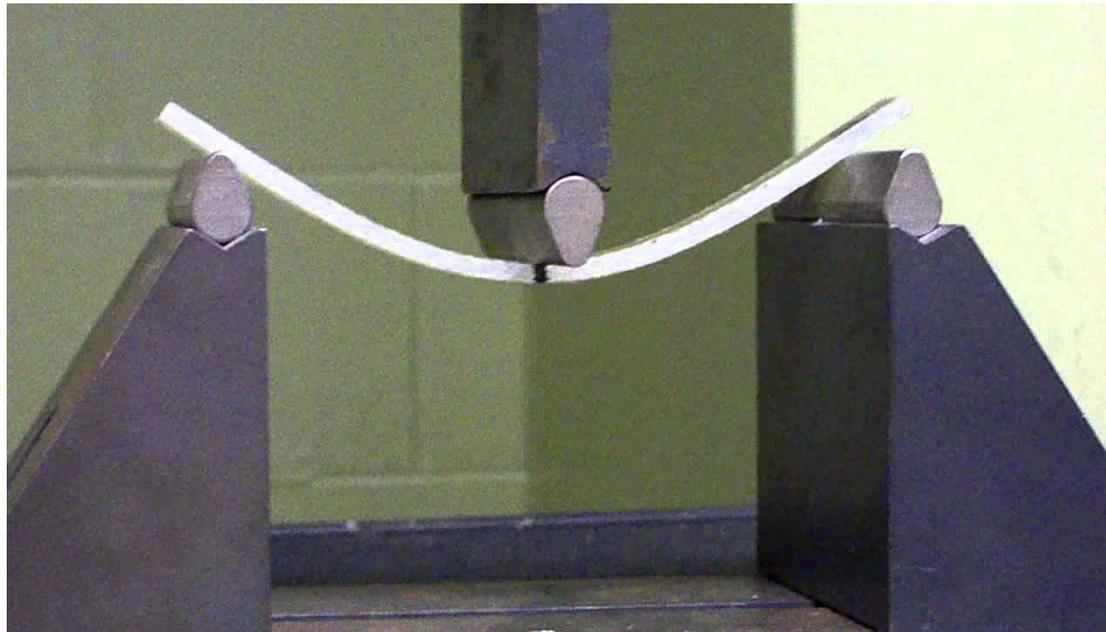




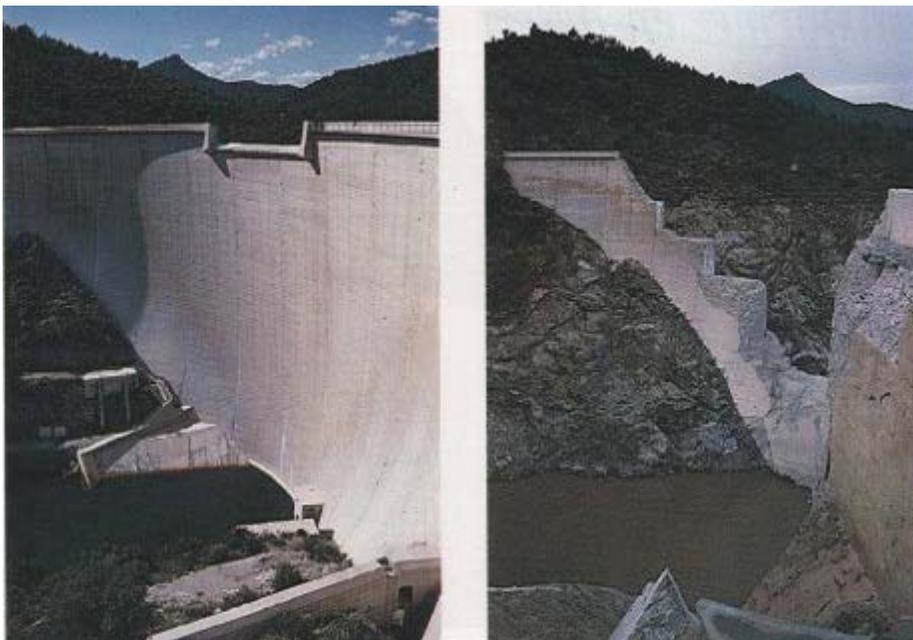
Résistance des Matériaux

Chapitre 1.

Introduction et Généralités



A.N.GHENIM



Rupture du barrage de Malpasset, en amont de Fréjus (sud de la France)



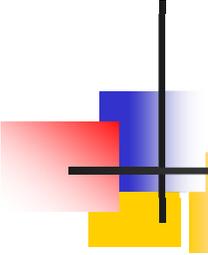
Effondrement d'un immeuble aux Chalets - Toulouse (France)



Effondrement d'un mur de soutènement (France)



Rupture d'un pont ferroviaire - Ain Sefra (Algérie)

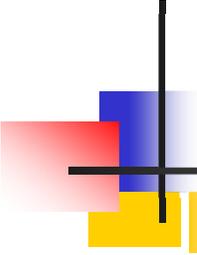


Introduction

La **Résistance des Matériaux RdM** permet d'évaluer l'aptitude des solides à **supporter les actions mécaniques** qui leur sont appliquées. Pour cela, les conditions suivantes doivent être assurées:

- **Résistance** : la pièce doit pouvoir **supporter et transmettre** les charges externes qui lui sont imposées;
- **Rigidité** : la pièce ne doit pas subir de **déformation excessive** lorsqu'elle est sollicitée;
- **Stabilité** : la pièce ne doit pas flamber;
- **Endurance** : résistance à la fatigue dans le cas d'un chargement répété;
- **Résilience** : résistance aux chocs ou aux chargements dynamiques.

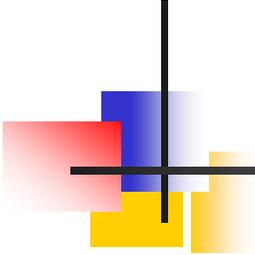
} Non étudiés
dans ce cours



Introduction

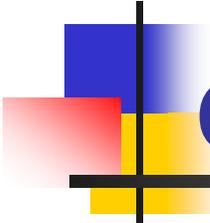
Afin d'assurer les conditions de bon fonctionnement d'une construction donnée, les étapes suivantes doivent être suivies:

1. Caractériser les matériaux ;
2. Dimensionner une pièce (élément d'une structure) à partir des efforts qu'elle supporte ;
3. Calculer les efforts internes ;
4. Déterminer la déformation d'une pièce à partir des efforts qu'elle supporte et la comparer aux valeurs limites acceptables des matériaux.



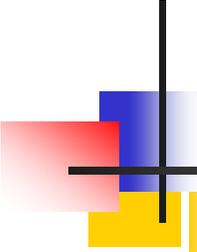
Plan du cours

- I. Introduction et Généralités
- II. Traction – Compression
- III. Cisaillement
- IV. Caractéristiques géométriques des sections droites
- V. Flexion simple
- VI. Torsion



Chapitre I

Généralités- Rappels de statique



I.1 Généralités

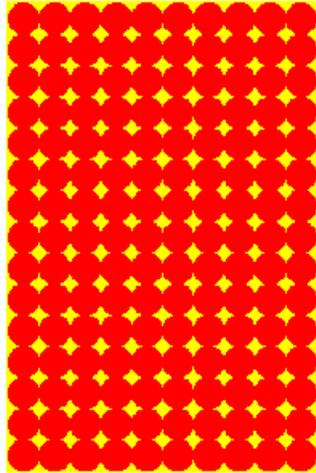
Objectif: Détermination des efforts qui s'exercent sur un système matériel indéformable au repos.

Par système matériel indéformable, on entend :

- Un ensemble de points matériels de masse et de volume infiniment petits,
- Tous les points matériels constituant le système restent fixes les uns par rapport aux autres. Ceci correspond à la définition d'un solide en mécanique.

États de la matière

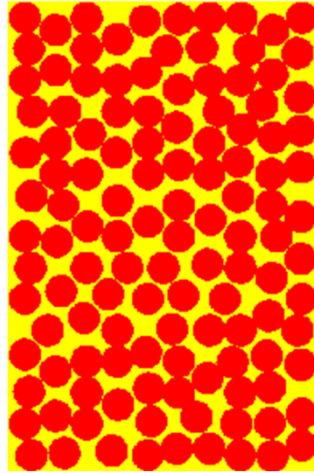
La matière a une structure discontinue. Elle peut être solide, liquide ou gazeuse.



Solide:

Particules

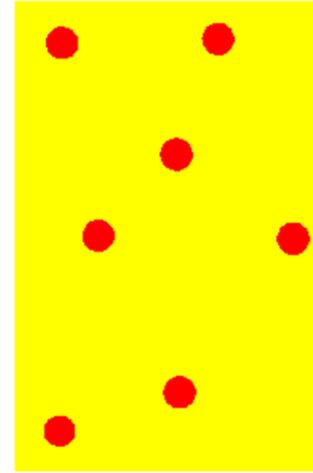
- ordonnées
- condensées
- liées



Liquide:

Particules

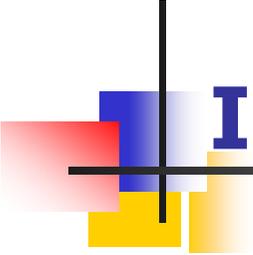
- ordre local
- condensées
- peu liées



Gaz:

Particules

- désordonnées
- espacées
- non liées
- très agitées



I.2 Notions de force et de moment

I.2.1 Force

Une force est un phénomène qui :

- soit modifie le mouvement de l'objet qui la subit,
- soit déforme l'objet sur lequel elle agit.

On distingue deux catégories de forces :

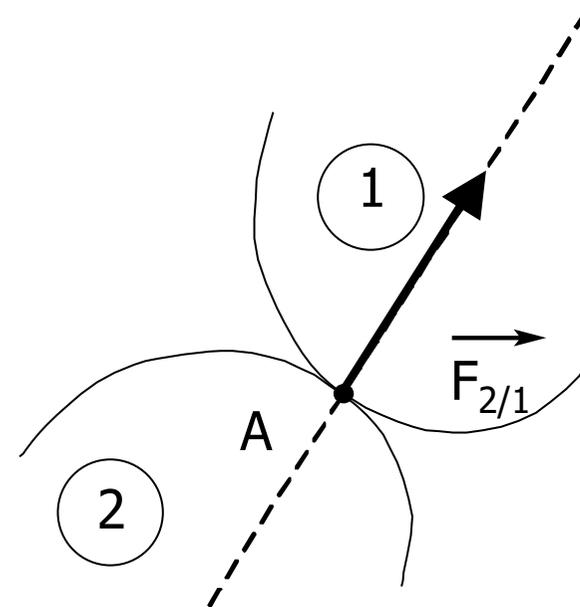
- Les forces de contact (concentrée, linéaire, surfacique),
- Les forces à distance (attraction magnétique, terrestre...).

I.2 Notions de force et de moment

Une force est modélisée par un vecteur et est caractérisée par 4 paramètres :

- un point d'application A ,
- une direction,
- un sens,
- une intensité,

L'unité utilisée est le Newton (N).

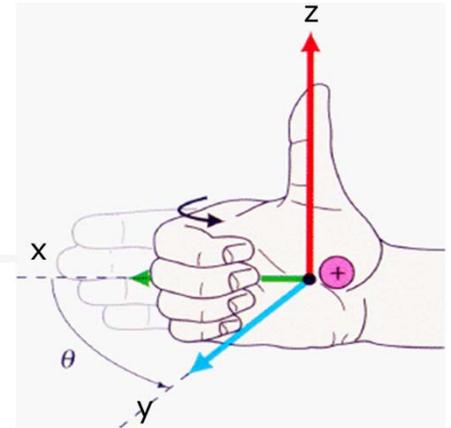


$\vec{F}_{2/1}$

représente l'action mécanique exercée en A par le solide 2 sur le solide 1

I.2 Notions de force et de moment

I.2.2 Moment

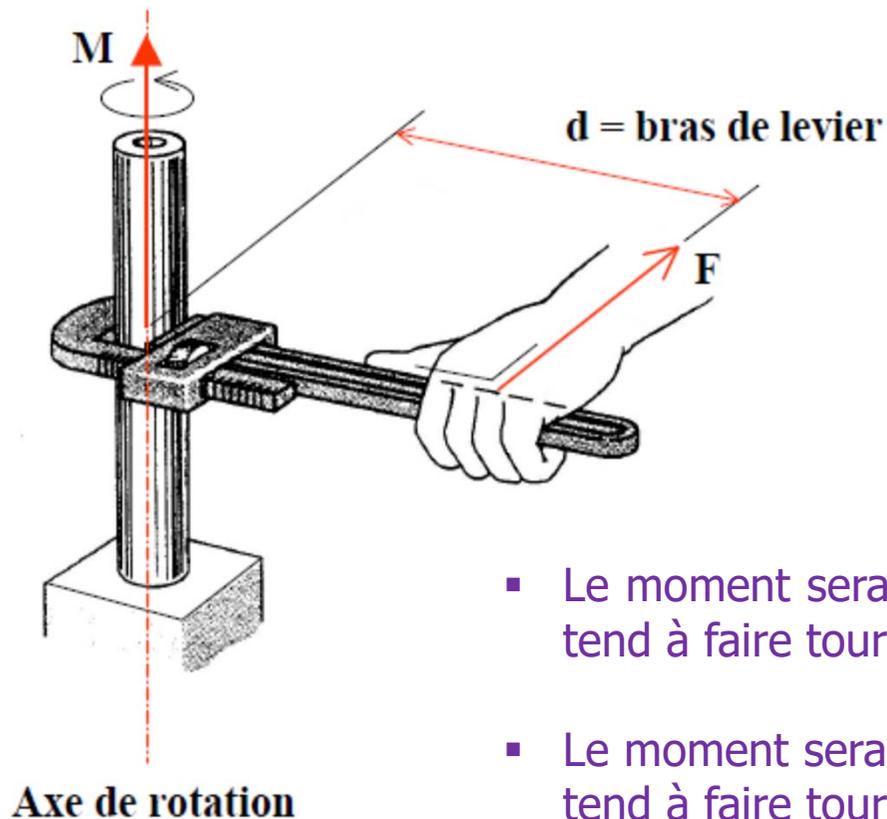


Le moment d'une force par rapport à un point est défini par :

La grandeur du vecteur moment :

$$M = F \cdot d \text{ (N.m)}$$

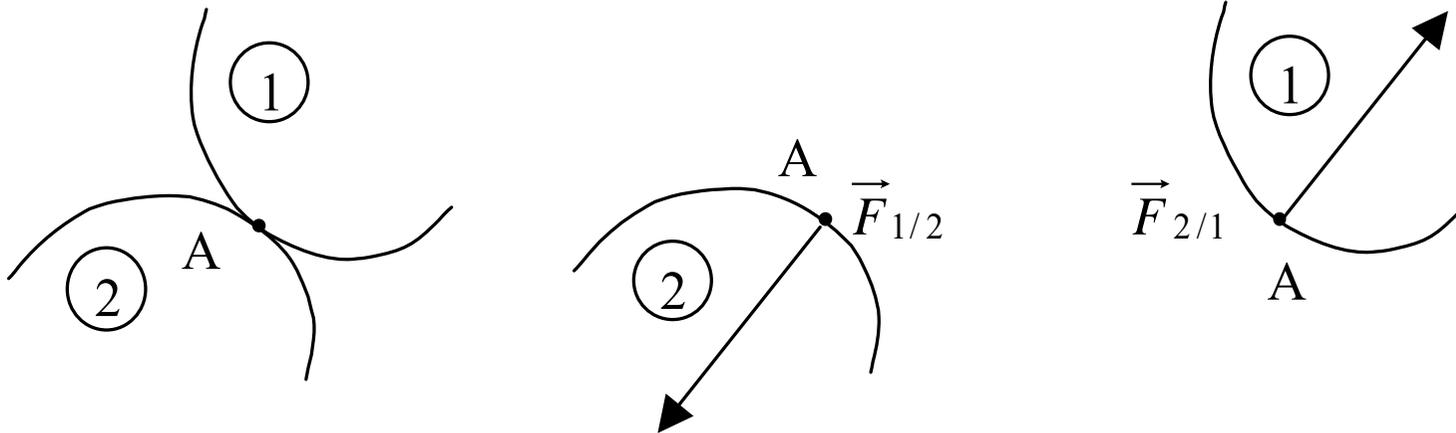
(d : étant la grandeur de la perpendiculaire abaissée du point sur la force)



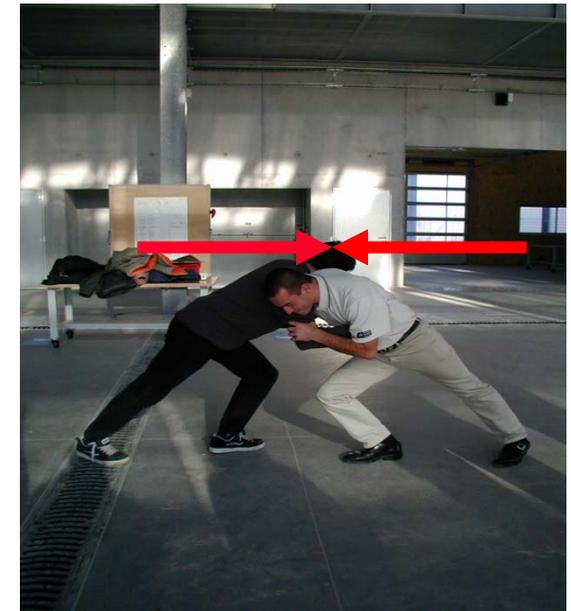
- Le moment sera positif si, par rapport au point de calcul, la force tend à faire tourner le solide dans le sens trigonométrique,
- Le moment sera négatif si, par rapport au point de calcul, la force tend à faire tourner le solide dans le sens anti-trigonométrique.

I.3 Principe des actions mutuelles

Soient deux solides 1 et 2 en contact au point A :



Si le solide 1 exerce en A une action sur le solide 2, réciproquement le solide 2 exerce une action en A sur le solide 1, égale et directement opposée à (principe de l'action et de la réaction).



I.4 Principe fondamental de la statique

Un solide indéformable, sollicité par un système de forces extérieures, est en **équilibre** si et seulement si :

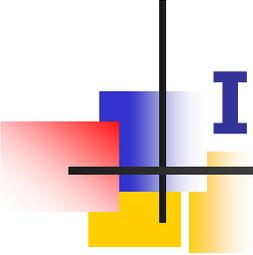
1. la résultante générale de ces forces est **nulle**,
2. le moment résultant de ces forces par rapport à un point M quelconque est **nul**.

$$(S) \text{ en équilibre} \Leftrightarrow \begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \\ \sum \vec{M}_{\vec{F}_{ext} / M} = \vec{0} \end{cases}$$

NB: le choix du point M est uniquement guidé par des raisons de commodité.

I.4 Principe fondamental de la statique

Equations d'équilibre		
	Systeme 3D (Oxyz)	Systeme 2D (Oxy)
$R=0$	$\Sigma \text{ proj. sur Ox des } F_{\text{ext}}=0$	$\Sigma \text{ proj. sur Ox des } F_{\text{ext}}=0$
	$\Sigma \text{ proj. sur Oy des } F_{\text{ext}}=0$	$\Sigma \text{ proj. sur Oy des } F_{\text{ext}}=0$
	$\Sigma \text{ proj. sur Oz des } F_{\text{ext}}=0$	
$M_{R/M}=0$	$\Sigma \text{ moments/ Ox des } F_{\text{ext}}=0$	
	$\Sigma \text{ moments/ Oy des } F_{\text{ext}}=0$	
	$\Sigma \text{ moments/ Oz des } F_{\text{ext}}=0$	$\Sigma \text{ moments/ Oz des } F_{\text{ext}}=0$



I.5 Les actions de liaison

Dans le plan Oxy , un point a 3 degrés de liberté (possibilité de mouvement) :

- 2 degrés de liberté en translation suivant les axes Ox et Oy ,
- 1 degré de liberté en rotation autour de l'axe Oz .

Toute liaison supprimera 1, 2 ou 3 degrés de liberté.

Nous allons présenter les trois principaux types de liaisons dans le plan Oxy .

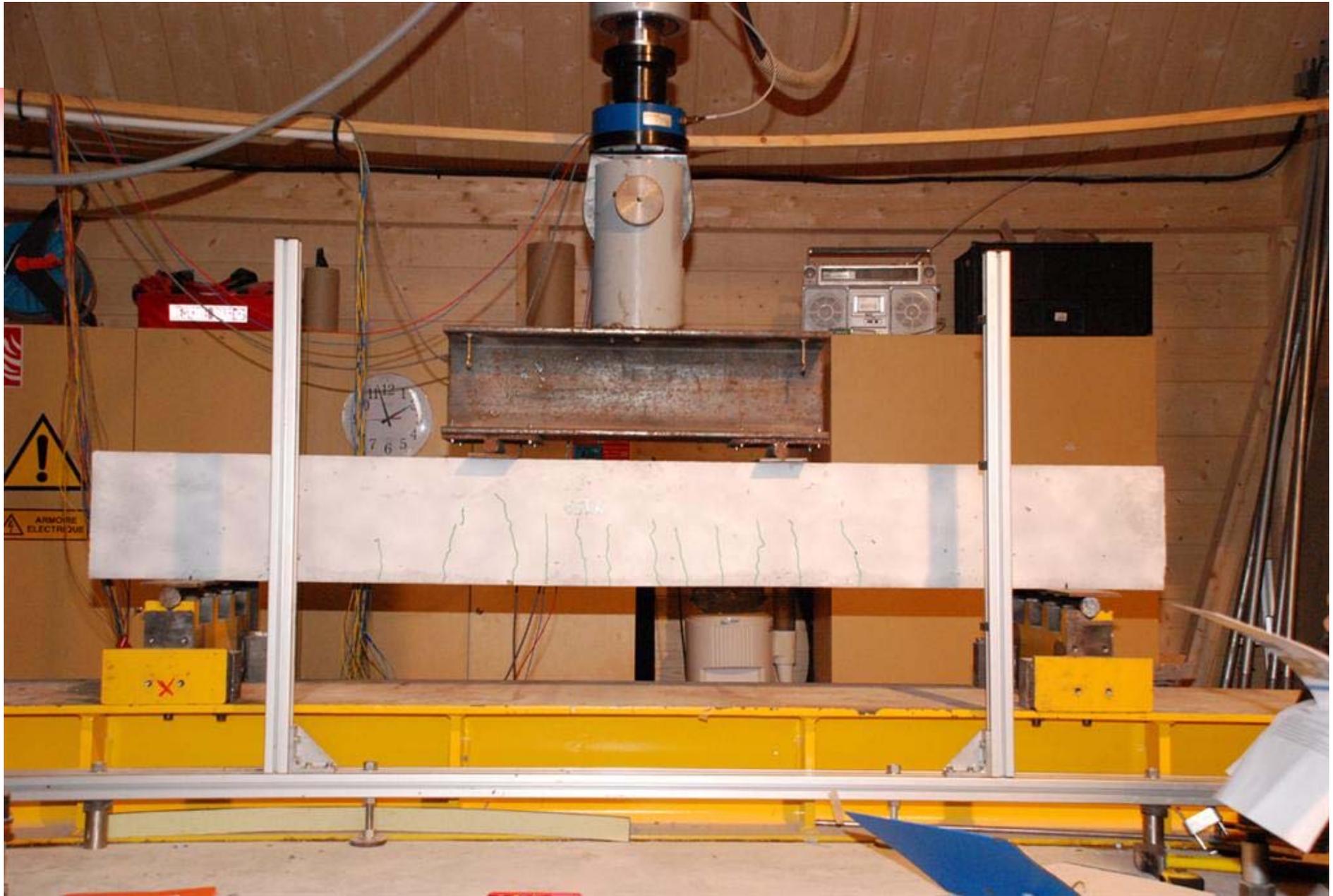
I.5 Les actions de liaison

I.5.1 L'appui simple

Un système matériel S_1 est en appui simple sur un système matériel S_2 si le contact peut être supposé ponctuel ou suivant une arête, et a lieu sans frottement.

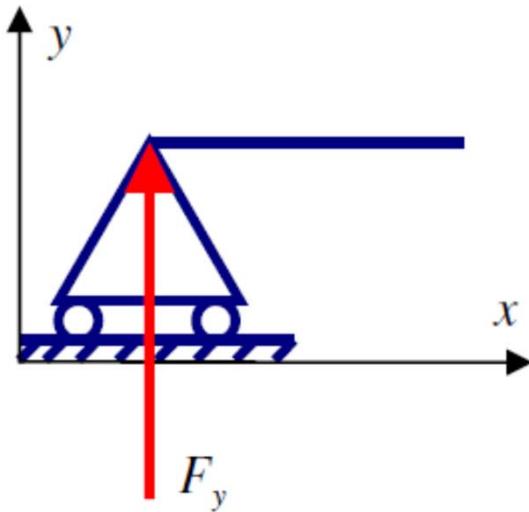
L'appui simple impose un seul blocage en translation dans la direction normale à la surface d'appui. Il fait ainsi naître une force de liaison dans cette direction.





I.5 Les actions de liaison

I.5.1 L'appui simple



Un appui simple permet de bloquer la translation dans une seule direction. Pour l'exemple ci-contre :

$$u_y = 0$$

$$u_x \neq 0 \text{ et } \theta_z \neq 0$$

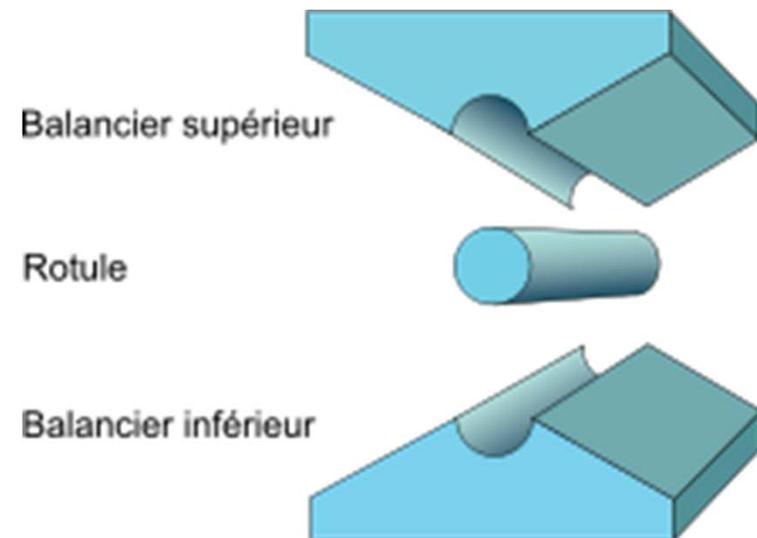
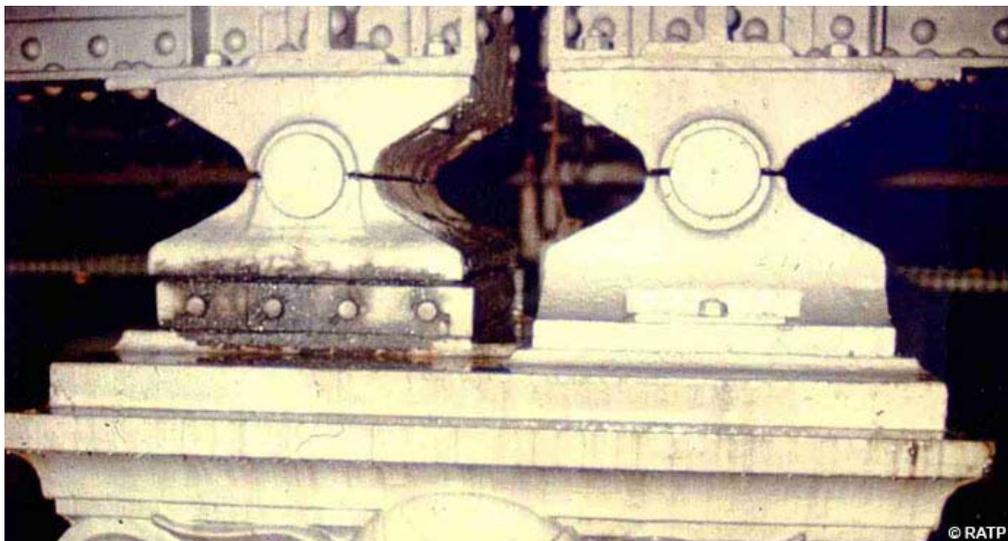
Afin que la translation dans la direction y soit bloquée, une force verticale (F_y) se développe au niveau de l'appui (**réaction d'appui**).

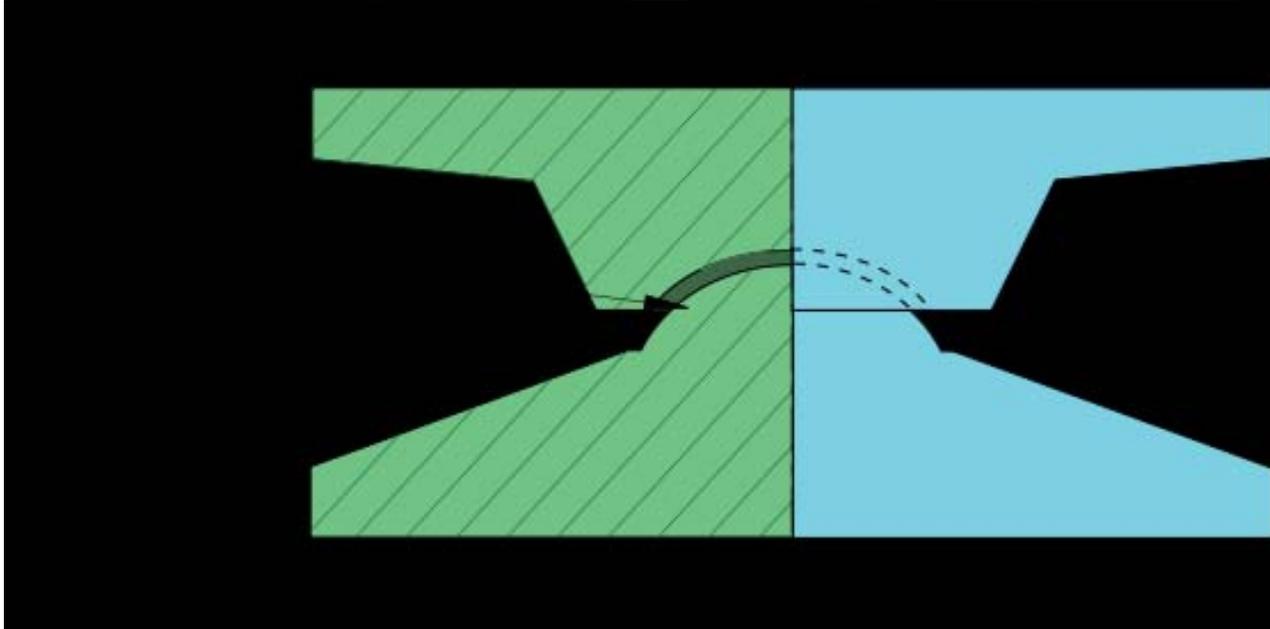
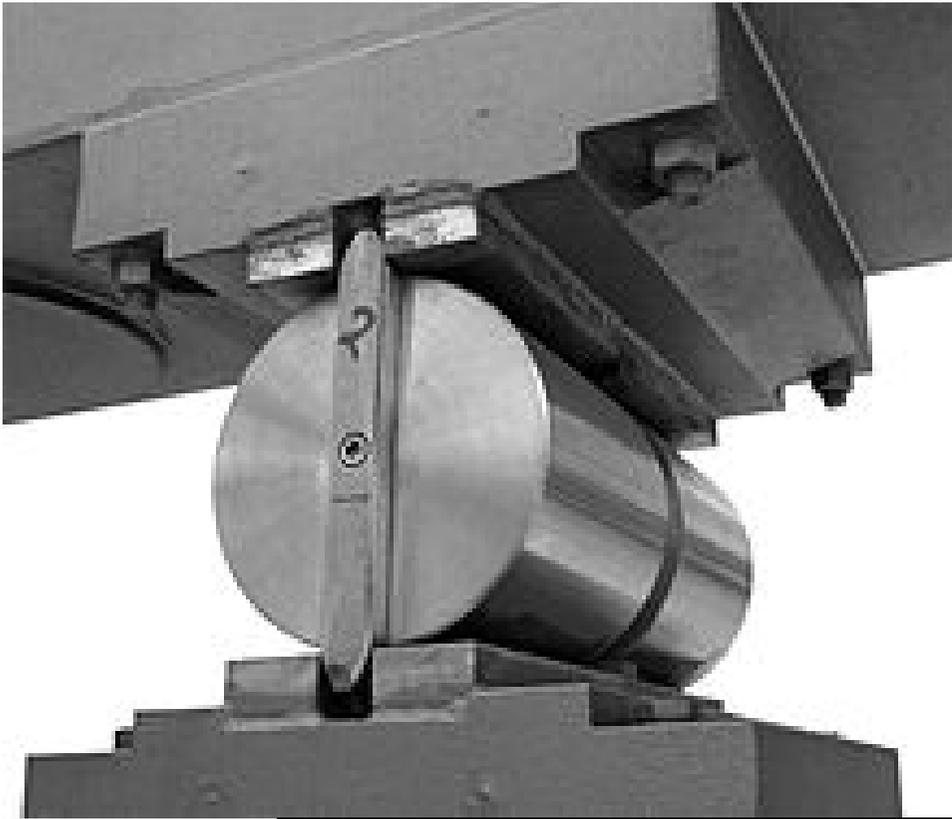
L'appui simple introduit donc 1 inconnue F_y .

I.5 Les actions de liaison

I.5.2 L'articulation (appui double)

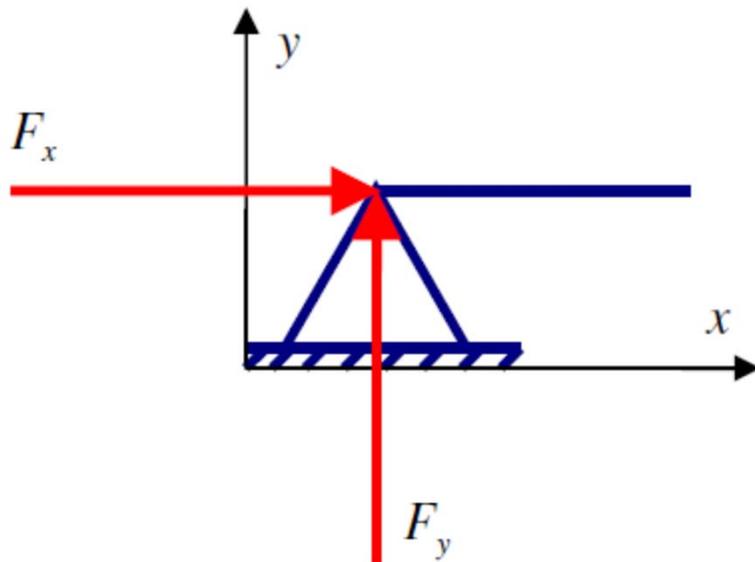
Elle impose deux blocages en translation suivant les axes Ox et Oy , et la rotation reste libre. L'articulation fait donc naître les deux composantes de la force de liaison.





I.5 Les actions de liaison

I.5.2 L'articulation



Afin que les translations soient bloquées, 2 forces verticales (F_x et F_y) se développent au niveau de l'appui.

$$u_y = 0 \text{ et } u_x = 0 \\ \theta_z \neq 0$$

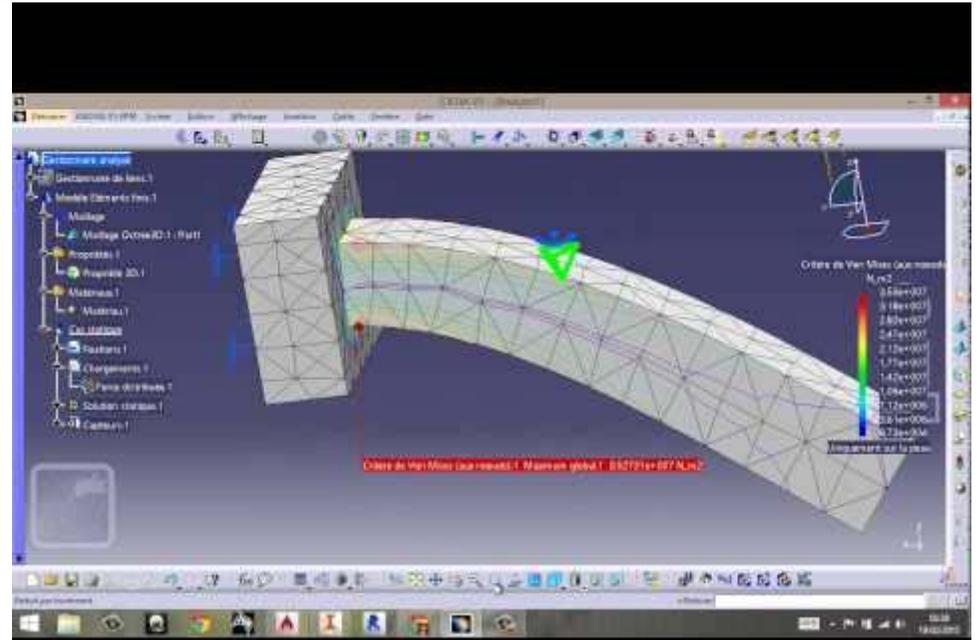
L'articulation introduit donc 2 inconnues (F_x et F_y).

I.5 Les actions de liaison

I.5.2 L'encastrement

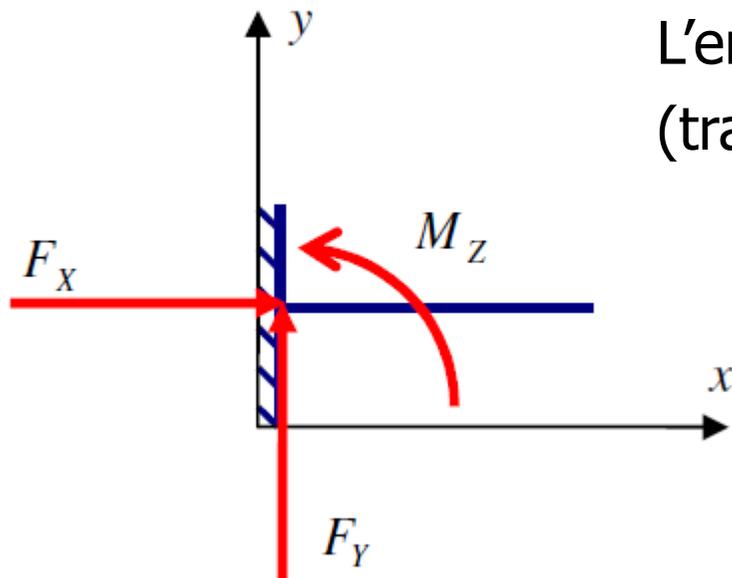
Il impose trois blocages (les deux translations et la rotation). Les deux blocages en translation font naître les deux composantes de la force de liaison. Le blocage en rotation fait naître le moment d'encastrement.





I.5 Les actions de liaison

I.5.2 L'encastrement



L'encastrement bloque tous les déplacements (translations et rotation) :

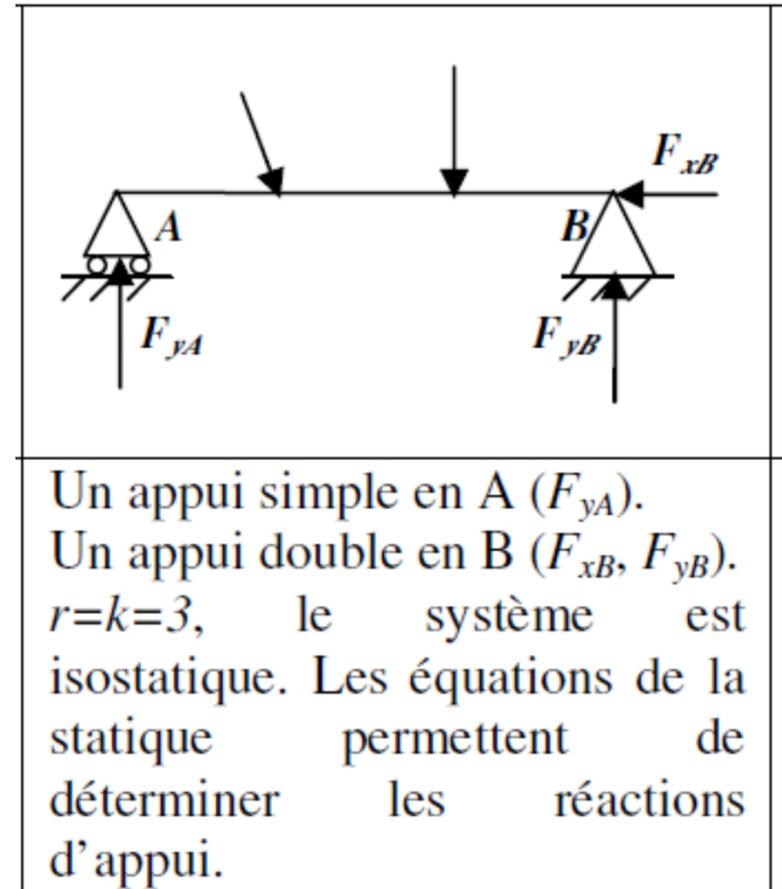
$$u_x = u_y = \theta_z = 0$$

L'encastrement introduit donc 3 inconnues (F_x , F_y et M_z).

I.6 Isostaticité – Hyperstaticité

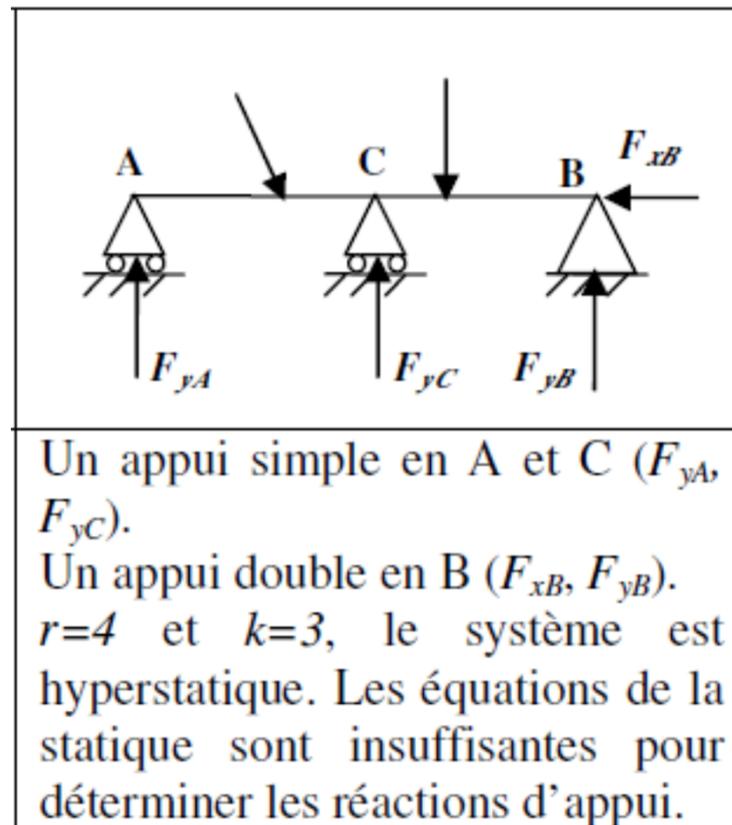
Dans le plan, on a au plus trois équations d'équilibre.

1. Si les actions de liaison introduisent 3 inconnues, le problème est statiquement déterminé (possible, n'admettant qu'une solution) ou **isostatique**.



I.6 Isostaticité – Hyperstaticité

2. Si les actions de liaison introduisent plus de 3 inconnues, le problème est statiquement indéterminé ou **hyperstatique**. Il faudra introduire de nouvelles équations issues de la RDM.



I.6 Isostaticité – Hyperstaticité

3. Si les actions de liaison introduisent moins de 3 inconnues, le problème est **hypostatique**. La structure est alors appelée mécanisme et n'est pas stable.

