



Hall d'essai, I.U.T. Département génie civil, 19300 EGLETONS

Les modalités d'évaluation sont les suivantes :

- 1 note de Travaux Pratiques + 1 note de contrôle sur table. La moyenne du module sera calculée avec ces notes. Les coefficients respectifs sont $\frac{1}{4} + \frac{3}{4}$
- Tous les documents de cours, de TD et de TP seront autorisés en contrôle des connaissances.
- Le contrôle de connaissances du module SST5 aura lieu en juin. Il est donc de la responsabilité de chaque étudiant de se préparer au mieux. Toutes les séances de TD sont déjà planifiées et vous aideront à organiser votre travail personnel.
- Le partiel, d'une durée de deux heures, permettra à chacun de valoriser son travail personnel sur les différentes thématiques abordées en cours. Les enseignants évalueront les copies, la correction aux questions du partiel sera faite individuellement sur la base de questions individuelles seulement.
- Un document format A3 présentant un plan de ferrailage de poutre en béton armé est fourni avec ce document. Il sert de support " fil rouge " de ce module. L'objectif est d'être capable de refaire le même document sur une étude de cas similaire en TD ou en partiel, en fin de semestre 2

Bibliographie :

- NF EN 1992-1-1 : <https://sagaweb.afnor.org/>
- AFCAB : Association Française de certification des armatures du béton, www.afcab.org
- CIM BETON Centre d'information sur le ciment et ses applications, www.infociments.fr
- Agence qualité construction : <http://www.qualiteconstruction.com/>
- Adhel : <http://moodle.egletons.unilim.fr/> rubrique Module / S2 / M2302 Bases du béton armé

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : schéma de ferrailage de la poutre brevetée par Joseph MONIER en 1878.....	8
Illustration 2 : exemple de réalisation en béton armé bâclée en travaux neufs, avant livraison au maître d'ouvrage....	9
Illustration 3 : mise en place d'une retombée de poutre préfabriquée de masse 3,5 tonnes.....	17
Illustration 4 : exemple d'aciers à verrous et d'aciers à empreinte.....	17
Illustration 5 : définition de l'enrobage [4.4.1].....	21
Illustration 6 : phénomène d'adhérence autour d'une armature noyée dans le béton.....	25
Illustration 7 : dispositif d'essai de la poutre en travaux pratiques.....	28
Illustration 8 : développement des fissures dans la zone tendue d'une poutre fléchie.....	30
Illustration 9 : déformation importante des matériaux en zone tendue d'une poutre fléchie	31
Illustration 10 : flambement des aciers de montage en zone comprimée d'une poutre fléchie.....	32
Illustration 11 : rupture en traction des aciers tendus en partie inférieure d'une poutre fléchie.....	32
Illustration 12 : désignations géométriques des différentes zones d'une section droite en T _e sous une sollicitation de moment de flexion positive. Zone hachurée comprimée.....	34
Illustration 13 : section réelle et section de calcul à l'état limite ultime en zone de moment positif.....	38
Illustration 14 : diagrammes de déformations limites d'une section droite en zone de moment positif.....	38
Illustration 15 : espacements des armatures dans le béton.....	46
Illustration 16 : désignation géométrique des différentes zones d'une section droite en T _e sous moment positif.....	50
Illustration 17 : représentation des zones comprimées et tendues d'une poutre fléchie.....	51
Illustration 18 : ruine à l'effort tranchant d'une poutre fléchie non armée transversalement.....	57
Illustration 19 : modèle de treillis de RITTER pour $\alpha = 45^\circ$ et $\alpha = 90^\circ$	59
Illustration 20 : valeur de calcul de l'effort tranchant agissant dans le cas d'un chargement réparti uniformément....	65
Illustration 21 : épure de répartition des armatures transversales.....	67
Illustration 22 : décalage de la sollicitation agissante de flexion.....	68
Illustration 23 : ferrailage complet d'une poutre fléchie, épure d'arrêt des barres, épure de répartition.....	73

INDEX DES TABLES

Tableau III.1 : Caractéristiques de résistance et de déformation du béton [Tab. 3.1].....	12
Tableau III.2 : Classe de ductilité des aciers à béton (EC2 : Annexe C).....	18
Tableau IV.1 : Classes d'exposition en fonction des conditions d'environnement (EN 206-1) [Tab 4.1].....	20
Tableau IV.2 : Classes indicatives de résistance [Tab E.1N].....	21
Tableau IV.3 : Enrobage minimal $c_{min,b}$ requis vis à vis de l'adhérence [Tab 4.2].....	22
Tableau IV.4 : Classification structurale recommandée [Tab 4.3N].....	23
Tableau IV.5 : Valeurs de l'enrobage minimal $c_{min,dur}$ requis vis-à-vis la durabilité [Tab 4.4N].....	23
Tableau V.1 : Diamètre minimal du mandrin afin d'éviter les dommages aux armatures [Tab 8.1N].....	26
Tableau VI.1 : Valeurs de μ qui définissent la zone A1, A2, B1 ou B2 de la figure page 38.....	42
Tableau X.1 : longueur d'ancrage de référence $l_{b,rqd}$ [8.4.3]	77
Tableau X.2 : Valeurs des coefficients α_1 , α_2 , α_3 , α_4 et α_5 [Tab. 8.2].....	79
Tableau X.3 : Valeur du coefficient α_6	81
Tableau X.4 : longueurs de recouvrement requises pour les fils de répartition des treillis [Tab 8.4].....	84
Tableau X.5 : Aires des sections d'aciers pour armatures Hautes Adhérence par diamètre (mm, cm ²).....	85

TABLE DES MATIÈRES

I. Liste des notations Eurocode 2.....	5
II. Le béton armé, un matériau et une technique de construction.....	8
1. Le béton armé, historique.....	8
a. Le béton des inventeurs.....	8
b. Le béton des ingénieurs.....	8
2. Le béton des constructeurs.....	9
3. Pourquoi l'acier dans le béton ?.....	9
4. Contexte réglementaire des calculs.....	10
a. Règlements antérieurs aux Eurocodes.....	10
b. Les Eurocodes.....	10
III. Les matériaux du béton armé.....	11
1. Le béton.....	11
a. Comportement expérimental du matériau béton.....	11
b. Valeur de la résistance caractéristique à la compression d'un béton [3.1.2].....	11
c. Valeur de la résistance caractéristique à la traction d'un béton [3.1.2].....	13
d. Déformations élastiques du béton [3.1.3].....	13
e. Relation contrainte déformation pour une analyse structurale non linéaire [3.1.5].....	14
f. Résistance de calcul en compression et résistance de calcul en traction [3.1.6].....	14
g. Relation contrainte déformation pour le calcul des sections [3.1.7].....	15
h. Résistance à la traction en flexion [3.1.8].....	16
2. L'acier.....	16
a. Terminologie.....	16
b. Problématique des calculs d'aire d'armature dans le cadre d'un cours de béton armé.....	16
c. Forme de la surface latérale des armatures en acier.....	17
d. Propriétés des armatures de béton armé [3.2.2].....	18
e. Hypothèses de calcul [3.2.7].....	18
IV. Durabilité et enrobage des armatures.....	19
1. généralités [4.1].....	19
2. Conditions d'environnement [4.2].....	19
3. Exigences de durabilité [4.3].....	21
4. Méthodes de vérification [4.4].....	21
a. Calcul de l'enrobage [4.4.1].....	21
b. Enrobage minimal, c_{min} [4.4.1.2].....	22
c. Enrobage minimal $C_{min,b}$ requis vis à vis de l'adhérence.....	22
d. Enrobage minimal $C_{min,dur}$ requis vis-à-vis de la durabilité.....	22
e. Prise en compte des tolérances d'exécution Δc_{dev} [4.4.1.3].....	24
V. association acier-béton.....	25
1. Adhérence acier - béton.....	25
2. Contexte réglementaire dans l' Eurocode 2.....	26
a. Ancrage des armatures longitudinales [8.3] et [8.4].....	26
b. Différents modes d'ancrage des armatures.....	27
VI. Etat limite ultime.....	28
1. Comportement expérimental d'une poutre en flexion simple.....	28
a. Matériels d'essai pour la flexion pure.....	28
b. Comportement des matériaux.....	29
2. Charge de ruine réelle et charge de calcul, coefficient de sécurité global.....	33
3. Poutre en béton armé, analyse structurale.....	33
a. Modèles structuraux pour l'analyse globale [5.3.1].....	33
b. Données géométriques [5.3.2].....	33
c. Portée utile des poutres et dalles dans les bâtiments [5.3.2.2].....	35
4. Notations utilisées, représentations graphiques, hypothèses de calcul à l'E.L.U. , réalité & modèles.....	36
a. Objectifs des calculs.....	37
b. Etat Limite Ultime, Hypothèses de calcul [6.1].....	37
c. Économie.....	40
5. Calcul de l'aire d'une section d'acier en flexion simple à l' E.L.U.....	40
a. Principe du calcul d'une section d'acier.....	40
b. Moment réduit limite μ	42
c. Démarche calculatoire de projet, organigramme général de la démarche de calcul.....	43
d. Organigramme général de la procédure de calcul des poutres à section rectangulaire.....	44
6. Calcul de la sollicitation résistante d'une section droite en flexion simple : M_{Rd}	45
a. Calcul de la sollicitation résistante d'une section droite de poutre en béton armé.....	45
7. Dispositions constructives (Eurocode 2, section 8).....	45
a. Espacement des armatures de béton armé [8.2].....	45

b.	Paquets de barres, diamètre équivalent [8.9].....	46
c.	Ancrage des paquets de barres [8.9.2].....	47
d.	Sections minimale : généralités [9.1].....	47
e.	Sections minimale et maximale d'armatures [9.2.1.1].....	47
f.	Sections minimales d'armatures [7.3.2].....	48
g.	Armatures en zone tendues sur appuis [9.2.1.2].....	48
h.	Ancrage des armatures inférieures au niveau des appuis d'extrémité [9.2.1.4].....	48
i.	Armatures de peau [9.2.4].....	49
VII.	Flexion simple à l'état limite ultime poutre en Té.....	50
1.	Rappels, Données géométriques.....	50
2.	Méthode de calcul des poutres en Té en zone de moment positif.....	52
a.	Dispositions constructives [9.2.1.1].....	54
b.	Cisaillement entre l'âme et les membrures des sections en T.....	54
c.	Organigramme général de la procédure de calcul des poutres en Té.....	55
VIII.	Poutre en béton armé soumise à un effort tranchant.....	56
1.	Introduction.....	56
a.	Comportement expérimental d'une poutre sous sollicitation de flexion et d'effort tranchant.....	57
b.	Modélisation en treillis de RITTER.....	58
2.	Contexte réglementaire.....	62
a.	Procédure générale de vérification [6.2.1].....	62
b.	Éléments pour lesquels aucune armature d'effort tranchant n'est requise [6.2.2].....	62
c.	Éléments pour lesquels des armatures d'effort tranchant sont requises [6.2.3].....	63
d.	Vérification de la contrainte de compression dans les bielles de béton.....	64
e.	Valeur de calcul de l'effort tranchant agissant VEd.....	65
f.	Répartition des armatures transversales, détermination des espacements.....	67
g.	Décalage de la courbe enveloppe des moments de flexion [9.2.1.3] (2).....	69
3.	dispositions constructives.....	69
a.	Armatures d'effort tranchant [9.2.2].....	70
b.	Démarche calculatoire de projet :.....	71
c.	Organigramme général de la procédure de calcul.....	72
IX.	Ferrailage complet d'une poutre fléchie en flexion simple.....	73
X.	ANNEXES.....	75
1.	Avantages et inconvénients du matériau Béton armé.....	75
2.	Fiche module SST 5 PPN IUT Génie civil Construction Durable.....	76
3.	Calcul des longueurs d'ancrage.....	77
a.	Contrainte ultime d'adhérence [8.4.2].....	77
b.	Longueur d'ancrage de référence [8.4.3].....	78
c.	Longueur d'ancrage de calcul [8.4.4].....	79
d.	Ancrage des armatures d'effort tranchant et autres armatures transversales [8.5].....	80
e.	Ancrage au moyen de barres soudées [8.6].....	81
f.	Recouvrements et coupleurs [8.7].....	81
g.	Recouvrements et longueur de recouvrement [8.7.2] et [8.7.3].....	82
h.	Armatures transversales dans une zone de recouvrement [8.7.4].....	83
i.	Recouvrements des treillis soudés constitués de fils à haute adhérence [8.7.5].....	84
j.	Règles supplémentaires pour les barres de gros diamètre [8.8].....	85
k.	Paquets de barres [8.9].....	85
4.	Choix des sections d'armatures, nombre de barres par lit, diamètre nominal et réel.....	86
a.	Aires des sections d'acier pour armatures Haute Adhérence...tableau à compléter.....	86
b.	Diamètre moyen.....	86
c.	Nombre de barres par lit.....	87
d.	Moment réduit limite.....	88
XI.	Applications numériques.....	89
1.	Principe de ferrailage d'une poutre (TD N°1).....	89
2.	Flexion simple à l'État Limite Ultime (TD N°2).....	90
a.	Étude de cas N°1, section droite rectangulaire.....	90
b.	Étude de cas N°2, section droite en Té.....	91
c.	Étude de cas N°3, poutre de travaux pratiques.....	93
3.	Effort tranchant.....	95
a.	Armatures d'effort tranchant au voisinage des appuis.....	95
b.	Répartition des armatures transversales.....	97

I. LISTE DES NOTATIONS EUROCODE 2

Les notations utilisées dans l' **EUROCODE 2** sont présentées dans la section 1 article [1.6]. Elles sont fondées sur la norme ISO 3898 :1987.

Majuscules latines

- **A** Action accidentelle
- **A** Aire de la section droite
- **A_c** Aire de la section droite du béton
- **A_p** Aire de la section de l'armature ou des armatures de précontrainte
- **A_s** Aire de la section des armatures de béton armé
- **A_{s,min}** Aire de la section minimale d'armatures
- **A_{sw}** Aire de la section des armatures d'effort tranchant
- **D** Diamètre du mandrin de cintrage
- **D_{Ed}** Endommagement total dû à la fatigue
- **E** Effet des actions
- **E_c, E_{c(28)}** Module d'élasticité tangent à l'origine ($\sigma_c = 0$) pour un béton de masse volumique normale à 28 jours
- **E_{c,eff}** Module d'élasticité effectif du béton
- **E_{cd}** Valeur de calcul du module d'élasticité du béton
- **E_{cm}** Module d'élasticité sécant du béton
- **E_{c(t)}** Module d'élasticité tangent à l'origine ($\sigma_c = 0$) au temps t pour un béton de masse volumique normale
- **E_p** Valeur de calcul du module d'élasticité de l'acier de précontrainte
- **E_s** Valeur de calcul du module d'élasticité de l'acier de béton armé
- **EI** Rigidité en flexion
- **EQU** Equilibre statique
- **F** Action
- **F_d** Valeur de calcul d'une action
- **F_k** Valeur caractéristique d'une action
- **G_k** Valeur caractéristique d'une action permanente
- **I** Moment d'inertie de la section de béton
- **L** Longueur
- **M** Moment fléchissant
- **M_{Ed}** Valeur de calcul du moment fléchissant agissant
- **N** Effort normal
- **N_{Ed}** Valeur de calcul de l'effort normal agissant (traction ou compression)
- **P** Force de précontrainte
- **P₀** Force initiale à l'extrémité active de l'armature de précontrainte immédiatement après la mise en tension
- **Q_k** Valeur caractéristique d'une action variable
- **Q_{fat}** Valeur caractéristique de la charge de fatigue
- **R** Résistance
- **S** Efforts et moments internes (solllicitations)
- **S** Moment statique
- **SLS** Etat-limite de service (ELS)
- **T** Moment de torsion
- **T_{Ed}** Valeur de calcul du moment de torsion agissant
- **ULS** Etat-limite ultime (ELU)
- **V** Effort tranchant
- **V_{Ed}** Valeur de calcul de l'effort tranchant agissant

Minuscules latines

- **a** Distance
- **a** Donnée géométrique
- **Δa** Tolérance pour les données géométriques
- **b** Largeur totale d'une section droite ou largeur réelle de la table d'une poutre en T ou en L
- **b_w** Largeur de l'âme des poutres en T, en I ou en L
- **c_{nom}** Enrobage nominal d'une armature
- **d** Diamètre ; Profondeur
- **d** Hauteur utile d'une section droite fléchie
- **d_g** Dimension nominale supérieure du plus gros granulats
- **e** Excentricité
- **f_c** Résistance en compression du béton
- **f_{cd}** Valeur de calcul de la résistance en compression du béton
- **f_{ck}** Résistance caractéristique en compression du béton, mesurée sur cylindre à 28 jours
- **f_{cm}** Valeur moyenne de la résistance en compression du béton, mesurée sur cylindre
- **f_{ctk}** Résistance caractéristique en traction directe du béton
- **f_{ctm}** Valeur moyenne de la résistance en traction directe du béton
- **f_p** Résistance en traction de l'acier de précontrainte
- **f_{pk}** Résistance caractéristique en traction de l'acier de précontrainte
- **f_{p0,1}** Limite d'élasticité conventionnelle à 0,1 % de l'acier de précontrainte
- **f_{p0,1k}** Valeur caractéristique de la limite d'élasticité conventionnelle à 0,1 % de l'acier de précontrainte
- **f_{0,2k}** Valeur caractéristique de la limite d'élasticité conventionnelle à 0,2 % de l'acier de béton armé
- **f_t** Résistance en traction de l'acier de béton armé
- **f_{tk}** Résistance caractéristique en traction de l'acier de béton armé
- **f_y** Limite d'élasticité de l'acier de béton armé
- **f_{yd}** Limite d'élasticité de calcul de l'acier de béton armé
- **f_{yk}** Limite caractéristique d'élasticité de l'acier de béton armé
- **f_{ywd}** Limite d'élasticité de calcul des armatures d'effort tranchant
- **h** Hauteur
- **h** Hauteur totale de la section droite
- **i** Rayon de giration
- **k** Coefficient ; Facteur
- **l** (ou **l** ou **L**) Longueur ; Portée
- **m** Masse
- **n** Coefficient
- **r** Rayon
- **1/r** Courbure en une section donnée
- **t** Epaisseur
- **t** Instant considéré
- **t₀** Age du béton au moment du chargement
- **u** Périmètre de la section droite de béton dont l'aire est **A_c**
- **u,v,w** Composantes du déplacement d'un point
- **x** Profondeur de l'axe neutre
- **x,y,z** Coordonnées
- **z** Bras de levier des forces internes

Minuscules grecques

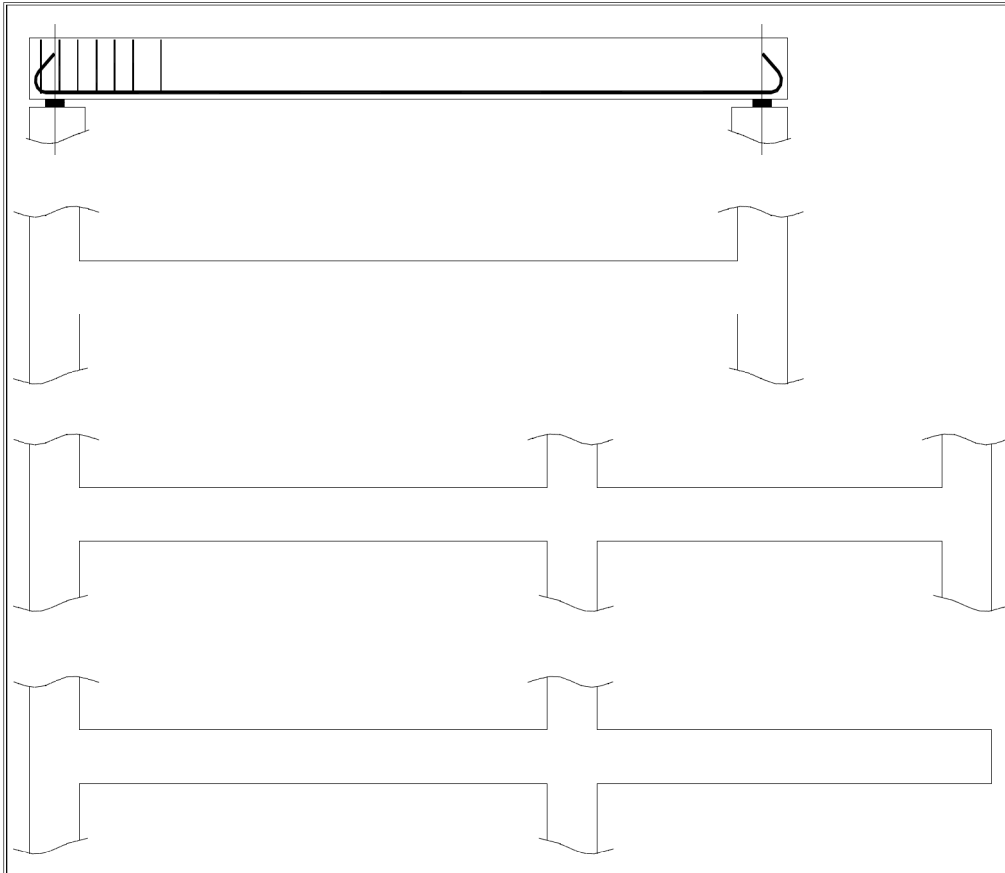
- α Angle ; Rapport
- β Angle ; Rapport ; Coefficient
- γ Coefficient partiel
- γ_A Coefficient partiel relatif aux actions accidentelles A
- γ_C Coefficient partiel relatif au béton
- γ_F Coefficient partiel relatif aux actions F
- $\gamma_{C,fat}$ Coefficient partiel relatif à la fatigue du béton
- $\gamma_{F,fat}$ Coefficient partiel relatif aux actions de fatigue
- γ_G Coefficient partiel relatif aux actions permanentes G
- γ_M Coefficient partiel relatif à une propriété d'un matériau, tenant compte des incertitudes sur la propriété elle-même, sur les imperfections géométriques et sur le modèle de calcul utilisé
- γ_P Coefficient partiel relatif aux actions associées à la précontrainte P
- γ_Q Coefficient partiel relatif aux actions variables Q
- γ_S Coefficient partiel relatif à l'acier de béton armé ou de précontrainte
- $\gamma_{S,fat}$ Coefficient partiel relatif à l'acier de béton armé ou de précontrainte sous chargement de fatigue
- γ_f Coefficient partiel relatif aux actions, compte non tenu des incertitudes de modèle
- γ_g Coefficient partiel relatif aux actions permanentes, compte non tenu des incertitudes de modèle
- γ_m Coefficient partiel relatif à une propriété d'un matériau, seules les incertitudes sur la propriété du matériau étant prises en compte
- δ Incrément / coefficient de redistribution
- ζ Coefficient de réduction / coefficient de distribution
- ϵ_c Déformation relative en compression du béton
- ϵ_{c1} Déformation relative en compression du béton au pic de contrainte f_c
- ϵ_{cu} Déformation relative ultime du béton en compression
- ϵ_u Déformation relative de l'acier de béton armé ou de précontrainte sous charge maximale
- ϵ_{uk} Valeur caractéristique de la déformation relative de l'acier de béton armé ou de précontrainte sous charge maximale
- θ Angle
- λ Coefficient d'élançement
- μ Coefficient de frottement entre les armatures de précontrainte et leurs conduits
- ν Coefficient de Poisson
- ν Coefficient de réduction de la résistance du béton fissuré en cisaillement
- ξ Rapport de la capacité d'adhérence des armatures de précontrainte à la capacité d'adhérence des armatures de béton armé
- ρ Masse volumique du béton séché en étuve, en kg/m^3
- ρ_{1000} Valeur de la perte par relaxation (en %), 1 000 heures après la mise en tension, à une température moyenne de 20°C
- ρ_l Pourcentage d'armatures longitudinales
- ρ_w Pourcentage d'armatures d'effort tranchant
- σ_c Contrainte de compression dans le béton
- σ_{cp} Contrainte de compression dans le béton due à un effort normal ou à la précontrainte
- σ_{cu} Contrainte de compression dans le béton correspondant à la déformation ultime en compression ϵ_{cu}
- τ Contrainte tangente de torsion
- ϕ Diamètre d'une barre d'armature ou d'une gaine de précontrainte
- ϕ_n Diamètre équivalent d'un paquet de barres
- $j(t, t_0)$ Coefficient de fluage, définissant le fluage entre les temps t et t_0 , par rapport à la déformation élastique à 28 jours
- $j(\infty, t_0)$ Valeur finale du coefficient de fluage
- ψ Coefficients définissant les valeurs représentatives des actions variables ψ_0 pour les valeurs de combinaison, ψ_1 pour les valeurs fréquentes et ψ_2 pour les valeurs quasi-permanentes

XI. Applications numériques

1. Principe de ferrailage d'une poutre (TD N°1)

Objectif : savoir reconnaître dans une cage d'armature de poutre, les armatures principales de flexion, les armatures transversales d'effort tranchant ainsi que les armatures de montage. Être capable d'indiquer la nature de la sollicitation de calcul de chaque armature.

Voici 4 poutres en béton armé devant transmettre chacune un chargement uniformément réparti. Le dessin de la première poutre comporte une partie seulement du dessin de la cage d'armatures, vous allez compléter ce dessin puis réaliser les autres pour les poutres suivantes :



Chaque poutre présente donc des sollicitations de flexion et d'effort tranchant (puisque le chargement est uniformément réparti).

- Reproduire le dessin de chaque structure, à peu près à la même échelle, en précisant le phasage (ordre de réalisation, reprises de bétonnage, partie préfabriquée éventuellement...).
- Tracer ensuite l'allure des diagrammes des sollicitations agissantes en respectant les correspondances de vues. Déduire l'allure de la déformée, justifier alors la position des armatures principales de flexion.
- Proposer un schéma à main levée de la cage d'armature complète dont les aciers sont tous repérés (schéma de façonnage, nombre si possible). Préciser pour chaque type d'acier s'il est calculé sur la base d'une sollicitation de calcul ou bien s'il fait l'objet de dispositions constructives.

2. Flexion simple à l'État Limite Ultime (TD N°2)

a. Étude de cas N°1, section droite rectangulaire.

L'objectif est de déterminer les sections d'acier à disposer dans une poutre en béton armé alors que toutes les informations sont connues pour un cas courant. Les procédures de calcul à suivre sont celles détaillées dans les synoptiques du cours lui-même, pages et

Les données sont les suivantes :

- Environnement : La structure porteuse est située dans un bâtiment d'habitation. La durée d'exploitation est de 50 ans,
- Géométrie : Dimensions de la section droite rectangulaire : 300 mm x 620 mm
- Sollicitations agissantes : $M_g = 156$ kN.m, $M_q = 58$ kN.m
- Matériaux : Acier B500B, béton C30/37
- Armatures transversales : 1 cadre HA8 et une épingle HA8

Valeurs de calcul, hypothèses

Béton C30/37 : $f_{ck} = 30$ MPa

$$f_{cd} =$$

$$f_{ctm} =$$

Acier B500B : $f_{yk} =$

$$f_{yd} =$$

Géométrie : $b_w =$

$$b_{eff} =$$

$$d =$$

Classe d'environnement :

Détermination de l'aire des aciers tendus

Sollicitation agissante à l'état limite ultime : $M_{Ed} =$

Moment réduit : $\mu =$

hauteur de béton comprimé : $\alpha =$ $\gamma =$

Bras de levier des forces internes : $z =$

Aire de section d'acier : $A_{sL} =$

Pourcentage minimum et maximum : $A_{s,min} =$

$$A_{s,max} =$$

Ratio d'acier : $\rho_l =$

Choix constructif

Lit inférieur :

Lit supérieur :

vérification de $d_{réel}$:

Proposition de schéma de ferrailage coté et repéré de la section droite.

b. Etude de cas N°2, section droite en T.

La poutre en béton armé est celle de votre application du module ST1 "charges d'exploitation des bâtiments". Il peut s'agir par exemple de la poutre située entre les poteaux P4 et P5 du Rez de chaussée. Cette poutre est continue, il s'agit simplement de déterminer l'aire de la section des armatures à disposer en zone tendue de sollicitation maximale de flexion vers la mi-travée.

Les données sont les suivantes :

- Environnement : La structure porteuse est située dans un bâtiment d'habitation. La durée d'exploitation de l'ouvrage est de **100 ans**
- Géométrie (définition conforme au cours de flexion simple à l' E.L.U. : Dimensions de la section droite : $b_w = 400$ mm, $h = 450$ mm, $b_{eff} = 3400$ mm
- Dalle pleine épaisseur 200 mm
- Sollicitations agissantes : $M_g = 101$ kN.m, $M_q = 42$ kN.m
- Matériaux : Acier B500B, béton C25/30
- Armatures transversales : 1 cadre HA8 + 1 épingle HA8

Géométrie

Proposez un schéma coté de la section droite en T faisant apparaître toutes les données géométriques, justifiez-en particulier la valeur de b_{eff}

Valeurs de calcul, hypothèses

Béton C30/37 : $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$f_{cd} =$$

$$f_{ctm} =$$

Acier B500B : $f_{yk} =$

$$f_{yd} =$$

Géométrie : $b_w =$

$$b_{eff} =$$

$$d =$$

Classe d'environnement :

Détermination de l'aire des aciers tendus

$$\rho_l =$$

Choix constructif

c. Étude de cas N°3, poutre de travaux pratiques.

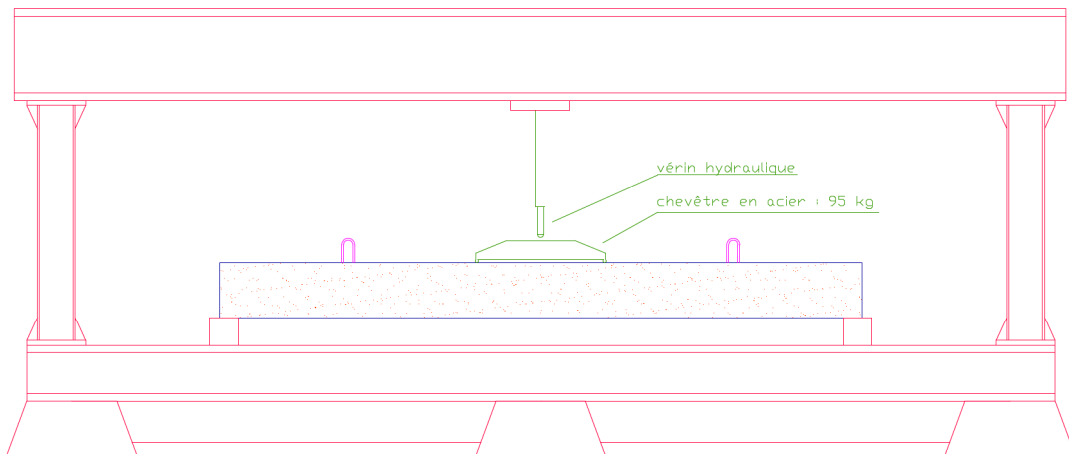
Toutes les données géométriques et mécaniques sont à votre disposition dans les différents documents remis en Travaux Pratiques de ST2 avec EM, FL ou RL. Lors de la séance de travaux pratiques, vous avez réalisé une poutre rectangulaire en béton armé. Chaque groupe TP avait un ferrailage différent, notamment les aciers longitudinaux inférieurs repérés 1 et 2, ou 1.

L'objectif de cette application est de déterminer la sollicitation résistante de la poutre que vous avez réalisée. Une fois la sollicitation résistante établie, il faudra établir l'action variable qui a produit cette sollicitation et la comparer à l'action qui a provoqué la ruine effective de la poutre en essai.

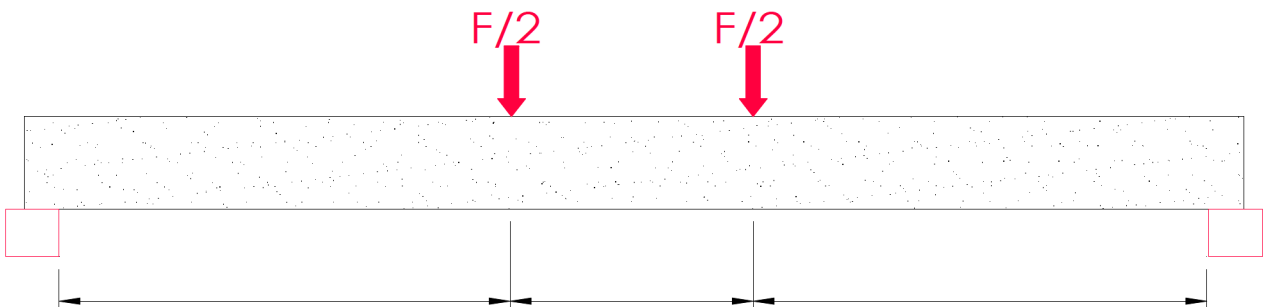
Groupe	21a - 21b	22a - 22b	23a - 23b	24a - 24b
Acier N°2				
Acier N°1				
α				
Pivot				
Coefficient sécurité				

Banc de flexion de la poutre en béton armé.

Banc de flexion de la poutre



Géométrie du chargement de la poutre



Vous avez respecté les conditions d'enrobage imposées, vous savez quel est le diamètre de l'armature transversale repérée N°4 .

- Calculer le $d_{réel}$ de votre poutre :

$$d_{réel} =$$

- Calculer la hauteur comprimée Y à partir de l'équation d'équilibre de la section droite⁹ détaillée en page 40 du cours de flexion simple à l'E.L.U.

- Déduire la valeur de α et indiquer le pivot correspondant sur la Figure 6.1 de votre cours de flexion (Diagramme des déformations relatives admissibles à l'état-limite ultime en page 39).

$$\alpha =$$

PIVOT

- Déduire le bras de levier z :

$$z =$$

- Calculer le moment résistant de la poutre à l'**E.L.U.** :

$$M_{Ru} =$$

- Évaluer le poids propre de la poutre: p_p

$$p_p =$$

- Calculer la sollicitation agissante de flexion à mi-travée due au poids propre de la poutre et du chevêtre en acier : M_g

Chevêtre : $M_{g \text{ poutre}} =$

Poutre : $M_{g \text{ chevêtre}} =$

$$M_g =$$

- Calculer la sollicitation agissante de flexion à mi travée due à l'action variable : M_q

$$M_q =$$

- Déduire la valeur de F_{ELU} , effort au vérin,

- Calculer le coefficient de sécurité de votre poutre à l'E.L.U., rapport de F_{ELU} / F_{MAX}

⁹ Vous allez considérer que votre béton a atteint la résistance souhaitée au regard de la formulation. Pour vous entraîner, imaginez maintenant qu'il soit vraiment de résistance inférieure, cela change t-il quelque chose ?

3. Effort tranchant

L'objectif est de déterminer les sections d'armatures transversales à disposer dans une poutre en béton armé alors que toutes les informations sont connues pour un cas courant.

Les données sont les suivantes :

- Environnement : la structure porteuse est située dans un bâtiment d'habitation. La durée d'exploitation est de 50 ans, $C_{nom} = 30$ mm
- Géométrie : dimensions de la section droite rectangulaire : 200 mm x 450 mm, $d = 400$ mm ; portée en nus $l_n = 5,00$ m ; largeur d'appuis 250 mm de chaque côté.
- Actions et sollicitations agissantes : $p_g = 65$ kN/ml, $p_q = 45$ kN/ml.
- Matériaux : aciers B500 B, béton C30/37
- Armatures longitudinales : 2 HA10 + 1 HA8 ancrées sur appui,

a. Armatures d'effort tranchant au voisinage des appuis

Valeurs de calcul, hypothèses

- $f_{ck} =$
- $f_{cd} =$
- $f_{yk} =$
- $f_{yd} =$
- $f_{ywd} =$
- $v_1 =$
- $P_u =$
- $V_{Ed} =$
- $z =$

Nécessité d'armatures transversales dans la poutre [6.2.2]

$$C_{Rd,c} =$$

$$k =$$

$$\rho_1 =$$

$$V_{min} =$$

L'effort tranchant résistant de calcul de l'élément en l'absence d'armatures d'effort tranchant, $V_{Rd,c}$ est donné par (6.2a) et peut être simplifié dans notre cas :

$$V_{Rd,c} =$$

$$V_{Rd,c} =$$

Conclusion :

Vérification de la contrainte de compression dans la bielle de béton comprimé

$V_{Rd,max}$ est la valeur de calcul de l'effort tranchant maximal pouvant être repris par l'élément, avant écrasement des bielles de compression [6.2.1]

$\theta =$

$V_{Rd,max} =$

$V_{Rd,max} =$

$V_{Ed} () =$

Conclusion :

Effort tranchant de calcul pouvant être repris par les armatures d'effort tranchant

$V_{Rd,s}$ est l'effort tranchant de calcul pouvant être repris par les armatures d'effort tranchant travaillant à la limite d'élasticité [6.2.1]

$\alpha =$

$V_{Ed} () =$

$A_{sw} / s =$

$\rho_w =$

$\rho_{w,min} =$

$\rho_{w,max} =$

Choix constructif pour la première plage d'espacement au voisinage de l'appui :

Définition des armatures			Valeurs des espacements	
diamètre ()	Nombre de brins	Aire de la section A_{sw} ()	Valeur de calcul de S ()	$S_{l,max}$ ()

Dessin de la section transversale renseigné (aciers placés, repérés, cotés).

b. Répartition des armatures transversales

Proposer, en la justifiant, une répartition économique des armatures transversales le long de la poutre.

