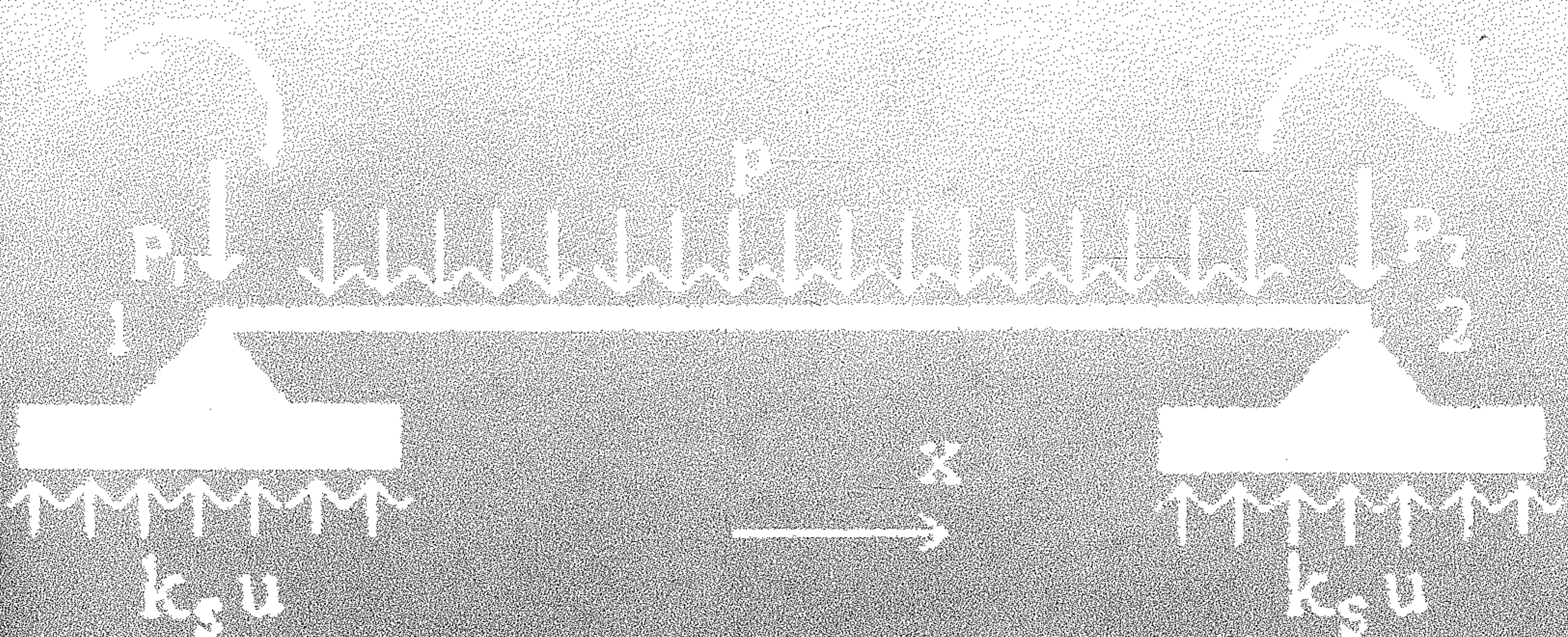


Mohamed KHAOUA

# Traité de mécanique des structures



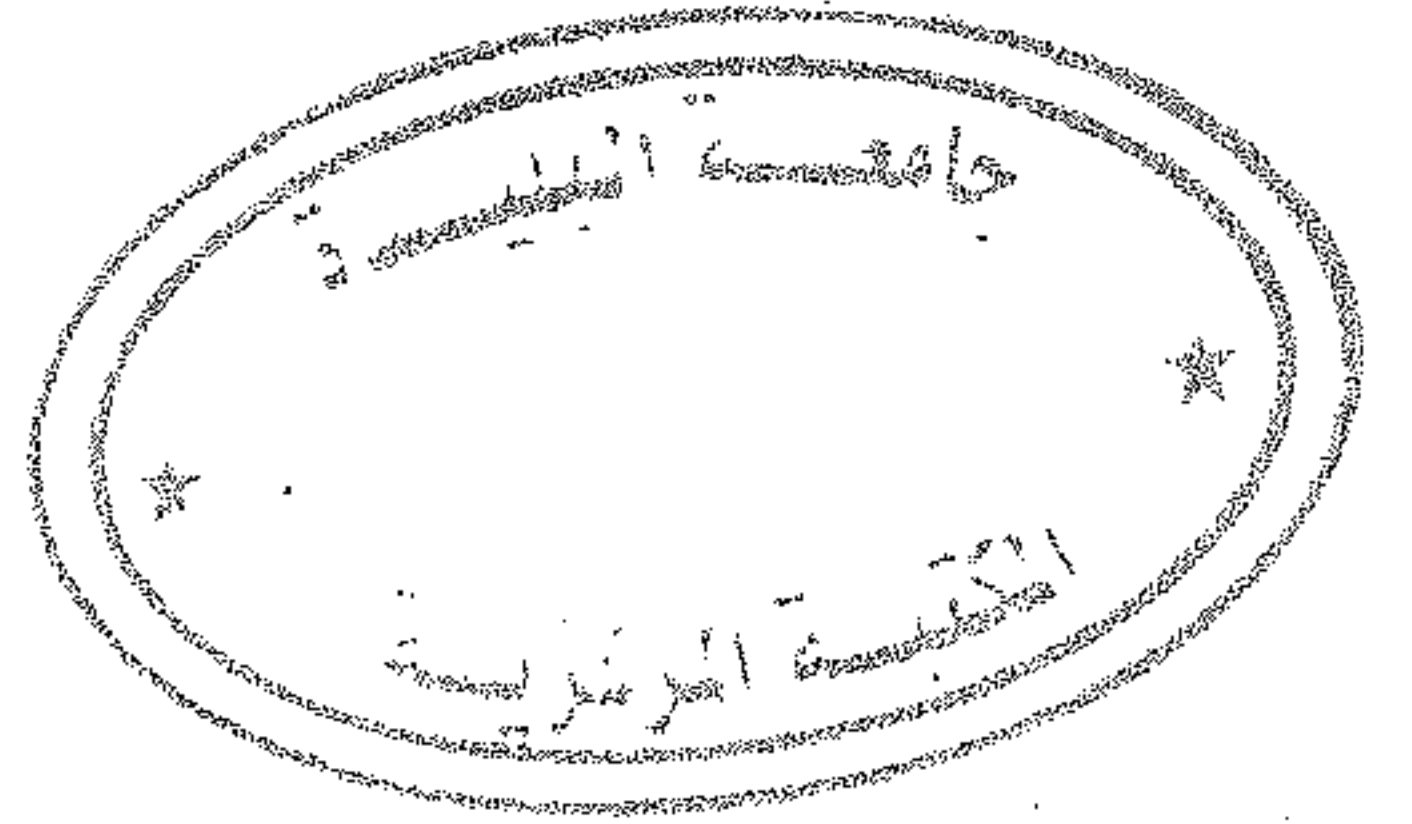
*Office des Publications Universitaires*

2-624-274-1



2-624-274-1

Mohamed



# TRAITÉ DE MÉCANIQUE DES STRUCTURES

2<sup>ème</sup> Edition



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES

1, Place centrale de Ben-Aknoun (Alger)

## TABLE DES MATIERES

Préface	IX
Introduction	IX
Hommage	XIV
<b>TITRE I NOTIONS DE MECANIQUE DES MILIEUX DEFORMABLES</b>	
<b>CHAPITRE I ELEMENTS D'ANALYSE TENSORIELLE</b>	<b>1</b>
1 - Eléments d'analyse tensorielle	1
1 - 2 Vecteurs et tenseurs	4
1 - 3 Tenseurs géométriques fondamentaux	10
1 - 3 - 1 Longueur d'un vecteur : tenseurs métriques	10
1 - 3 - 2 surfaces et volumes en coordonnées curvilignes	14
2 - Autres applications à la géométrie	27
2 - 1 Opérateurs vectoriels	28
2 - 1 - 1 Gradient d'un scalaire	28
2 - 1 - 2 Divergence d'un vecteur	28
2 - 1 - 3 Rotationnel d'un vecteur	29
2 - 1 - 4 Application aux systèmes de coordonnées usuels	31
2 - 1 - 5 Transformation d'intégrales : théorème de Gauss-Ostrogradski	38
2 - 2 Géométrie des coques	40
2 - 2 - 1 Définition	40
2 - 2 - 2 Repère intrinsèque	40
2 - 2 - 3 Vecteurs de base	42
2 - 2 - 4 Courbure des surfaces	45
2 - 2 - 5 Application aux coques	47
2 - 2 - 6 Exemples	49
<b>CHAPITRE II MECANIQUE DE LA DEFORMATION</b>	<b>51</b>
1 - Cinématique de la déformation	51
1 - 1 Vecteur déplacement	51
1 - 2 Tenseur des déformations	53
1 - 2 - 1 Définition	53
1 - 2 - 2 Interprétation géométrique	53

1 - 2 - 3	Expression du tenseur des déformations en fonction des composantes du déplacement	55
1 - 2 - 4	Expression du tenseur des déformations dans différents systèmes de coordonnées	56
1 - 2 - 5	Variations géométriques	58
1 - 3	Tenseur des rotations	60
1 - 3 - 1	Définition	60
1 - 3 - 2	Interprétation géométrique	61
1 - 3 - 3	Expression du tenseur des rotations dans les systèmes de coordonnées usuels	62
1 - 3 - 4	Correspondance entre le tenseur et le vecteur rotation	64
1 - 4	Expression générale du champ de déplacement d'un milieu déformable	64
1 - 4 - 1	Théorie générale	64
1 - 4 - 2	Application aux corps minces	66
1 - 4 - 3	Variation des courbures	72
2	Statique de la déformation	75
2 - 1	Tenseur des contraintes	75
2 - 2	Equations d'équilibre des forces	76
2 - 2 - 1	Equations d'équilibre dans le cas général	76
2 - 2 - 2	Equations d'équilibre dans les systèmes de coordonnées usuels	77
2 - 3	Equilibre des moments	78
2 - 4	Efforts résultants	80
3	Travail et énergie. Loi de comportement	80
3 - 1	Thermodynamique de la déformation	81
3 - 1 - 1	Travail des forces intérieures	81
3 - 1 - 2	Energie d'un corps en déformation	82
3 - 2	Loi de comportement	83
3 - 2 - 1	Déformation isotherme	85
3 - 2 - 2	Déformation avec variation de température	86
3 - 3	Equilibre d'un corps déformé	90
3 - 3 - 1	Equilibre statique : principe des travaux virtuels	91

3 - 3 - 2	Equilibre dynamique	92
**	principes de la conservation de l'énergie	92
**	principe de moindre action	94
TITRE II EQUILIBRE DES BARRES ET DES ARCS		
CHAPITRE III THEORIE GENERALE		98
1	Champ des déplacements dans les barres	98
1 - 1	Théorie générale	98
1 - 2	Théorie de la torsion pure	104
1 - 3	Application à des sections de formes diverses	108
1 - 3 - 1	Sections circulaires pleines	108
1 - 3 - 2	Sections circulaires creuses	109
1 - 3 - 3	Sections circulaires à parois minces	109
1 - 3 - 4	Sections elliptiques	110
1 - 3 - 5	Sections allongées	111
1 - 3 - 6	Sections rectangulaires	111
1 - 3 - 7	Sections en profilé mince	113
2	Tenseur des déformations	114
3	Tenseur des contraintes	115
4	Efforts dans les barres et arcs	116
4 - 1	Effort normal	116
4 - 2	Moments de flexion	117
4 - 3	Efforts tranchants	118
4 - 4	Moment de torsion	119
5	Energie de déformation et travail des forces extérieures	121
6	Equations d'équilibre et conditions aux limites	125
CHAPITRE IV DEFORMATION DES BARRES RECTILIGNES		
APPLICATIONS		127
1	Considérations générales	127
2	Déformation longitudinale des barres	133
2 - 1	Caractéristiques de la déformation	133
2 - 2	Barres isolées sous diverses charges	133
2 - 3	Barres assemblées rigidement	136

2 - 4	Barres en treillis	138
3	Flexion des barres	141
3 - 1	Théorie générale	141
3 - 2	Flexion des barres isolées sous divers cas de charge	143
3 - 2 - 1	Poutres isostatiques	143
3 - 2 - 2	Poutres hyperstatiques	147
3 - 3	Poutres continues	152
3 - 4	Poutres sur appuis «élastiques isolés	157
3 - 5	Poutres sur appuis élastiques continus	159
3 - 6	Cisaillement pur dans les barres. Application au calcul des poutres larges	162
3 - 7	Portiques	167
4	Torsion des barres	176
4 - 1	Torsion pure des barres	176
4 - 2	Torsion gênée des barres	179
5	Barres inclinées. Changement de coordonnées	184
6	Application au calcul des bâtiments en voile	188
	<b>CHAPITRE V DEFORMATION DES ARCS APPLICATIONS</b>	<b>193</b>
1	Rappels théoriques	193
2	Application aux arcs plans	197
2 - 1	Déformation d'un anneau mince	197
2 - 2	Arc en porte à faux	201
2 - 3	Arcs uniformément chargés dans le plan	202
2 - 3 - 1	Charge normale à la ligne moyenne	202
	* Arc articulé à ses deux extrémités	202
	* Arc encastré à ses deux extrémités	203
2 - 3 - 2	Charge verticale	204
	* Arc articulé à ses deux extrémités	205
	* Arc encastré à ses deux extrémités	206
3	Arc associé à une barre	208
4	Arcs chargés perpendiculairement à leur plan	210
5	Déformation des arcs hélicoïdaux	212
5 - 1	Considérations théoriques	212

5 - 2 Application	216
TITRE III EQUILIBRE DES PLAQUES ET DES COQUES	
CHAPITRE VI THEORIE GENERALE	220
1 Fondements des lois de l'équilibre des plaques et coques	221
1 - 1 Construction du champ des déplacements	221
1 - 2 Tenseur des déformations	228
1 - 3 Tenseur des contraintes	228
1 - 4 Energie de déformation	230
1 - 5 Travail des forces extérieures	235
2 Equations d'équilibre. Conditions aux limites	236
3 Application à des corps de formes diverses	241
3 - 1 Equilibre des plaques rectangulaires	241
3 - 2 Equilibre des coques cylindriques de révolution	244
3 - 3 Equilibre des coques sphériques de révolution	246
CHAPITRE VII DEFORMATION DES PLAQUES APPLICATIONS	250
1 Introduction	250
2 Déformation longitudinale des plaques : théorie	
de la membrane	251
2 - 1 Fondements de la théorie de la membrane	251
2 - 2 Déformation des plaques circulaires de révolution	255
2 - 2 - 1 Plaque en rotation uniforme autour de son axe	255
2 - 2 - 2 Disque soumis à des forces tangentielles	256
2 - 3 Déformation de membrane des plaques rectangulaires	258
2 - 3 - 1 Solution en forme de polynôme	259
2 - 3 - 2 Solution en forme de série trigonométrique	261
2 - 3 - 3 Solution par la méthode des éléments finis	264
3 Flexion des plaques rectangulaires	266
3 - 1 Rappels théoriques	266
3 - 2 Plaques en appui simple de conditions de chargement	
variées	270
3 - 2 - 1 Plaque uniformément chargée. Solution de Navier	271
3 - 2 - 2 Action d'une force et de moments concentrés	275

3 - 2 - 3	Plaques nervurées	278
3 - 2 - 4	..Solution de Maurice Lévy	280
3 - 2	Plaques de modes de fixations variés	282
3 - 3	Plaques sur appuis élastiques	284
4	Flexion des plaques circulaires de révolution	286
4 - 1	Rappels théoriques	287
4 - 2	Plaques circulaires uniformément chargées	290
4 - 2 - 1	Plaques circulaires de révolution diversement appuyées	290
4 - 2 - 2	Plaque circulaire présentant une singularité au centre	292
4 - 3	Plaques circulaires sur appui élastique	295
CHAPITRE VIII DEFORMATION DES COQUES. APPLICATIONS		297
1	Rappel des notions fondamentales	297
2	Déformation des coques cylindriques	298
2 - 1	Déformation longitudinale des coques cylindriques	300
2 - 2	Flexion des coques cylindriques de révolution	304
3	Déformation des coques sphériques	309
3 - 1	Déformation longitudinale des coques de révolution	310
3 - 2	Flexion des coques sphériques de révolution	315
BIBLIOGRAPHIE		321

3 - 2 - 3	Plaques nervurées	278
3 - 2 - 4	Solution de Maurice Lévy	280
3 - 2	Plaques de modes de fixations variés	282
3 - 3	Plaques sur appuis élastiques	284
4	Flexion des plaques circulaires de révolution	286
4 - 1	Rappels théoriques	287
4 - 2	Plaques circulaires uniformément chargées	290
4 - 2 - 1	Plaques circulaires de révolution diversement appuyées	290
4 - 2 - 2	Plaque circulaire présentant une singularité au centre	292
4 - 3	Plaques circulaires sur appui élastique	295
	<b>CHAPITRE VIII DEFORMATION DES COQUES. APPLICATIONS</b>	<b>297</b>
1	Rappel des notions fondamentales	297
2	Déformation des coques cylindriques	298
2 - 1	Déformation longitudinale des coques cylindriques	300
2 - 2	Flexion des coques cylindriques de révolution	304
3	Déformation des coques sphériques	309
3 - 1	Déformation longitudinale des coques de révolution	310
3 - 2	Flexion des coques sphériques de révolution	315
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>321</b>



L'auteur Mohamed KHAOUA est licencié es Sciences et titulaire du diplôme d'ingénieur de l'ENSEEHT de Toulouse. Il possède une longue expérience du terrain et d'enseignement. Il a exercé différentes fonctions au sein d'organismes en charge d'actions de développement national. Il a été, notamment, ingénieur en chef au service des études et de grands travaux hydrauliques, fondateur et directeur général de l'Organisation de Contrôle Technique de la Construction, Directeur général de la Construction au ministère de la Construction, Chef de département Génies sismique au Centre National de Recherche Appliquée en Génie parasismique. Il a enseigné en qualité de maître assistant associé à l'Ecole Nationale des travaux Publics, les cours théoriques de l'élasticité, théorie des coques, dynamique des structures et de mécanique des milieux continus appliquée au calcul des structures. Il a dirigé un grand nombre de thèses de fin d'études et a été membre et président de jurys d'évaluation.

Mohamed KHAOUA est l'auteur de plusieurs articles sur l'analyse statique et dynamique des structures et l'auteur de communications présentées à différentes rencontres internationales (Casablanca: déc.1989, Paris: mars 1993 et avril 1996, Seattle: juillet 2002).

Mohamed KHAOUA est membre d'associations internationales de mécanique et de génie parasismique.

*Dans cet ouvrage, l'auteur situe la mécanique des structures à la jonction de la mécanique des milieux continus et de la mécanique analytique. la rigueur de l'analyse conduit les systèmes les plus complexes à des équations accessibles aux méthodes modernes de résolutions. Ces avantages en font un instrument utile pour la compréhension des algorithmes employés pour l'élaboration des programmes de calcul sur ordinateur.*

*L'ouvrage s'adresse aux étudiants des universités, aux élèves des écoles d'ingénieurs, aux jeunes chercheurs, aux enseignants ainsi qu'aux professionnels dans les domaines du génie civil, de l'hydraulique et des constructions mécaniques.*

Edition: n°4487

390DA

www.opu-dz.com

