les barres par la méthode graphique.

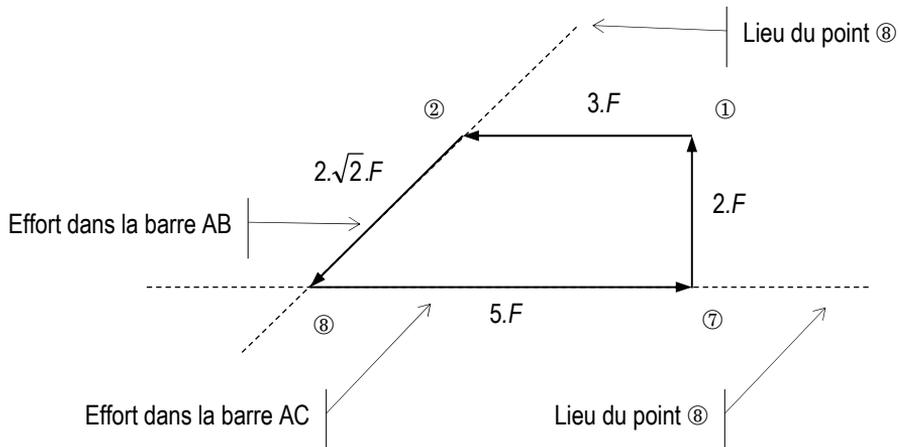
On commence par numérotter les régions de l'espace, soit 10 régions au total.



On exprime graphiquement le principe fondamental de la statique en traçant le polygone des forces qui s'appliquent sur chaque nœud.

On représente les forces en respectant l'échelle suivante : 1 cm pour 500 daN.

Equilibre du nœud A :



Cet ouvrage a été achevé en mars 2024
Dépôt légal : mars 2024
Déposé auprès de la BnF (Bibliothèque Nationale de France)