

LISTE DES FIGURES
Et tableaux

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Fig. 1 : Photographie des poutres avec ouvertures..... | 3 |
| Fig. 2 : Photographie des poutres ajourées renforcées..... | 3 |
| Fig.3 : Ruine des poutres ajourées | 4 |
| Fig. I.1 : Type de renforcement d'ouverture | 11 |
| Fig. I.2 : Composantes de la déformation | 14 |
| Fig. II.1: Poutre ajourée : modèle de calcul | 19 |
| Fig. II.2: Efforts intérieurs et résistance d'une poutre ajourée..... | 21 |
| Fig. III.1: Organigramme du modèle de calcul | 28 |
| Fig. III.2: Noyau de calcul, pré et post traitements du noyau de calcul | 30 |
| Fig. III.3: Maillage de la poutre | 31 |
| Fig. III.4: Chargement de la poutre | 32 |
| Fig. III.5: a- Champ de contraintes normales | 32 |
| Fig. III.5: b- Champ de contraintes tangentielles..... | 32 |
| Fig. III.6: Déformation de la poutre | 33 |
| Fig. III.7: Poutre chargée par deux moments d'extrémité..... | 33 |
| Fig. III.8: Diagramme de contrainte..... | 33 |
| Fig. III.9: Diagramme des moments fléchissant des efforts tranchants | 34 |
| Fig. III.10: Évolution de la flèche..... | 35 |
| Fig. III.11.1 : Evolution : déplacement-charge..... | 36 |
| Fig. III.11.2 : Evolution : déplacement-charge..... | 37 |
| Fig. III.12.1 : Evolution : déplacement-charge..... | 37 |
| Fig. III.12.2 : Evolution : déplacement-charge..... | 38 |
| Fig. IV.1.1: Géométrie de la poutre | 42 |
| Fig. IV.1.2: Discrétisation de la poutre en éléments finis..... | 42 |
| Fig. IV.2.1: Modèle numérique sur la déformation d'une poutre avec ouvertures rectangulaires..... | 44 |
| Fig. IV.2.2: Evolution déplacement - charge | 46 |
| Fig. IV.2.3: Evolution contrainte - charge | 47 |
| Fig. IV.2.4: Modèle numérique sur la déformation d'une poutre avec ouvertures circulaires.. .. | 48 |
| Fig. IV.2.5: Evolution déplacement - charge | 50 |
| Fig. IV.2.6: Evolution contrainte - charge | 51 |
| Fig. IV.2.7: Géométrie de la poutre et le diagramme du moment de flexion | 52 |

| | |
|---|----|
| Fig. IV.2.8: Variation des contraintes normales (σ_{xx})..... | |
| Fig. IV.3.1: Positionnement des ouvertures | 53 |
| Fig. IV.3.2: Type et positionnement de charge | 54 |
| Fig. IV.3.3: Les deux niveaux de l'ouverture où les contraintes sont maximales..... | 54 |
| Fig. IV.3.4: Variation de la contrainte sous l'effet de deux charges concentrées..... | 56 |
| Fig. IV.3.5: Déformation des poutres sous l'effet de deux charges concentrées..... | 57 |
| Fig. IV.3.6: Variation de la contrainte sous l'effet d'une charge uniformément répartie.. | 59 |
| Fig. IV.3.7: Déformation sous l'effet d'une charge uniformément répartie..... | 60 |
| Fig. IV.3.8: Etude de la contrainte | 61 |
| Fig. IV.3.9: Evolution contrainte – force..... | 62 |
| Fig. IV.3.10: Etude de la flèche | 64 |
| Fig. IV.3.11: Evolution déplacement – force..... | 65 |
| Fig. IV.4.1: Type et positionnement de charge | 68 |
| Fig. IV.6.1: déformation de la poutre | 71 |
| Fig. IV.6.a: Poutre sous une charge concentrée à mi- portée..... | 71 |
| Fig. IV.6.2: évolution force – déplacement | 72 |
| Fig. IV.6.b: Poutre sous une charge uniformément..... | 72 |
| Fig. IV.6.3: évolution force – déplacement | 73 |
| Fig. IV.6.c: Poutre sous deux charges concentrées | 73 |
| Fig. IV.6.4: évolution force – déplacement | 74 |
| Fig. IV.7.1 : Poutre (a)..... | 75 |
| Fig. IV.7.2: Poutre (b)..... | 75 |
| Fig. IV.7.3: présentation d'une ouverture | 76 |
| Fig. IV.7.4: variation de la contrainte | 76 |

Liste des tableaux :

| | |
|---|----|
| Tableau III.1 1 : comparaison des résultats | 35 |
| Tableau III.1 2 : comparaison des résultats..... | 35 |
| Tableau IV.1.1: caractéristiques géométriques de la poutre | 42 |
| Tableau IV.1.2 : comparaison des résultats..... | 43 |
| Tableau IV.2.1 : Caractéristiques géométriques de la poutre | 43 |
| Tableau IV.2 .2 : Valeurs de la flèche | 45 |
| Tableau IV.2.3: valeurs de la contrainte | 45 |
| Tableau IV.2 .4 : Valeurs de la flèche | 49 |
| Tableau IV.2 .5 : Valeurs de la contrainte | 49 |
| Tableau IV.2.6: valeurs des efforts internes | 53 |
| Tableau IV.3.1: Caractéristiques géométriques des poutres..... | 55 |
| Tableau IV.3.2: résultats des contraintes | 55 |
| Tableau IV.3.3: résultats des déformations à mi-portée des poutres..... | 56 |
| Tableau IV.3.4: résultats des contraintes | 58 |
| Tableau IV.3.5: résultats des déformations à mi-portée des poutres..... | 59 |
| Tableaux IV.3.6.a: résultats des contraintes | 63 |
| Tableaux IV.3.6.b: résultats des contraintes | 63 |
| Tableaux IV.3.6.c: résultats des contraintes | 63 |
| Tableaux IV.3.7.a: résultats des déplacements | 66 |
| Tableaux IV.3.7.b: résultats des déplacements | 66 |
| Tableaux IV.3.7.c: résultats des déplacements | 66 |
| Tableau IV.4.1: Caractéristiques géométriques de la poutre..... | 68 |
| Tableau IV.4.2: valeurs de la flèche maximale..... | 68 |
| Tableau IV.4.3 : valeurs de la flèche maximale..... | 69 |
| Tableau IV.5.1: valeurs de la flèche maximale | 69 |
| Tableau IV.5.2: valeurs de la flèche maximale | 70 |
| Tableau IV.6.1: Caractéristiques géométriques des poutres | 70 |
| Tableau IV.6.2: valeurs de la flèche | 71 |
| Tableau IV.6.3: valeurs de la flèche | 72 |
| Tableau IV.6.4: valeurs de la flèche..... | 73 |
| Tableau IV.7.1: Géométrie des deux poutres..... | 74 |
| Tableau IV.7.2: Valeurs de la flèche..... | 75 |
| Tableau IV.7.3: Valeurs de la contrainte..... | 76 |