

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. Modélisation des plaques	3
1.1. Modélisation bidimensionnelle des plaques	4
1.1.1. Modélisation géométrique	4
1.1.2. Cinématique : mouvements réels, mouvements virtuels	6
1.1.2.1. Mouvements réels	6
1.1.2.2. Mouvements virtuels	9
1.2. Modélisation dynamique	10
1.2.1. Puissance virtuelle des quantités d'accélération	10
1.2.2. Puissance virtuelle des efforts extérieurs pour le système	10
1.2.2.1. Efforts de surface	11
1.2.2.2. Efforts au contour	12
1.2.2.3. Puissance virtuelle des efforts extérieurs au système	13
1.2.3. Puissance virtuelle des efforts extérieurs pour un sous-système	14
1.3. Équations de la dynamique : présentation « classique »	15
1.3.1. Équations « dans le plan »	16
1.3.2. Équations « hors du plan »	17
1.3.2.1. Efforts tranchants	17
1.3.2.2. Moments intérieurs	18
1.3.3. Équations au contour	21
1.3.4. Commentaires	22
1.3.5. Énoncé des puissances virtuelles	22

1.3.5.1. Équation des puissances virtuelles.	22
1.3.5.2. Torseur des efforts intérieurs	25
1.3.5.3. Champ d'efforts intérieurs discontinu.	26
1.4. Méthode des puissances virtuelles	27
1.4.1. Puissance virtuelle des efforts intérieurs	27
1.4.2. Le champ de torseur tensoriel d'efforts intérieurs	29
1.4.3. Énoncé du principe des puissances virtuelles.	30
1.4.4. Équations de la dynamique pour le système	32
1.4.4.1. Équations de champ	32
1.4.4.2. Équations au contour.	34
1.4.5. Équations de la dynamique pour un sous-système.	35
1.4.5.1. Équations de champ	35
1.4.5.2. Équations au contour.	35
1.4.6. Exploitation des équations de la dynamique	36
1.4.6.1. Équations « dans le plan »	36
1.4.6.2. Équations « hors du plan »	37
1.4.6.3. Puissance virtuelle des efforts intérieurs	38
1.5. Champs continus par morceaux	39
1.5.1. Champ d'efforts intérieurs discontinu	39
1.5.2. Mouvements virtuels continus par morceaux.	40
1.6. La condition de Kirchhoff-Love	43
1.6.1. Taux virtuel de distorsion angulaire, condition de Kirchhoff-Love	43
1.6.2. Discontinuités : conditions de saut	44
1.6.3. Puissance virtuelle des efforts intérieurs	45
1.6.4. Commentaires	46
1.7. Confronter la modélisation bidimensionnelle des plaques et le modèle continu tridimensionnel ?	46
1.7.1. La démarche	46
1.7.2. Champ de vitesse virtuel tridimensionnel.	47
1.7.3. Puissance virtuelle des quantités d'accélération	48
1.7.4. Puissance virtuelle des efforts extérieurs	49
1.7.5. Puissance virtuelle des efforts intérieurs	49
1.7.6. Identification des éléments de réduction du torseur des efforts intérieurs	50
1.7.7. Approche heuristique.	51
1.7.8. Commentaires	52

Chapitre 2. Calcul à la rupture des plaques et dalles minces en flexion

55

2.1. Le problème de calcul à la rupture	55
2.1.1. Présentation générale	55
2.1.2. Position du problème	56
2.1.2.1. Données géométriques	56
2.1.2.2. Mode de chargement	56
2.1.2.3. Résistance du « matériau constitutif »	57
2.2. Application de la théorie du calcul à la rupture	58
2.2.1. Approche par l'intérieur	58
2.2.2. Approche par l'extérieur cinématique	59
2.2.2.1. Mouvements virtuels cinématiquement admissibles	59
2.2.2.2. Puissance résistante maximale pour le système	59
2.2.2.3. Mouvements virtuels pertinents	61
2.3. Critères de résistance et fonctions π	63
2.3.1. Plaques métalliques	63
2.3.1.1. Critères issus de la confrontation avec le milieu continu tridimensionnel	63
2.3.1.2. Plaques de Tresca	64
2.3.1.3. Plaques de von Mises	65
2.3.2. Dalles minces en béton armé	66
2.3.2.1. Description mécanique	66
2.3.2.2. Moment résistant maximum	67
2.3.2.3. Critère de Johansen	69
2.3.2.4. Fonction $\pi(\underline{\hat{\gamma}})$	71
2.3.2.5. Commentaires	73
2.3.3. Conditions de résistance aux appuis	74
2.3.3.1. Encastrement	74
2.3.3.2. Appui bilatéral sans encastrement	75
2.3.3.3. Appui unilatéral	75
2.4. Sur la mise en œuvre des approches du calcul à la rupture	76
2.4.1. Mouvements virtuels à lignes de rupture	77
2.4.2. Un exemple de mise en œuvre	79
2.4.2.1. Plaque circulaire soumise à une charge verticale uniformément répartie	79
2.4.2.2. Approche par l'extérieur cinématique	79
2.4.2.3. Approche par l'intérieur	82

2.4.2.4. Solutions complètes	83
2.4.2.5. À propos du mouvement virtuel de Kirchhoff-Love conique	85
Annexe. Distributeurs et torseurs	87
Bibliographie	99
Index	103