ensa paris la villette

TD : STRUCTURE 1

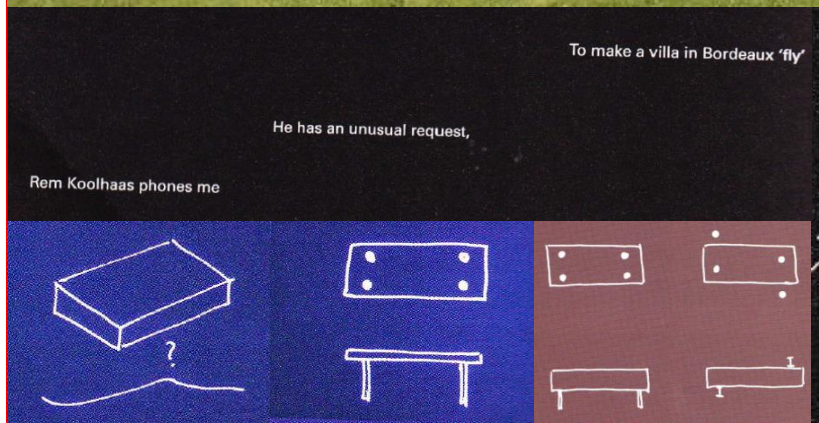
CYCLE LICENCE S3/S4

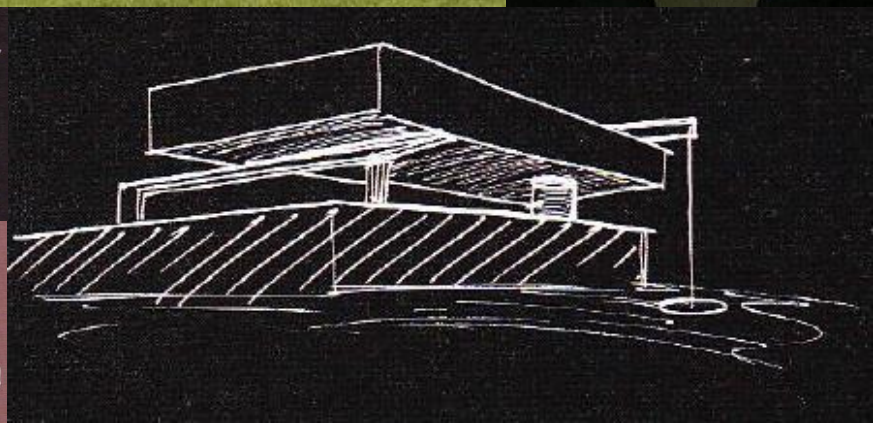
Marc LEYRAL
Sylvain EBODE

S1-TD2

TD THÉORIQUE : ANALYSE D'UNE STRUCTURE

La Villa Lemoine ou Maison de Bordeaux
Arch. Rem Koolhaas et Ing. Cecil Balmond





SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

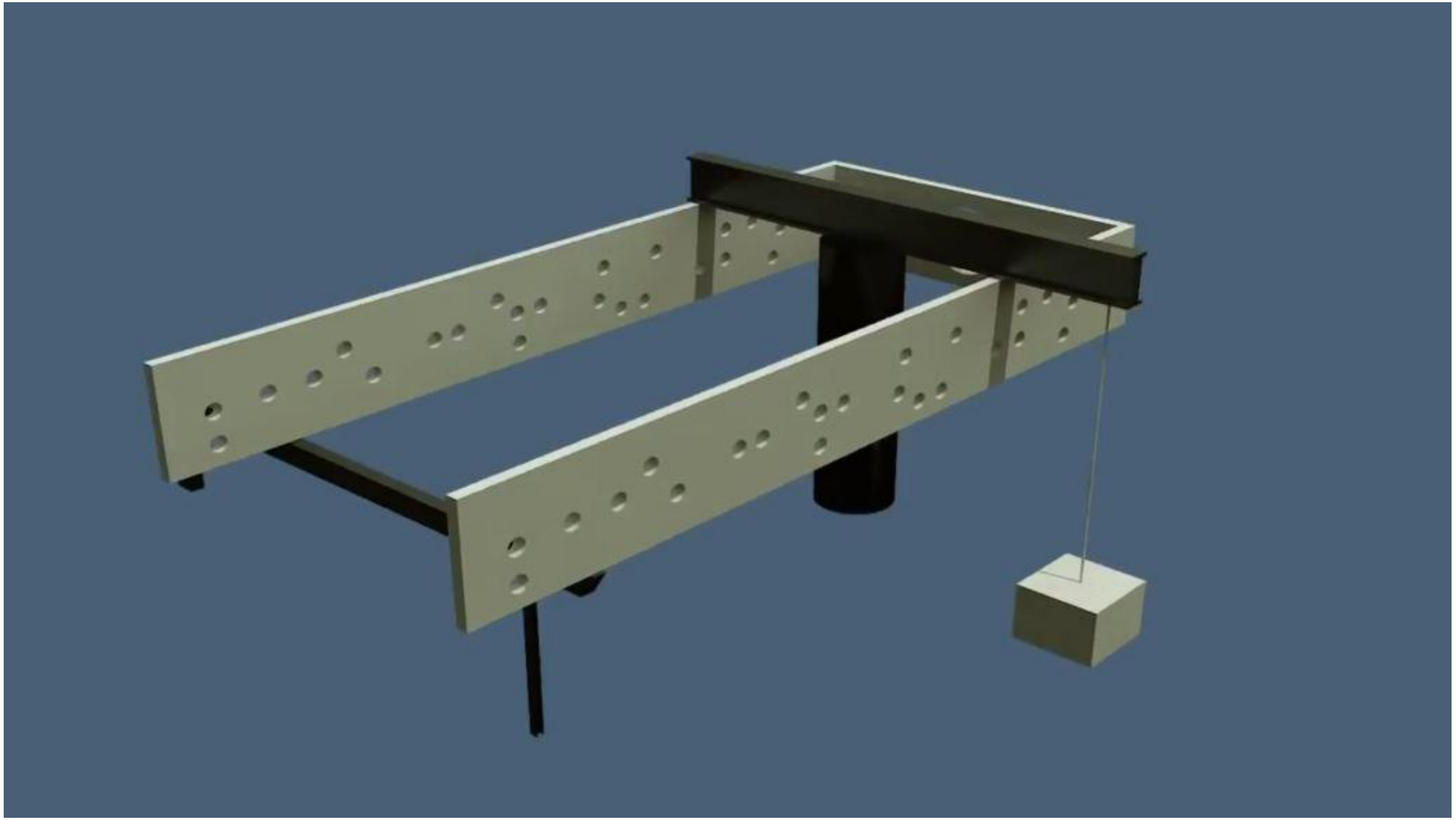
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : PRESENTATION

Source : https://www.youtube.com/watch?v=1Li0xcOf174



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : FRANCHIR

Eléments de reprise et de distribution des charges

- **Eléments 1D unidimensionnels**
  - ...
  - ...
  - Eléments horizontaux
  - **Poutres**

Sao Paulo. Musée d'art Chateaubriand. Lina Bo Bardi. 1968.

- **Eléments 2D bidimensionnels**
  - ...
  - **Poutres-voiles**
- **Eléments 3D tridimensionnels**
  - ...
  - ...
  - **Treillis 3D**

Sainsbury Centre for Visual Arts. Sir Norman Foster. 1974-1978

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

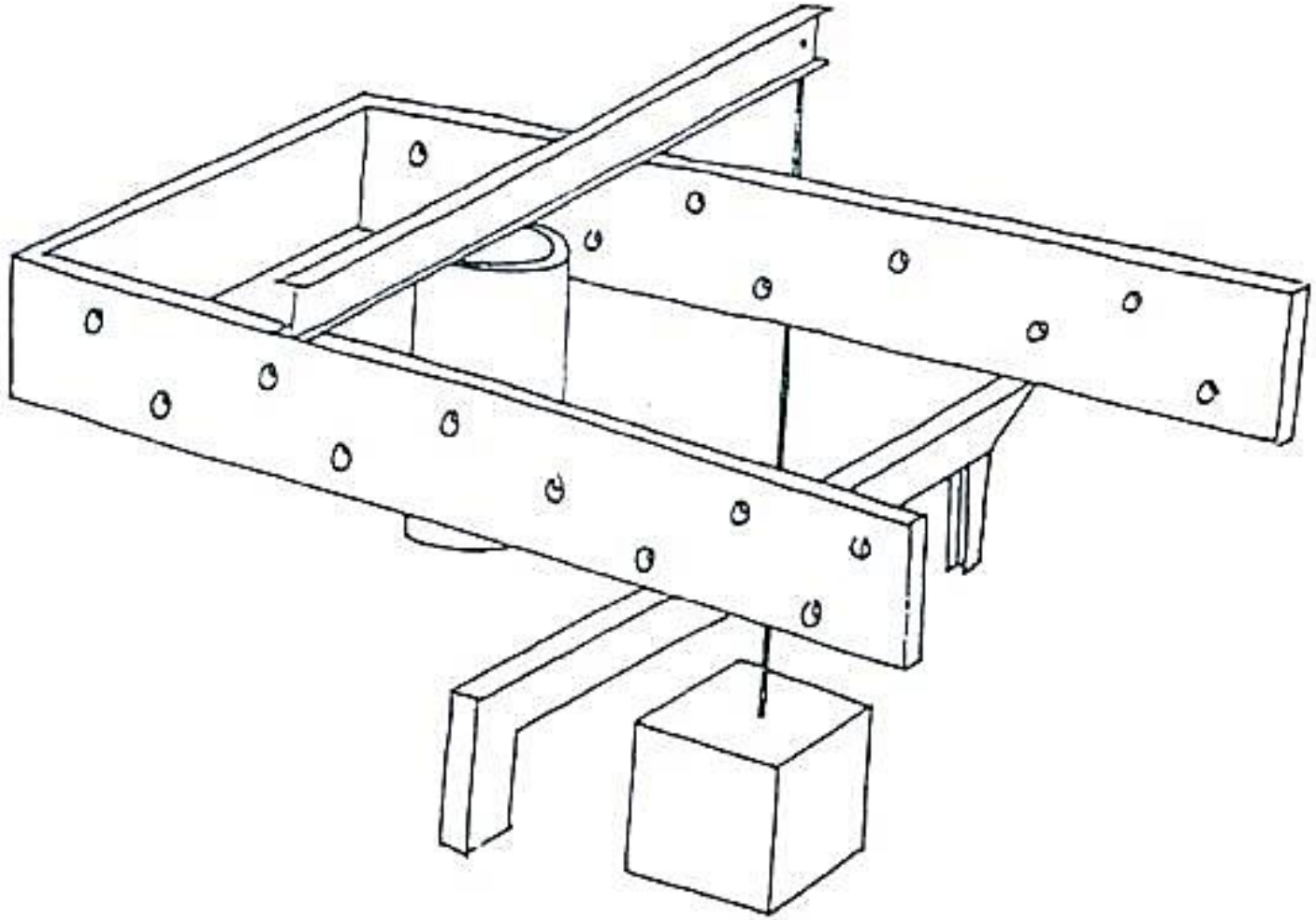
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : PORTER

Question 1 : à partir de ces définitions, identifier les éléments de reprise et de distribution des charges de la Villa Lemoine et les classifier.



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

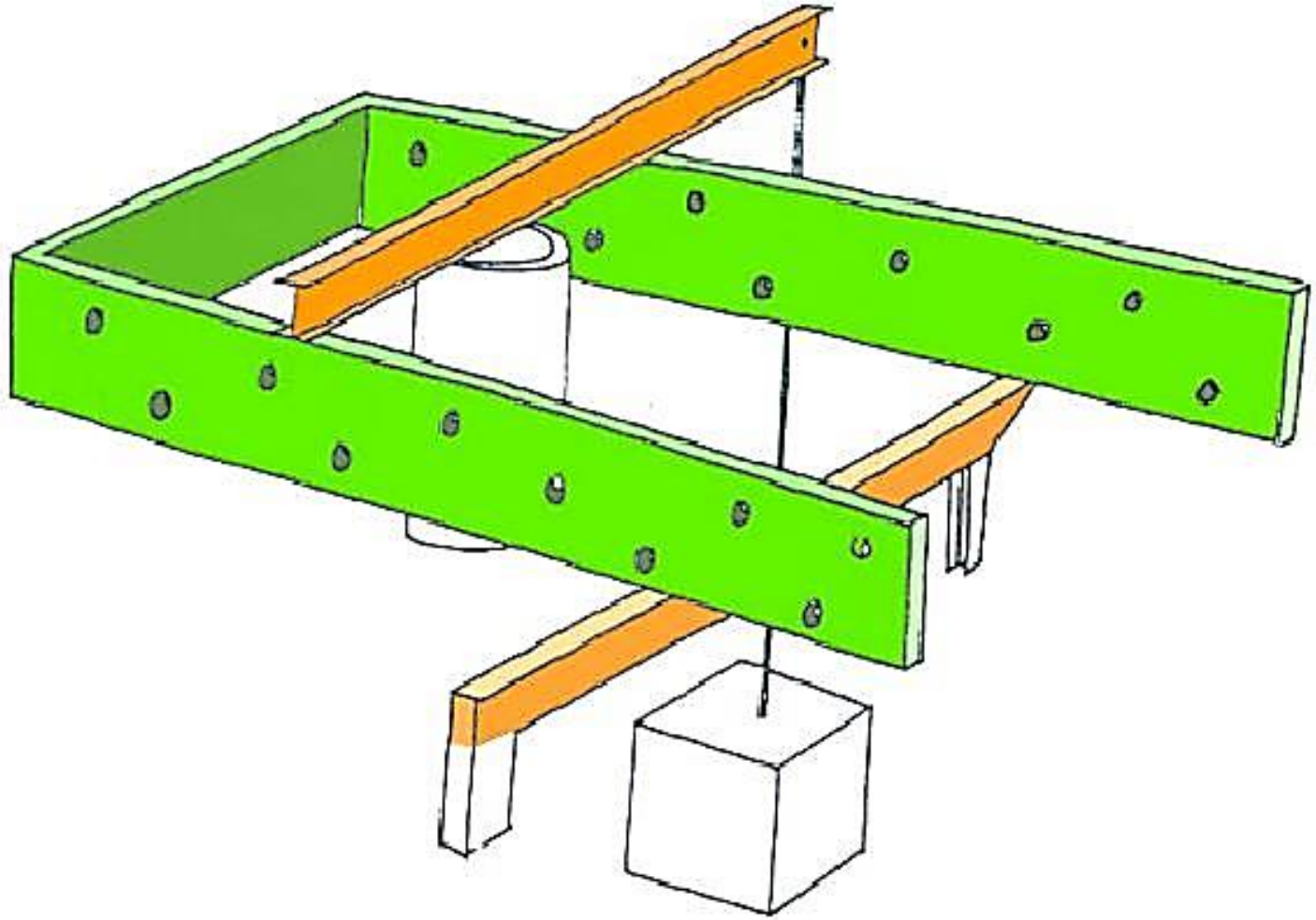
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : PORTER

Question 1 : à partir de ces définitions, identifier les éléments de reprise et de distribution des charges de la Villa Lemoine et les classifier.



Poutres

Poutres-voiles

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : PORTER

Porteurs
(+/- verticaux, report des charges au sol)

Ecosse. Pont firth of forth.
Sir John Fowler et Sir Benjamin Baker.
1882-1890

Compression

Etais

Tokio. Siège de Tod's.Toyo Ito. 2004

Eléments verticaux

Poteaux

Berlin. Neue Nationalgalerie.
Ludwig Mies van der Rohe. 1968

Traction

Tirants

Cantal. Pont de type Bow-string.

100% traction

Cables

Séville. Pont de l'Alamillo.
Santiago Calatrava. 1992

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

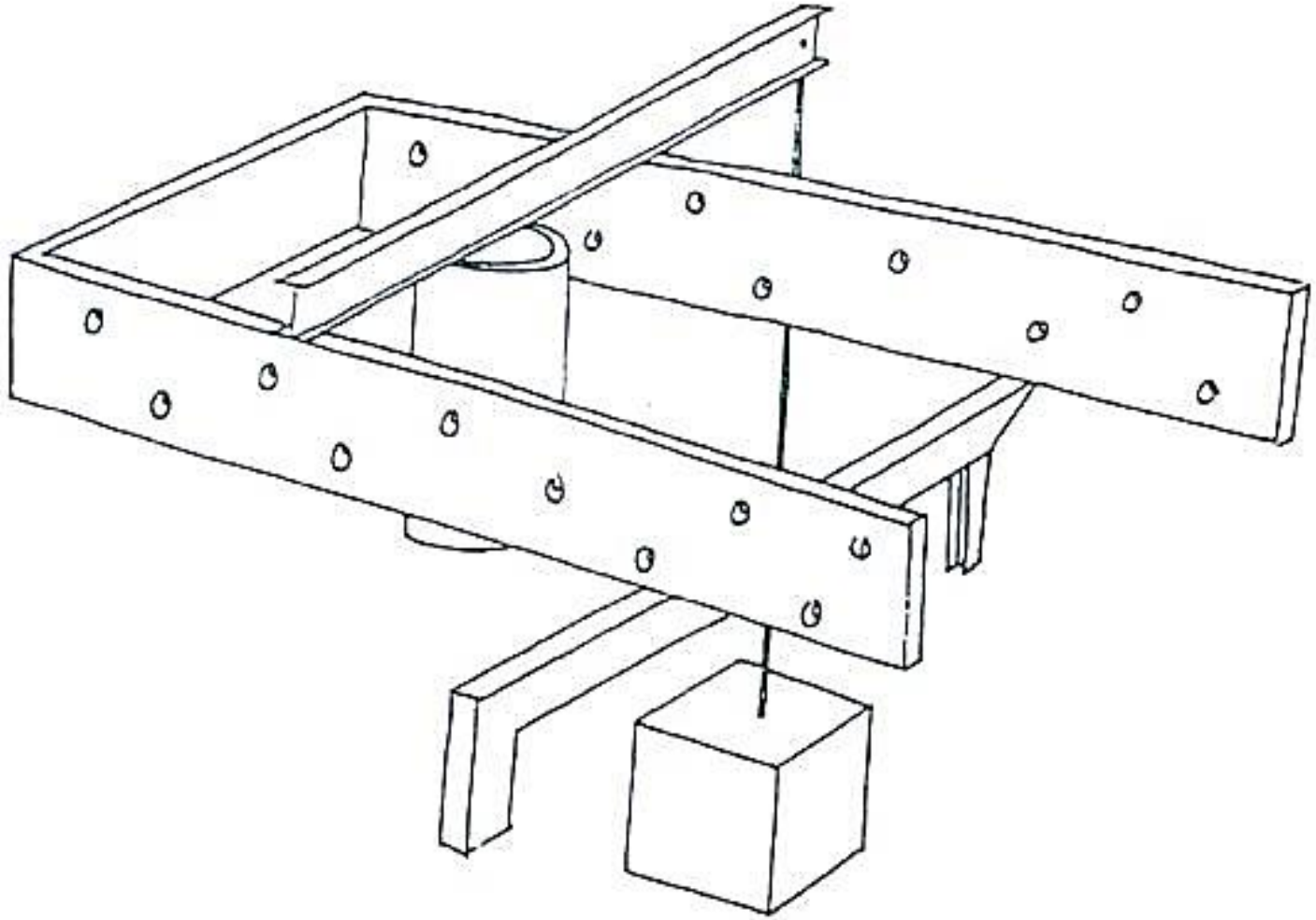
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : PORTER

Question 2 : à partir de ces définitions, identifier les porteurs de la Villa Lemoine et les classifier.



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

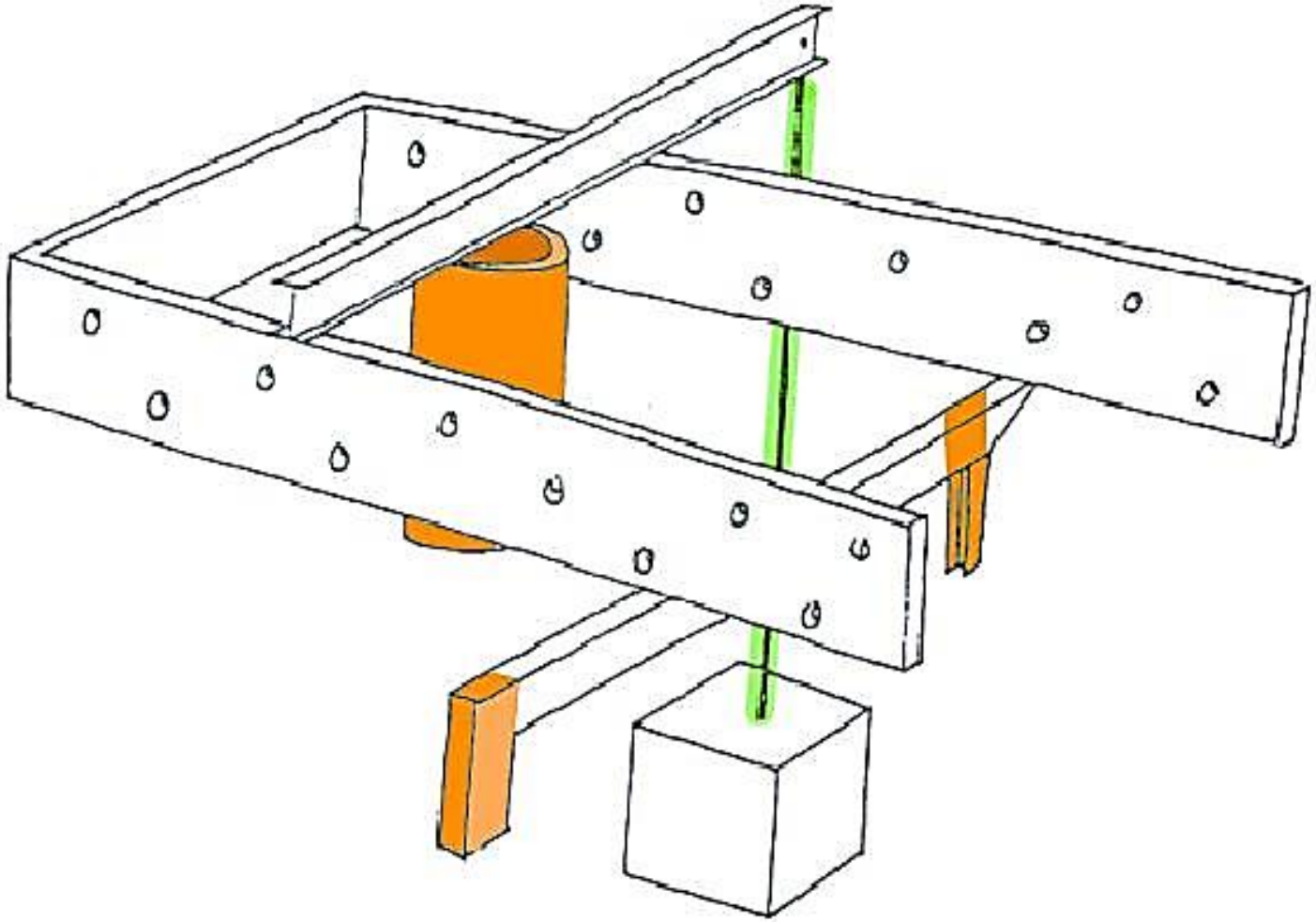
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.a. Les éléments structurels

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

FONCTION : PORTER

Question 2 : à partir de ces définitions, identifier les porteurs de la Villa Lemoine et les classifier.



Poteaux

Tirants

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

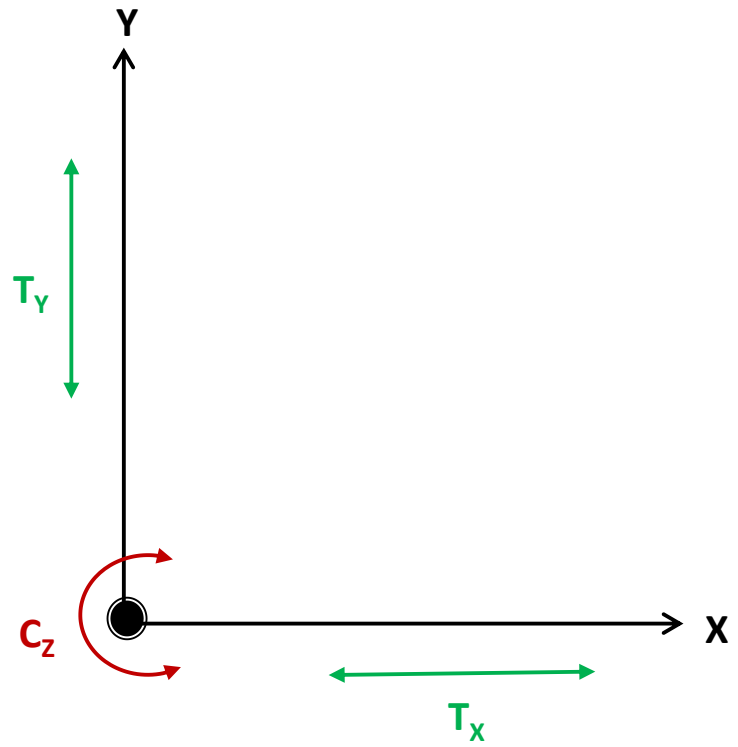
Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES DEGRÉS DE LIBERTÉ

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



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

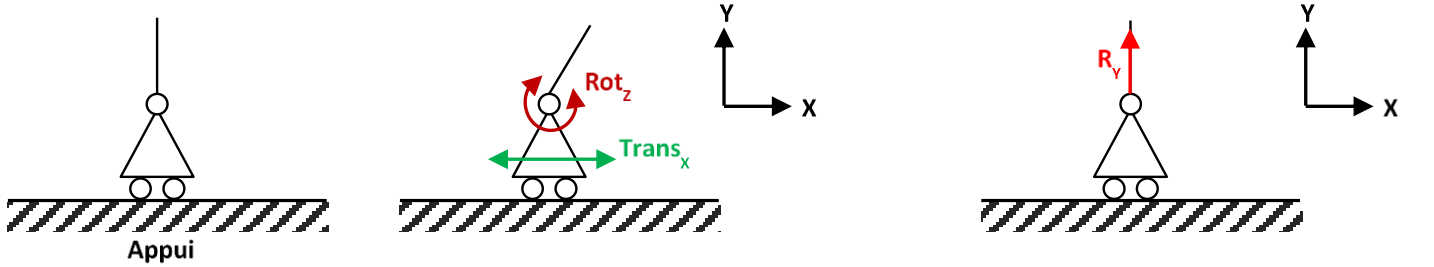
1.b. Le schéma statique

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES APPUIS ET LES LIAISONS

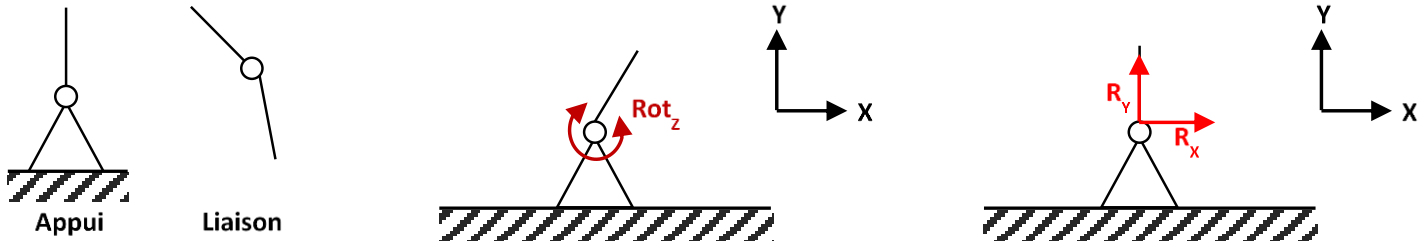
L'Appui simple ou Appui glissant

Représentation	DDL : 1 translation + 1 rotation	1 Réaction en force = 1 inconnue



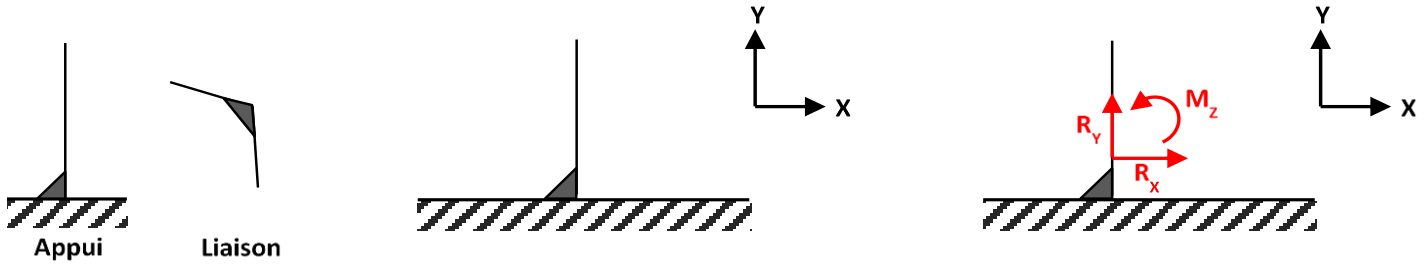
La Rotule ou Articulation

Représentation	DDL : 1 rotation	2 Réactions en force = 2 inconnues



L'Encastrement

Représentation	DDL : aucun	2 Réactions en force + 1 Réaction en moment = 3 inconnues



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

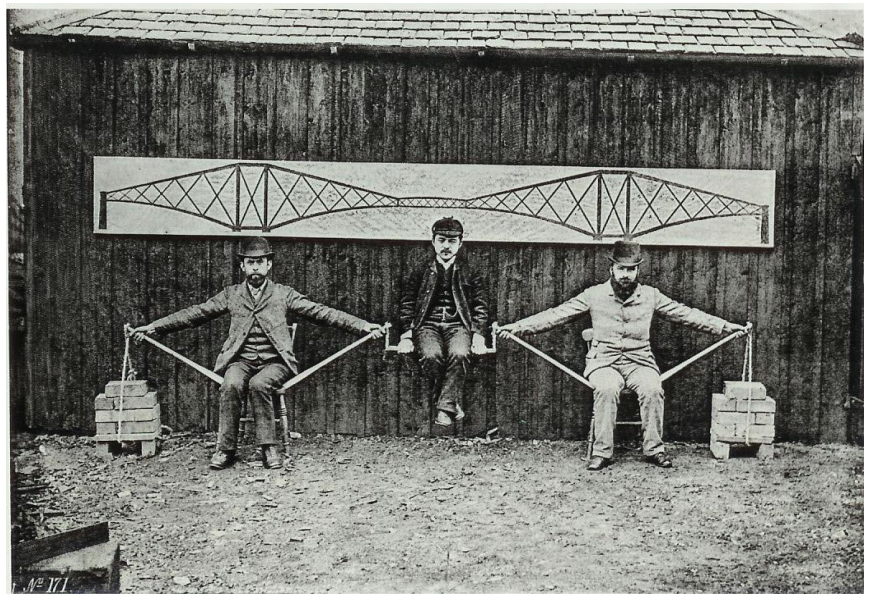
LE SCHÉMA STATIQUE

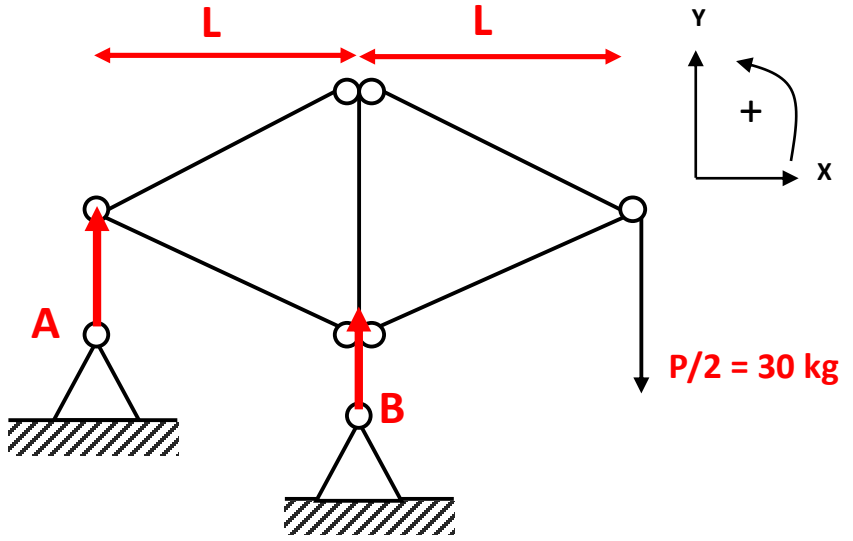
On trace uniquement:

- 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.





SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

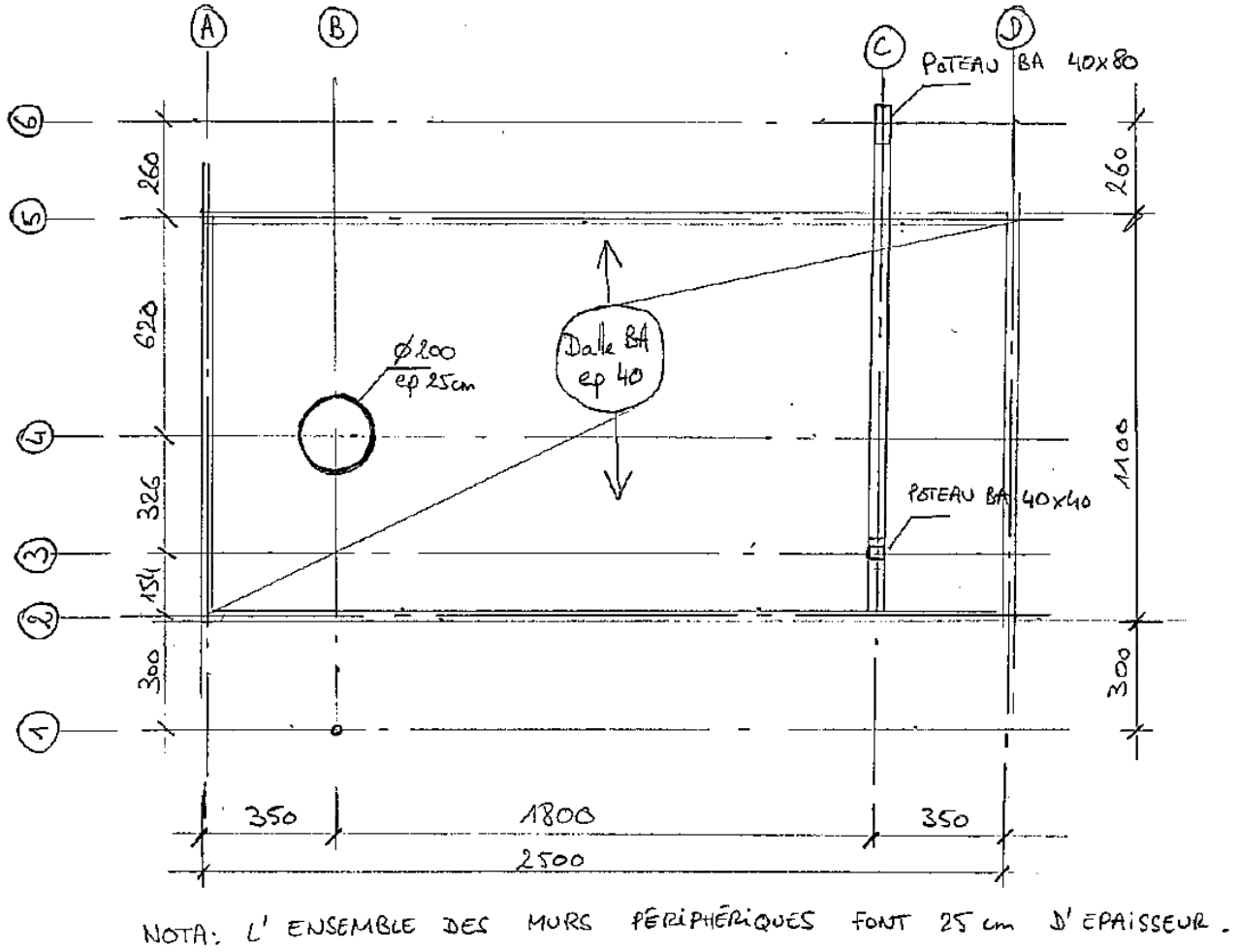
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE SCHÉMA STATIQUE

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

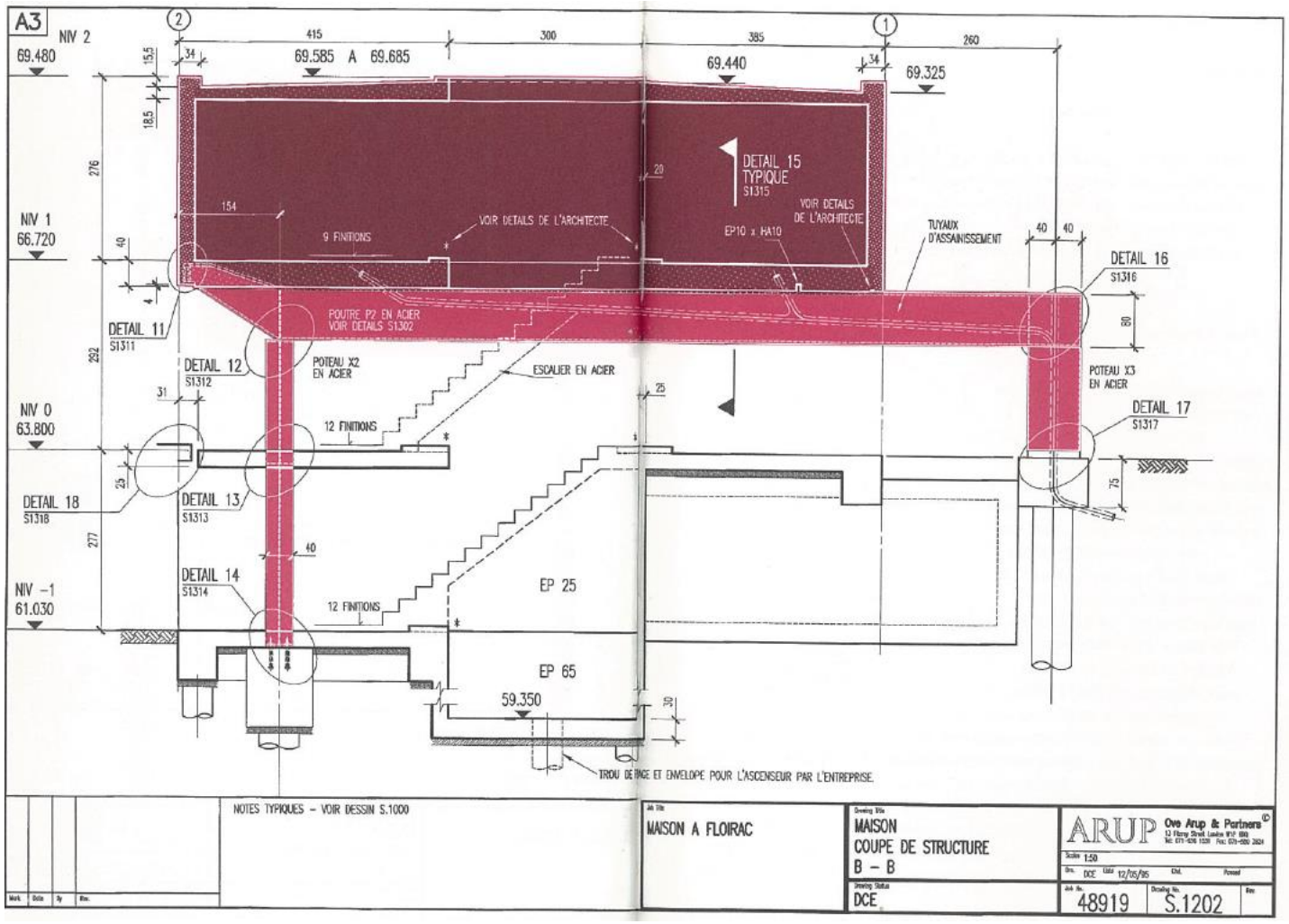
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE SCHÉMA STATIQUE

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

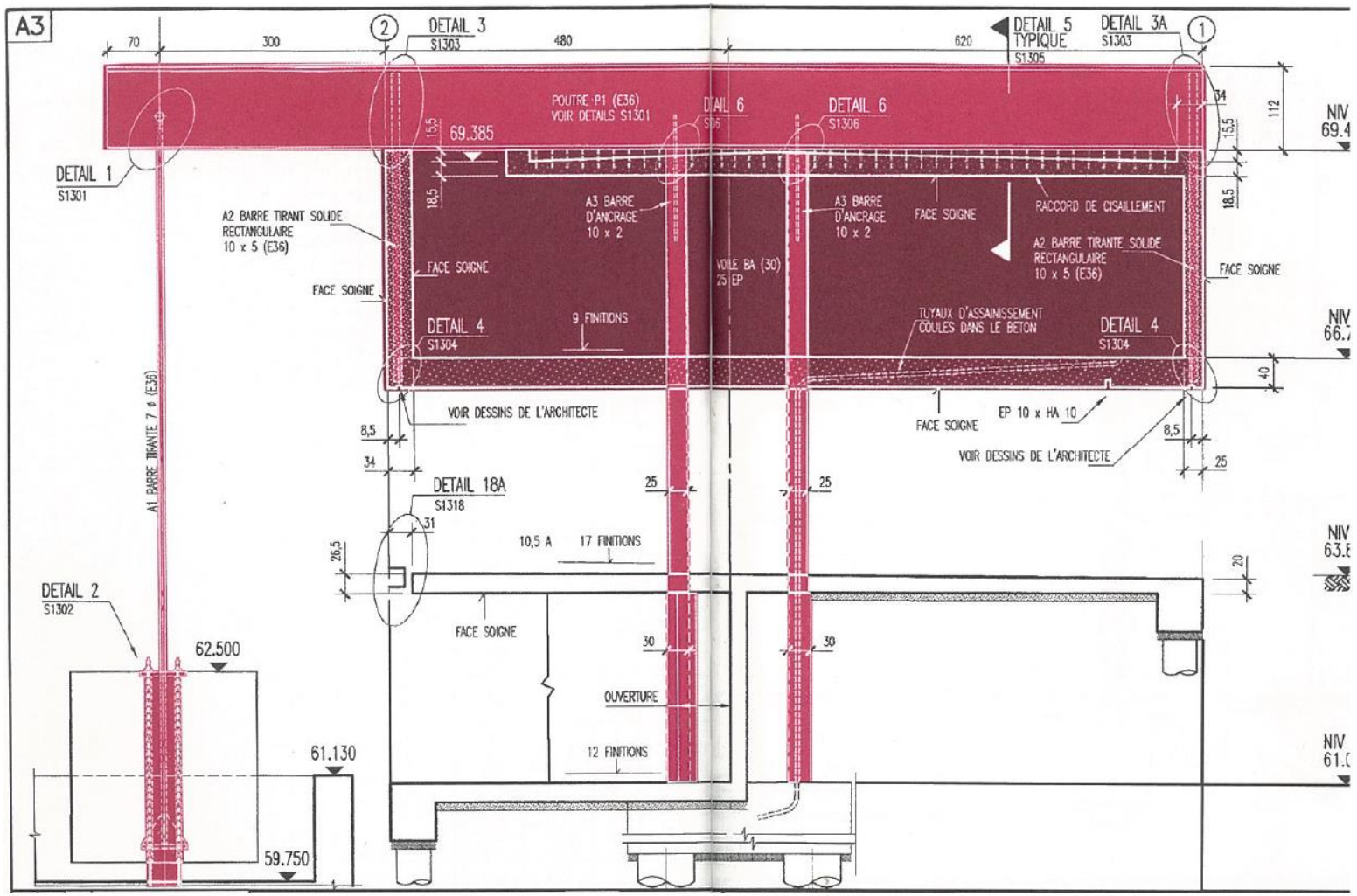
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE SCHÉMA STATIQUE

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

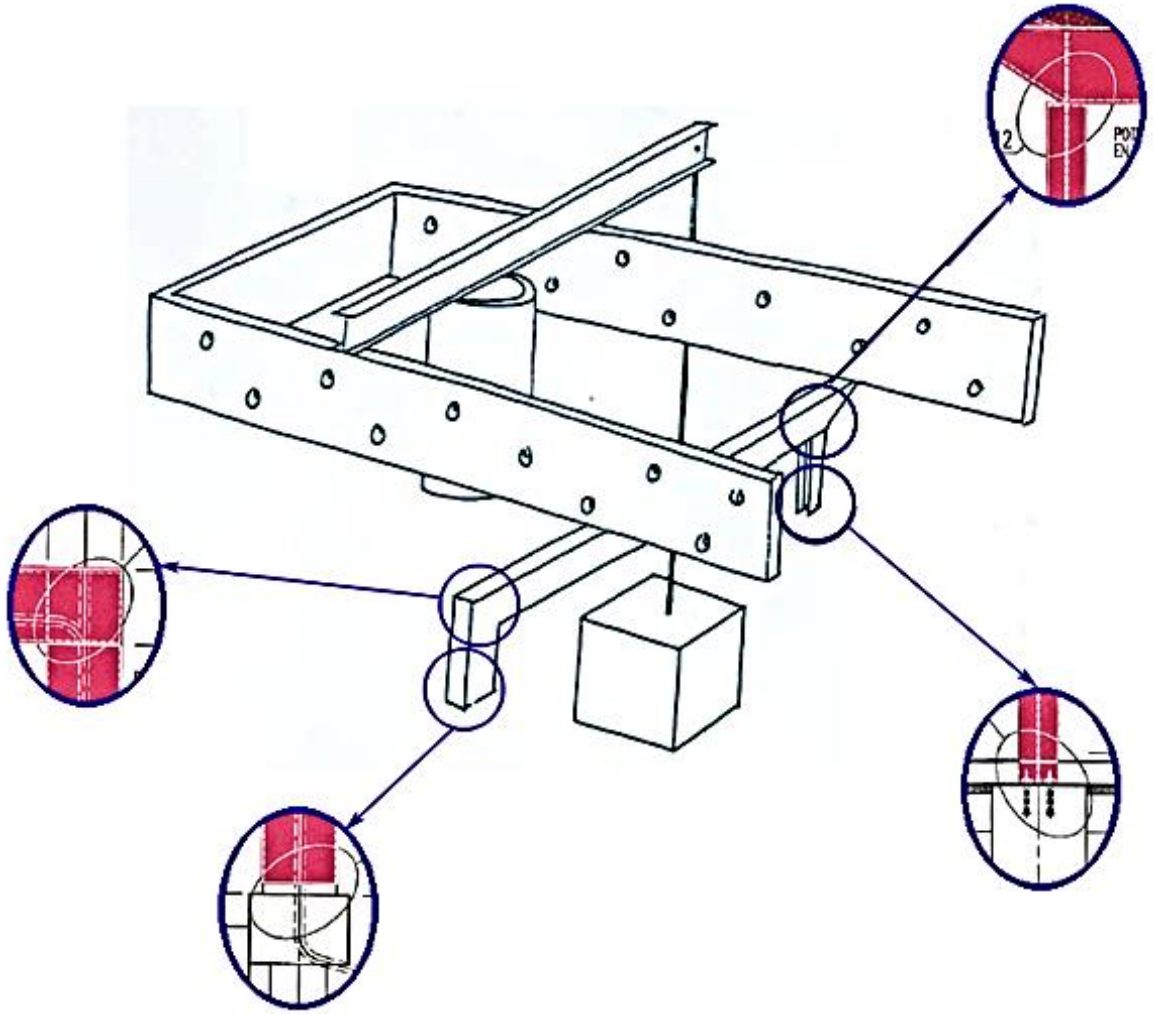
ensa paris la villette

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES APPUIS ET LES LIAISONS

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE C



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

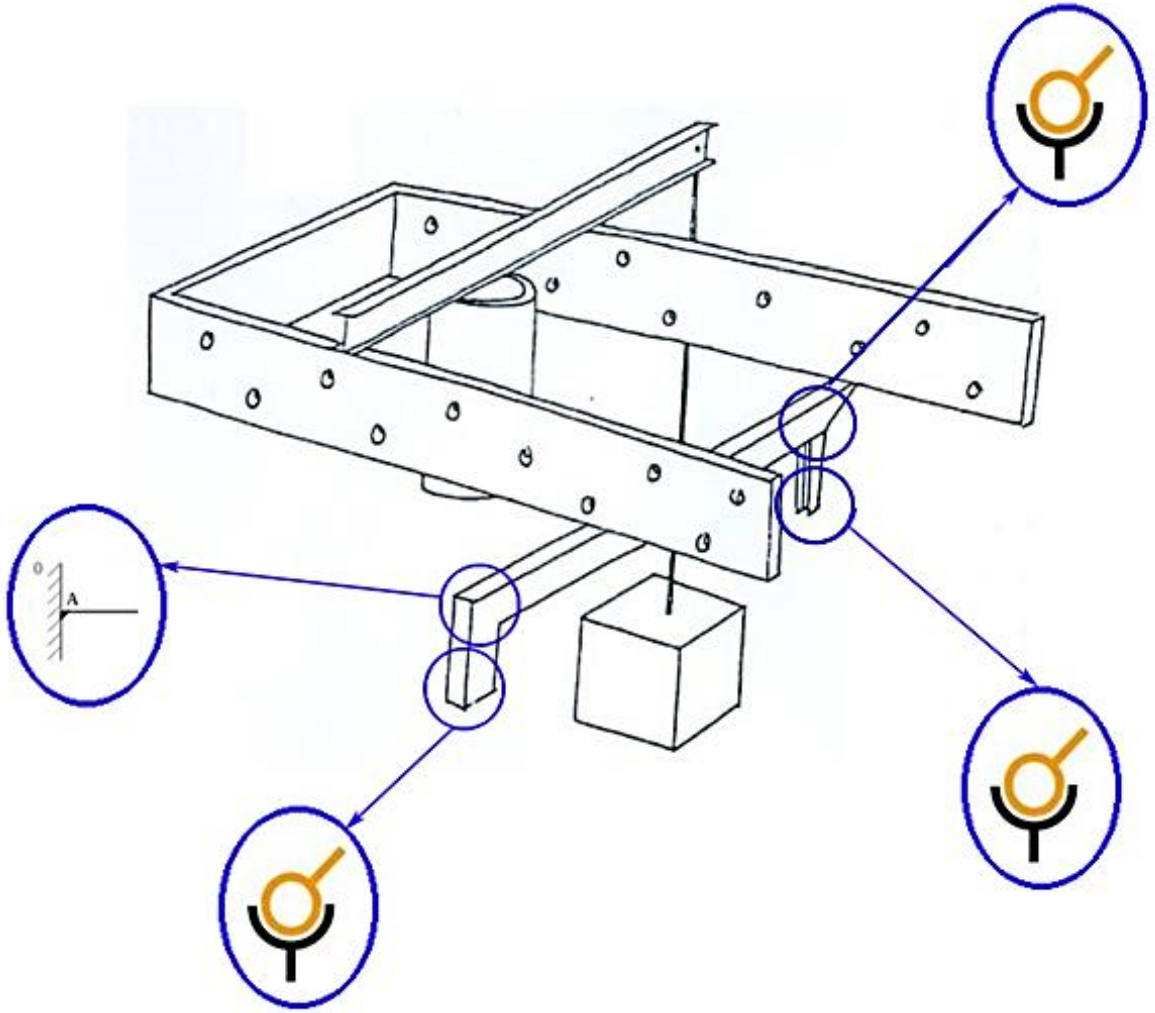
ensa paris la villette

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES APPUIS ET LES LIAISONS

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE C



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

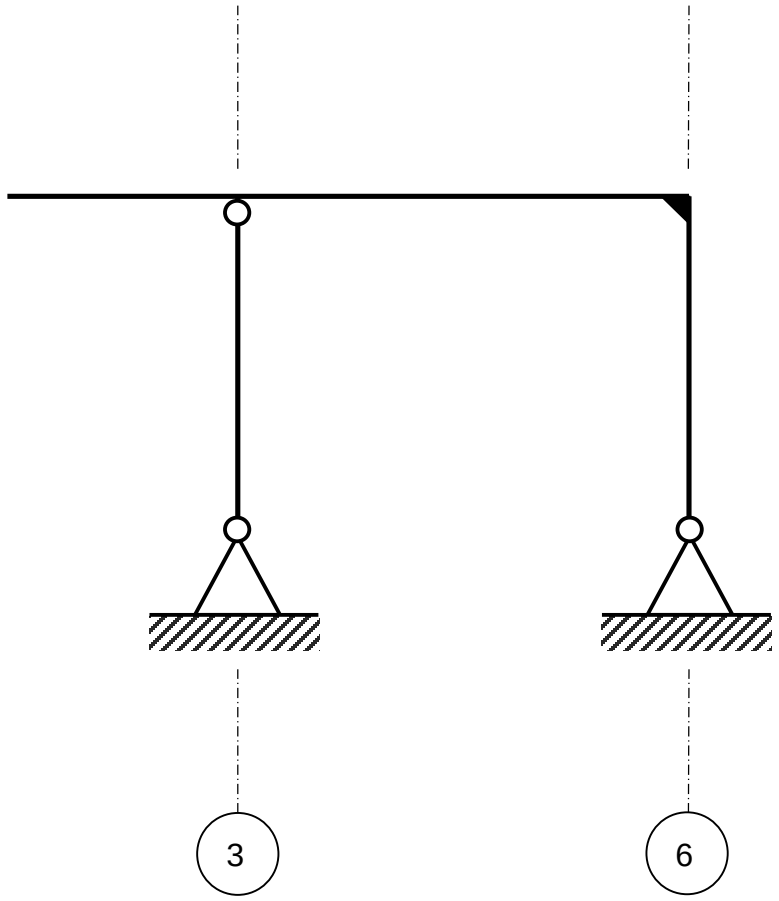
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

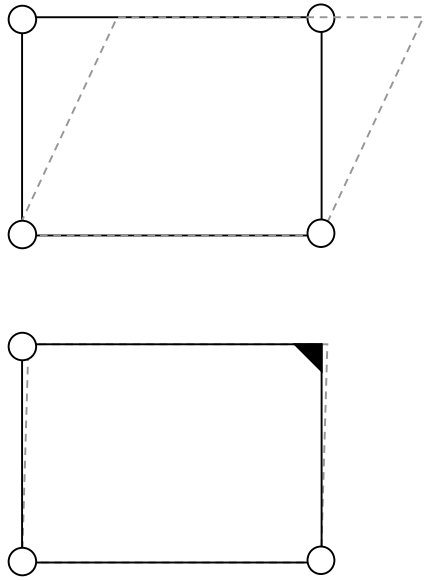
LE SCHÉMA STATIQUE

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE C



L'encastrement permet de bloquer la possible déformation géométrique en parallélogramme (contreventement)



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

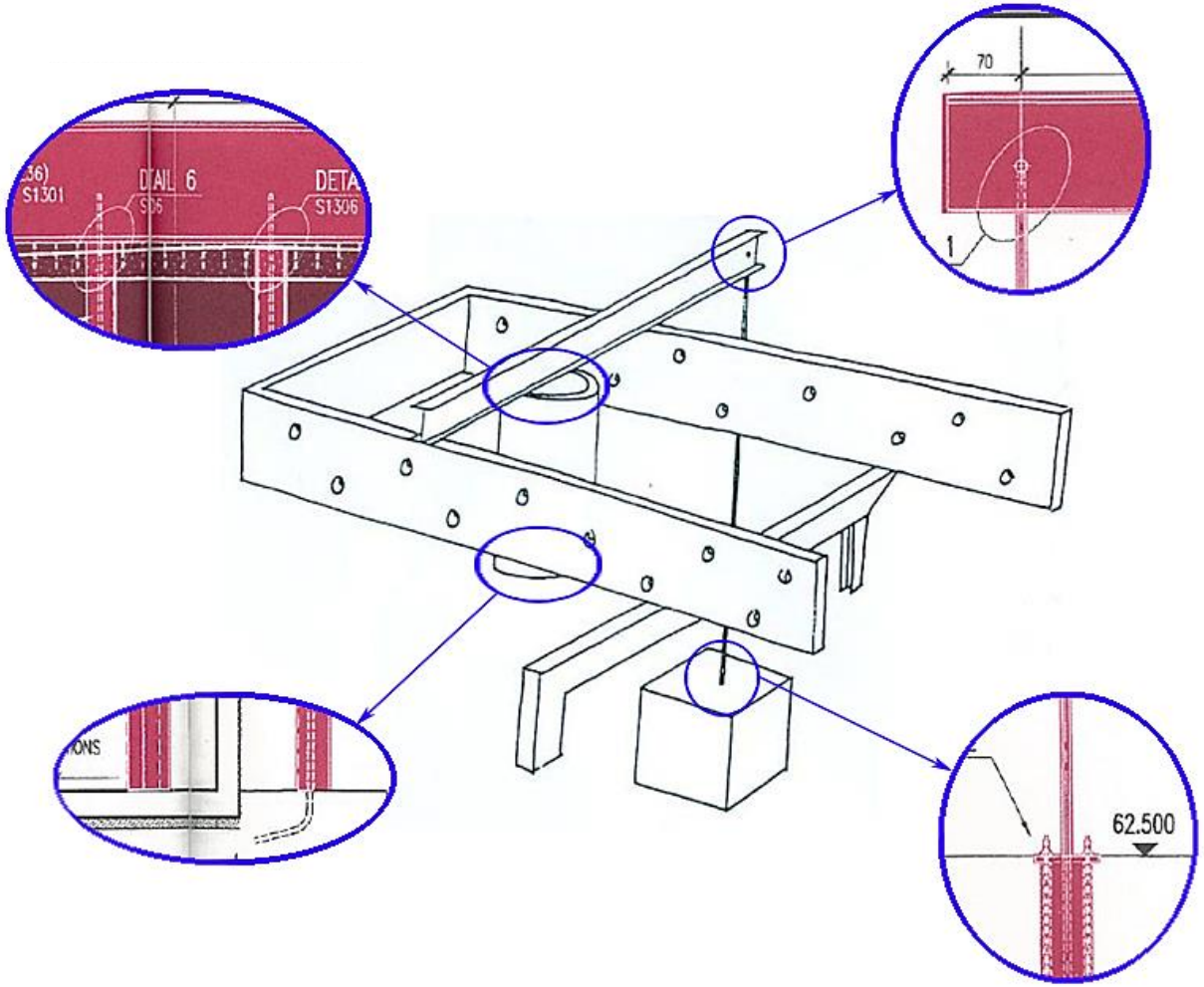
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES APPUIS ET LES LIAISONS

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE B



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

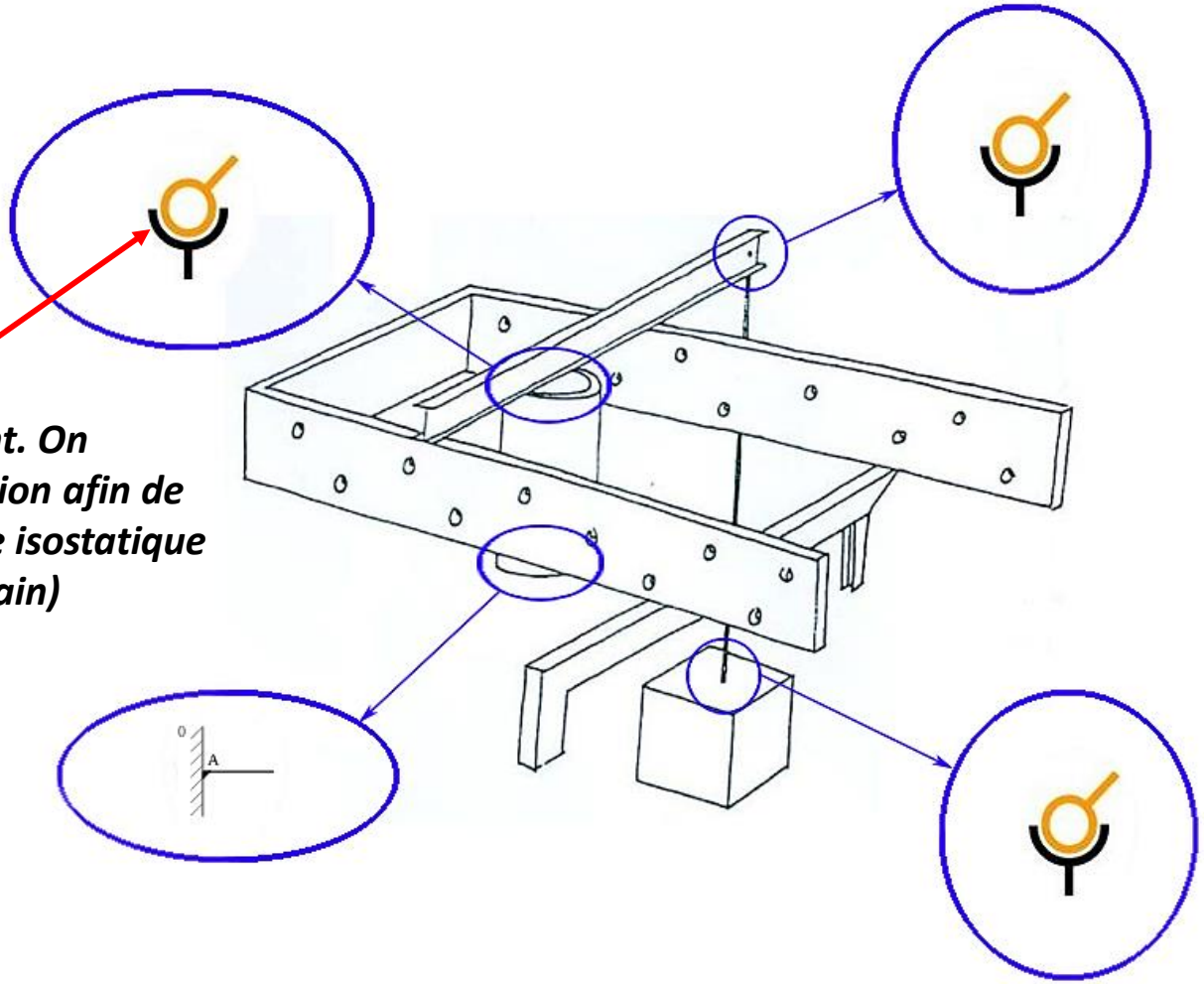
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES APPUIS ET LES LIAISONS

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE B



En réalité un encastrement. On simplifie par une articulation afin de retomber sur un problème isostatique (et donc calculable à la main)

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

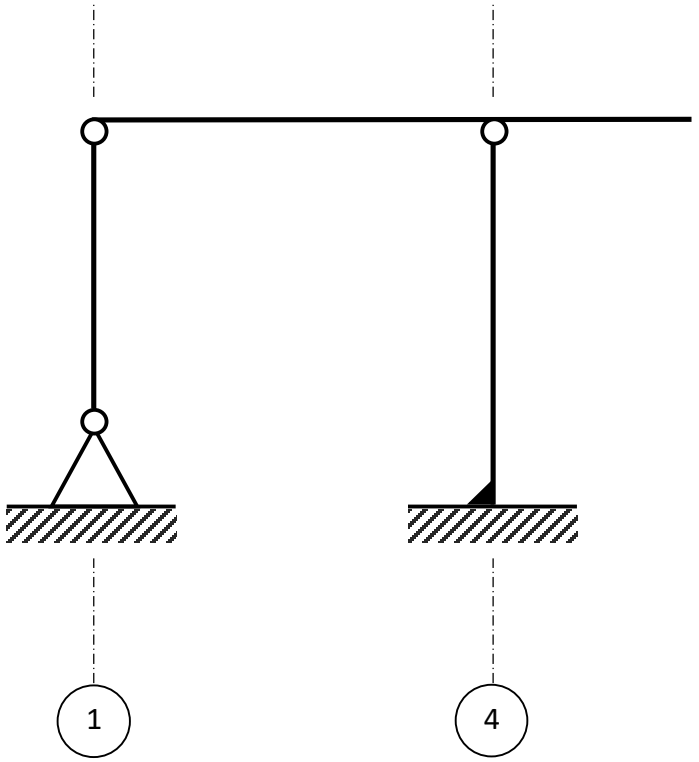
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

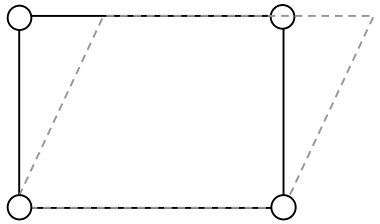
LE SCHÉMA STATIQUE

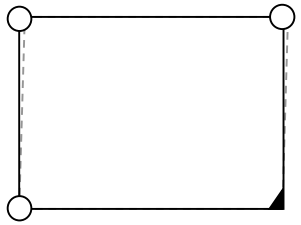
Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE B



L'encastrement se fait dans les deux sens. Il permet de lutter contre les déformations du vent. Nous le verrons dans le détail en troisième partie.





SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

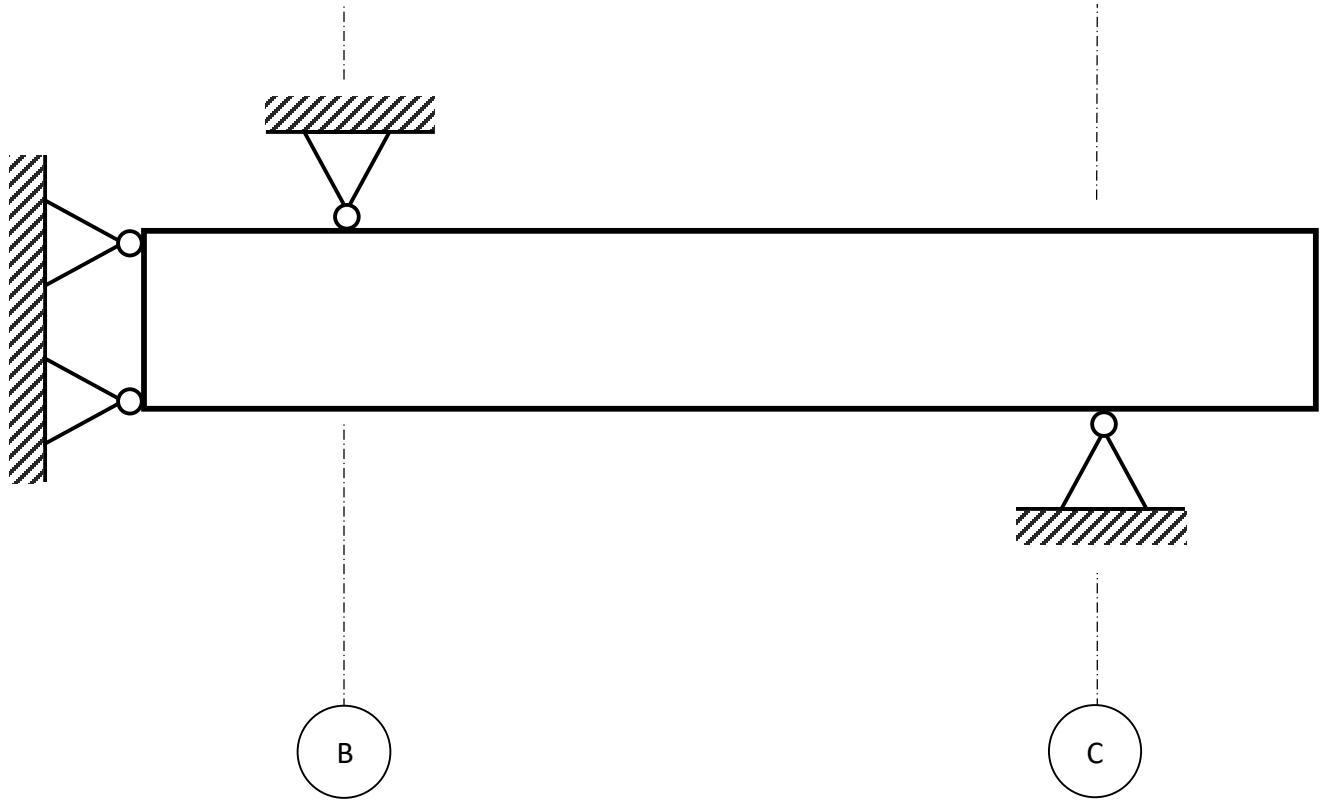
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE SCHÉMA STATIQUE

Question 3 : à partir des détails des appuis et des liaisons de la villa, identifier les différentes catégories de liaisons. Tracer le schéma statique de la file 1, de la file C et de la file B. Les justifier.

FILE PORTEUSE 1 et 5



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.c. Les matériaux

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE BÉTON

Les matériaux travaillent généralement bien à la **compression**…

… mais le béton résiste mal à la **traction**.

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

1.c. Les matériaux

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

L'ACIER

Seuls certains résistent bien à la **traction**...

L'acier travaille très bien à la traction :

- un câble de seulement 4mm de rayon supportera sans peine une charge d'une tonne (soit l'équivalent d'un hippopotame).

- lourd et cher, l'acier est généralement utilisé en éléments fins : en compression, ils risque alors de se ruiner (généralement par rotule plastique après flambement).

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

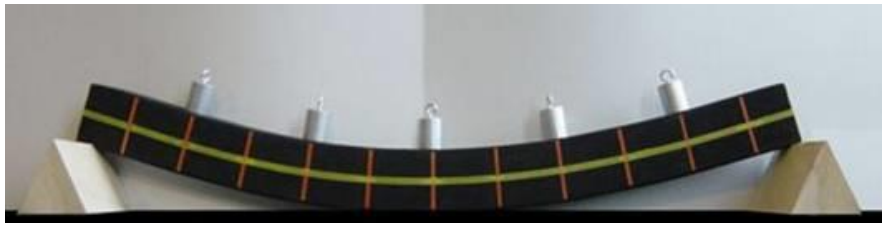
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

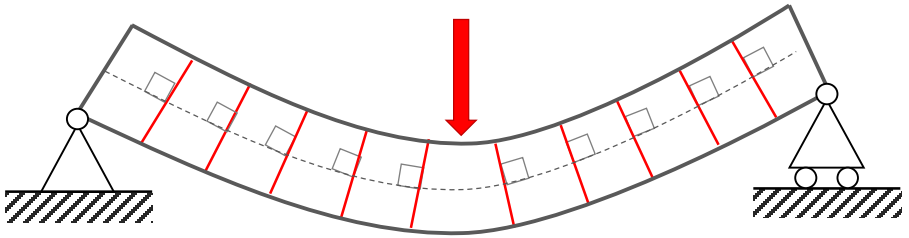
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

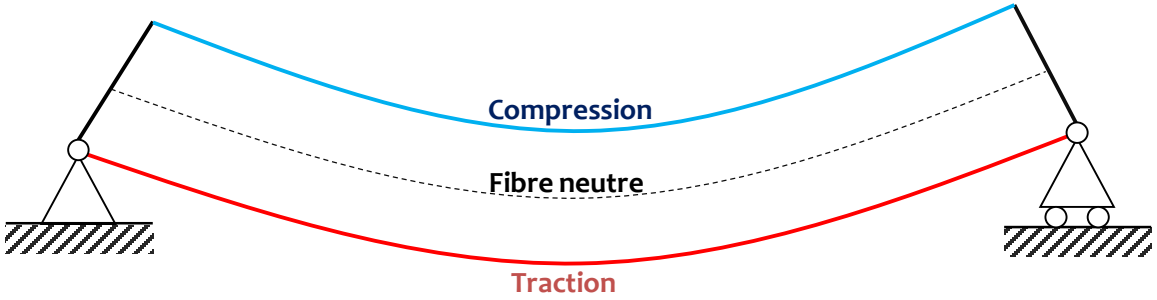
Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

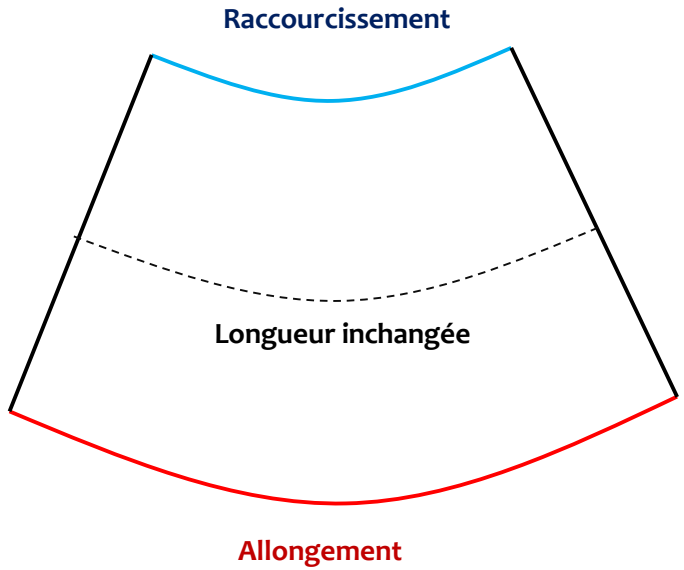
LE PROBLÈME DE LA FLEXION

La **flexion** est très souvent le mode de fonctionnement le plus critique pour un élément : celui-ci sera comprimée sur une membrure (supérieure pour une poutre) et tendu pour l'autre (inférieure pour une poutre).









ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

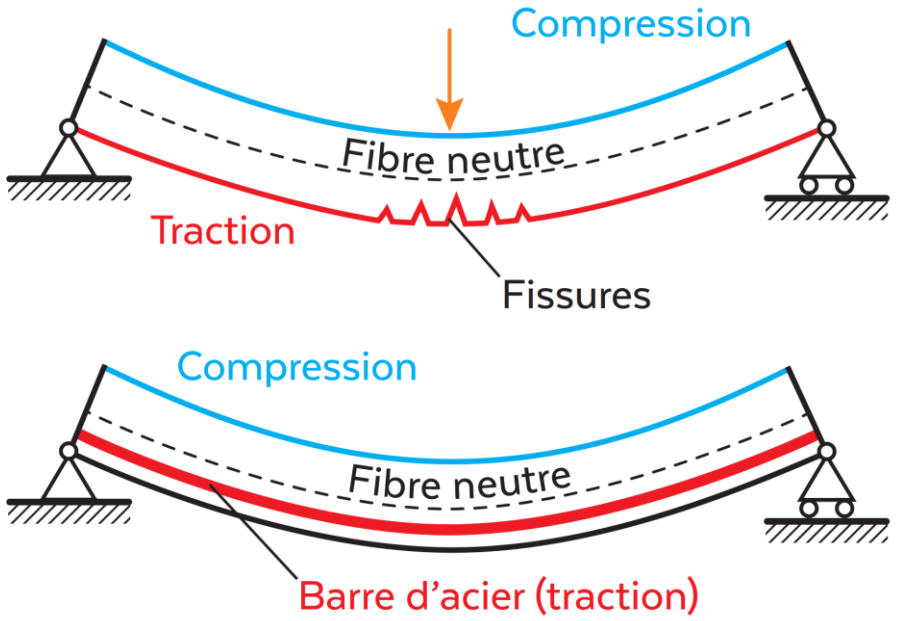
1.c. Les matériaux

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

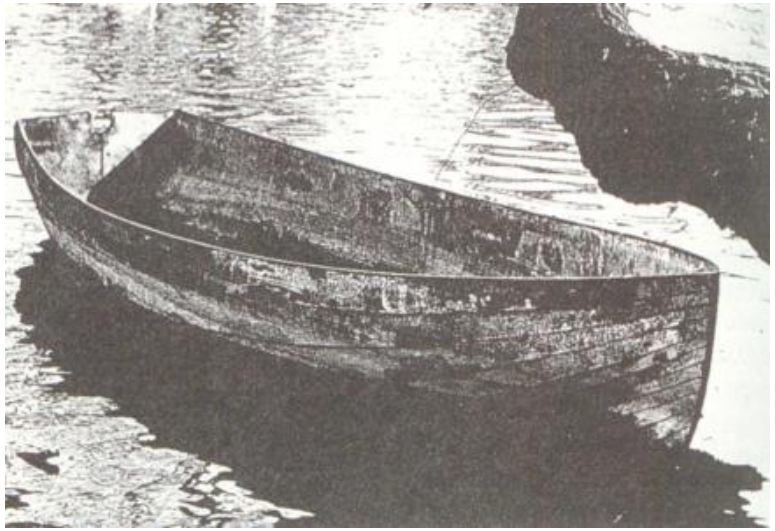
LE BÉTON ARMÉ

On mélange un élément résistant à la compression, tel le **béton**, avec un matériau résistant à la traction, comme l'**acier.** On obtient dans ce cas le **béton** armé.

On fera attention a bien placer les acier dans les zones sollicitées en traction.



Joseph-Louis Lambot et ses barques en béton armé de fer (à partir de 1849)



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CHOIX DES MATÉRIAUX

Question 4 : en quel matériaux réaliseriez-vous une poutre-voile comme celles de la Villa Lemoine ? Justifiez votre choix.

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

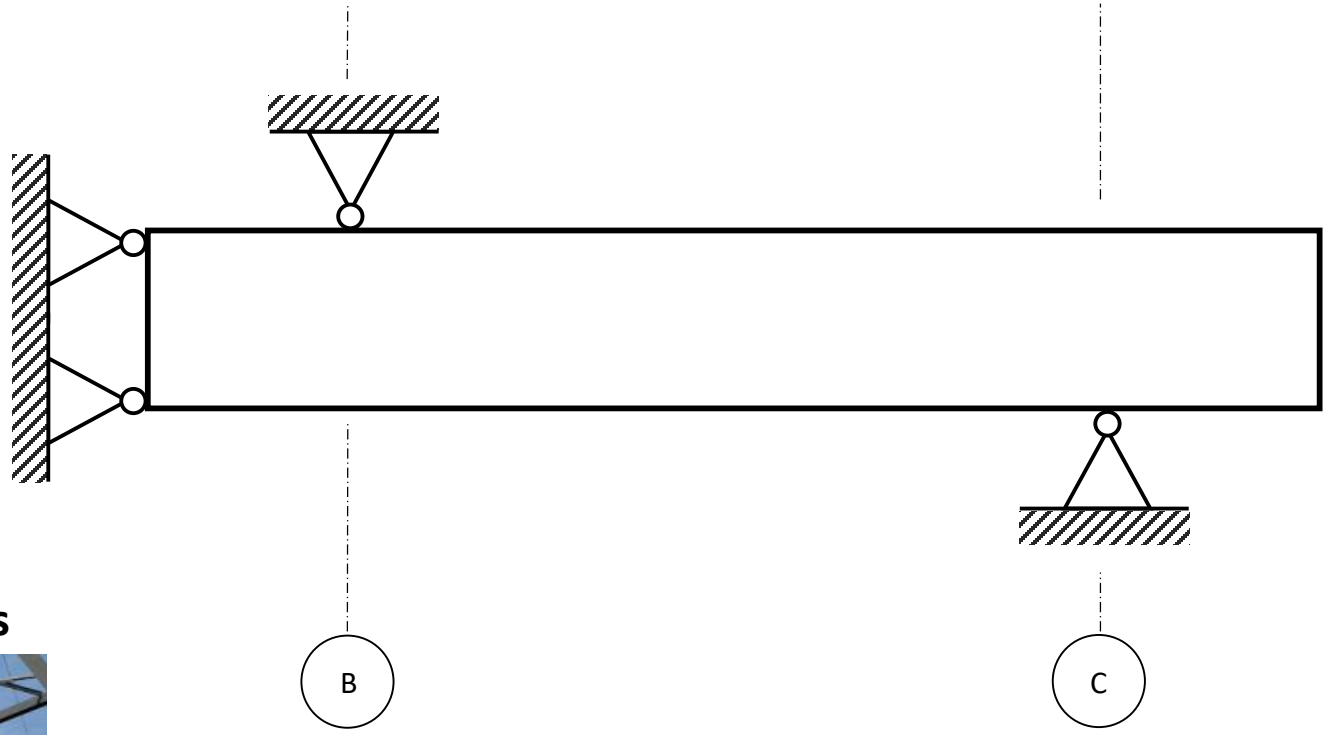
1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CHOIX DES MATÉRIAUX

Question 4 : en quel matériaux réaliseriez-vous une poutre-voile comme celles de la Villa Lemoine ? Justifiez votre choix.

Le schéma statique contre met en évidence que le voile est en flexion et subit des efforts tranchants, notamment à ses appuis : il subira à la fois traction et compression : le béton armé est un bon choix.



Autre solution : la poutre treillis

Solution ingénieuse permettant de **décomposer la flexion globale en compressions et en tractions locales** dans chaque élément, une poutre treillis en acier aurait été également une bonne solution.

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

L'INSTABILITÉ DES ÉLÉMENTS COMPRIMÉS

Question 5 : quelle instabilité est la plus susceptible de se produire sur les éléments porteurs ? Comment lutter contre ce risque ?

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

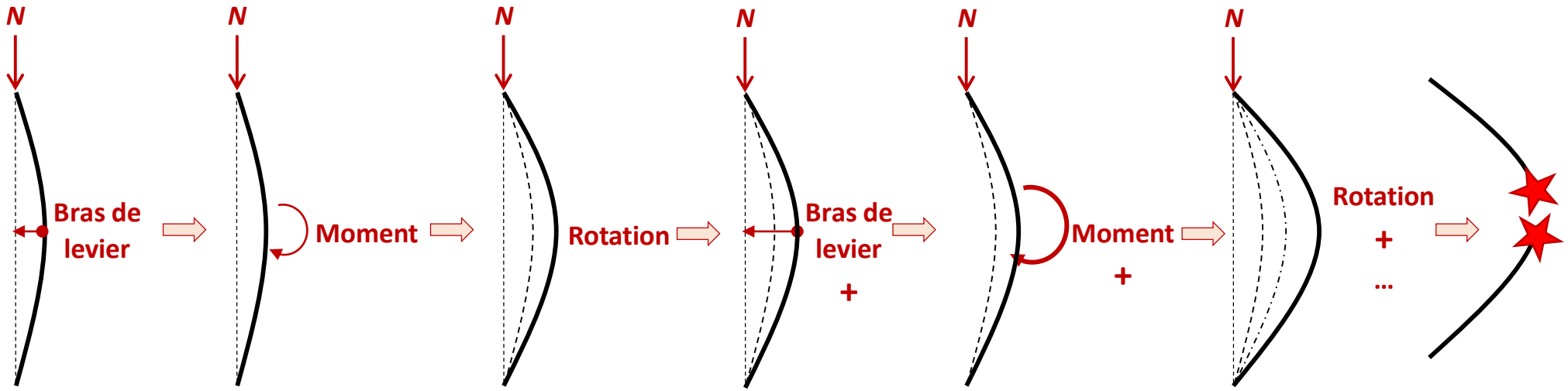
1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE FLAMBEMENT

Question 5 : quelle instabilité est la plus susceptible de se produire sur les éléments porteurs ? Comment lutter contre ce risque ?

1. Un léger décalage crée un bras de levier entre la force exercée et le milieu du poteau.
2. Ce bras de levier génère un moment
3. Moment → rotation : le poteau fléchit
4. Le bras de levier augmente
5. Donc le moment augmente
1. Donc le poteau fléchit plus
5. et le bras de levier augmente encore…
6. …
7. Le poteau casse



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE FLAMBEMENT

Question 5 : quelle instabilité est la plus susceptible de se produire sur les éléments porteurs ? Comment lutter contre ce risque ?

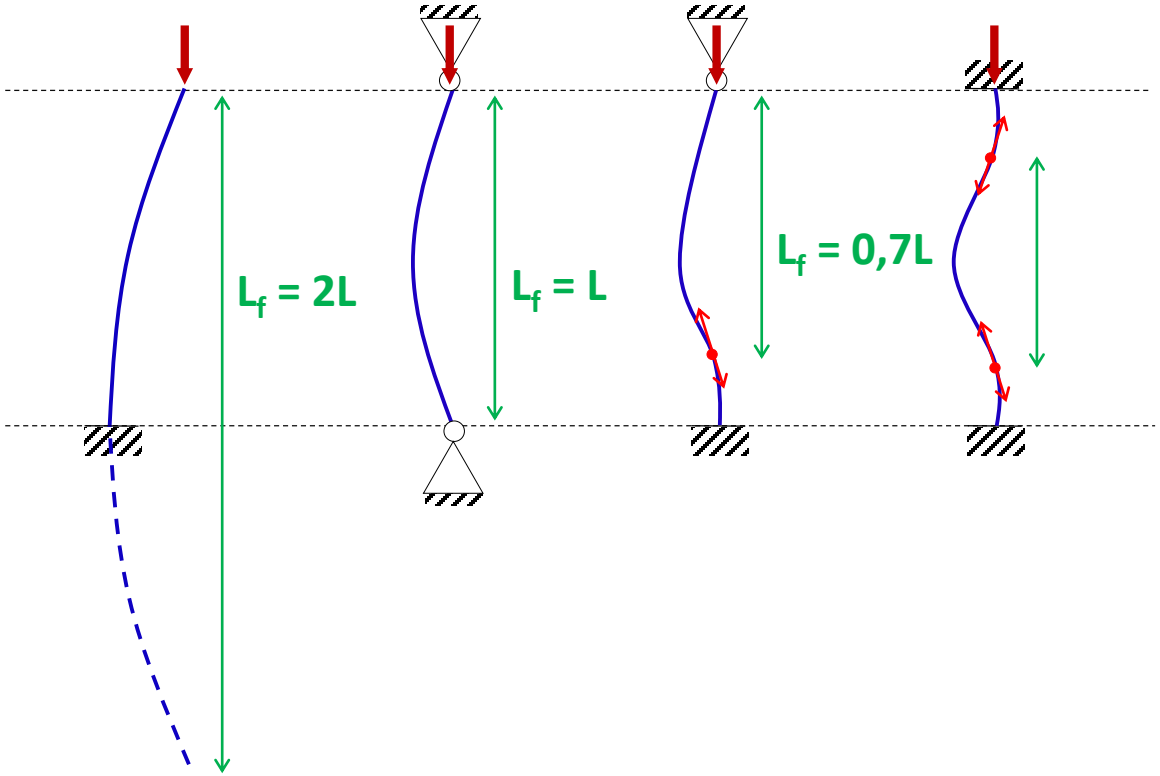
Le flambement apparaît lorsque la force de compression dépasse une certaine valeur, appelée **force critique** (d'Euler) :

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{l_f^2}$$

- ***E*** est le module de Young et ne dépend que du matériau

(« raideur » du matériau : quantifie l'allongement d'un matériau en fonction de la force appliquée)

- ***I*** est le moment quadratique (ou « inertie ») et ne dépend que de la section de l'élément.
- l_f est la longueur de flambement



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE FLAMBEMENT

Question 5 : quelle instabilité est la plus susceptible de se produire sur les éléments porteurs ? Comment lutter contre ce risque ?

Pour réduire le risque de flambement il faut donc **réduire l'élancement de l'élément** :

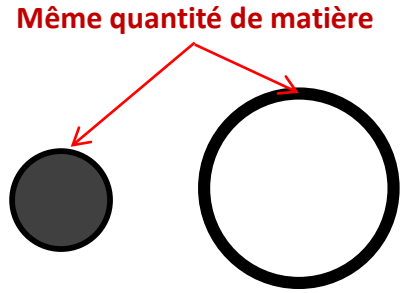
- **Soit en augmentant l'inertie de la section**

BIEN : augmenter la section

PEU EFFICACE Contre le flambement

PLUS EFFICACE Contre le flambement

MIEUX : jouer sur la répartition de la matière



PEU EFFICACE Contre le flambement

TRÈS EFFICACE Contre le flambement

- **Soit en diminuant la longueur de flambement**
  - Par des appuis plus efficaces (encastrements)
  - En rajoutant des rigidités

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

PRINCIPE GÉNÉRAL DE L'ANALYSE DES CHARGES SUR LES STRUCTURES :

L'analyse structurale est **l'action d'étudier les charges qui agissent sur les édifices**.

Elle consiste à les **identifier**, les comprendre afin de les **trier** selon **trois types** (**ponctuelles**, **linéiques** et **surfaciques**) et selon **trois classes** (**permanentes**, **variables** et **accidentelles**).

Ces charges sont ensuite **combinées** en leur appliquant des coefficients afin de mener deux types de calcul dits **aux états limites**:

- Le calcul à l'état limite de service **(ELS)** pour les **déformations**
- Le calcul à l'état limite ultime **(ELU)** pour la **résistance**

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

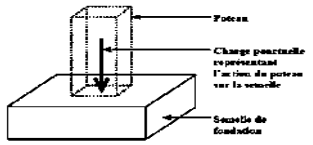
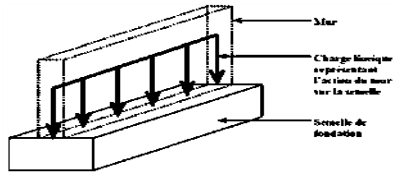
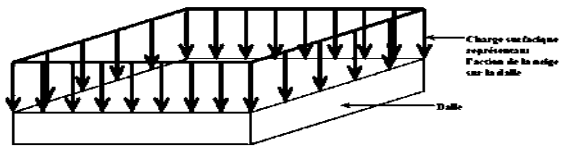
2.a. Chargements

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES TYPES DE 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 LINEIQUES	CHARGES SURFACIQUES
Fonction	La force se concentre en un point	L'action se répartit sur une ligne	L'action se répartit sur toute la surface.
Unité	N	N/m	N/m²
Exemple	Poids d'un poteau	Poids d'un voile	Charge du vent
Illustration			

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

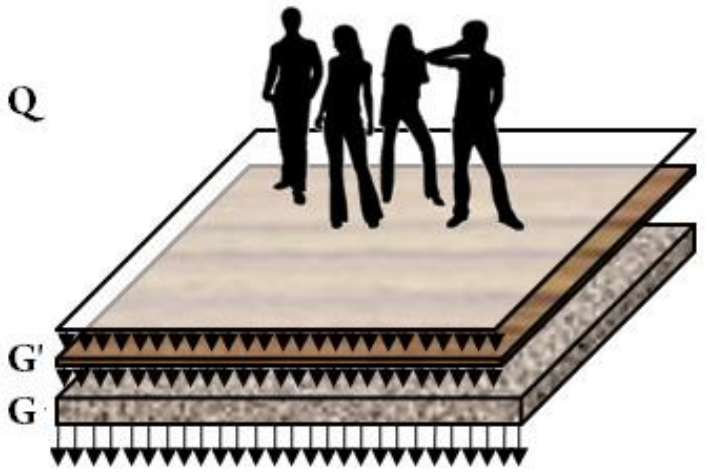
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

2.a. Chargements

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LES CLASSES DE CHARGES :

CHARGES PERMANENTES	• Structurelles (**G**) si elles participent à la structure (murs porteurs, poteaux, poutres, dalles, etc.) • Non structurelle (**G'**) si elle ne participe pas à la structure (revêtements, cloisons, etc.)
CHARGES VARIABLES	• Les charges variables d'exploitation (**Q**) : poids des usagers, des meubles, etc. • Charges climatiques : vent (**W**), neige (**S**)
AUTRES CHARGES	• Charges accidentelles : séisme, choc de camion, etc.



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

Combinaison à retenir : **1*(G+G')** + **1*Q**

L'ÉTAT LIMITE ULTIME (ELU):

Il s'agit d'un critère de **sécurité**.
Sous des **conditions extrêmes**, le bâtiment **ne doit pas s'écrouler**

Combinaison à retenir : **1,35*(G+G')** + **1,5*Q**

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

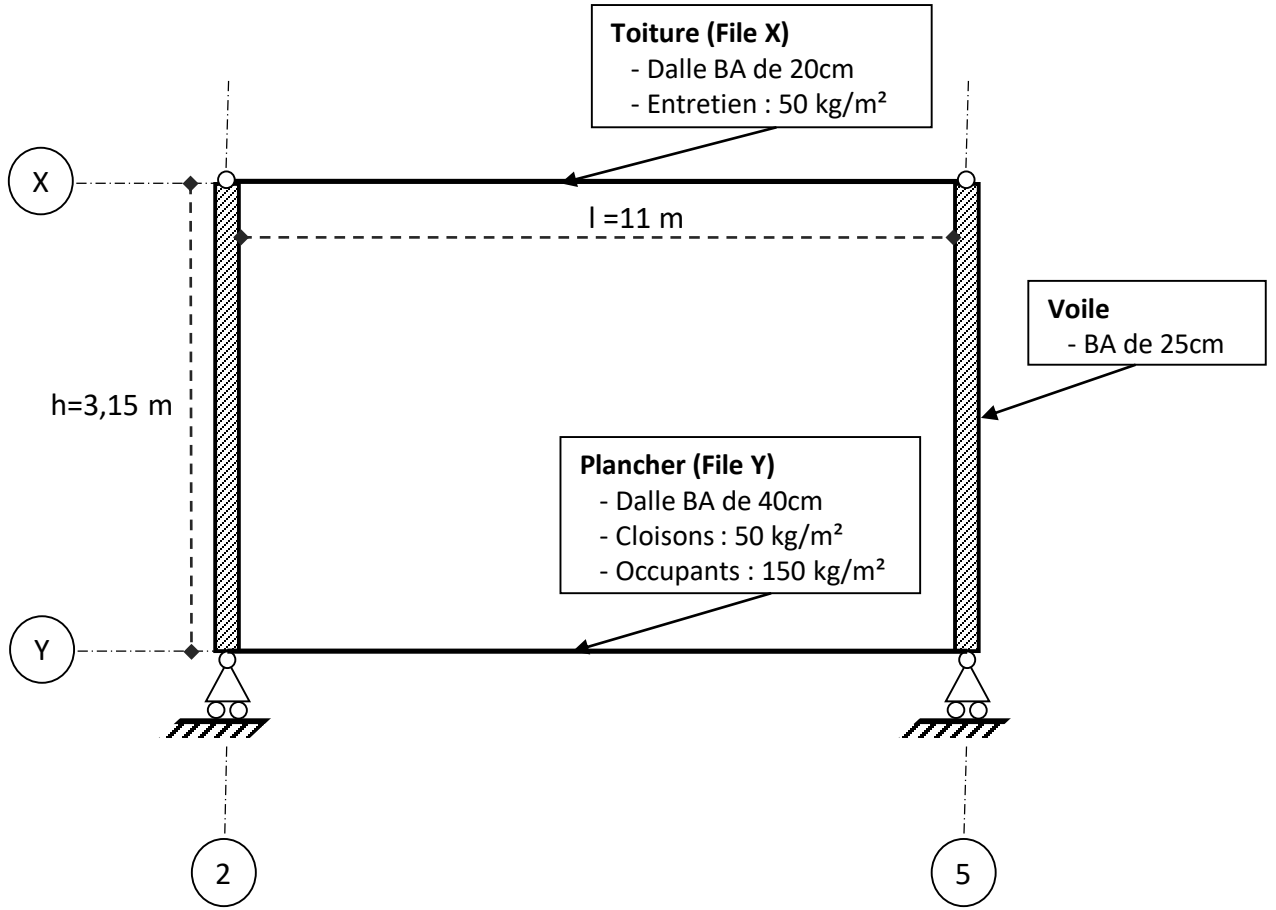
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

ANALYSE DES CHARGES

Question 6 : déterminer le chargement des poutres-voiles.

COUPE TYPE



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

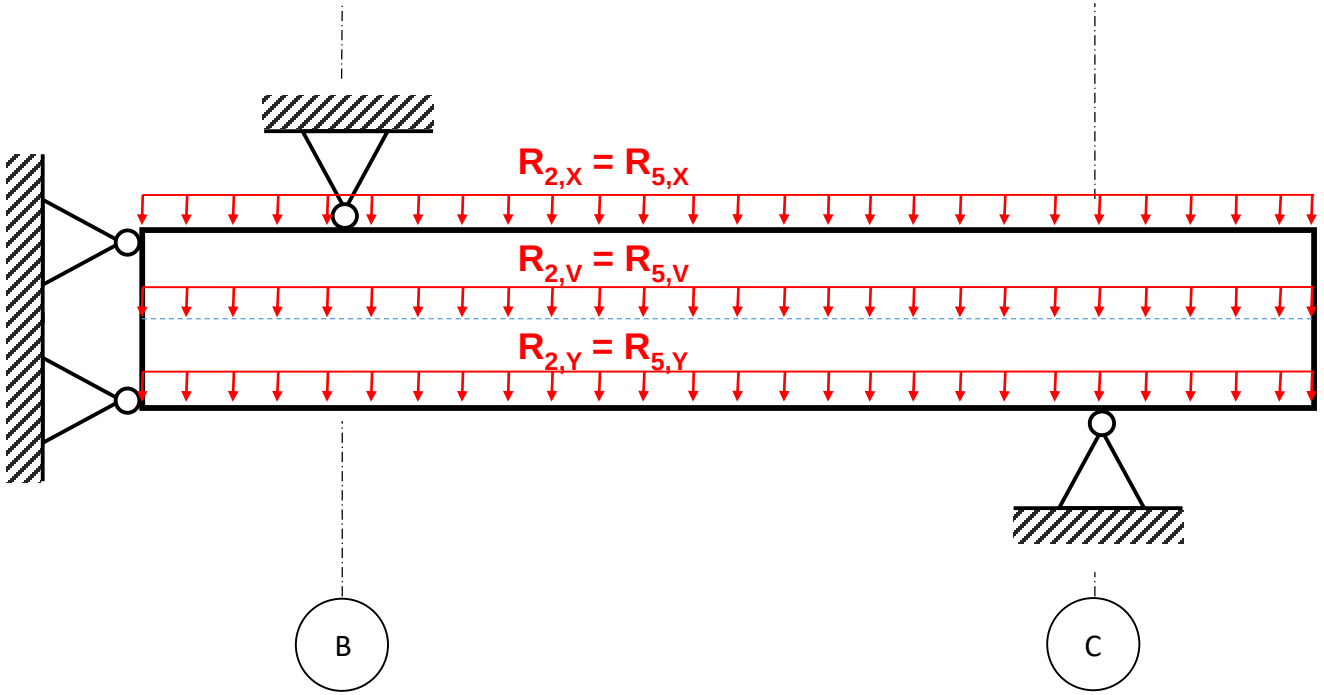
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

ANALYSE DES CHARGES

Question 6 : déterminer le chargement (à l'ELS) des poutres-voiles.



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

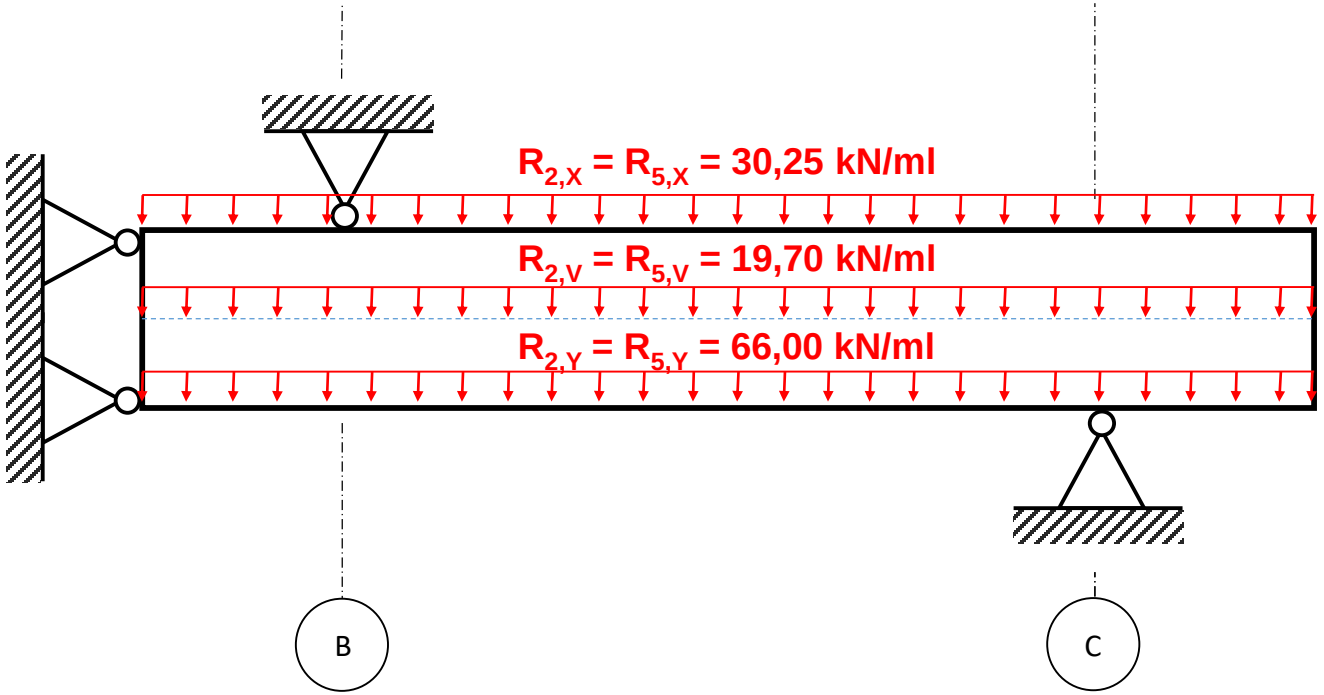
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

2.a. Chargements

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

ANALYSE DES CHARGES

Question 6 : déterminer le chargement (à l'ELS) des poutres-voiles.



Toiture (File X) :

$$G_X = e_X.\rho.g = 0{,}2.(2500.10) = 5000\ N/m^2$$
$$G'_X = 0\ N/m^2$$
$$Q_X = 50.10 = 500\ N/m^2$$

Chargement total (ELS):

$$T_X = G_X + G'_X + Q_X = 5500\ N/m^2$$

Résultante du chargement du toit sur chaque poutre- voile :

$$\boldsymbol{R_{2,X} = R_{5,X} = \frac{l}{2}.T_X = \frac{11}{2} * 5500\ N/m^2 = 30{,}25\ kN/ml}$$

Plancher (File Y) :

$$G_Y = e_Y.\rho.g = 0{,}4.(2500.10) = 10000\ N/m^2$$
$$G'_Y = 50.10 = 500\ N/m^2$$
$$Q_Y = 150.10 = 1500\ N/m^2$$

Résultante du chargement sur plancher :

$$T_Y = G_Y + G'_Y + Q_Y = 12000\ N/m^2$$

Résultante du chargement du toit sur chaque poutre- voile :

$$\boldsymbol{R_{2,Y} = R_{5,Y} = \frac{l}{2}.T_Y = \frac{11}{2} * 12000\ N/m^2 = 66{,}00\ kN/ml}$$

Poids propre d'un voile:

$$\boldsymbol{R_{2,V} = R_{5,V} = G_V}$$
$$\boldsymbol{= e_V.h.\rho.g}$$
$$\boldsymbol{= 0{,}25.3{,}15.(2500.10)}$$
$$\boldsymbol{= 19{,}70\ kN/ml}$$

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LE PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE

LE P.F.S. – À SAVOIR PAR CŒUR

Conditions nécessaires et suffisantes à l'équilibre des structures :

1. La structure ne subit pas de glissement : théorème de la résultante statique.

Le **glissement** est le déplacement en **translation** d'une structure. Il est dû à l'action des **forces**.
Pour qu'une structure ne glisse pas, il faut donc que **la somme des vecteurs forces qui s'exercent sur la structure soit nulle**.

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad \text{soit en projection} \quad \begin{cases} \sum F_X = 0 \\ \sum F_Y = 0 \end{cases}$$

2. La structure ne subit pas de basculement : théorème du moment statique.

Le **basculement** est dû à une **rotation**. Il est dû aux Les **moments** qui agissent sur la structure.
Pour éviter le basculement, **il faut donc que la somme des moments qui s'exercent sur la structure, calculés en un même point quelconque de la structure, soit nulle.**

$$\sum \boldsymbol{M_A}\left(\vec{\boldsymbol{F}}\right) = \boldsymbol{0}$$

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

LA DESCENTE DE CHARGES

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).
   (s'il n'y a pas de forces horizontales, étape à sauter)
6. S'il reste une inconnue à calculer, on applique le PFS sur les moments en un point choisi judicieusement (ex. un appui) pour éliminer une ou plusieurs inconnues.
   (s'il n'y a pas d'inconnues restantes à la fin de l'étape 5, cette étape n'est pas utile)

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

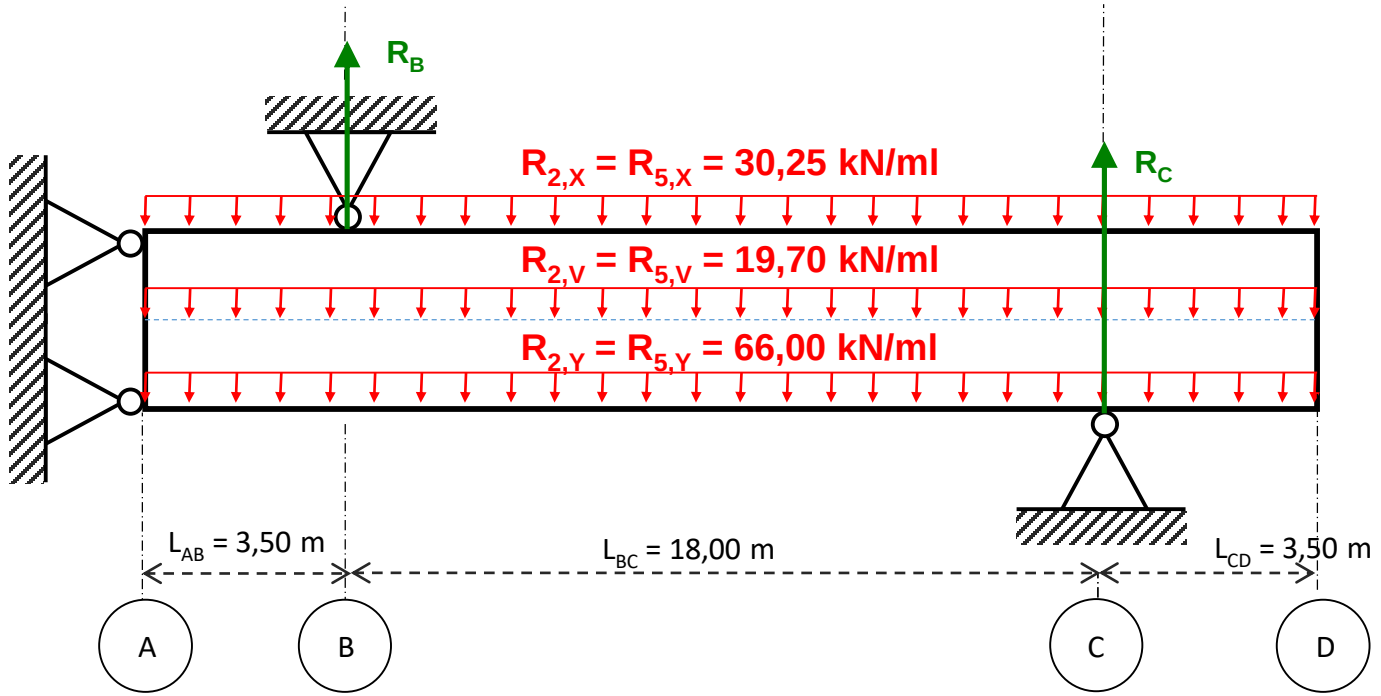
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

DESCENTE DE CHARGES DE LA VILLA LEMOINE

Question 7 : Déterminer les réactions RB et RC aux appuis.



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

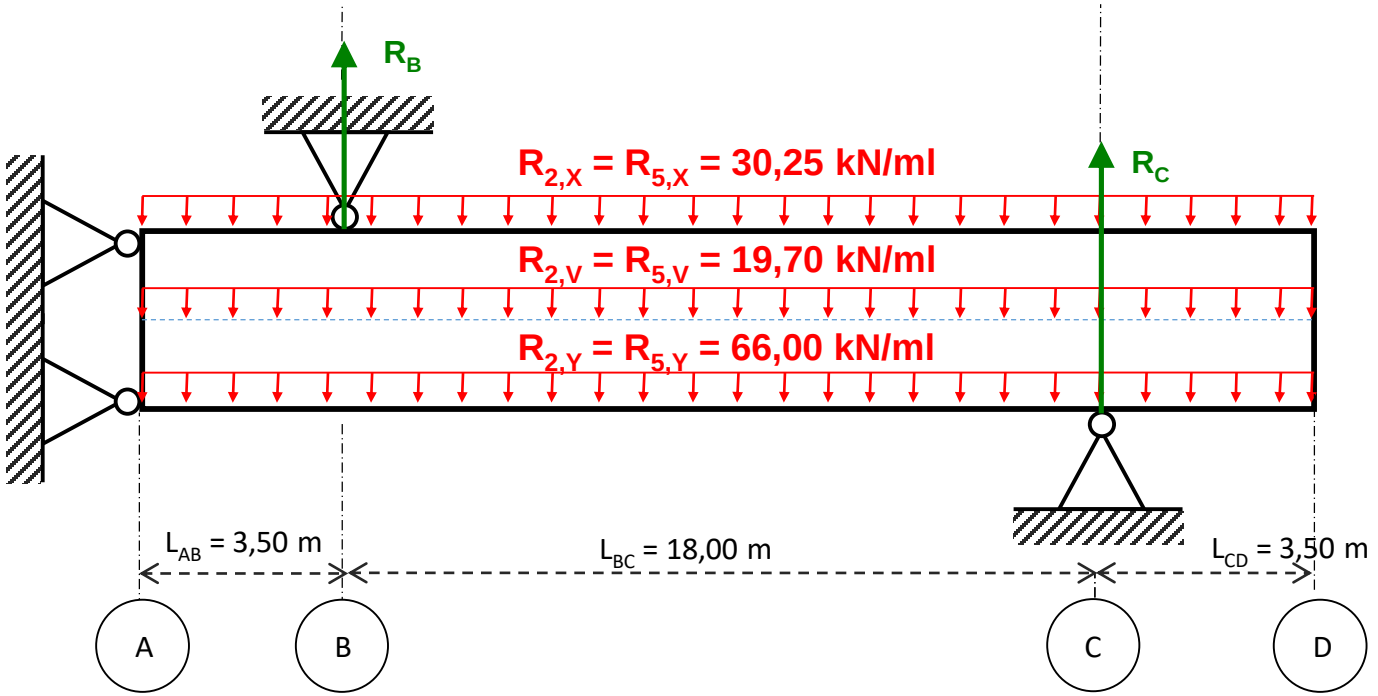
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

DESCENTE DE CHARGES DE LA VILLA LEMOINE

Question 7 : Déterminer les réactions RB et RC aux appuis.



Résultante totale des efforts sur le voile :

$$R_{TOT} = R_{2,X} + R_{2,Y} + R_{2,V} \approx 116\ kN/ml$$

Par symétrie:

$$R_B = R_C$$

Donc :

$$R_B = R_C = \frac{R_{TOT}.(L_{AB} + L_{BC} + L_{CD})}{2} = 1450\ kN$$

Entrainez vous à démontrer ce résultat sans utiliser la symétrie mais avec l'équation des moments (cf. polycopié).

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

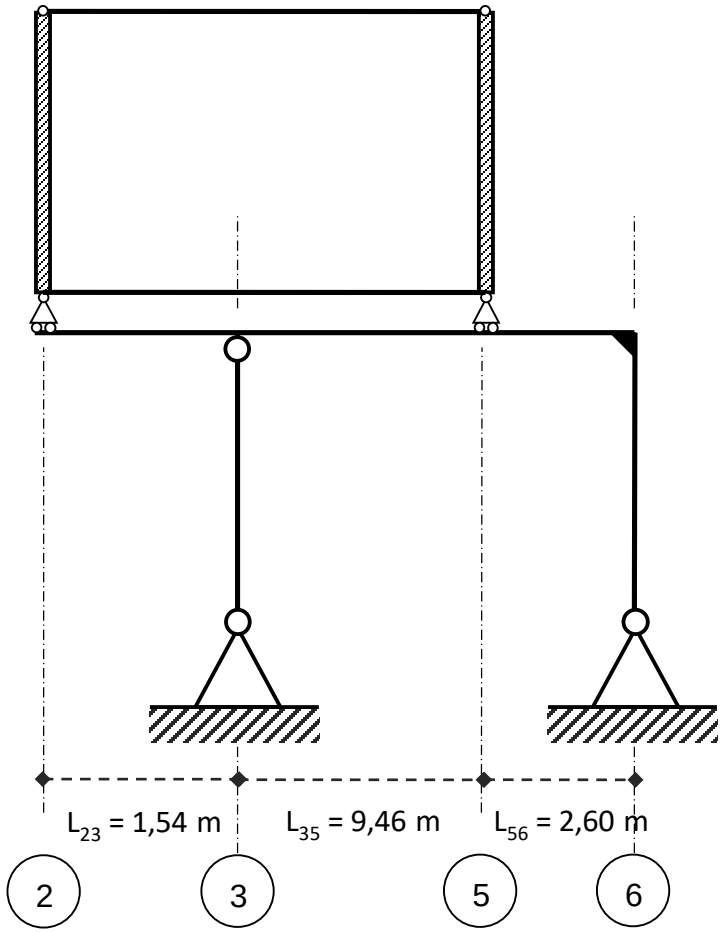
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

DESCENTE DE CHARGES DE LA VILLA LEMOINE

Question 8 : Déterminer la descente de charges en file C.



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

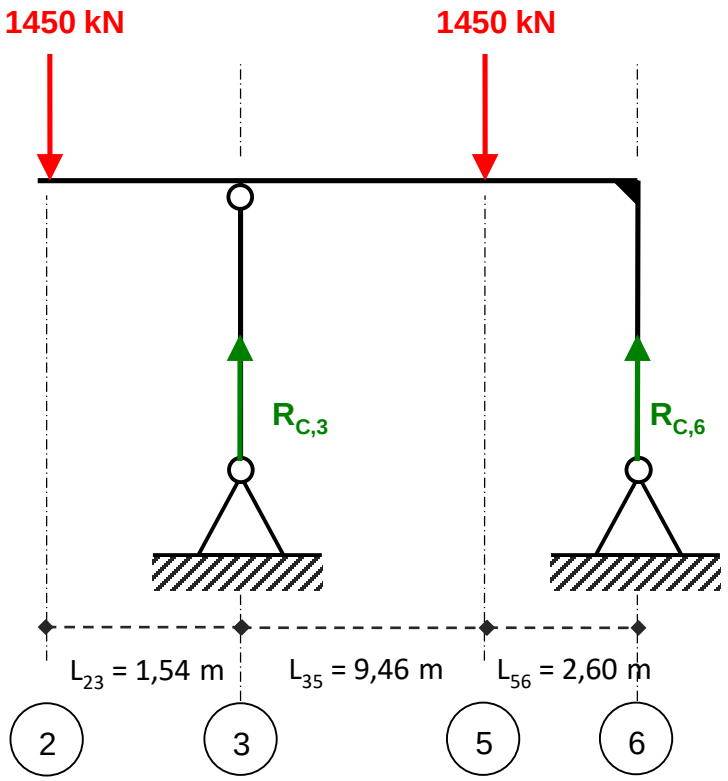
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

DESCENTE DE CHARGES DE LA VILLA LEMOINE

Question 8 : Déterminer la descente de charges en file C.



Équation du moment en O3 (rotule):

$$M_{O6} = R_{C,6}.l_{36} + 1450kN.l_{23} - 1450kN.l_{35} = 0$$

$$R_{C,3}.l_{36} = 11484\ kN.m$$

$$\boldsymbol{R_{C,6}} = \frac{11484\ kN.m}{l_{36}} = \boldsymbol{952\ kN}$$

Équation du moment en O6 (rotule):

$$M_{O3} = 1450kN.l_{26} + 1450kN.l_{56} - R_{C,3}.l_{36} = 0$$

$$R_{C,6}.l_{36} = 23490\ kN.m$$

$$\boldsymbol{R_{C,3}} = \frac{23490\ kN.m}{l_{36}} = \boldsymbol{1948\ kN}$$

Vérification avec équation de la statique des forces :

$$\boldsymbol{R_{C,3} + R_{C,6} = 952 + 1948 = 2900\ kN = 2.1450\ kN}$$

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

DESCENTE DE CHARGES DE LA VILLA LEMOINE

Question 9 : Déterminer la descente de charges en file B.

Solution : La méthode à suivre est identique à celle de la question 8 : entraînez-vous à le faire chez vous.

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

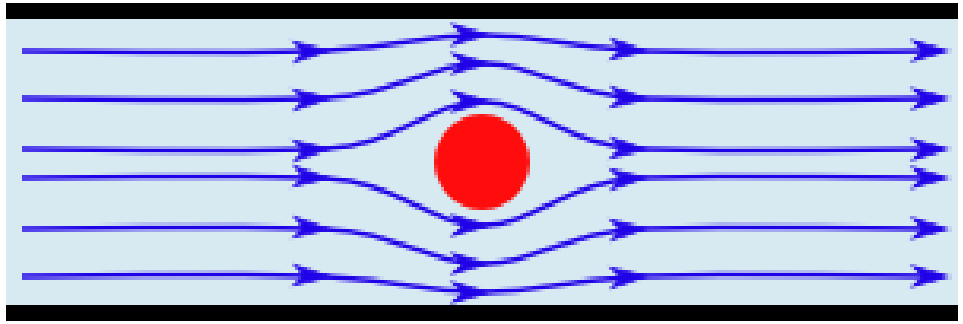
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

3.a. L'écoulement de l'air

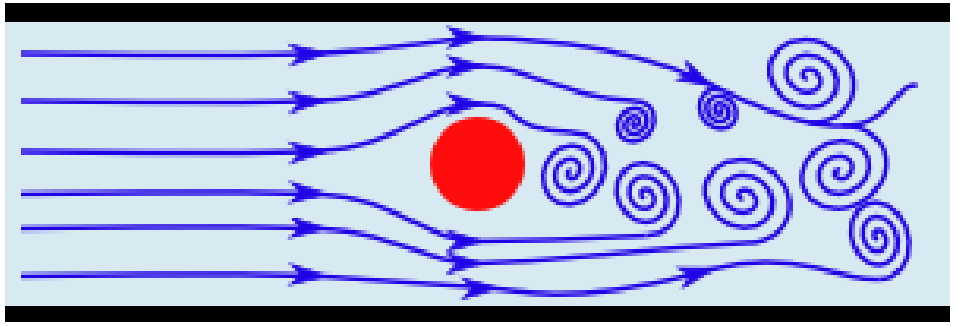
Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

PRICIPES DE L'ÉCOULEMENT DE L'AIR AUTOUR D'UN CORPS

Écoulement laminaire



Écoulement turbulent



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

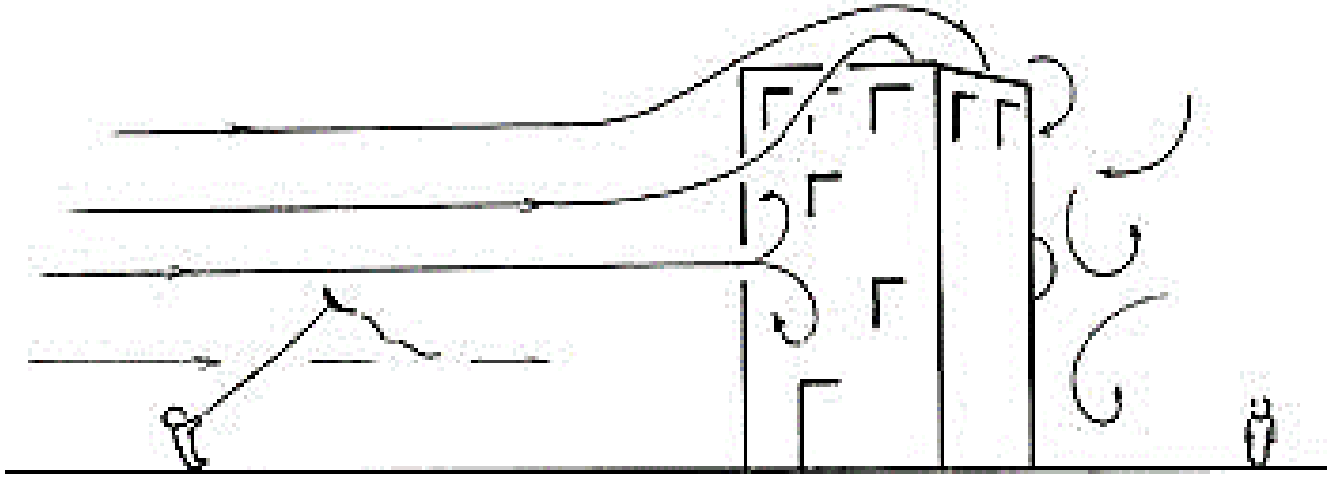
ensa paris la villette

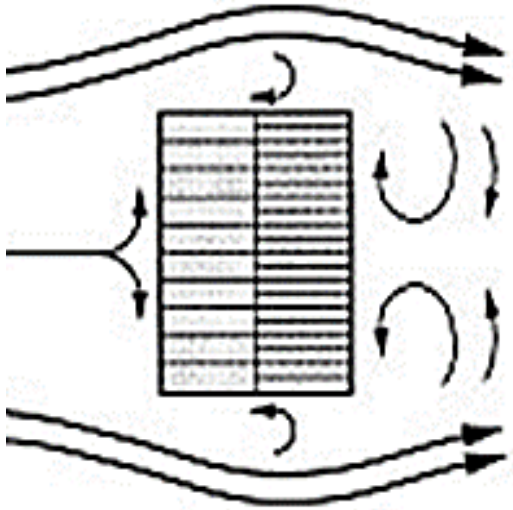
S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

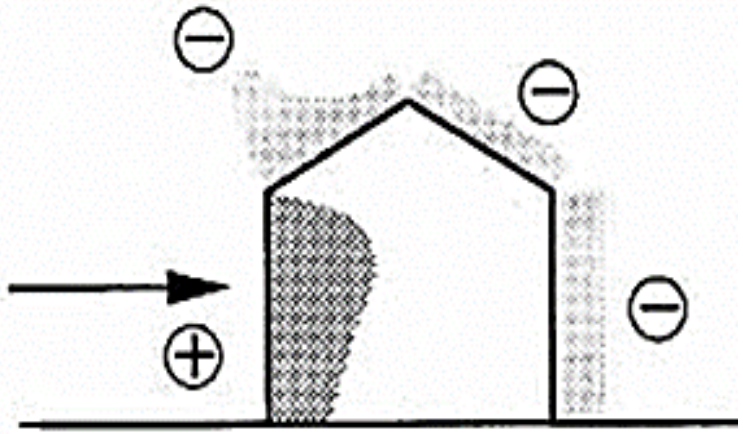
3.a. L'écoulement de l'air

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

PRICIPES DE L'ÉCOULEMENT DE L'AIR AUTOUR D'UN BÂTIMENT







SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

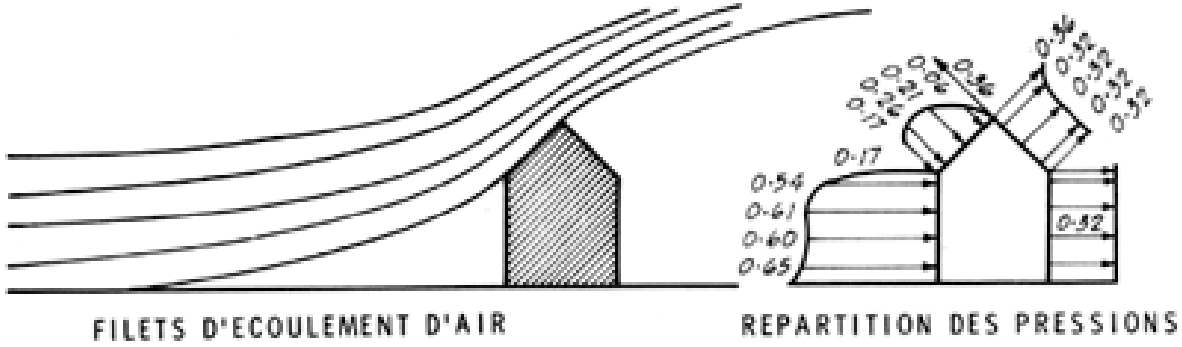
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CALCUL DE LA PRESSION DU VENT

La pression dynamique du vent est donnée par :

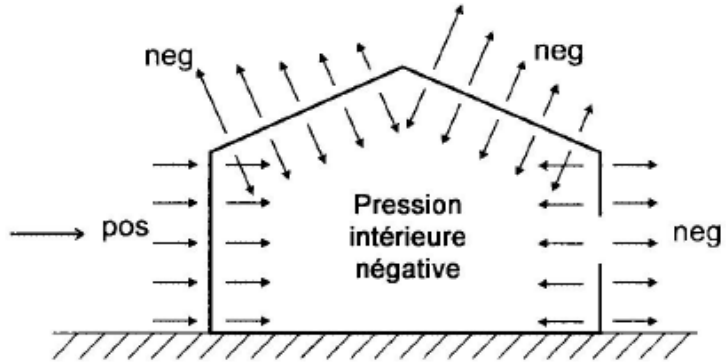
$$q_b = \rho \frac{V^2}{2} \qquad \left[\frac{daN}{m^2}\right]$$



ρ est la masse volumique de l'air et vaut 1,25 kg/m^3

La force résultante sur une face du bâtiment vaut :

$$F = c.q_p.A$$



Où q_p est la pression de pointe dépendant de la zone géographique, de la hauteur du bâtiment, de son orientation, de son environnement immédiat, etc.

On admet pour simplifier ici $q_p = q_b$

Et où c est un coefficient prenant en compte la pression ou la succion sur la face étudiée du bâtiment, de sa géométrie, son inclinaison et de sa positive relative à l'écoulement, ainsi que la pression à l'intérieur de celui-ci

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

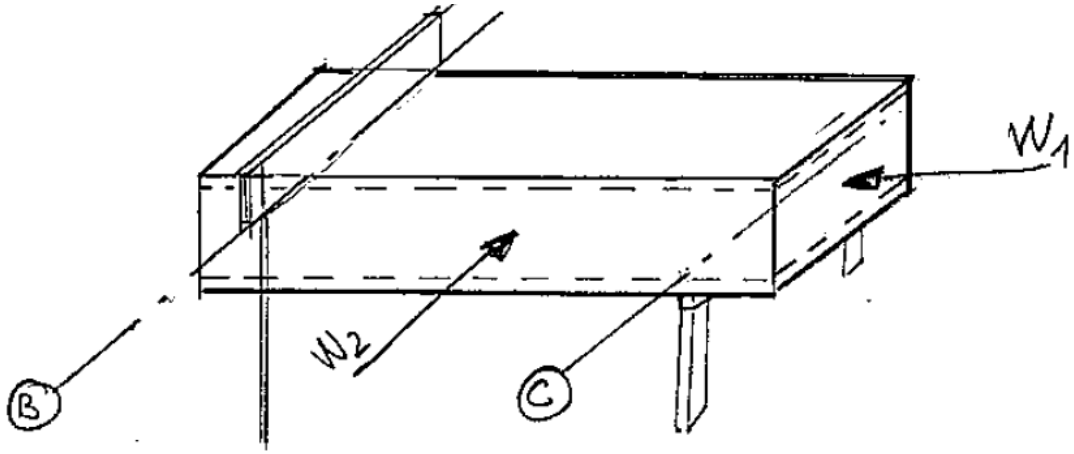
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

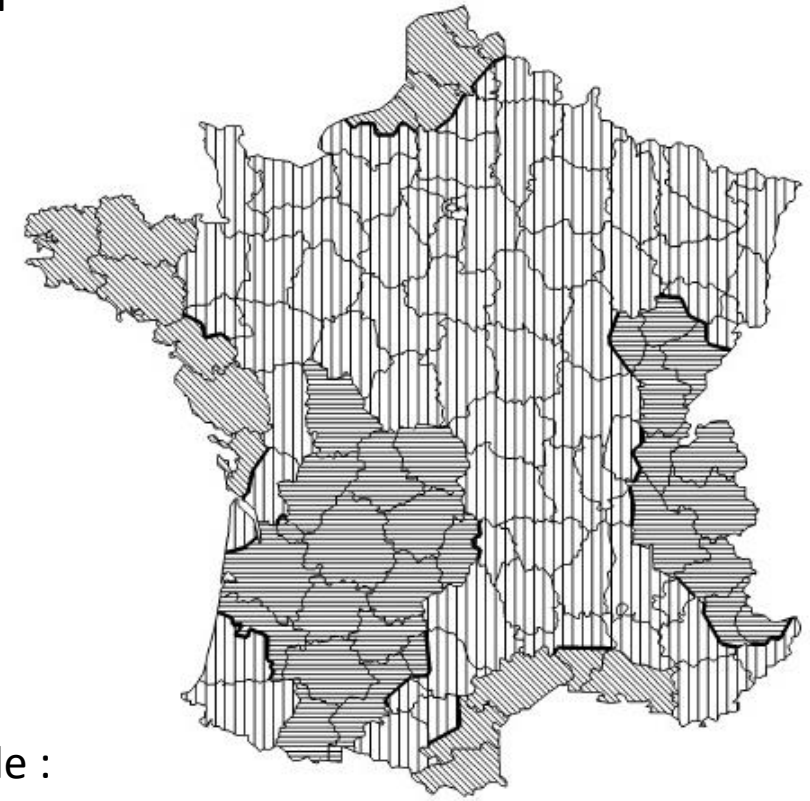
3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CALCUL DE LA PRESSION DU VENT

Question 10 : Déterminer le chargement horizontal du vent sur les faces exposées aux pressions et aux dépressions.





Hypothèses :

- on néglige la pression du vent sur la toiture
- les faces au vent subissent un coefficient de pression de :

$$c_{e,1} = +0,8$$

- les faces opposées au vent ont un coefficient de pression de :

$$c_{e,2} = -0,5$$

- tout l'intérieur du bâtiment subie une dépression avec un coefficient de :

$$c_i = -0,3$$

Régions :	1	2	3	4
Valeur de base de la vitesse de référence du vent $v_{b,0}$ [m/s]	22	24	26	28

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CALCUL DE LA PRESSION DU VENT

Question 10 : Déterminer le chargement horizontal du vent sur les faces exposées aux pressions et aux dépressions.

Vitesse de référence du vent :

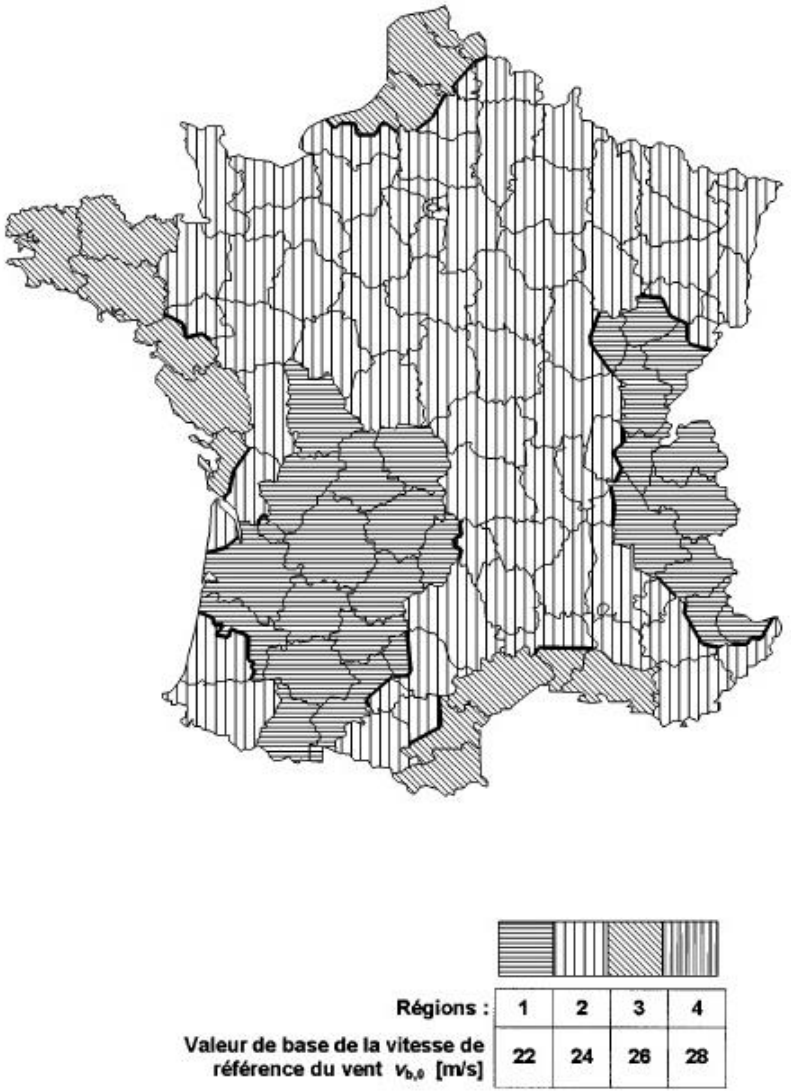
$$V_{b,0} = 22 \text{ m/s}$$

Dans la norme, des coefficients (selon le terrain, la rugosité, l'altitude, etc.) pondèrent cette vitesse.
Nous ne les considérons pas ici (hypothèse $q_p = q_b$)

Pression dynamique du vent :

$$q = \rho \frac{{V_{b,0}}^2}{2} = 1{,}25 * \frac{22^2}{2}$$

$$= 30{,}25 \text{ daN/m}^2$$



Régions :	1	2	3	4
Valeur de base de la vitesse de référence du vent $v_{b,0}$ [m/s]	22	24	26	28

ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

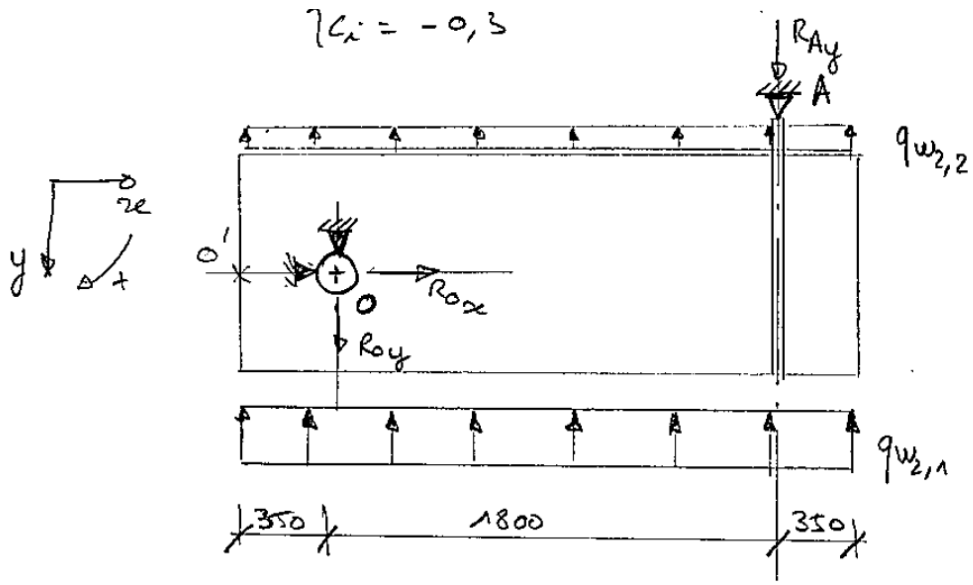
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CALCUL DE LA PRESSION DU VENT

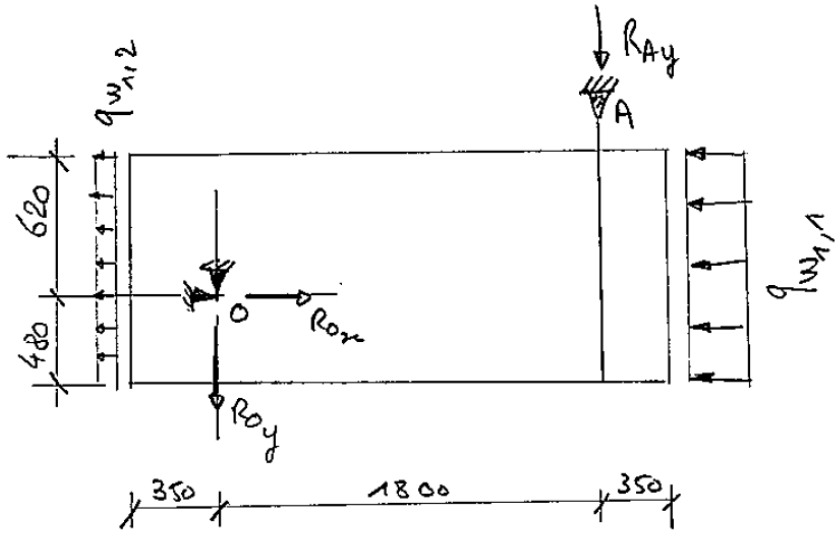
Question 10 : Déterminer le chargement horizontal du vent sur les faces exposées aux pressions et aux dépressions.



On obtient donc les forces suivantes :

$$q_{W1,1} = q_{W2,1} = (c_{e,1} - c_i).q.h$$
$$= (0{,}8 - (-0{,}3)).30{,}25.3{,}15 \approx 105\,\frac{daN}{ml}$$

$$q_{W1,2} = q_{W2,2} = (c_{e,2} + c_i).q.h$$
$$= (-0{,}5 - (-0{,}3)).30{,}25.3{,}15 \approx -19\ daN/ml$$



ensa paris la villette

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

CALCUL DE LA PRESSION DU VENT

Question 11 : Déterminer les réactions aux appuis. Justifier l'utilisation d'un poteau cylindrique.

Solution : La méthode à suivre est identique à celle de la question 8 : entraînez-vous à le faire chez vous, la solution est dans le polycopié.

SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

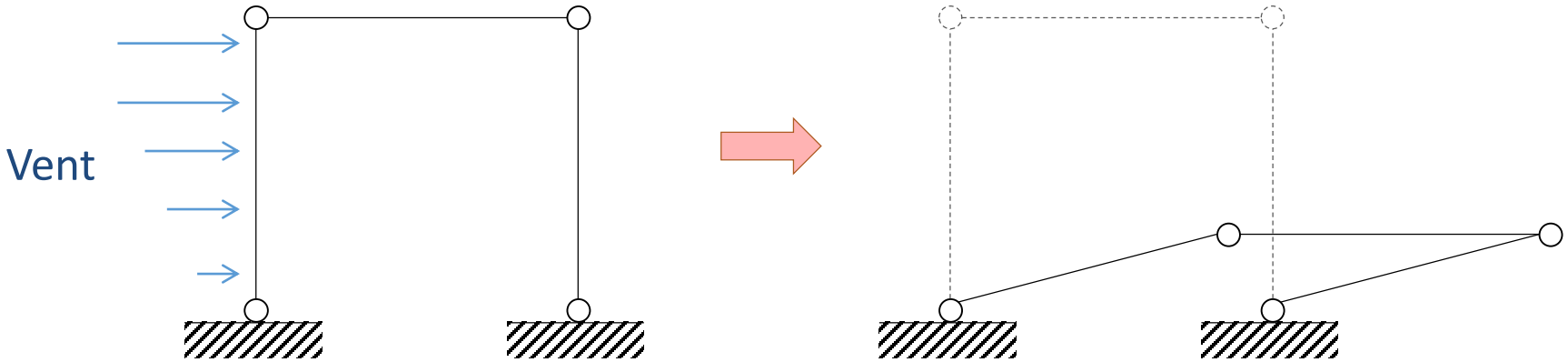
2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

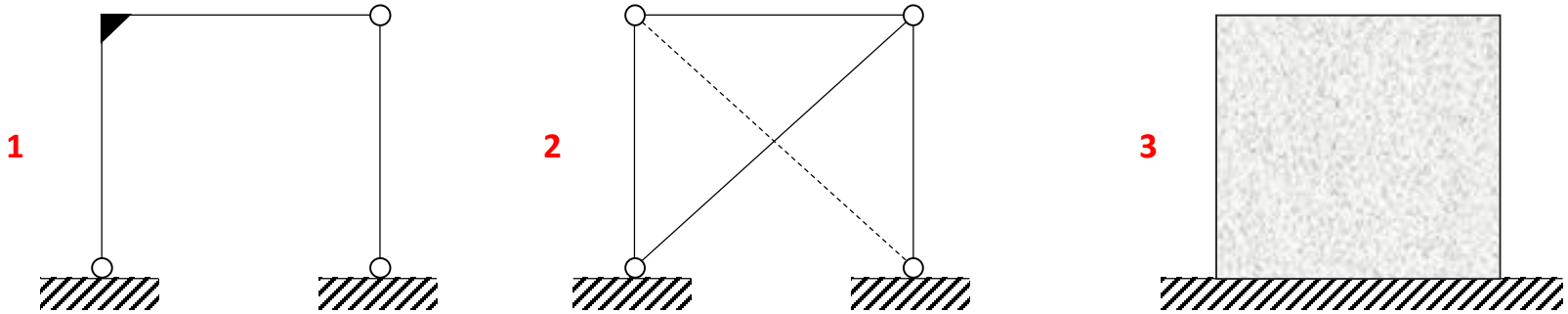
PRINCIPES DE CONTREVENTEMENT

En cas d'**efforts horizontaux** (vent, séisme, etc.), une structure mal contreventée peut se déformer excessivement, **voire perdre sa stabilité** et s'effondrer comme un château de carte.



Les contreventements peuvent être :

1. Un encastrement à une liaison ou un appui (≈ élément « **ponctuel** »)
2. Une ou plusieurs barres de contreventement (élément **linéique**)
3. Un voile ou un noyau de contreventement (élément(s) **surfaciques(s)**)



SOMMAIRE – S1-TD2
TD THÉORIQUE
LA VILLA LEMOINE

1. Schéma statique
   a. Les éléments structurels
   b. Le schéma statique
   c. Les matériaux

2. Descente de charges
   a. Chargements
   b. Descente de charges

3. Analyse détaillée : le vent et le contreventement
   a. L'écoulement de l'air
   b. Calcul du vent
   c. Contreventement

ensa paris la villette

S1-TD2 TD THÉORIQUE – LA VILLA LEMOINE

3.c. Contreventement

Indice C
Cours : S. EBODE – M. LEYRAL
D'après un TD de M. POIRIER et R. ARLOT

QUELQUES EXEMPLES DE CONTREVENTEMENTS

Effondrement dû à un mauvais contreventement des fermes de la charpente

Contreventement provisoire par étais

Croix de Saint-André (Beaubourg, Paris)

Contreventement par jambes de forces

Contreventement par encastrement (portique du Téléphérique de Rochebrune)

Noyau de contreventement (Tour Jussieu)