Manuel d'exercices et d'examens corrigés

FLEXION ET FLAMBEMENT DES ÉLÉMENTS DE STRUCTURE

Exercices corrigés en béton armé, acier et bois

Atelier de structure 1

Pr. Mouhcine BEN AICHA
École Nationale d'Architecture de Rabat

FIL CONDUCTEUR

Comprendre → Modéliser → Calculer → Vérifier → Interpréter

Avant-propos

Ce manuel d'exercices est consacré à deux phénomènes fondamentaux du comportement des éléments de structure : la flexion des poutres et le flambement des poteaux. Il s'adresse en priorité aux étudiants en architecture et vise à développer une lecture structurale simple, progressive et appliquée.

L'objectif n'est pas de reprendre un cours exhaustif de résistance des matériaux. Les rappels sont volontairement limités aux relations nécessaires à la résolution. Les exercices mettent successivement en jeu le béton armé, l'acier et le bois afin d'apprendre à identifier les actions, déterminer les sollicitations, évaluer la résistance de l'élément et conclure sur sa stabilité.

COMPRENDRE → MODÉLISER → CALCULER → VÉRIFIER → INTERPRÉTER

Mode d'emploi

Chaque exercice présente un énoncé, les données et la question à résoudre. Le corrigé est développé étape par étape. Les résultats sont accompagnés d'une conclusion courte permettant de relier le calcul au comportement de l'élément structural.

Les relations, coefficients et conventions numériques utilisés dans les exercices sont ceux adoptés dans les supports pédagogiques associés au manuel.

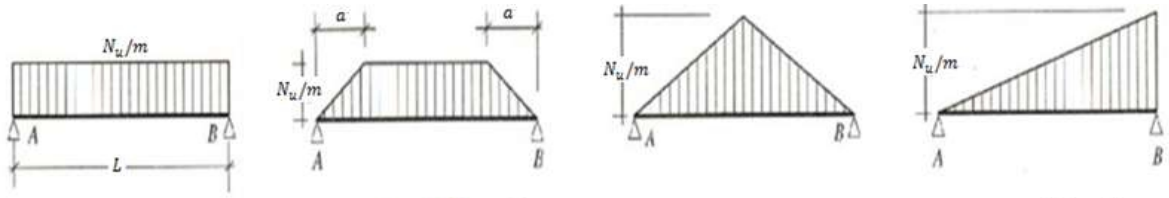
Rappels et outils de calcul-Flexion

Flexion – Béton armé

D'une manière générale, pour le dimensionnement à la flexion le processus de calcul est le suivant :

1/ Détermination des actions de calcul (Nu=1,35G+1,5Q) (en MN).

2/ Considérant ces actions, détermination du M_0 (MN.m). **(Voir le formulaire RDM ⬇)**



$$M_0 = \frac{N'_u * L^2}{8} \qquad M_0 = \frac{N'_u}{2} * \left[\frac{L^2}{4} - \frac{a^2}{3}\right] \qquad M_0 = \frac{N'_u * L^2}{12} \qquad M_0 = \frac{N'_u * L^2}{9\sqrt{3}}$$

Avec **Nu'=Nu/L**

3/ Calcul de la contrainte de calcul σc (MPa) : **σc = (fc28 x 0,85)/1,5**

avec : fc28 est la résistance à la compression (MPa)

4/ Il faut que M_R = 0,25 x σc x b x d² **≥ M_0** (M_R en MN.m)

avec d=h-5cm ; b et h sont la largeur et la hauteur de la poutre (en m).

Remarque: Le processus décrit ci-avant est itératif.

Il est souvent plus simple de diviser le « Moment fléchissant sollicitant de calcul maximum » M0 par la contrainte de calcul (σc) on obtient ainsi immédiatement le module de flexion minimum (0,25bd²) à respecter pour la définition de la section de la poutre.

Flexion – Bois

D'une manière générale, pour le dimensionnement à la flexion le processus de calcul est le suivant :

1. Détermination des actions caractéristiques réparties par unité de surface, par unité de longueur ou localisées.
2. Majoration de celles-ci pour obtenir les actions de calcul: Nu= 1,35 G + 1,5 Q
3. Considérant ces actions, détermination du « Moment fléchissant sollicitant de calcul » M0 maximum dans la poutre (MN.m) >> Formulaire RDM.
4. Calcul du « Moment fléchissant résistant de calcul » de la poutre MR. Celui-ci est obtenu en multipliant le module de flexion W de la section par la contrainte à ne pas dépasser σ_{bois}.

σ_{bois} est la contrainte admissible de bois utilisé (en MPa) :

- Pour le « bois résineux (C) et feuillus (D): ($f_{m,k}$ X 0,7) / 1,30
- Pour le « bois lamellé collé (GL) : ($f_{m,k}$ X 0,7) / 1,25

avec $f_{m,k}$ est la résistance à la flexion en MPa.

$I_{G,y}$: *moment quadratique*

V: *distance* à *la fibre neutre*

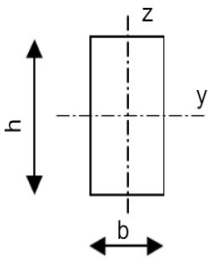
$$W = \frac{I_{G,y}}{V}$$

Pour une section rectangulaire

$$I_{G,y} = \frac{b.h^3}{12} \; ; V = \frac{h}{2}$$

donc : $W = \frac{b.h^2}{6}$

$I_{G,y}(m^4)$, $V\ (m)$ et $W\ (m^3)$



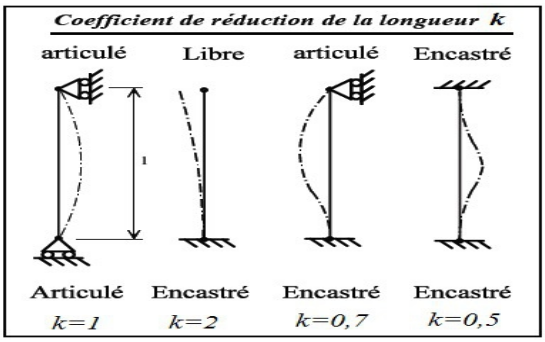
Rappels et outils de calcul — flambement

Élancement (Béton armé, Bois et Acier)

λ : facteur d'élancement du poteau $\lambda = \dfrac{k \times L}{r}$

L : longueur (hauteur) du poteau en m.

k : Coefficient d'encastrement



r : rayon de giration de la section du poteau = $\sqrt{\dfrac{I_{min}}{A}}$

avec

I_{min}: moment quadratique (d'inertie) en m^4.

A : section du poteau en m².

Forme de la section	I_{min}	A	r	λ
carrée	$\frac{a^4}{12}$	$a \times a$	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	$\frac{2\sqrt{3}\,kl}{a}$
rectangulaire	$\frac{a^3 b}{12}$	$a \times b$	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	$\frac{2\sqrt{3}\,kl}{a}$
circulaire	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{4kl}{D}$

Remarque (Acier) – Calcul de l'élancement λ d'un poteau en Acier IPE IPN HEA HEB HEM

D'une manière générale, la section (A en m²), le moment quadratique (I_{min}ou I_y en m^4) et le rayon de giration (r ou r_y en m) sont donnés dans des catalogues de fabricants.

Flambement – Béton armé

Le processus de calcul est le suivant :

1. Détermination de l'effort de calcul $N_u = 1{,}35*G + 1{,}5*Q$
2. Calcul de l'élancement λ
3. Détermination de la résistance de calcul du poteau : $A * \sigma_{moy}$

Il faut que : Il faut que : $A * \sigma_{moy} \geq {}^{N_u}/_{\alpha}$

Avec

$$\lambda \leq 50 \Rightarrow \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2\left({}^{\lambda}/_{35}\right)^2} \qquad \lambda > 50 \Rightarrow \alpha = 0.6\left({}^{50}/_{\lambda}\right)^2$$

4. Si le résultat n'est pas satisfaisant on recommence avec une autre section et ainsi de suite.

Flambement - Acier

Le processus de calcul est le suivant :

1. Détermination de l'effort de calcul $N_u = 1{,}35*G + 1{,}5*Q$
2. Calcul de λ
3. Calcul de σ_{cr} $\quad \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$
4. Détermination de la résistance de calcul du poteau :

Il faut que : $A \,.\, f_y \geq \alpha \,.\, N_u$

Avec $\alpha = \left(0{,}5 + 0{,}554\,\frac{f_y}{\sigma_{cr}}\right) + \sqrt{\left(0{,}5 + 0{,}554\,\frac{f_y}{\sigma_{cr}}\right)^2 - 0{,}738\,\frac{f_y}{\sigma_{cr}}}$

5. Si le résultat n'est pas satisfaisant on recommence avec une autre section et ainsi de suite.

Caractéristiques mécaniques des Aciers en fonction de leur épaisseur t	Nuances d'Aciers		
	S.235	S.275	S.355
Limites élastique f_y (MPa)			
$t \leq$ 16 mm	235	275	355
16 < $t \leq$ 40 mm	225	265	345
40 < $t \leq$ 63 mm	215	255	335



Avec E : module d'élasticité (module de Young) = 210000MPa.

Remarque importante : si $\sigma_{cr} = f_y$, la valeur de α est 1,66.

Flambement - Bois

Le processus de calcul est le suivant :

1. **Détermination de l'effort de calcul $N_u = 1{,}35*G + 1{,}5*Q$**
2. **Calcul de l'élancement λ**
3. **Détermination de la résistance de calcul du poteau : $A * \sigma_{bois}$**

Il faut que : $A * \sigma_{bois} \geq {}^{N_u}/_{\alpha}$

σ_{bois} est la contrainte admissible de bois utilisé (en MPa) :

- Pour le « bois résineux (C) et feuillus (D): (fc,0,k X 0,7) / 1,30
- Pour le « bois lamellé collé (GL) : (fc,0,k X 0,7) / 1,25

avec f c,0,k est la résistance à la compression en MPa.

α : Coefficient de minoration

si $\lambda \leq 37{,}5$ >>>> α=1 : Pas de flambement.

si $37{,}5 < \lambda \leq 75$ >>>> $\alpha = 1 - 0{,}8 \times \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$

si $75 < \lambda \leq 120$ >>>> $\alpha = \frac{3100}{\lambda^2}$

si λ>120 : conception dangereuse.

Unités

1cm= 10^{-2} m. 1cm²= 10^{-4} m². 1cm^3 = 10^{-6} m^4. 1cm^4 = 10^{-8} m^4. 1KN=10^{-3} MN. 1MPa=1MN/m²

EXERCICES CORRIGÉS

Les exercices sont classés par sollicitation et par matériau. La difficulté augmente progressivement : calcul direct, recherche d'une inconnue, vérification puis interprétation.

Exercice 1 — Charge d'exploitation maximale

Objectif. Déterminer la charge d'exploitation admissible d'une poutre rectangulaire.

Énoncé

Largeur b	25 cm
Hauteur h	30 cm
Portée L	6,50 m
Béton	fc28 = 30 MPa
Charge permanente G	70 kN
Chargement	triangulaire symétrique

Question. Sans risque de flexion, déterminer la charge d'exploitation Q supportée par la poutre.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte de calcul du béton

Calculer σc à partir de fc28.

$$\sigma c = 30 \times 0{,}85 \,/\, 1{,}5 = 17 \text{ MPa}$$

2. Hauteur utile

Retrancher 5 cm à la hauteur totale.

$$d = 0{,}30 - 0{,}05 = 0{,}25 \text{ m}$$

3. Moment résistant

Appliquer la relation adoptée pour la poutre en béton armé.

$$M^R = 0{,}25 \times 17 \times 0{,}25 \times 0{,}25^2 \approx 0{,}0664 \text{ MN·m}$$

4. Charge ultime admissible

Pour le chargement triangulaire symétrique : $M_0 = N_u L/12$.

$$N_u = 12M^R/L \approx 0{,}1226\ \text{MN} = 122{,}6\ \text{kN}$$

5. Charge d'exploitation

Isoler Q dans $N_u = 1{,}35G + 1{,}5Q$.

$$Q = (122{,}6 - 1{,}35\times 70)/1{,}5 \approx 18{,}7\ \text{kN}$$

RÉSULTAT : Q ≈ 18,7 kN

À retenir. La charge admissible est obtenue en égalant, à la limite, le moment sollicitant au moment résistant.

Exercice 2 — Surface d'influence maximale

Objectif. Relier une capacité en flexion à une surface de plancher reprise par la poutre.

Énoncé

b	25 cm
h	40 cm
L	5 m
fc28	35 MPa
g	12 kN/m²
q	3 kN/m²
Chargement	triangulaire symétrique

Question. Déterminer la surface d'influence maximale supportée par la poutre.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte béton

$$\sigma c = 35 \times 0{,}85 \,/\, 1{,}5 \approx 19{,}83 \text{ MPa}$$

2. Hauteur utile

$$d = 0{,}40 - 0{,}05 = 0{,}35 \text{ m}$$

3. Moment résistant

$$M^R = 0{,}25 \times 19{,}83 \times 0{,}25 \times 0{,}35^2 \approx 0{,}1519 \text{ MN·m}$$

4. Charge ultime admissible

Avec $M_0 = N_u L/12$.

$$N_u = 12M^R/L \approx 364{,}5 \text{ kN}$$

5. Charge surfacique ELU

$$1{,}35g + 1{,}5q = 20{,}7 \text{ kN/m}^2$$

6. Surface d'influence

$$Sinf = 364{,}5 \,/\, 20{,}7 \approx 17{,}6 \text{ m}^2$$

RÉSULTAT : Sinf ≈ 17,6 m²

Exercice 3 — Lecture d'un plan et surface d'influence

Objectif. Passer du plan de structure au calcul de la poutre.

Énoncé

Surface issue du découpage	(4 + 1,2) × 1,4 / 2
Épaisseur de dalle	14 cm
g	5 kN/m²
q	2,5 kN/m²
fc28	30 MPa
Poutre	b = 20 cm ; h = 30 cm

Question. Déterminer la surface d'influence puis organiser la vérification de la poutre.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Surface d'influence

$$\text{Sinf} = (4 + 1{,}2) \times 1{,}4 \,/\, 2 = 3{,}64 \text{ m}^2$$

2. Actions

Calculer la charge ELU reprise par cette surface.

$$N_u = (1{,}35g + 1{,}5q) \times \text{Sinf}$$

3. Hauteur utile

$$d = 0{,}30 - 0{,}05 = 0{,}25 \text{ m}$$

4. Résistance

Calculer M^R avec b, d et fc28.

$$M^R = 0{,}25 \, \sigma c \, b \, d^2$$

5. Vérification

Choisir M_0 selon le schéma de chargement.

$$M^R \geq M_0$$

RÉSULTAT : Sinf = 3,64 m²

À retenir. Le découpage du plancher conditionne directement la charge transmise à la poutre.

Exercice 4 — Charge d'exploitation d'une poutre IPE

Objectif. Déterminer Q à partir de la résistance en flexion d'un profilé.

Énoncé

Portée L	6,50 m
Acier	S235 ; fy = 235 MPa
Charge permanente G	170 kN
Module de flexion	Wel,y lu dans le tableau du profilé
Chargement	triangulaire symétrique

Question. Sans risque de flexion, déterminer la charge d'exploitation Q.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Moment résistant

Lire W dans le tableau du profilé.

$$M^R = W \times fy$$

2. Charge ultime

Pour le chargement triangulaire symétrique.

$$N_u = 12M^R/L$$

3. Charge d'exploitation

Isoler Q dans la combinaison ELU.

$$Q = (N_u - 1{,}35G)/1{,}5$$

RÉSULTAT : Q à déterminer à partir du W du profilé

À retenir. La lecture correcte du module de flexion dans le catalogue est déterminante.

Exercice 5 — Surface d'influence d'un profilé

Objectif. Déterminer la surface de plancher admissible à partir d'un profilé donné.

Énoncé

Portée	6 m
Acier	S275
g	8 kN/m²
q	2,5 kN/m²
Module W	donné par le tableau du profilé

Question. Déterminer la surface d'influence supportée par la poutre.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Moment résistant

$$M^R = W \times fy$$

2. Charge admissible

Déduire N_u à partir du schéma de moment.

$$N_u = \text{fonction}(M^R, L)$$

3. Surface d'influence

$$Sinf = N_u/(1{,}35g + 1{,}5q)$$

RÉSULTAT : Sinf obtenue après lecture de W

Exercice 6 — Surface d'influence d'une poutre C24

Objectif. Déterminer la surface maximale reprise par une poutre en bois massif.

Énoncé

Bois	Résineux C24
b	30 cm
h	45 cm
L	6 m
g	8 kN/m²
q	2,5 kN/m²
Chargement	uniformément réparti

Question. Déterminer la surface d'influence supportée par la poutre.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte de calcul

$$\sigma bois = 24 \times 0{,}7 \,/\, 1{,}30 \approx 12{,}92 \text{ MPa}$$

2. Module de flexion

$$W = 0{,}30 \times 0{,}45^2 \,/\, 6 = 0{,}010125 \text{ m}^3$$

3. Moment résistant

$$M^R = W\sigma bois \approx 0{,}1308 \text{ MN·m}$$

4. Charge ultime

Avec $M_0 = N_u L/8$.

$$N_u = 8M^R/L \approx 174{,}4 \text{ kN}$$

5. Surface

$$Sinf = 174{,}4/(1{,}35\times 8 + 1{,}5\times 2{,}5) \approx 12{,}0 \text{ m}^2$$

RÉSULTAT : Sinf ≈ 12,0 m²

À retenir. Pour une section rectangulaire, la hauteur intervient au carré dans le module de flexion.

Exercice 7 — Poutre en bois à section variable

Objectif. Déterminer une hauteur inconnue à partir de la résistance en flexion.

Énoncé

fm,k	40 MPa
L	5 m
b1	10 cm
b2	20 cm
h1	12 cm
g	5 kN/m²
q	2,5 kN/m²
Surface totale	9,7 m²

Question. Déterminer la hauteur h2.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte bois

$$\sigma bois = 40 \times 0{,}7 \,/\, 1{,}30 \approx 21{,}54 \text{ MPa}$$

2. Charge ultime

$$N_u = (1{,}35{\times}5 + 1{,}5{\times}2{,}5) \times 9{,}7 \approx 101{,}85 \text{ kN}$$

3. Module requis

Calculer M_0 puis W.

$$W = M_0/\sigma bois$$

4. Géométrie

Relier le module à la section rectangulaire.

$$W = bh^2/6$$

5. Section variable

Déduire la hauteur moyenne puis h2.

$$h2 \approx 0{,}35 \text{ m}$$

RÉSULTAT : h2 ≈ 0,35 m

Exercice 8 — Classe de résistance du bois

Objectif. Déterminer la résistance caractéristique nécessaire.

Énoncé

Type	Bois lamellé-collé homogène
b	35 cm
h	50 cm
L	7 m
Nu	419,7 kN
Chargement	triangulaire

Question. Déterminer la classe de résistance du bois.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Moment sollicitant

$$M_0 = N_u L/(9\sqrt{3})$$

2. Module de flexion

$$W = 0{,}35 \times 0{,}50^2/6$$

3. Contrainte nécessaire

À la limite $M^R = M_0$.

$$\sigma bois = M_0/W \approx 12{,}92 \text{ MPa}$$

4. Résistance caractéristique

Pour le lamellé-collé.

$$\sigma bois = f_{m,k} \times 0{,}7/1{,}25 \rightarrow f_{m,k} \approx 23 \text{ MPa}$$

RÉSULTAT : $f_{m,k} \approx 23$ MPa

Exercice 9 — Hauteur d'un poteau circulaire

Objectif. Déterminer la hauteur compatible avec la résistance au flambement.

Énoncé

Section	circulaire ; D = 25 cm
fc28	25 MPa
fe	500 MPa
Nu	700 kN
Appuis	encastré – encastré ; k = 0,5
Condition	$\lambda < 50$

Question. Déterminer la hauteur L.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Aire

$$A = \pi D^2/4 \approx 0{,}0491\ m^2$$

2. Contrainte moyenne

Calculer σbéton, σacier puis σmoy selon la méthode adoptée.

$$\sigma moy \approx 22{,}58\ MPa$$

3. Coefficient α

À la limite de résistance.

$$\alpha = N_u/(A\sigma moy) \approx 0{,}63$$

4. Élancement

Utiliser la relation α(λ) correspondant à $\lambda < 50$.

$$\lambda \approx 46{,}25$$

5. Hauteur

Pour la section circulaire : $\lambda = 4kL/D$.

$$L = \lambda D/(4k) \approx 5{,}78\ m$$

RÉSULTAT : L ≈ 5,78 m

Exercice 10 — Largeur d'un poteau carré

Objectif. Déterminer une dimension de section à partir de la stabilité au flambement.

Énoncé

Section	carrée ; largeur a inconnue
fc28	33 MPa
fe	500 MPa
L	4 m
Nu	2517 kN
Appuis	encastré – encastré ; k = 0,5
Condition	$\lambda > 50$; $r = \lambda/2000$

Question. Déterminer la largeur a.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Élancement

Pour un carré.

$$\lambda = 2\sqrt{3}\,kL/a$$

2. Coefficient α

Pour $\lambda > 50$ selon la relation utilisée dans l'exercice.

$$\alpha = 0{,}6(50/\lambda)^2$$

3. Résistance

Avec $A = a^2$.

$$a^2 \sigma moy = N_u/\alpha$$

4. Résolution

Combiner les relations et isoler a.

$$a \approx 0{,}23\ m$$

RÉSULTAT : a ≈ 0,23 m

Exercice 11 — Charge critique d'un HEA 240

Objectif. Déterminer l'effort de compression admissible.

Énoncé

Profilé	HEA 240
Acier	S355 ; fy = 355 MPa
L	6,5 m
I	2769 cm⁴
Rayon de giration i	6 cm
Appuis	encastré – articulé ; k = 0,7
E	210 000 MPa

Question. Sans risque de flambement, déterminer la charge critique Nu.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Aire

Retrouver A à partir de $i^2 = I/A$.

$$A = I/i^2 \approx 76{,}9 \text{ cm}^2$$

2. Élancement

$$\lambda = 0{,}7 \times 6{,}5/0{,}06 \approx 75{,}83$$

3. Contrainte critique

Appliquer Euler.

$$\sigma cr = \pi^2 E/\lambda^2 \approx 360 \text{ MPa}$$

4. Coefficient

La correction retient α voisin de 1,65 lorsque σcr est voisin de fy.

$$\alpha \approx 1{,}65$$

5. Effort

$$N_u = Afy/\alpha \approx 1{,}65 \text{ MN}$$

RÉSULTAT : $N_u \approx 1{,}65$ MN

Exercice 12 — Coefficient d'encastrement d'un poteau HEA

Objectif. Identifier les conditions de liaison nécessaires à la stabilité.

Énoncé

Acier	S355 ; fy = 355 MPa
Nu	850 kN
I	616 cm⁴
L	6 m
Condition	σcr = fy
E	210 000 MPa

Question. Déterminer le coefficient d'encastrement k.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Coefficient α

Pour σcr = fy dans la méthode utilisée.

$$\alpha = 1{,}66$$

2. Aire

$$A = N_u \alpha / fy \approx 3{,}97 \times 10^{-3}\ m^2$$

3. Rayon de giration

$$i = \sqrt{(I/A)} \approx 0{,}039\ m$$

4. Élancement

$$\lambda = \sqrt{(\pi^2 E/fy)} \approx 76{,}41$$

5. Coefficient k

$$k = \lambda i / L \approx 0{,}50$$

RÉSULTAT : k ≈ 0,50

À retenir. La valeur k ≈ 0,5 correspond au cas encastré–encastré dans le tableau utilisé.

Exercice 13 — Vérification d'un IPE 160

Objectif. Vérifier la stabilité d'un poteau métallique donné.

Énoncé

Profilé	IPE 160
Acier	S235
L	5 m
Appuis	encastré – encastré
Charge normale	400 kN

Question. Vérifier la stabilité au flambement du poteau.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Caractéristiques du profilé

Lire A, I et i dans le tableau du profilé.

2. Longueur de flambement

$$Lf = 0{,}5L$$

3. Élancement

$$\lambda = Lf/i$$

4. Résistance

Appliquer la méthode de flambement du support CM66.

5. Conclusion

Comparer la résistance obtenue à 400 kN.

RÉSULTAT : Conclusion après lecture des caractéristiques du profilé

Exercice 14 — Poteau de préau en résineux C18

Objectif. Vérifier un poteau en bois soumis à la compression.

Énoncé

Bois	Résineux C18
Section	150 × 100 mm
L	3,20 m
Appuis	articulé – articulé ; k = 1
fc,0,k	18 MPa
Nu	20 kN

Question. Vérifier la résistance au flambement.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte de calcul

$$\sigma bois = 18 \times 0{,}7/1{,}30 \approx 9{,}69 \text{ MPa}$$

2. Aire

$$A = 0{,}15 \times 0{,}10 = 0{,}015 \text{ m}^2$$

3. Élancement

Direction la plus défavorable : a = 0,10 m.

$$\lambda = 2\sqrt{3} \times 1 \times 3{,}2/0{,}10 \approx 110{,}85$$

4. Coefficient α

Comme $75 < \lambda \leq 120$.

$$\alpha = 3100/\lambda^2 \approx 0{,}25$$

5. Vérification

$$A\sigma bois \approx 0{,}145 \text{ MN} \ ; \ N_u/\alpha \approx 0{,}080 \text{ MN}$$

RÉSULTAT : 0,080 MN < 0,145 MN : poteau vérifié

Exercice 15 — Largeur d'un poteau en lamellé-collé

Objectif. Dimensionner une section rectangulaire vis-à-vis du flambement.

Énoncé

a	30 cm
L	7 m
Appuis	encastré – encastré ; k = 0,5
fc,0,k	24 MPa
Nu	1402 kN
Inconnue	b

Question. Déterminer la largeur b.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte de calcul

$$\sigma bois = 24 \times 0{,}7/1{,}25 = 13{,}44 \text{ MPa}$$

2. Élancement

$$\lambda = 2\sqrt{3}\times 0{,}5\times 7/0{,}30 \approx 40{,}41$$

3. Coefficient α

Comme $37{,}5 < \lambda \leq 75$.

$$\alpha = 1 - 0{,}8(40{,}41/100)^2 \approx 0{,}87$$

4. Aire nécessaire

$$A = N_u/(\alpha\sigma bois) \approx 0{,}120 \text{ m}^2$$

5. Largeur

$$b = A/a \approx 0{,}40 \text{ m}$$

RÉSULTAT : b ≈ 0,40 m

Exercice 16 — Coefficient d'encastrement d'un poteau GL

Objectif. Déterminer k à partir de la résistance au flambement.

Énoncé

Bois	lamellé-collé
Section	25 × 25 cm
L	10 m
fc,0,k	21 MPa
Nu	242 kN
Condition	$75 < \lambda < 120$

Question. Déterminer le coefficient d'encastrement k.

Avant de consulter le corrigé, identifier le schéma statique, l'inconnue recherchée et les unités à utiliser.

Corrigé

1. Contrainte

$$\sigma bois = 21 \times 0{,}7/1{,}25 = 11{,}76 \text{ MPa}$$

2. Aire

$$A = 0{,}25 \times 0{,}25 = 0{,}0625 \text{ m}^2$$

3. Coefficient α

À la limite de résistance.

$$\alpha = N_u/(A\sigma bois) \approx 0{,}33$$

4. Élancement

$$\lambda = \sqrt{(3100/\alpha)} \approx 96{,}9$$

5. Coefficient k

$$k = \lambda a/(2\sqrt{3}L) \approx 0{,}70$$

RÉSULTAT : k ≈ 0,70

À retenir. La valeur obtenue correspond au cas articulé–encastré dans le tableau utilisé.

Fiche finale — Méthode de résolution

Flexion

1. Identifier G et Q → 2. Calculer N_u → 3. Déterminer M_0 → 4. Calculer M^R → 5. Vérifier $M^R \geq M_0$

Flambement

1. Identifier les appuis → 2. Déterminer k → 3. Calculer λ → 4. Déterminer α ou σcr → 5. Vérifier la résistance

Erreurs fréquentes à éviter

- Mélanger kN, MN, mm et m dans une même équation.
- Utiliser une formule de moment qui ne correspond pas au schéma de chargement.
- Confondre le moment d'inertie I et le module de flexion W.
- Oublier de vérifier le flambement dans la direction la plus défavorable.
- Lire W, I ou i dans la mauvaise colonne d'un tableau de profilés.
- Donner un résultat numérique sans conclure sur la stabilité de l'élément.

Références pédagogiques

- **BEN AICHA, M.** — *Flexion et flèche des poutres*. Support pédagogique.
- **BEN AICHA, M.** — *Flexion des poutres en acier*. Support pédagogique.
- **BEN AICHA, M.** — *Flexion des poutres en bois*. Support pédagogique.
- **BEN AICHA, M.** — *Flambement des poteaux en béton armé*. Support pédagogique.
- **BEN AICHA, M.** — *Flambement des poteaux en acier*. Support pédagogique.
- **BEN AICHA, M.** — *Flambement des poteaux en bois*. Support pédagogique.