

École des Ponts ParisTech

2014-2015

Pierre Cuvilliers

Cours

**Titre**

Table des matières

[1. Sollicitations internes 4](#_Toc408395681)

[1.1. Hypothèses de calcul 4](#_Toc408395682)

[1.2. Réactions d’appui 4](#_Toc408395683)

[1.3. Efforts internes dans le poteau 4](#_Toc408395684)

[1.4. Efforts internes dans la poutre 4](#_Toc408395685)

[2. Ferraillages à l’ELU 4](#_Toc408395686)

[2.1. Ferraillage de la poutre 4](#_Toc408395687)

[2.1.i. Enrobage minimal 4](#_Toc408395688)

[2.1.ii. Détermination des armatures de flexion en face inférieure de la poutre 4](#_Toc408395689)

[2.1.ii.a. Ferraillage théorique 4](#_Toc408395690)

[2.1.ii.b. Ferraillage pratique 4](#_Toc408395691)

[2.1.iii. Détermination des armatures de flexion en face supérieure de la poutre 4](#_Toc408395692)

[2.1.iii.a. Ferraillage théorique 4](#_Toc408395693)

[2.1.iii.b. Ferraillage pratique 4](#_Toc408395694)

[2.1.iv. Détermination des armatures transversales 4](#_Toc408395695)

[2.1.iv.a. Vérification de la contrainte de compression dans les bielles et choix de leur inclinaison 4](#_Toc408395696)

[2.1.iv.b. Effort tranchant réduit et section d’armature à l’appui sur corbeau 4](#_Toc408395697)

[2.1.iv.c. Effort tranchant réduit et section d’armature à l’appui sur poteau 4](#_Toc408395698)

[2.1.iv.d. Vérification du taux minimal d’armatures transversales 4](#_Toc408395699)

[2.1.iv.e. Espacement maximal des armatures 4](#_Toc408395700)

[2.1.iv.f. Ferraillage pratique 4](#_Toc408395701)

[2.1.v. Épure d’arrêt des barres 4](#_Toc408395702)

[2.1.v.a. Décalage de la courbe des moments 4](#_Toc408395703)

[2.1.v.b. Calcul des moments résistants 4](#_Toc408395704)

[2.1.v.c. Détermination de l’épure des barres 4](#_Toc408395705)

[2.1.vi. Étude des zones d’appui 4](#_Toc408395706)

[2.1.vi.a. Ancrage des aciers sur appui 4](#_Toc408395707)

[2.1.vi.b. Vérification de la bielle d’about sur l’appui sur poteau 4](#_Toc408395708)

[2.2. Ferraillage du poteau 4](#_Toc408395709)

[2.2.i. Ferraillage symétrique théorique : armatures longitudinales 4](#_Toc408395710)

[2.2.i.a. Ferraillage pratique 4](#_Toc408395711)

[2.2.ii. Vérification des instabilités élastiques 4](#_Toc408395712)

[2.2.ii.a. Détermination de la longueur de flambement 4](#_Toc408395713)

[2.2.ii.b. Détermination des imperfections géométriques et du moment du premier ordre 4](#_Toc408395714)

[2.2.ii.c. Détermination de l’influence des effets du second ordre 4](#_Toc408395715)

[3. Vérifications ELS dans la poutre 4](#_Toc408395716)

[3.1. Détermination du coefficient d’équivalence 4](#_Toc408395717)

[3.2. Vérification des contraintes à l’ELS 4](#_Toc408395718)

[3.3. Ouvertures des fissures 4](#_Toc408395719)

[3.4. Flèche sous combinaison quasi-permanente 4](#_Toc408395720)

[4. Modèle bielle-tirant de la liaison poutre-poteau 4](#_Toc408395721)

[4.1. Géométrie du modèle 4](#_Toc408395722)

[4.2. Efforts dans les bielles et tirants et contraintes dans les nœuds 4](#_Toc408395723)

[4.3. Tirants secondaires 4](#_Toc408395724)

[5. Ferraillages obtenus 1](#_Toc408395725)

# Conception des coques et toiles tendues

## Équivalence tension-compression, intérêt de la méthode

## Surfaces minimales, présentation, propriétés

* État de contraintes uniforme
* Courbure moyenne
* Problème de bord type « bulle de savon »

## Forces extérieures

* Pression + Gravité
* Câbles

## Surfaces connues

* PH
* Caténoïde
* Schwartz
* Plat avec câbles
* Coussin gonflé
* Isler, Kapoor, ILEK, Mantra, Tanz-Brunnen

# Recherche de surfaces à courbure constante

## Notations

## Hypothèses de base, justifications

### État de contraintes

* Tension pure + isotrope
* Densité de contrainte

### Discrétisation, maillage

* FEM masquée
* Tension uniforme vs. Taille différente des mailles
* Différentes formes possibles via qs(i)

## Forces sur un élément de surface

## Équilibre d’un nœud dans le repère local

## Équilibre d’un nœud dans le repère global

# Résolution numérique, algorithme

## Point fixe

## Gradient

* Inversion de matrice
* Méthode de Newton ?
* Instable ? Vitesse d’approche

## Convergence

### Justification

* Lemme de Banach
* Dérivée partielle vs dérivée totale (article)

### Critère d’arrêt

* Résidu forces vs déplacement
* Adimensionnement

## Pseudo-inverse

## Remise à jour qs

* Équilibre des tensions

## Implémentation

### Boucles

* Nœuds
* Itérations positions
* Itérations qs

### Erreur numérique

# Forces extérieures

## Câbles

* Intérêt : poutres de rive, fixation toiles
* Force, équilibre repère local, équilibre repère global
* Algo point fixe

## Pression : idem

## Gravité : idem

# Grasshopper

## Images, utilisation générale

* Wrappers
* PH
* Itérations
* Vitesse
* Type de maillage admissible