



## CM : STRUCTURE 1

CYCLE LICENCE S3/S4

Marc LEYRAL  
Sylvain EBODE

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

*Méthode générale*



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 1. ÉCHAUFFEMENT

## Fonte des glaces



Un glaçon flotte à la surface d'un verre rempli d'eau.

Lorsque le glaçon aura complètement fondu, le niveau d'eau aura t-il varié, et si oui comment ?

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 1. ÉCHAUFFEMENT

## Fonte des glaces

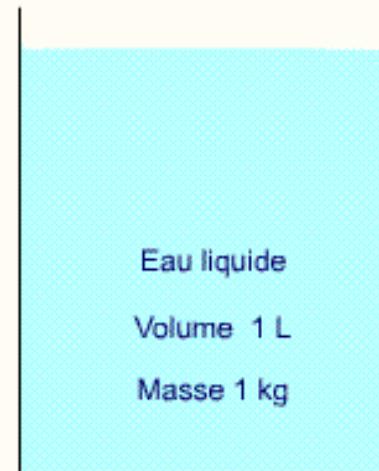
Le niveau d'eau n'aura pas varié. Pourquoi? Il nous faut comprendre deux phénomènes:

### 1. La variation de masse volumique

La masse de l'eau ne change pas quand elle se solidifie mais **son volume varie et augmente d'environ 10 %.**

**Masse volumique : eau liquide ( $1\ 000 \text{ kg/m}^3$ ) > glace ( $910 \text{ kg/m}^3$ )**

L'eau est un cas très particulier : quasiment tous les liquides perdent en volume quand ils deviennent solides.



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

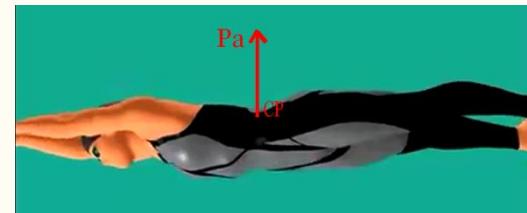
5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 1. ÉCHAUFFEMENT

## Fonte des glaces

### 2. La poussée d'Archimède ou pourquoi le glaçon flotte t-il?



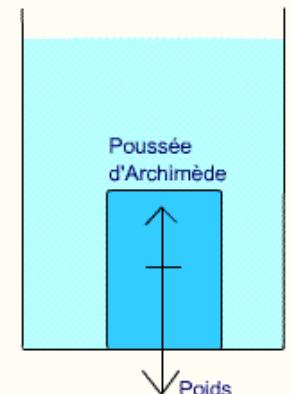
*"Tout corps immergé dans un liquide subit de la part de ce liquide une force verticale orientée vers le haut égale au poids du liquide déplacé".*

**CAS 1 : Poussée d'Archimède < poids → l'objet coule**

Ex. : une bouteille de 1L de sable a une masse de 2 kg : poids = 20 N

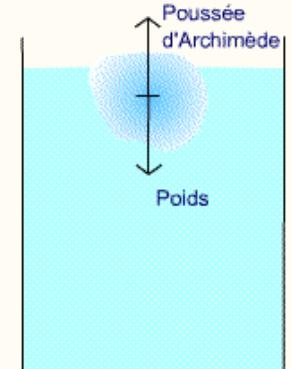
Il subit une poussée d'Archimède égale au poids de l'eau déplacée : 10 N

$10 \text{ N} < 20 \text{ N}$  : il coule



**CAS 2 : Poussée d'Archimède ≥ poids → l'objet flotte**

Cas du glaçon qui flotte sur l'eau. Sa masse volumique ( $\approx 900 \text{ kg/m}^3$ ) est inférieure à celle de l'eau liquide. Le glaçon flotte.



**Quand le glaçon est à 90 % sous l'eau, la poussée d'Archimède compense son poids.**

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

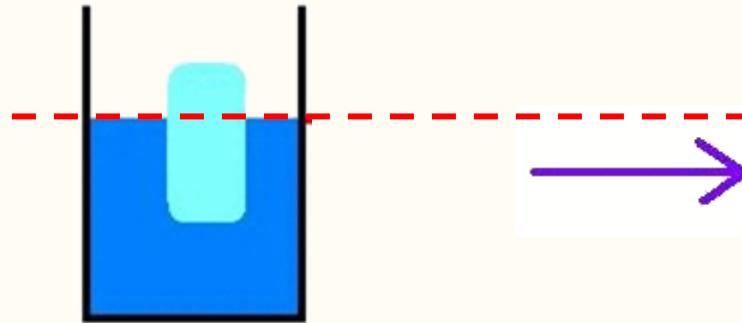
### 1. ÉCHAUFFEMENT

# Fonte des glaces

## Conclusion

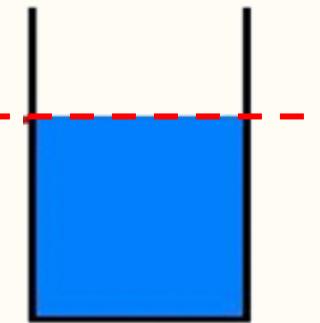
Le glaçon est à 90 % sous l'eau

$$V_{tot} = V_{eau} + 0,9 * V_{glaçon}$$



Il fond : le volume d'eau libéré vaut 90 % du volume du glaçon

$$V_{tot} = V_{eau} + 0,9 * V_{glaçon}$$



Que se passe t-il avec du whisky ? De l'eau salée ?

Cette question n'est pas anodine car on parle souvent de la montée des eaux dues à la fonte des glaces sous le réchauffement climatique.

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 1. ÉCHAUFFEMENT

#### Question du jour:



**1. Échauffement 10'****2. Rappels 0'****3. Cours 45'**

a. Présentation

b. Descente de charges

**4. Application 30'****5. Bilan 5'**

## **S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

### **2. RAPPELS**

Toutes les notions nécessaires à la réalisation d'une descente de charge ont été vues en amphi. **Elles seront toutes revues dans le présent cours.**

A travers ce cours, nous allons en effet les articuler entre elles et, ainsi, les revoir au fur et à mesure.

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 3.a. Présentation

#### LA DESCENTE DE CHARGES : À QUOI ÇA SERT?

- Pouvoir comprendre le fonctionnement d'une structure
- Comprendre comment **cheminent** les charges et quantifier ces efforts.  
C'est le **préalable au dimensionnement** des composants de la structure et des fondations

#### PRÉREQUIS : QUELQUES NOTIONS DE BASES SONT SUFFISANTES

1. Les notions abordées dans les cours précédents, en particulier le P.F.S.
2. Un peu de bon sens

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

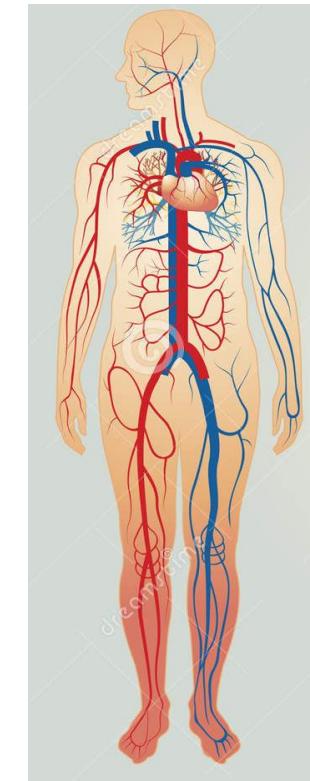
## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 3.a. Présentation

#### ANALOGIES :

les termes **cheminer** et **dimensionner** ne sont pas anodins. En effet, en urbanisme on calcule des flux et on fait des boulevards pour des flux importants et des rues pour ceux secondaires. Autre analogie : les artères du corps humain.

**En structure, c'est la même chose avec des efforts : nous cherchons à savoir par où et quelle quantité ils cheminent pour ainsi y disposer plus ou moins de matière !**



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 3.b. Descente de charges

#### LES GRANDES ÉTAPES

- On observe une structure existante ?
- On conçoit la structure de son projet ?

Il est possible de calculer le parcours des charges.

**Ce calcul se fait en 6 étapes systématiques (à retenir) :**

1. Identification des éléments
2. Identification des liaisons entre éléments et des appuis au support
3. Dessin du schéma statique
4. Calcul du degré de staticité
5. Étude des charges (analyse structurale)
6. Application du PFS

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 3.b. Descente de charges

**1 - IDENTIFICATION DES ÉLÉMENTS**

Trois grandes fonctions structurelles :

	<b>FRANCHIR</b>	<b>PORTER</b>	<b>CONTREVENTER</b>
<b>Fonction</b>	Reprendre les charges et les distribuer vers les porteurs	Porter et descendre les charges vers le sol	Contreventer = résister aux actions horizontales
<b>Eléments</b>	Poutres, poutres voiles, treillis 3D	un étai (ex. poteau, voile) un tirant (ex. câble)	Croix de Saint André, encastrement, ...
<b>Fonctionnement</b>	Flexion (= compression + traction)	Compression (étais) Traction (tirant)	Dépend du type de contreventement



Poutre IPE en acier

Salle hypostyle – IMA  
Jean Nouvel - 1987Centre Pompidou  
Rogers/Piano – Paris - 1912

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

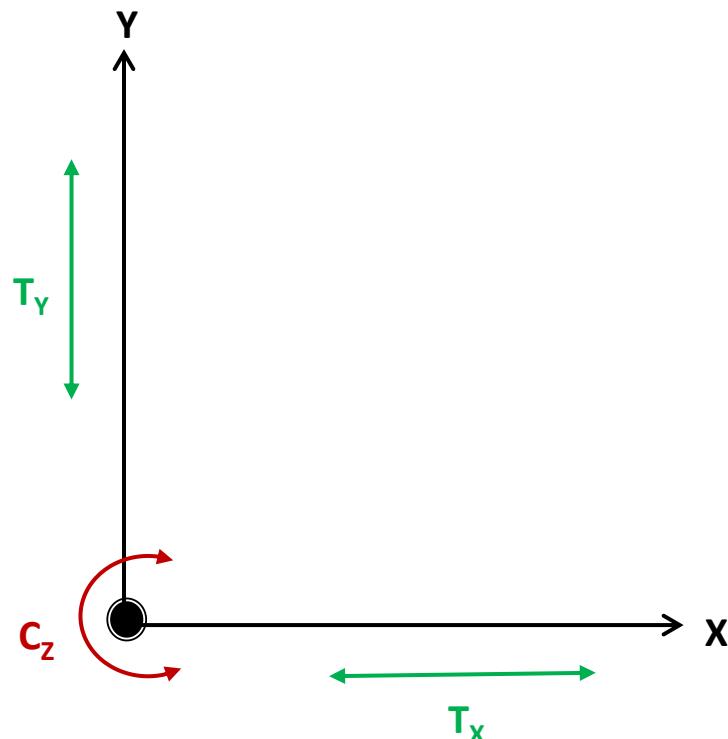
## 3.b. Descente de charges

**2 – IDENTIFICATION DES LIAISONS ENTRE ÉLÉMENTS ET DES APPUIS AU SUPPORT**

En structure, on s'intéresse souvent à **des problèmes plans** : c'est plus simple.

Tout mouvement dans le plan peut se décomposer en trois composantes de base :

- La translation d'axe horizontal :  $T_x$
- La translation d'axe vertical :  $T_y$
- La rotation dans le plan (c'est-à-dire d'axe perpendiculaire au plan xy) :  $C_z$



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

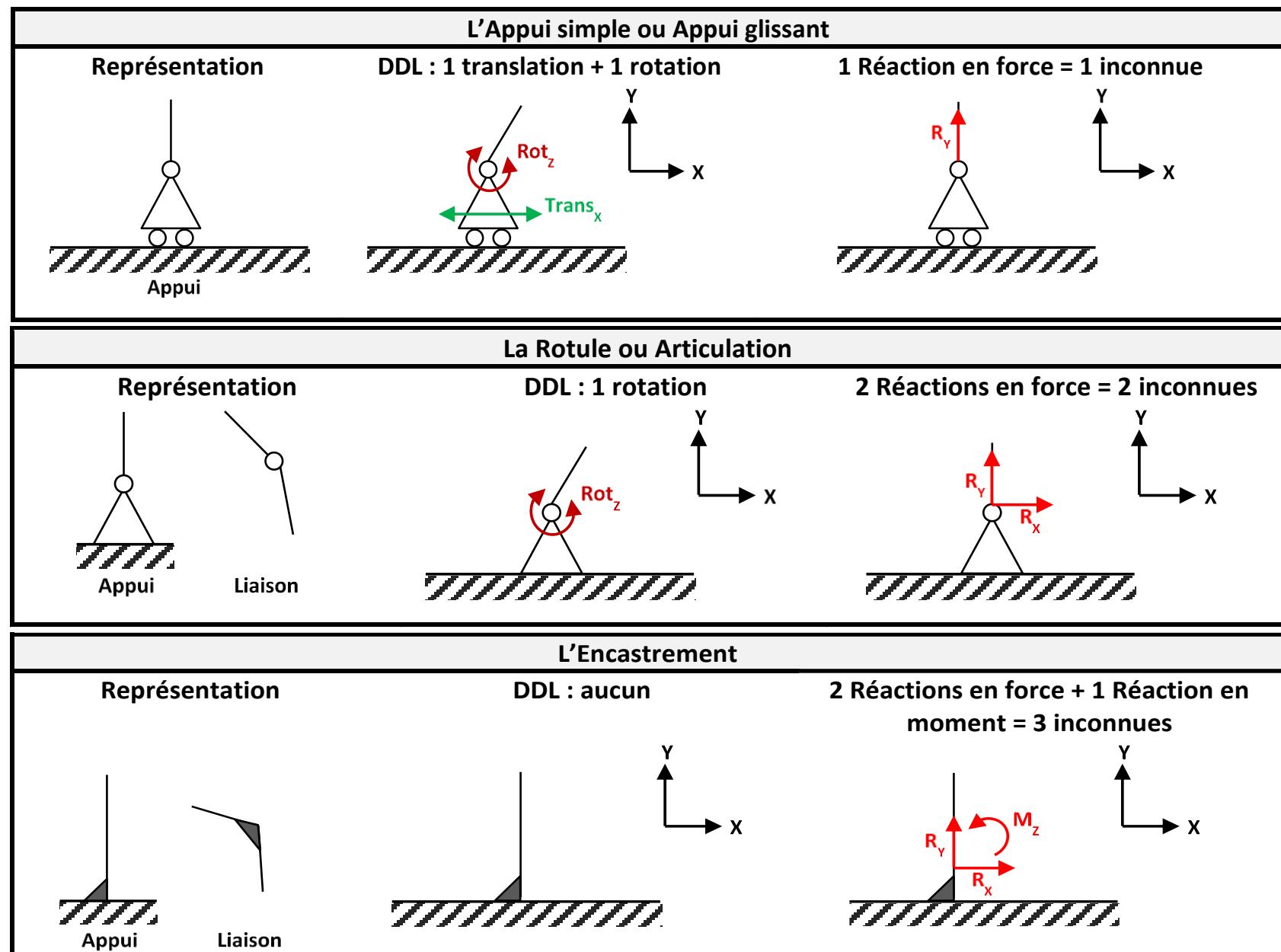
b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 3.b. Descente de charges



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 3.b. Descente de charges

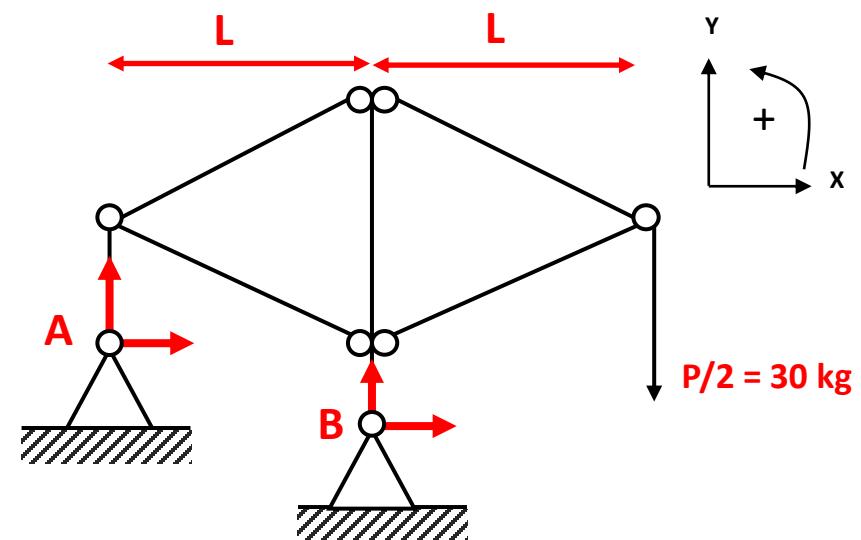
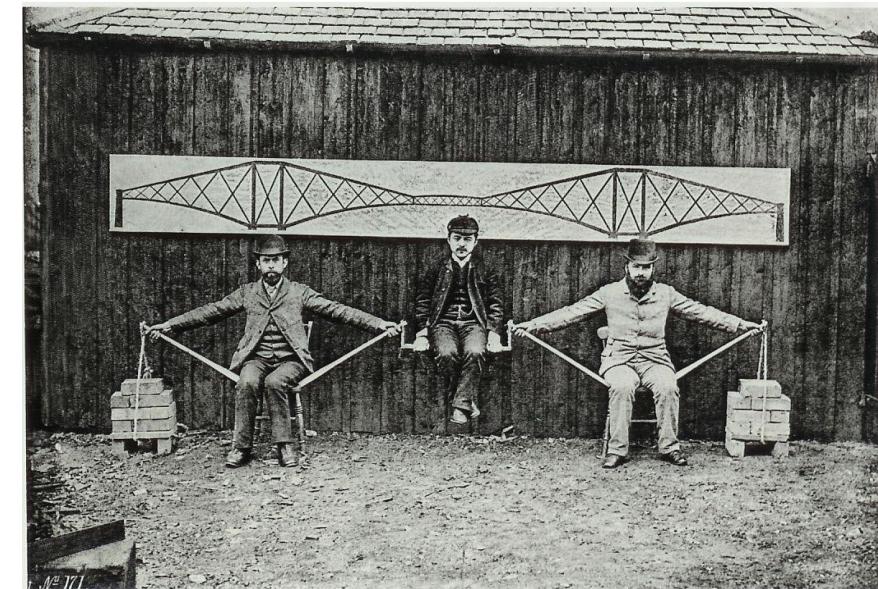
**3 – DESSINER LE SCHÉMA STATIQUE**

On trace uniquement:

- Les **éléments structurels** dessinés sous forme de **barres** (un trait).  
*Ils figurent la fibre neutre de l'élément (réduction filiforme de l'élément par substitution de l'objet par son centre de gravité).*
- Les **liaisons** et les **appuis**
- Les **forces** en jeu et les **distances**

En revanche on ne représente pas :

- Les épaisseurs
- Les matériaux
- Les éléments non structurels
- Les détails d'assemblage
- Etc.



**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 3.b. Descente de charges

**4 – CALCULER LE DEGRÉ DE STATICITÉ**

Le degré de staticité  $h$  vaut :

$$h = i - n \quad (\text{en } 2D)$$

- $i$  est le nombre d'inconnues statiques au niveau des nœuds
- $n$  est le nombre d'équations disponibles pour les éléments de la structure :  
Chaque élément de la structure permet de connaître 3 équations.

**Si  $h < 0$  : système hypostatique**

Trop peu d'appuis ou trop de DDL Équilibre instable / mécanisme, il faut ajouter des blocages

**Si  $h = 0$  : système isostatique**

Juste assez d'appuis et de DDL, Équilibre stable/économies, calcul facile

**Si  $h > 0$  : système hyperstatique**

Plus d'appuis que nécessaire ou pas assez de DDL, plusieurs équilibres stables / sécurité, calcul difficile

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 3.b. Descente de charges

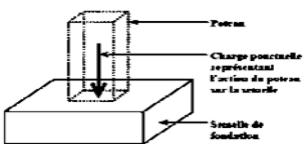
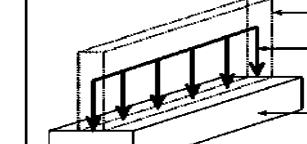
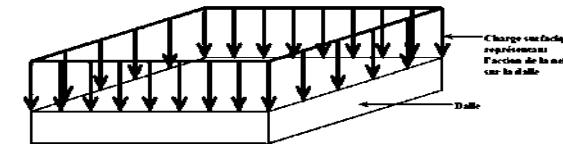
## 5 – ÉTUDE DES CHARGES (ANALYSE STRUCTURALE)

### a. Évaluer les charges

Il existe trois grands types de charges : **ponctuelles, linéiques et surfaciques**.

Exemples :

- Ponctuelle** : la charge qui descend en pied de **poteau**
- Linéique** : la charge qui descend d'un **voile**, ou :
- Linéique** : la charge d'une dalle reprise par un **voile / une poutre**
- Surfacique** : la charge qu'exerce le **vent sur un voile extérieur**

	CHARGES PONCTUELLES	CHARGES LINÉIQUES	CHARGES SURFACIQUES
<b>Fonction</b>	La force se concentre en un point	L'action se répartit sur une ligne	L'action se répartit sur toute la surface.
<b>Unité</b>	N	N/m	N/m <sup>2</sup>
<b>Exemple</b>	Poids d'un poteau	Poids d'un voile	Charge du vent
<b>Illustration</b>	 <p>Diagram illustrating a <b>charge ponctuelle</b> (point load) acting on a column (Poteau) resting on a foundation plate (Sous-sol). The load is represented by a vertical arrow pointing downwards from the column base.</p>	 <p>Diagram illustrating a <b>charge linéique</b> (linear load) acting on a wall (Mur) supported by a foundation plate (Sous-sol). The load is represented by a horizontal arrow pointing downwards along the length of the wall.</p>	 <p>Diagram illustrating a <b>charge surfacique</b> (surface load) acting on a slab (Dalle). The load is represented by a grid of arrows pointing downwards across the entire surface of the slab.</p>

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

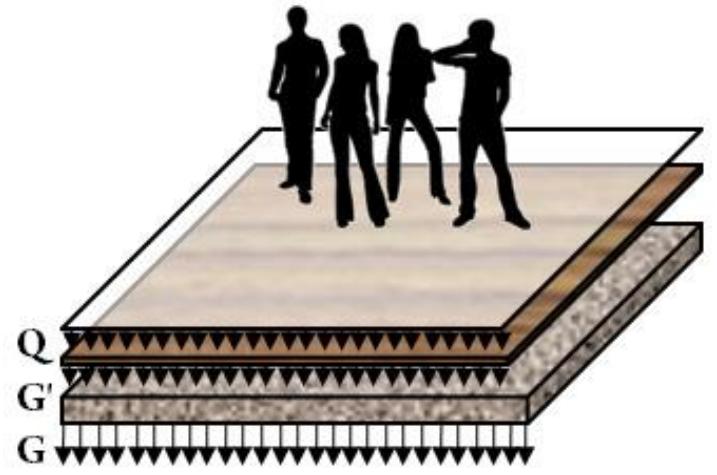
a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****3.b. Descente de charges****5 – ÉTUDE DES CHARGES (ANALYSE STRUCTURALE)****b. Classer les charges suivant leur catégorie**

<b>CHARGES PERMANENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Structurelles (G)</u> si elles participent à la structure (murs porteurs, poteaux, poutres, dalles, etc.)</li> <li><u>Non structurelle (G')</u> si elle ne participe pas à la structure (revêtements, cloisons, etc.)</li> </ul>	
<b>CHARGES VARIABLES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Les charges variables d'exploitation (Q)</u> : poids des usagers, des meubles, etc.</li> <li><u>Charges climatiques</u> : vent (W), neige (S)</li> </ul>	
<b>AUTRES CHARGES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Charges accidentielles</u> : séisme, choc de camion, etc.</li> </ul>	

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 3.b. Descente de charges

**5 – ÉTUDE DES CHARGES (ANALYSE STRUCTURALE)**

## c. Combiner les charges et vérifier les Etats Limites

**L'état limite de service (ELS):**

Il s'agit d'un critère **d'usage**.

Sous des **charges normales**, le bâtiment ne doit pas se **déformer** au-delà d'une certaine limite qui gênerait son utilisation

Ces conditions normales sont exprimées par des coefficients.

$$1*(G+G') + 1*Q + 0,6*W$$

**L'état limite ultime (ELU):**

Il s'agit d'un critère de **sécurité**.

Sous des **conditions extrêmes**, le bâtiment **ne doit pas s'écrouler**

Ces conditions extrêmes sont exprimées par des coefficients qui augmentent artificiellement la valeur des charges.

$$1,35*(G+G') + 1,5*Q + 0,9*W$$

$$1,35*(G+G') + 1,05*Q + 1,5*W$$

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 3.b. Descente de charges

## 6 – APPLICATION DU PFS (PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE)

L'application du PFS se fait en 6 étapes

1. La définition d'un repère orthonormé et d'un sens de rotation conventionnellement positif.
2. La liste des forces verticales et des forces horizontales.
3. La décomposition des forces obliques en composantes horizontales et verticales.  
*(s'il n'y a pas de forces obliques, étape à sauter)*
4. On applique le PFS sur les forces dans le sens gravitaire (en Y).
5. On applique le PFS sur les forces horizontales (en X).
6. On applique le PFS sur les moments en un point choisi judicieusement (ex. un appui) pour éliminer une ou plusieurs inconnues.

*L'ordre des étapes 4, 5 et 6 peut être modifié en fonction des charges en jeu et de l'inconnue recherchée.*

*Par exemple, pour connaître une réaction horizontale d'une poutre isotatique, appliquer d'office le PFS sur les moment à l'autre appui permet d'avoir directement la réponse.*

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)



L'usine INMOS (Newport, Pays de Galles) a été construite par **Richard Rogers Partnership** entre 1990 et 1992.

De style High Tech, elle était initialement construite pour la fabrication de microprocesseurs et est maintenant occupée par la firme International Rectifier.

**Les contraintes étaient nombreuses :**

1. Flexibilité maximale
2. Réalisation rapide
3. Extension possible sans fermeture
4. Image dynamique

**Et les réponses adaptées :**

1. Absence de points porteurs dans l'usine et les bureaux, grande portée
2. Préfabrication et utilisation de poutres treillis
3. Bâtiment constitué de travées
4. Vocabulaire High-Tech

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

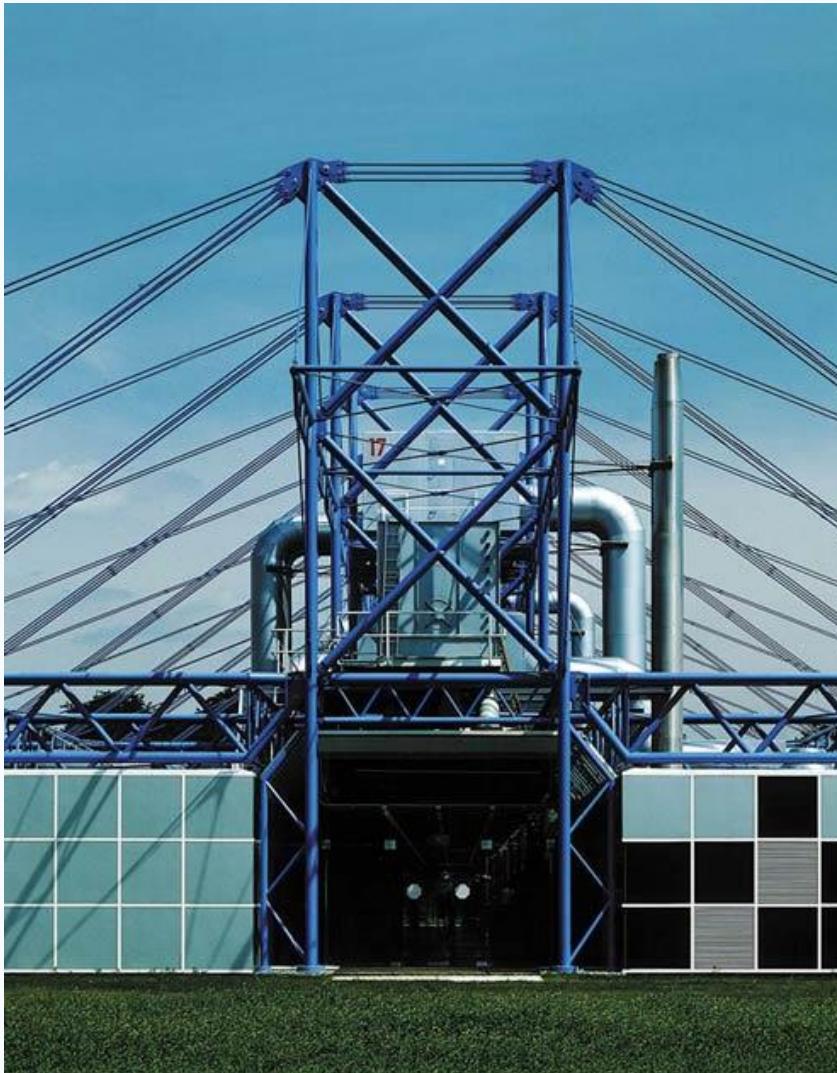
5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Vues de l'extérieur :



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Vues de l'intérieur :



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

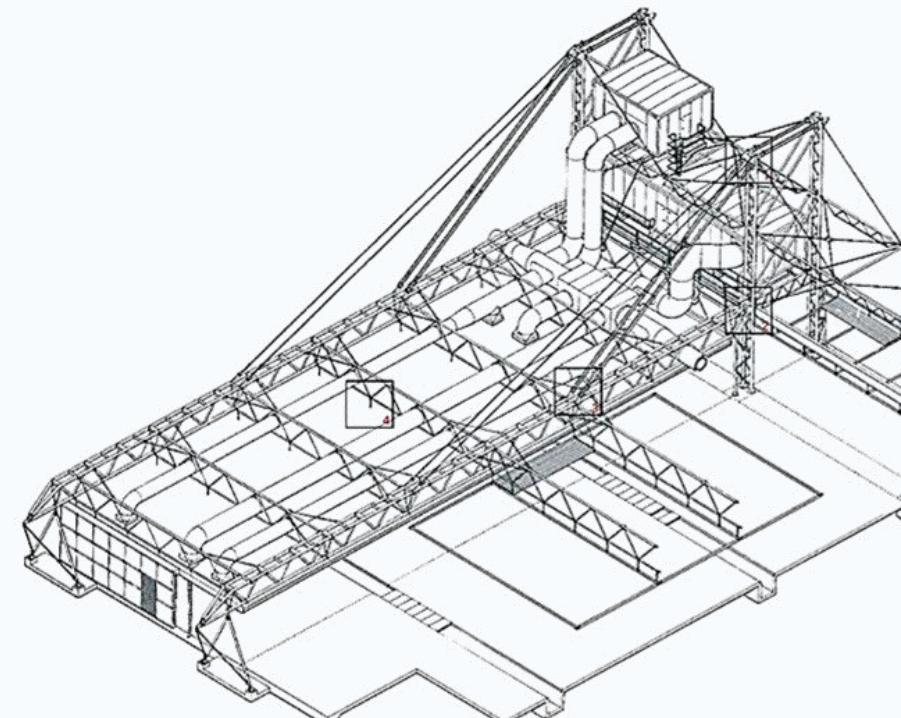
#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

##### Présentation de la structure :

- La structure du bâtiment est un **double porte-à-faux suspendu à une pile centrale triangulée**
- La succession de ces piles définit un axe Est/Ouest constituant l'épine dorsale du bâtiment.
- Elle regroupe l'ensemble des réseaux en deux zones techniques, l'une en sous sol dans un caniveau, l'autre dans un espace extérieur supérieur.
- Au RdC, elle sépare la zone de production des bureaux.
- La couverture des espaces est suspendue à d'énormes **poutres treillis triangulées de 38,4 m de longueur et espacées de 12,4 m.**
- Un réseau de **poutres secondaires** également triangulées et espacées de 6 m supporte les bacs.

##### Données :

- Masse volumique de la toiture : 164 kg/m<sup>3</sup>
- (panneau isolant acier e = 150mm)
- Charge exploitation : 150 kg/m<sup>2</sup>
- Masse répartie de la structure : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Limite élastique acier courant : 235 MPa



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

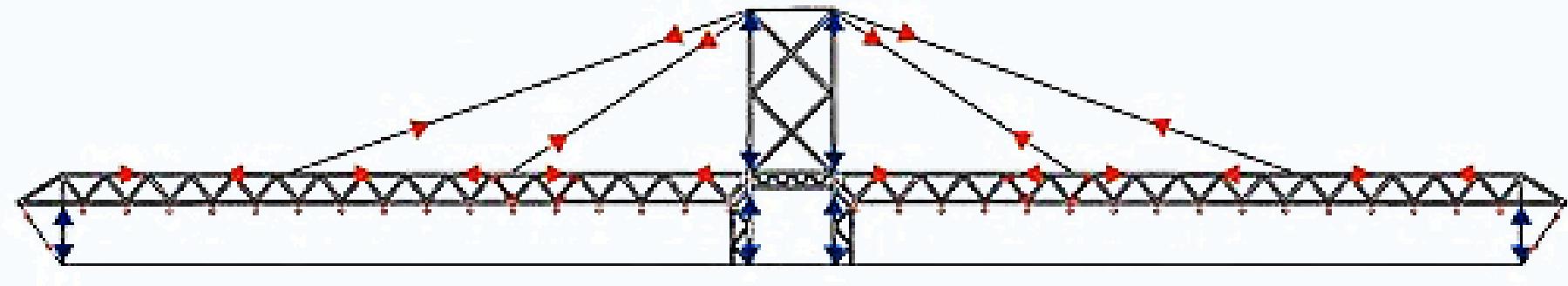
### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Indice I

S. EBODE – M. LEYRAL

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

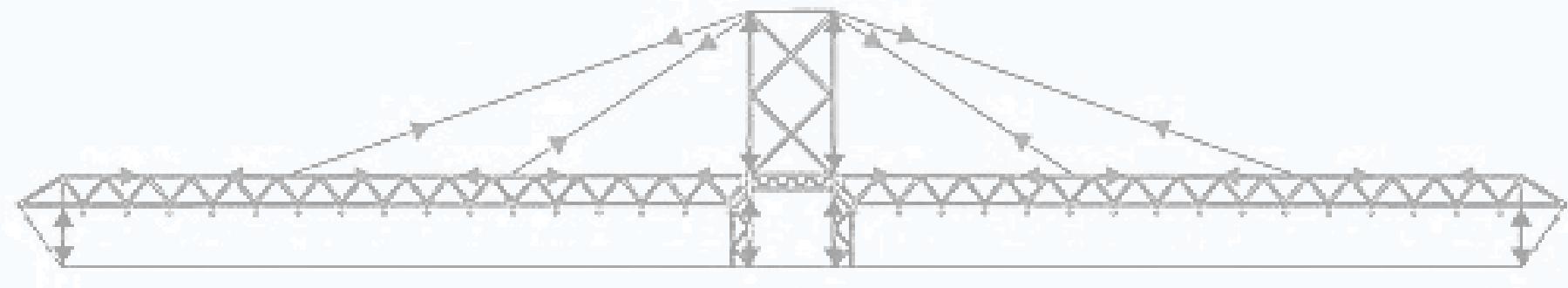
Indice I

S. EBODE – M. LEYRAL

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

#### ÉTAPE 1 : Identification des éléments

*Nota : on néglige les tirants d'extrémité dont le but est de contreventer la structure*



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

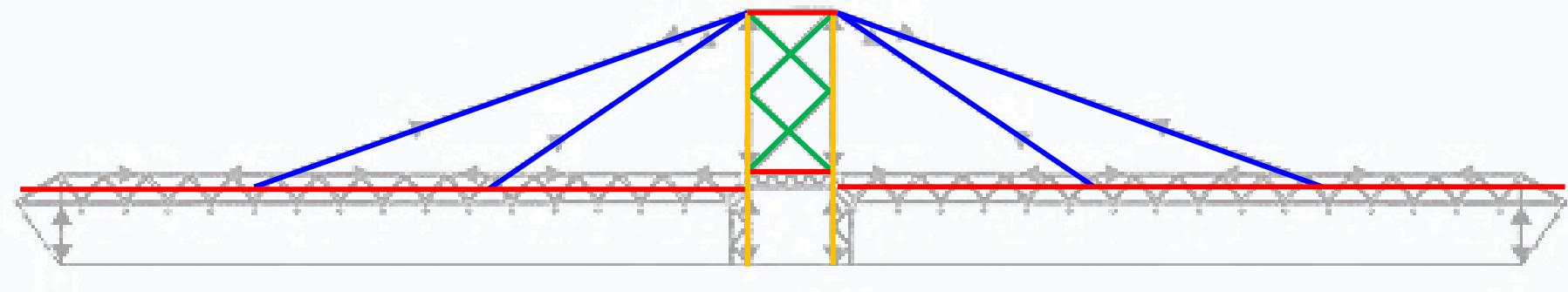
b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 1 : Identification des éléments***Nota: on néglige les tirants d'extrême dont le but est de contreventer la structure*

- Porteur – poteaux
- Porteur – tirants
- Franchissement – flexion
- Contreventement

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

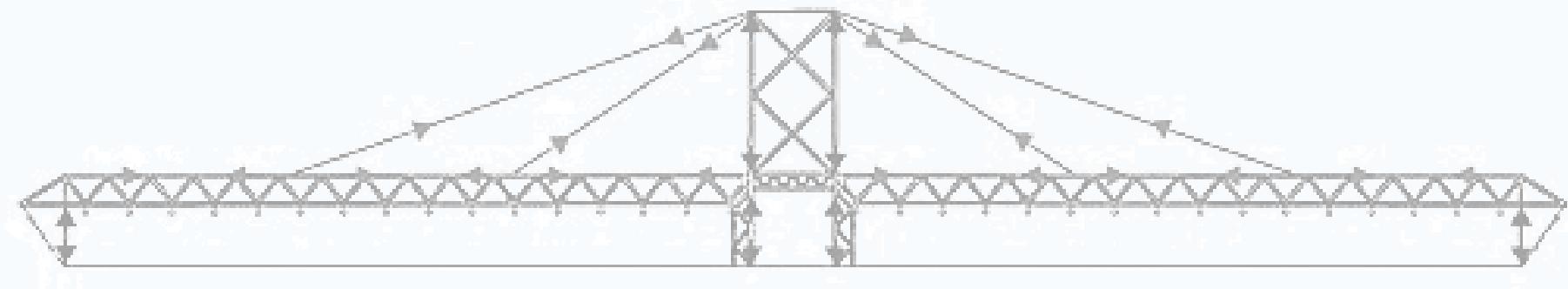
#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Indice I

S. EBODE – M. LEYRAL

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

ÉTAPE 2 : Identification des appuis et des liaisons



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

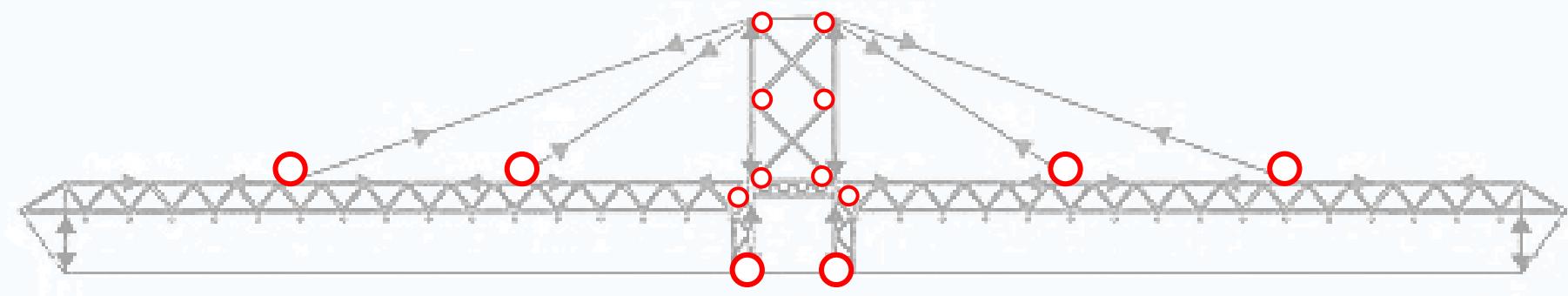
#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Indice I

S. EBODE – M. LEYRAL

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

ÉTAPE 2 : Identification des appuis et des liaisons



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

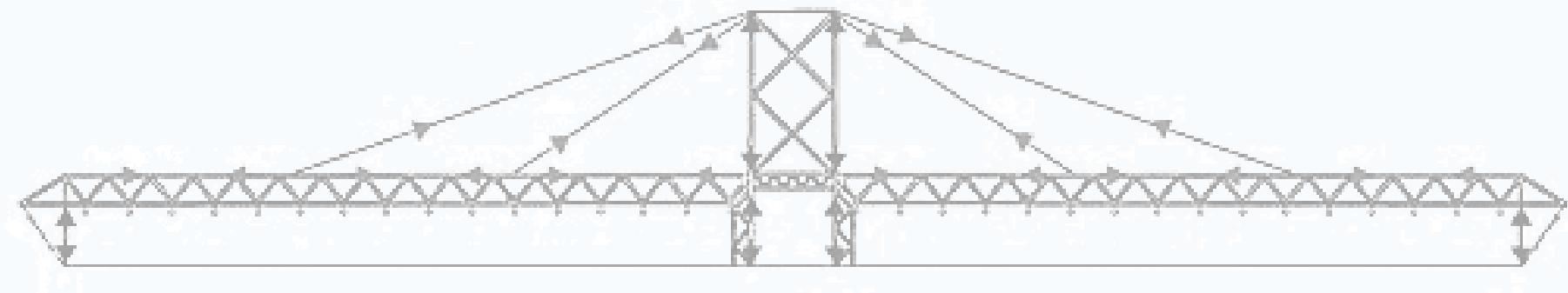
## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

ÉTAPE 3 : Schéma statique



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

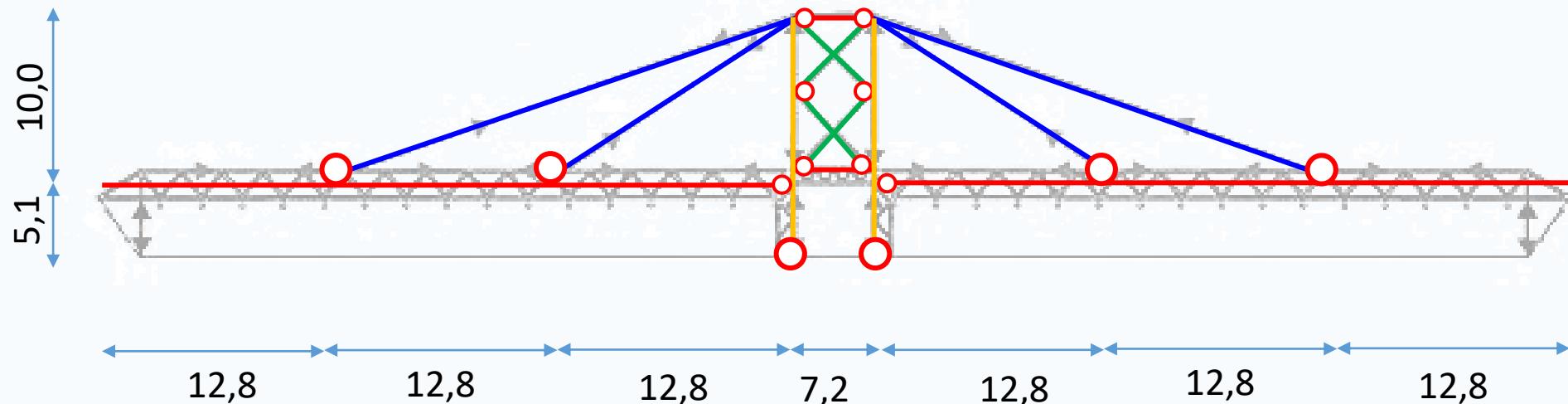
## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

ÉTAPE 3 : Schéma statique



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

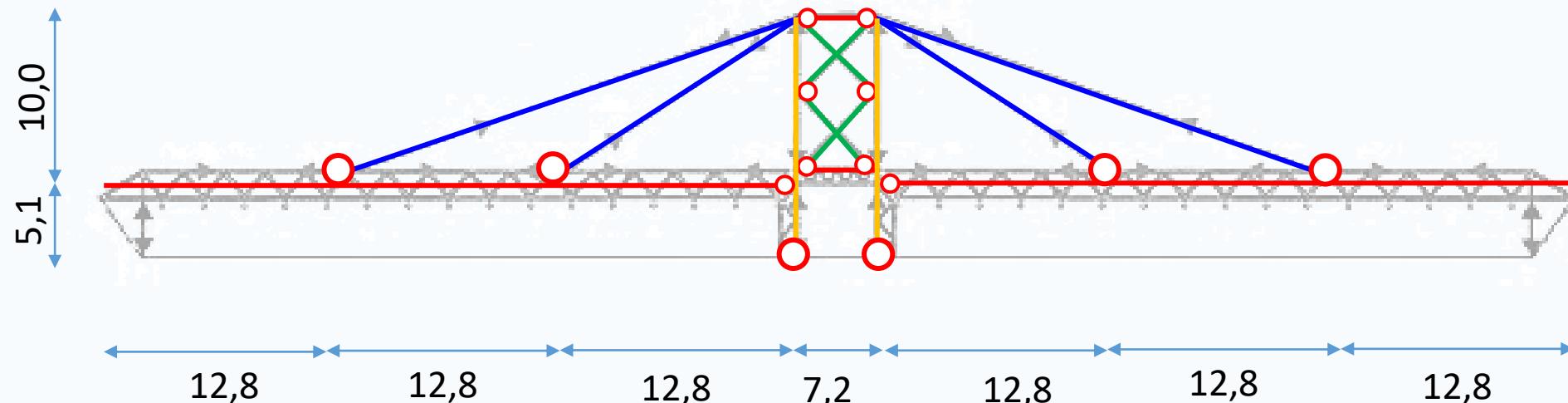
## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

ÉTAPE 4 : On calcule le degré de staticité



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)**

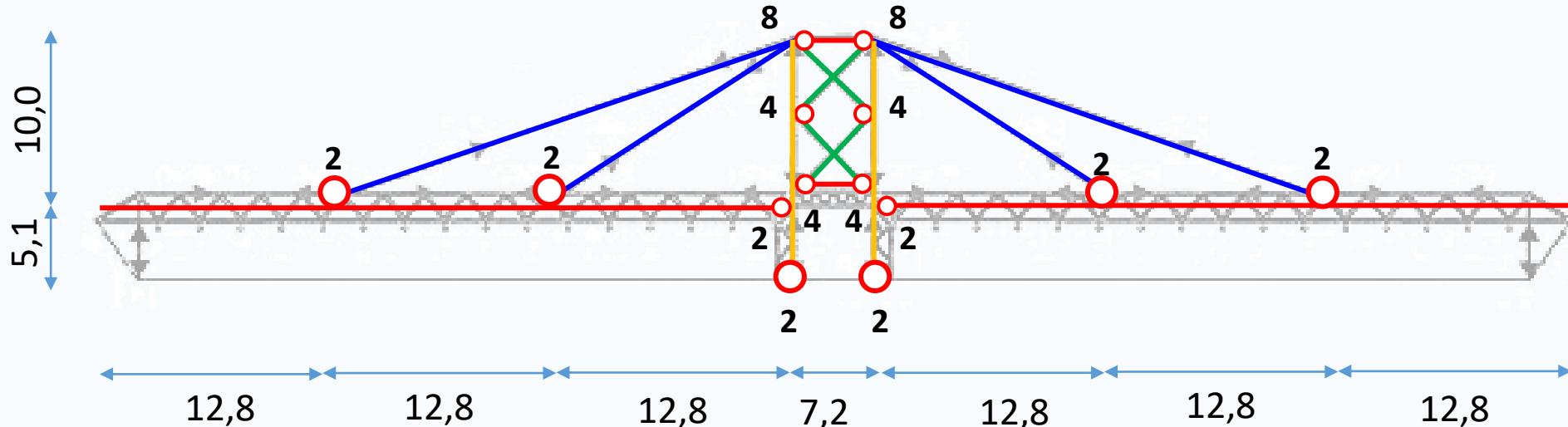
**Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?**

**ÉTAPE 4 : On calcule le degré de staticité**

$$i = 48$$

$$n = 42$$

$h = 48 - 42 = 6$  (hyperstatique de degré 6) : nous allons devoir simplifier le modèle.



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

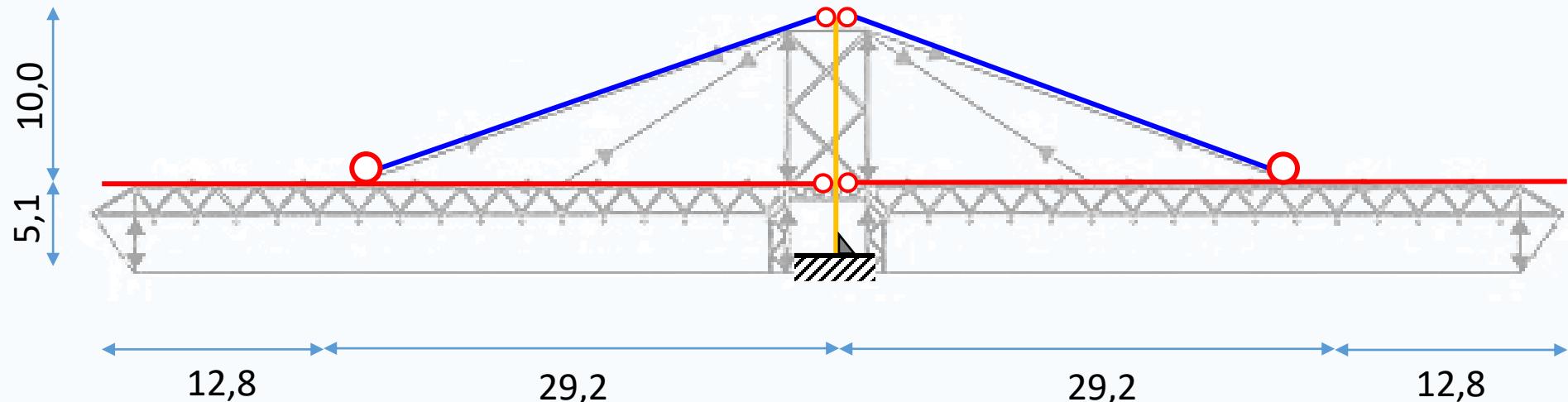
b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 3bis : On définit un nouveau schéma statique simplifié**

On conserve les tirants les plus sollicités et on remplace le noyau central par un poteau encastré



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

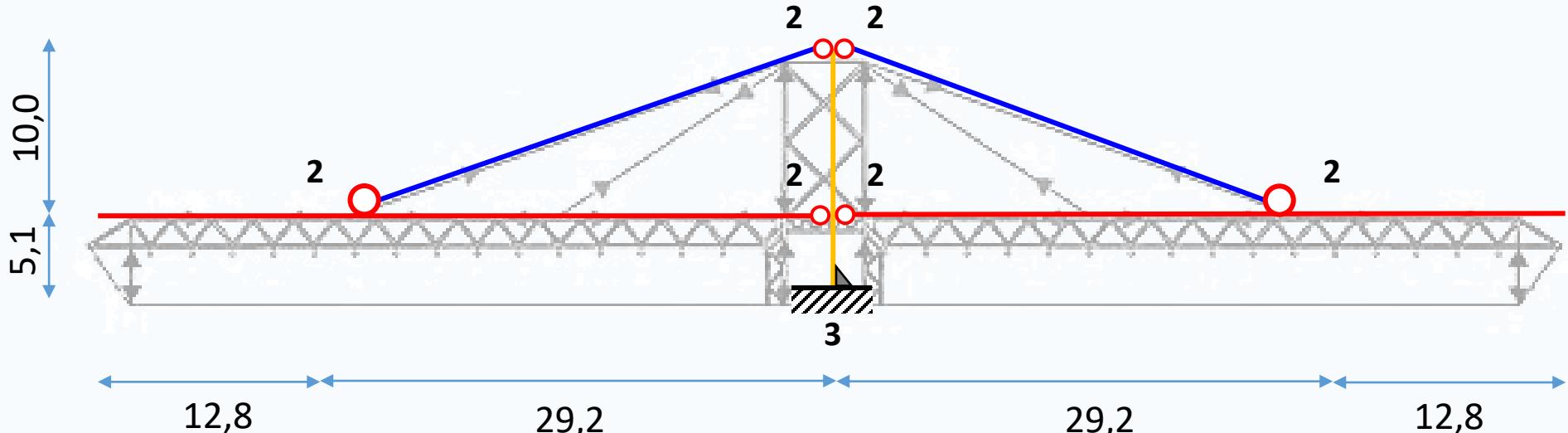
4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 3bis : On définit un nouveau schéma statique simplifié**

$i = 15$

$n = 15$

 **$h = 15 - 15 = 0$ , isostatique, je vais pouvoir me faire une idée des efforts.**

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

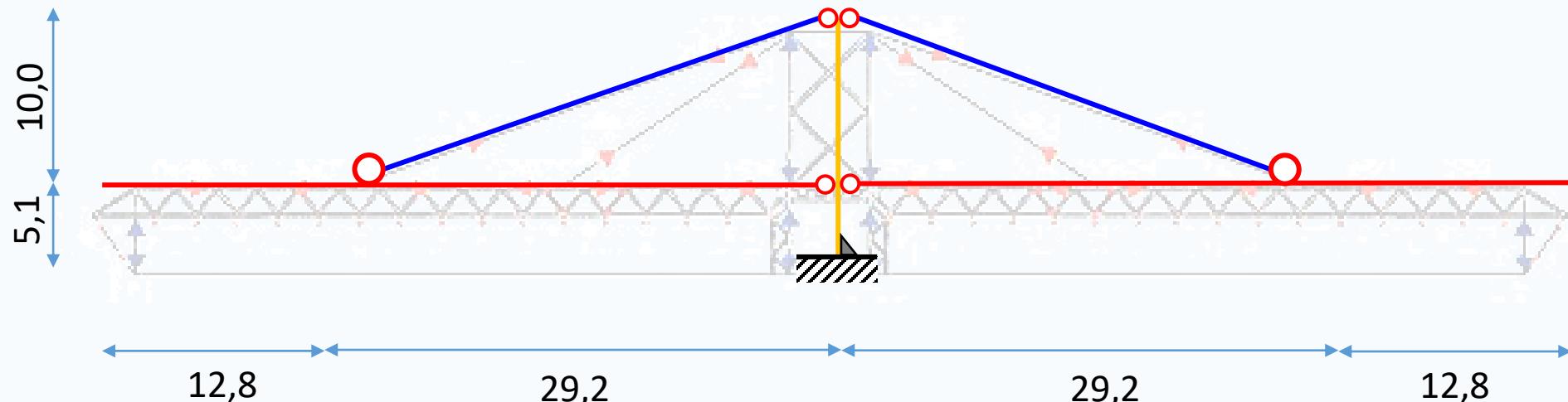
5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 5 : On calcule les charges****Données :**

- Masse volumique de la toiture :  $164 \text{ kg/m}^3$
- Épaisseur de la toiture : 15cm
- Charge exploitation :  $150 \text{ kg/m}^2$
- Masse répartie de la structure :  $100 \text{ kg/m}^2$
- Limite élastique acier courant : 235 Mpa
- Poutres treillis espacées de 12,4 m



**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)**

**Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?**

**ÉTAPE 5 : On calcule les charges**

**Calcul de G' :**

Chaque poutre porte une surface de toiture de :

$$42 * 12,4 = 521 \text{ m}^2$$

Soit un volume de :

$$521 * 0,15 = 78 \text{ m}^3$$

Ce qui fait une masse de :

$$78 * 164 = 12\,800 \text{ kg}$$

Et un poids non structurel :

$$G' = 128\,000 \text{ N} = 128 \text{ kN}$$

**Calcul de G :**

Chaque poutre porte une surface de toiture de 521 m<sup>2</sup>

Ce qui fait une masse de:  $521 \times 100 = 52\,100 \text{ kg}$

Et un poids structurel **G = 521 000 N = 521 kN**



**On calcule une poutre courante,  
pas une poutre de rive !**

**Données :**

- Masse volumique de la toiture : 164 kg/m<sup>3</sup>
- Épaisseur de la toiture : 15cm
- Charge exploitation : 150 kg/m<sup>2</sup>
- Masse répartie de la structure : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Limite élastique acier courant : 235 Mpa
- Poutres treillis espacées de 12,4 m

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 5 : On calcule les charges****Calcul de Q :**

Chaque poutre porte une surface de toiture de  
521 m<sup>2</sup>

Ce qui fait une masse de :

$$521 \text{ m}^2 \times 150 \text{ kg/m}^2 = 78\ 150 \text{ kg}$$

Et donc une charge variable d'exploitation de  
**781 500 N = 781,5 kN**



**On calcule une poutre courante,  
pas une poutre de rive !**

**Données :**

- Masse volumique de la toiture : 164 kg/m<sup>3</sup>
- Épaisseur de la toiture : 15cm
- Charge exploitation : 150 kg/m<sup>2</sup>
- Masse répartie de la structure : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Limite élastique acier courant : 235 Mpa
- Poutres treillis espacées de 12,4 m

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 5 : On calcule les charges**

**Nous allons faire un calcul à l'ELU en prenant comme hypothèse un vent normal que nous allons négliger.**

La combinaison est:

$$1,35*(G+G') + 1,5*Q + 0,9*W$$

Soit

$$1,35*(G+G') + 1,5*Q$$

Ce qui nous donne:

$$1,35 * (128 \text{ kN} + 521 \text{ kN}) + 1,5 * (781,5 \text{ kN}) = 2050 \text{ kN}$$

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

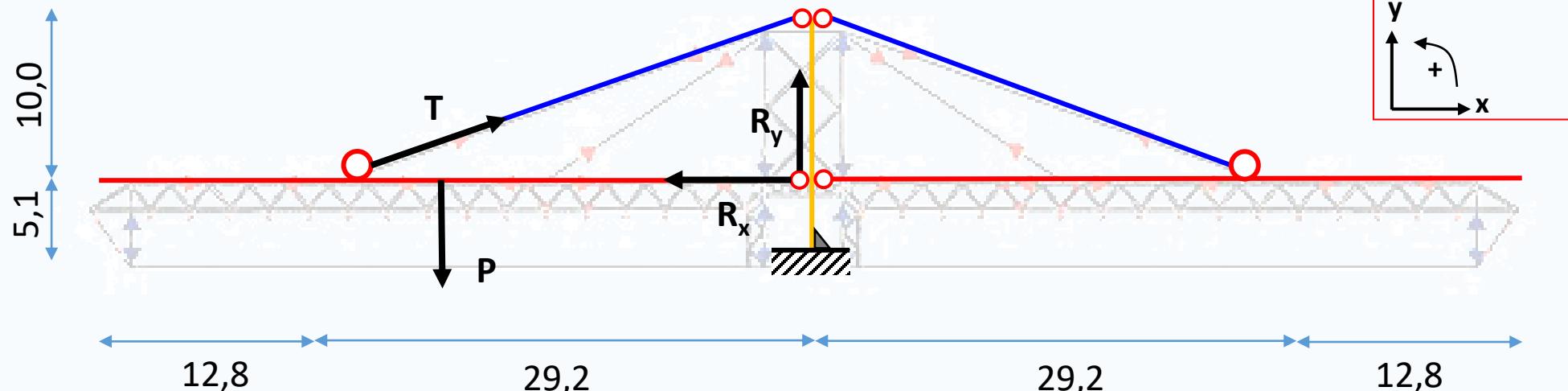
5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**On **isole la poutre** et on indique sur le schéma les réactions supposées liées à la poutre.

La charge combinée s'applique au centre de gravité de la poutre.

*(Nous ne nous intéressons pas au poteau pour l'instant)*

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

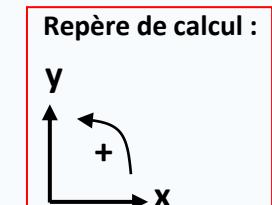
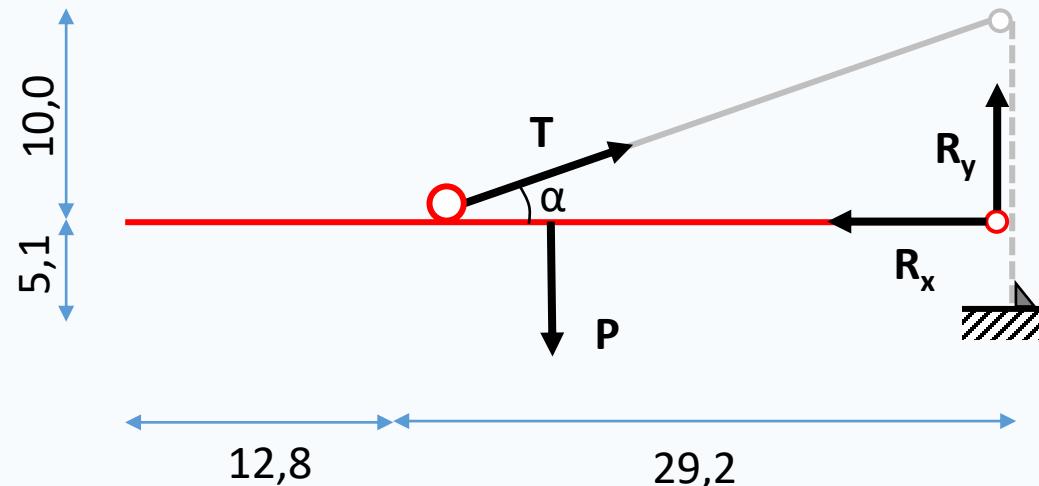
4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**

Nous avons bien trois inconnues statiques ( $T$ ,  $R_x$  et  $R_y$ ) et trois équations liées aux déplacements possibles de la poutre ( $T$  est considérée comme une seule inconnue statique car nous connaissons son angle).

**3 - 3 = 0, notre sous-système isolé est isostatique**



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

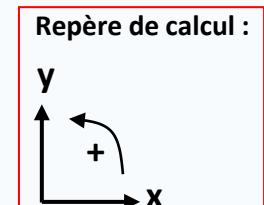
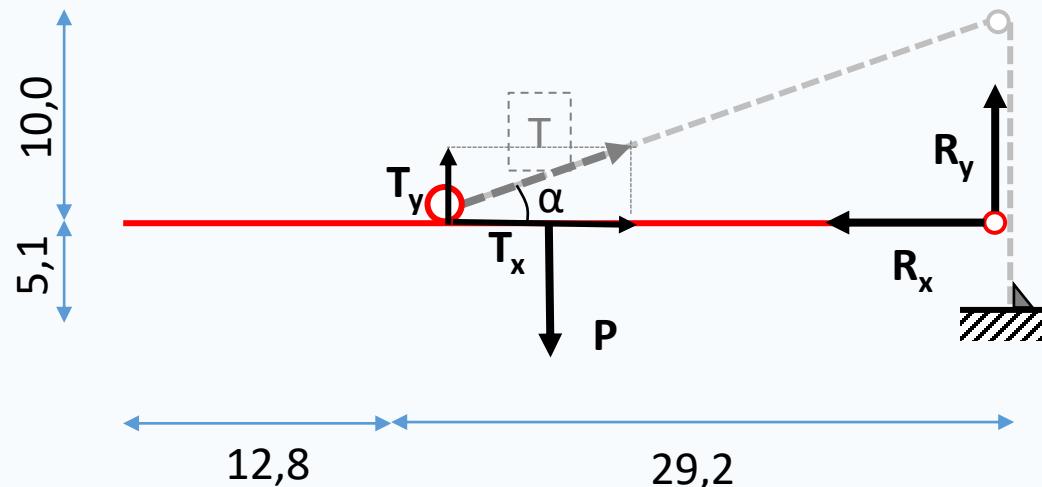
- a. Présentation
- b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**Pour appliquer le PFS, il faut décomposer la force  $T$  en composante horizontale  $T_x$  et verticale  $T_y$ 

Et bien sûr en n'oubliant pas de mettre en place notre repère



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**Détermination de l'angle  $\alpha$ 

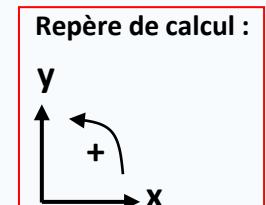
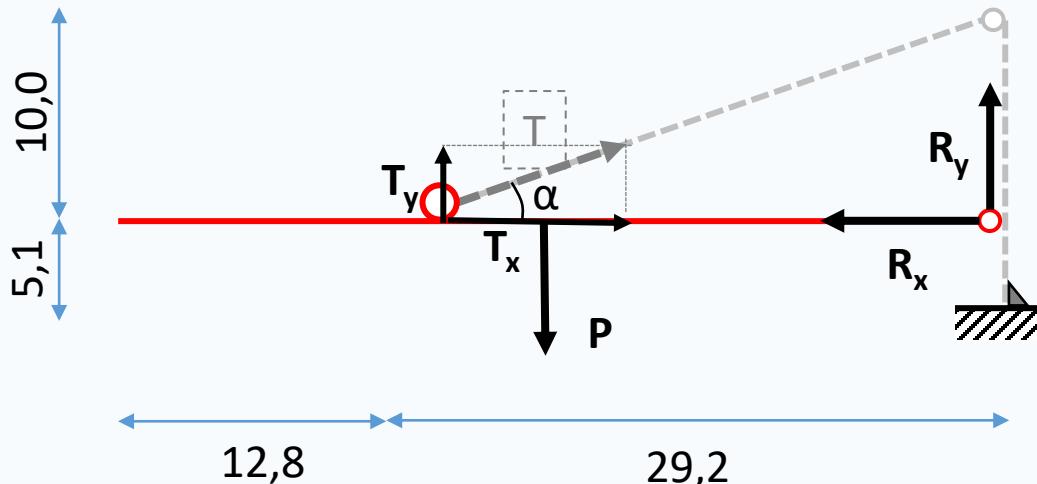
Dans le grand triangle :

$$\tan(\alpha) = \frac{10}{(29,2)} = 0,342$$

Et donc l'angle  $\alpha = 18,9^\circ$ 

$$T_Y = T * \sin(\alpha) = 0,323 * T$$

$$T_X = T * \cos(\alpha) = 0,946 * T$$



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

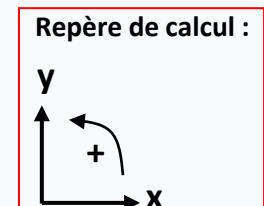
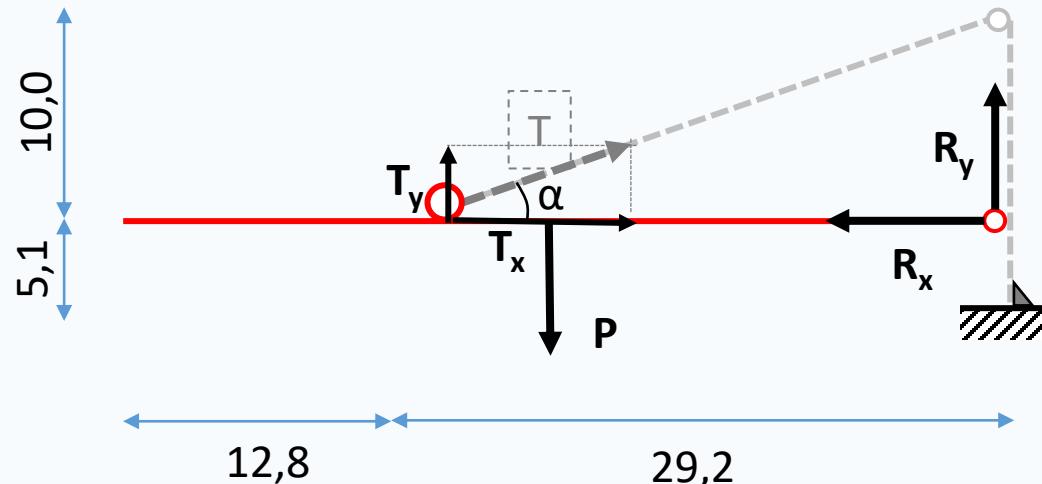
**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**

La somme des forces sur X s'écrit:

$$T_x + (-R_x) = 0 \text{ donc } T_x = R_x$$

La somme des forces sur Y s'écrit:

$$T_y + (-P) + R_y = 0, \text{ donc } T_y = P - R_y = 2\,050 \text{ kN} - R_y$$

**Aucune de ces deux équations ne me donne le résultat.****En prenant un peu de temps pour réfléchir au problème avant de passer aux calculs, je me serais rendu compte qu'il y avait plus efficace.**

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 4. APPLICATION

#### EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)

Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?

**ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**

**Une seule équation suffisait pour trouver directement le résultat !**

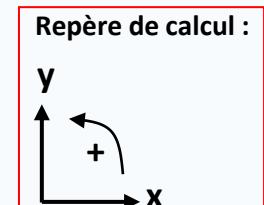
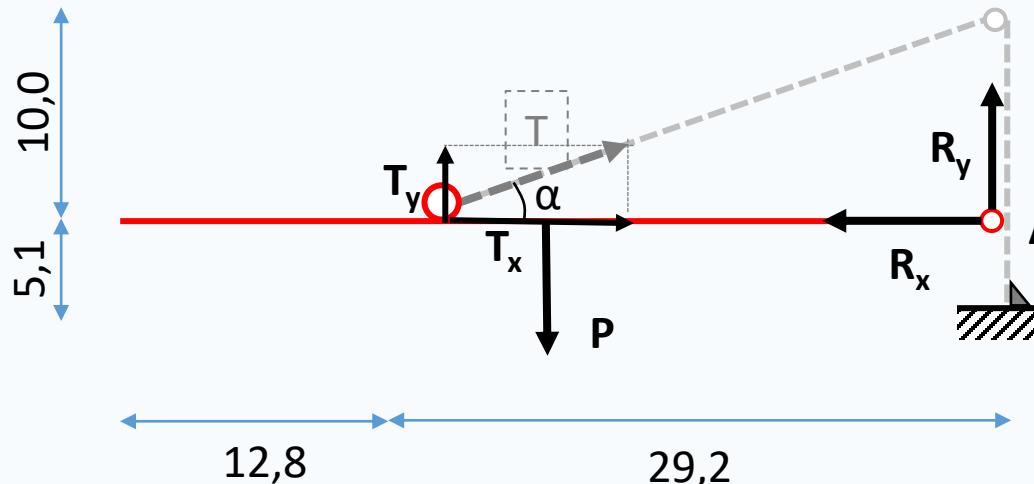
Je choisis d'appliquer le PFS sur les moments à un point qui me permettra d'éliminer des inconnues.

Je choisis le point d'accroche de la poutre treillis au poteau, que je nomme A :

$$\sum M_A = T_x * 0 - T_y * 29,2 + R_x * 0 + R_y * 0 + P * 21 = 0$$

Donc  $P \times 21 \text{ m} = T_y \times 29,2 \text{ m}$ , soit  $T_y = P \times 21 \text{ m} / 29,2 \text{ m} = 2\,050 \text{ kN} \times 21 \text{ m} / 29,2 \text{ m} = 1\,475 \text{ kN}$

Comme  $T = T_y / 0,323$ , on a  $T = 4\,567 \text{ kN}$  (force de traction dans le câble)



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

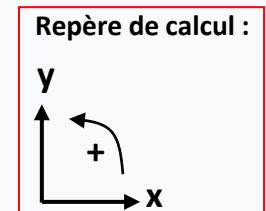
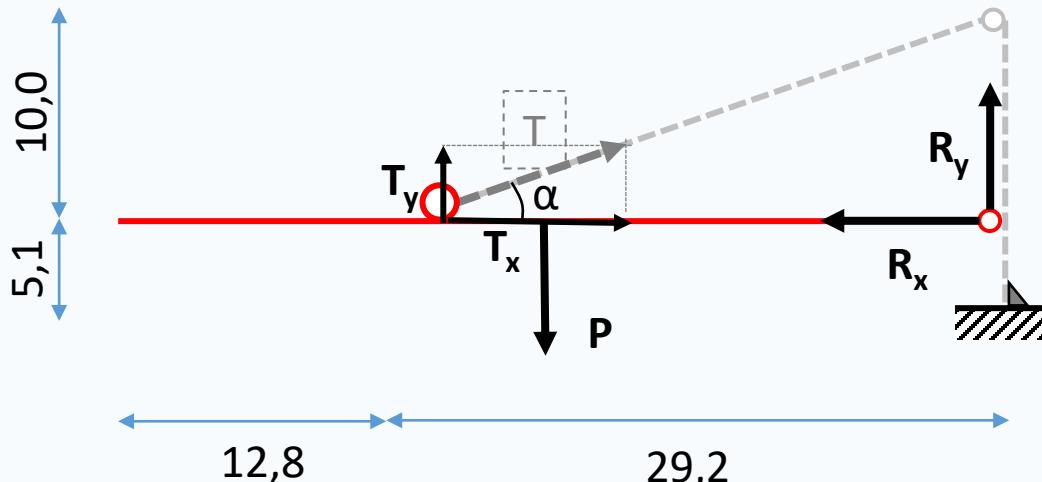
b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES**

## 4. APPLICATION

**EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU ?****ÉTAPE 6 : On applique le PFS (en isolant la poutre étudiée)**Comme  $T_x = T \times 0,946$ , on a  $T_x = 4\ 567 \times 0,946 = 4\ 320$  kN (force de compression dans la poutre)On déduit également  $R_y$  car comme  $T_y = 2\ 050$ kN –  $R_y$  $R_y = 2\ 050$ kN –  $T_y = 2\ 050$ kN – 1 475 = 575kN (réaction d'appui verticale au droit du poteau)

1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

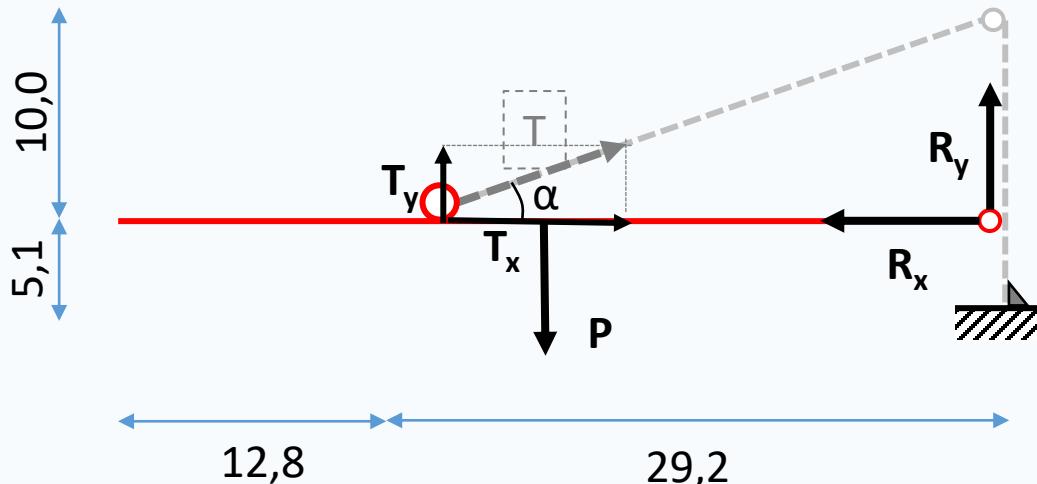
3. Cours 45'

a. Présentation

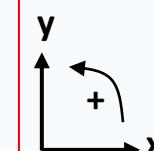
b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

**S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES****4. APPLICATION****EXERCICE D'APPLICATION : L'USINE INMOS MICROPROCESSOR À NEWPORT (ÉTUDE SIMPLIFIÉE)****Question : Quelles sont les sections de câble à l'ELU?****ÉTAPE 7 : Dimensionnement du câble**La limite d'élasticité du câble est de 235Mpa (235 N/mm<sup>2</sup>)Si S est la section du câble, j'ai donc:  $T / S = 235 \text{ N} / 1 \text{ mm}^2$ Soit  $4\ 567\ 000 \text{ N} / S = 235 \text{ N} / 1 \text{ mm}^2$  $S = 4\ 567\ 000 \text{ N} / 235 \text{ N/mm}^2 = 19\ 435 \text{ mm}^2$  (câble d'un diamètre de 15,8 cm)

Repère de calcul :



1. Échauffement 10'

2. Rappels 0'

3. Cours 45'

a. Présentation

b. Descente de charges

4. Application 30'

5. Bilan 5'

## S1-C6 LA DESCENTE DE CHARGES

### 5. BILAN

Qu'a-t-on appris aujourd'hui?



Béton de la chapelle de Wachendorf (rammed concrete)  
Peter Zumthor

À LA SEMAINE PROCHAINE !