

EMD N° 01

Aucun document n'est autorisé

Question de cours :

- 1-Expliquer l'article du RPA (4.b) pour R=4.
- 2- Que faut-il faire si le rapport entre l'effort tranchant dynamique et l'effort tranchant de la méthode statique est inférieure à 80%.
- 3-Pourquoi le RPA préconise d'utiliser le coefficient du comportement R et que représente physiquement

Exercice 1

Le projet présente une construction d'un immeuble d'habitation en R+4 avec terrasse inaccessible. Il n'y a pas de décrochements notables à signaler, ni en plan, ni en élévation ; la surface bâtie est pratiquement identique pour tous les trois niveaux.

HYPOTHESES DE CALCUL

a/ Matériaux

- Béton dosé à 350 kg/m³ de C.P.J 45 $f_{c28}=25\text{Mpa}$
- Acier Haute Adhérence pour les armatures longitudinales $f_e=400\text{Mpa}$.
- Acier lisse pour les armatures transversales $f_e=240\text{Mpa}$

b/ Paramètres parasismiques

- Coefficient d'accélération de zone $A=0.10$ (Zone I Groupe d'usage 2)
- Site type S3 : sol meuble ($T_1 = 0.15 \text{ S}$ et $T_2 = 0.5 \text{ S}$)
- Coefficient de comportement $R=5$ (Portiques contreventés par des voiles)
- Facteur de qualité $Q=1.15$ (critères non observés la qualité des matériaux et de l'exécution).
- $C_T = 0.05$ $\xi = 7\%$

Pour la descente de charge et les dimensions des éléments structuraux (voir le fichier sap2000)

- 1- Déterminer la période fondamentale de la structure et préciser la participation massique pour les 3 premiers modes.
- 2- Calculer l'effort sismique dans chaque niveau.
- 3- Vérifier l'effort normal réduit de la structure.
- 4- Vérifier que le coefficient du comportement $R= 5$.
- 5- Vérifier la stabilité de la structure vis à vis le renversement.
- 6- Vérifier l'effet de P- Δ .
- 7- Tracer le ferrailage d'une poutre intermédiaire (principale et secondaire).
- 8- Tracer le ferrailage d'un poteau.

Formule :

La période empirique :

La formule empirique à utiliser selon les cas est la suivante :

$$T = C_T h_N^{3/4} \qquad T = 0.09 h_N / \sqrt{D}$$

D : facteur d'amplification dynamique moyen, fonction de la catégorie de site, du facteur de correction d'amortissement (η) et de la période fondamentale de la structure (T).

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^2 & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta(T_2/3.0)^2(3.0/T)^5 & T \geq 3.0s \end{cases}$$

- T_2 période caractéristique, associée à la catégorie du site
- **h : facteur de correction d'amortissement** donné par la formule :

$$\eta = \sqrt{7/(2 + \xi)} \geq 0.7$$

Les effets du 2° ordre (ou effet P-Δ)

Les effets du 2° ordre (ou effet P-Δ) peuvent être négligés dans le cas des bâtiments si la condition suivante est satisfaite à tous les niveaux :

$$\theta = \frac{P_k \Delta_k}{V_k h_k} \leq 0.10$$

- Si $0,10 < \theta_k \leq 0,20$, les effets P-Δ peuvent être pris en compte de manière approximative en amplifiant les effets de l'action sismique calculés au moyen d'une analyse élastique du 1° ordre par le facteur $1/(1 - \theta_k)$.
- Si $\theta_k > 0,20$, la structure est potentiellement instable et doit être redimensionnée.

Distribution de la résultante des forces sismiques selon la hauteur

La résultante des forces sismiques à la base V doit être distribuée sur la hauteur de la structure selon les formules suivantes :

$$V = F_t + \sum F_i$$

La force concentrée F_t au sommet de la structure permet de tenir compte de l'influence des modes supérieurs de vibration. Elle doit être déterminée par la formule : $F_t = 0,07 TV$.

où T est la période fondamentale de la structure (en secondes). La valeur de F_t ne dépassera en aucun cas $0,25 V$ et sera prise égale à 0 quand T est plus petite ou égale à 0,7 secondes.

La partie restante de V soit $(V - F_t)$ doit être distribuée sur la hauteur de la structure suivant la formule:

$$F_i = \frac{(V - F_t)W h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

Vérifier la stabilité de la structure vis à vis le renversement

$$e = \frac{M}{N} \leq \frac{B}{4}$$

Question de cours :

1-Expliquer l'article du RPA (4.b) pour R=4. (1pt)

Pour R=4 : L'effort horizontal est repris par les voiles 100 % et l'effort normal maximal repris par les voiles est de 20%.

2- Que faut-il faire si le rapport entre l'effort tranchant dynamique et l'effort tranchant de la méthode statique est inférieure à 80%. (1pt)

Si l'effort tranchant de la méthode statique est inférieure à 80%, on doit calculer un coefficient est égale à $0.8 V_{stat} / V_{dyn}$, ce coefficient est ajouté au niveau des sollicitation (on doit rajouter avec les combinaisons)

3-Pourquoi le RPA préconise d'utiliser le coefficient du comportement R et que représente physiquement. (1pt)

le RPA préconise d'utiliser le coefficient du comportement R pour introduire la non-linéarité dans les calculs et réduire les effort élastique, physiquement présente le rapport entre la force plastique sur la force élastique.

Examen 1

Déterminer la période fondamentale de la structure et préciser la participation massique pour les 3 premiers modes : (1 pt)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.751298	0.01467	0.78719	0.0001	0.01467	0.78719	0.0001
MODAL	Mode	2	0.705326	0.8195	0.01299	0.000001129	0.83417	0.80018	0.0001
MODAL	Mode	3	0.605142	0.00146	0.01859	0.00000148	0.83562	0.81877	0.0001

Calculer l'effort sismique dans chaque niveau (3.5 pt)

Le coefficient de comportement de la structure est R= 5.000000

Le poids total de la structure est WT= 1192.020000

La periode dans le sens X, $T_X = C_{TX} * (H_T)^{3/4} = 4.044916E-01$ sec.

La periode dans le sens X, $T_X = 0.09 * H_T / \sqrt{L_X} = 3.144863E-01$ sec.

Le minimum entre les deux periodes dans ce sens X= 3.144863E-01 sec.

La periode dans le sens Y, $T_Y = C_{TY} * (H_T)^{3/4} = 4.044916E-01$ sec.

La periode dans le sens Y, $T_Y=0.09*HT/SQRT(LY)=$ 4.532229E-01 sec.

Le minimum entre les deux periodes dans ce sens Y= 4.044916E-01 sec.

Remarque: Lorsque la valeur de C_t est differente de 0.05 le programme ne prend pas en compte la valeur de la periode donnee par la formule $T=0.09*HT/SQRT(D)$.

La periode de coupure du site est $T_1=$ 1.500000E-01 sec.

La periode de coupure du site est $T_2=$ 5.000000E-01 sec.

Le coefficient correcteur dans le sens X $ETAX=$ 8.819171E-01

Le coefficient correcteur dans le sens Y $ETAY=$ 8.819171E-01

Le coefficient dynamique moyen $DX=$ 2.204793

Le coefficient dynamique moyen $DY=$ 2.204793

Effort tranchant a la base dans le sens X, $VX=$ 60.447610 t.

Effort tranchant a la base dans le sens Y, $VY=$ 60.447610 t.

Force concentree au sommet dans le sens X, $FTX=$ 0.000000E+00 t.

Force concentree au sommet dans le sens Y, $FTY=$ 0.000000E+00 t.

Niveau	Force FX (t)	Effort tranchant sens X (t)
1.	4.992	60.448
2.	8.812	55.455
3.	12.631	46.644
4.	16.682	34.013
4.	17.331	17.331

1- Vérifier l'effort normal réduit de la structure (1pts)

$N= 863.071$ KN (pour une combinaison de G+Q+EY)

$$\nu = \frac{N}{B \cdot f_{c28}} = \frac{863.071 * 10^{-3}}{(0.3 * 0.4) \cdot 25} = 0.288 < 0.3 \quad CV$$

2- Vérifier que le coefficient de comportement $R=5$ (3pts)

Vis-à-vis l'effort tranchant :

L'effort tranchant global : $V_T = 604.47$ KN

L'effort tranchant repris par les voiles suivant (xx) : $V_{xx} = 438,67$ KN

L'effort tranchant repris par les voiles suivant (yy) : $V_{yy} = 386.78$ KN

$$(\%)_{\text{suivant } xx} = \frac{V_{xx}}{V_T} = \frac{438.67}{604.47} \cdot 100 = 72.57\%$$

$$(\%)_{\text{suivant } yy} = \frac{V_{yy}}{V_T} = \frac{386.78}{604.47} \cdot 100 = 64 \%$$

Effort normal global: $N = 13422.723$ KN.

Effort normal repris par les voiles suivant (xx) : $N_{xx} = 1080.098$ KN

Effort normal repris par les voiles suivant (yy) : $N_{yy} = 1105.062$ KN

$$(\%)_{\text{suivant } xx} = \frac{N_{xx}}{N_T} = \frac{1080.098}{13422.723} \cdot 100 = 8\%$$

$$(\%)_{\text{suivant } yy} = \frac{N_{yy}}{N_T} = \frac{1105.062}{13422.723} \cdot 100 = 8.23 \%$$

3- Vérifier la stabilité de la structure vis à vis le renversement (1.5pts)

$$\frac{M_{xx}}{N_T} = \frac{(49.92 \times 4 + 88.12 \times 7.06 + 126.31 \times 10.12 + 166.8 \times 13.18 + 173.31 \times 16.3)}{(1.1 \times 13422.723)} = 0.48 \text{ m}$$

$$0.48 \text{ m} < \frac{B_x}{4} = 5.4$$

$$0.48 \text{ m} < \frac{B_y}{4} = 2.6$$

4- Vérifier l'effet P-Δ : (1pts)

	δ (m)	$R \cdot \delta$ (m)	ΔU_x (m)	W (KN)	V_k (KN)	H (m)	θ_k
1	0.0101	0.0505	0.0065	2448.1	173.31	3.06	0.03
2	0.0088	0.044	0.009	4896.2	340.13	3.06	0.042
3	0.00699	0.035	0.0117	7344.3	466.44	3.06	0.06
4	0.00466	0.0233	0.0128	98826.9	554.55	3.06	0.074
5	0.0021	0.0105	0.0105	11920.2	604.48	4	0.052

5- Tracer le ferrailage d'une poutre intermédiaire (principale et secondaire) (1pts)

IL faut faire une coupe longitudinale et une transversale des deux poutres avec précisions (axe et file)

6- Tracer le ferrailage d'un poteau (1pts)

IL faut faire une coupe longitudinale et une transversale d'un poteau avec précisions (axe et file)

N.B : Il reste 1 point pour avoir 20 ce pts est consacré aux détails des étapes dans le sap2000

Examen 2

Déterminer la période fondamentale de la structure et préciser la participation massique pour les 3 premiers modes : (1 pt)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.75932	0.00341	0.78764	0.00014	0.00341	0.78764	0.00014
MODAL	Mode	2	0.696629	0.81128	0.002	4.063E-07	0.81469	0.78964	0.00014
MODAL	Mode	3	0.626634	0.00587	0.02066	4.171E-07	0.82056	0.8103	0.00014

Calculer l'effort sismique dans chaque niveau (3.5 pt)

Le coefficient de comportement de la structure est $R= 5.000000$

Le poids total de la structure est $WT= 1234.360000$

La periode dans le sens X, $TX=CTX*(HT)**(3/4)= 4.044916E-01$ sec.

La periode dans le sens X, $TX=0.09*HT/SQRT(LX)= 3.144863E-01$ sec.

Le minimum entre les deux periodes dans ce sens X= $3.144863E-01$ sec.

La periode dans le sens Y, $T_Y = C_{TY} \cdot (H_T)^{3/4} = 4.044916E-01$ sec.

La periode dans le sens Y, $T_Y = 0.09 \cdot H_T / \sqrt{L_Y} = 4.532229E-01$ sec.

Le minimum entre les deux periodes dans ce sens Y = 4.044916E-01 sec.

Remarque: Lorsque la valeur de C_t est differente de 0.05 le programme ne prend pas en compte la valeur de la periode donnee par la formule $T = 0.09 \cdot H_T / \sqrt{D}$.

La periode de coupure du site est $T_1 = 1.500000E-01$ sec.

La periode de coupure du site est $T_2 = 5.000000E-01$ sec.

Le coefficient correcteur dans le sens X $E_{TAX} = 8.819171E-01$

Le coefficient correcteur dans le sens Y $E_{TAY} = 8.819171E-01$

Le coefficient dynamique moyen $D_X = 2.204793$

Le coefficient dynamique moyen $D_Y = 2.204793$

Effort tranchant a la base dans le sens X, $V_X = 62.594680$ t.

Effort tranchant a la base dans le sens Y, $V_Y = 62.594680$ t.

Force concentree au sommet dans le sens X, $F_{TX} = 0.000000E+00$ t.

Force concentree au sommet dans le sens Y, $F_{TY} = 0.000000E+00$ t.

Niveau Force FX (t) Effort tranchant sens X (t)

Niveau	Force FX (t)	Effort tranchant sens X (t)
1.	5.157	62.595
2.	9.102	57.438
3.	13.046	48.336
4.	17.223	35.290
4.	18.067	18.067

1- Vérifier l'effort normal réduit de la structure (1pts)

$N = 832.967$ KN (pour une combinaison de $G+Q+EY$)

$$\nu = \frac{N}{B \cdot f_{c28}} = \frac{832.967 \cdot 10^{-3}}{(0.3 \cdot 0.4) \cdot 25} = 0.277 < 0.3 \quad CV$$

2- Vérifier que le coefficient de comportement R=5 (3pts)

Vis-à-vis l'effort tranchant :

L'effort tranchant global : $V_T = 625.94$ KN

L'effort tranchant repris par les voiles suivant (xx) : $V_{xx} = 409.762$ KN

L'effort tranchant repris par les voiles suivant (yy) : $V_{yy} = 458.099$ KN

$$(\%) \text{ suivant } xx = \frac{V_{xx}}{V_T} = \frac{409.762}{625.94} \cdot 100 = 65.46\%$$

$$(\%) \text{ suivant } yy = \frac{V_{yy}}{V_T} = \frac{458.241}{625.94} \cdot 100 = 73.2 \%$$

Effort normal global: $N = 14888.4$ KN.

Effort normal repris par les voiles suivant (xx) : $N_{xx} = 1168.241$ KN

Effort normal repris par les voiles suivant (yy) : $N_{yy} = 1214.581$ KN

$$(\%) \text{ suivant } xx = \frac{N_{xx}}{N_T} = \frac{1168.241}{14888.4} \cdot 100 = 7.8\%$$

$$(\%) \text{ suivant } yy = \frac{N_{yy}}{N_T} = \frac{1214.581}{14888.4} \cdot 100 = 8.15 \%$$

3- Vérifier la stabilité de la structure vis à vis le renversement (1.5pts)

$$\frac{M_{xx}}{N_T} = \frac{(51.57x4 + 91.02x7.06 + 130.46x10.12 + 172.23x13.18 + 180.67x16.3)}{(1.1 \cdot 14888.4)} = 0.50m$$

$$0.50 m < \frac{B_x}{4} = 5.4$$

$$0.50 m < \frac{B_y}{4} = 2.6$$

4- Vérifier l'effet P-Δ : (1pts)

	$\delta(m)$	$R \cdot \delta (m)$	$\Delta U_x (m)$	W (KN)	$V_k (KN)$	H (m)	θ_k
1	0.00962	0.0481	0.0062	2531.2	180.67	3.06	0.03
2	0.00838	0.0419	0.00895	5062.4	352.9	3.06	0.042
3	0.00659	0.03295	0.01165	7593.6	483.36	3.06	0.06
4	0.00426	0.0213	0.0123	10159.3	574.38	3.06	0.071
5	0.0018	0.009	0.009	12343.6	625.95	4	0.044

5- Tracer le ferrillage d'une poutre intermédiaire (principale et secondaire) (1pts)

IL faut faire une coupe longitudinale et une transversale des deux poutres avec précisions (axe et file)

6- Tracer le ferrailage d'un poteau (1pts)

IL faut faire une coupe longitudinale et une transversale d'un poteau avec précisions (axe et file)

N.B : Il reste 1 point pour avoir 20 ce pts est consacré aux détails des étapes dans le sap2000