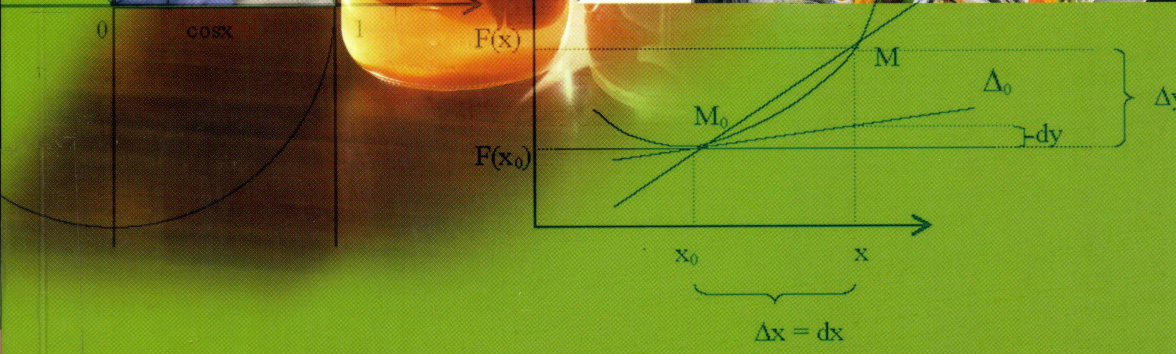


35893

Alain-Claude Roudot

Mathématiques appliquées à l'agroalimentaire



Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

35893

(2)

M 649



Mathématiques appliquées à l'agroalimentaire

Alain-Claude Roudot

docteur ingénieur en mécanique,
maître de conférences à l'École supérieure de microbiologie
et de sécurité alimentaire (Esmisab),
Université de Bretagne occidentale, Brest

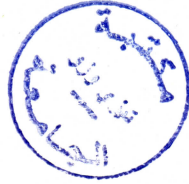
Editions
TEC
& **DOC**

11, rue Lavoisier
F-75008 Paris

35893



M 649



Mathématiques appliquées à l'agroalimentaire

Alain-Claude Roudot

docteur ingénieur en mécanique,
maître de conférences à l'École supérieure de microbiologie
et de sécurité alimentaire (Esmisab),
Université de Bretagne occidentale, Brest

Editions
TEC
& **DOC**

11, rue Lavoisier
F-75008 Paris

Table des matières

Première partie

Les fondamentaux

Identités remarquables	3
Rapports et proportions	3
Règles des puissances	4
Dénombrements	5
Numération	7
Passage d'une base b au système décimal	7
Passage du système décimal à un système de base b	7
Passage d'une base b à une base b'	8
Nombres complexes	8
Forme trigonométrique des complexes	9
Formule de Moivre	9
Linéarisation de $\cos^n x$ et $\sin^n x$	10
Dérivée et différentielle	10
Décomposition d'une fraction rationnelle en éléments simples	12
Trigonométrie	15

Deuxième partie

Les notions nécessaires

Chapitre 1

Logique et algèbre de Boole

1. Algèbre de Boole	20
1.1. ET logique	20
1.2. OU logique	20

1.3. NON logique	21
1.4. OU exclusif	22
2. Tables de Karnaugh	22
2.1. Code binaire réfléchi ou code de Gray	23
2.2. Table de Karnaugh à 4 variables	23
3. Logique floue	24
4. Applications	26
4.1. Cinétique logique	26
4.2. Logique booléenne en génétique	27
4.3. Logique hybride	27
4.4. Autres applications	28

Chapitre 2

Matrices et déterminants

1. Définition	29
2. Éléments de calcul matriciel	30
2.1. Égalité de matrices	30
2.2. Addition	30
2.3. Multiplication par un scalaire	31
2.4. Multiplication de deux matrices	31
2.5. Matrice transposée	32
2.6. Matrices partitionnées	32
3. Déterminants	32
3.1. Définition	32
Exemple d'un déterminant d'ordre 2	33
Exemple d'un déterminant d'ordre 3	33
3.2. Mineurs et cofacteurs	33
3.3. Deuxième méthode de calcul d'un déterminant	34
3.3. Propriétés des déterminants et troisième méthode de calcul	35
4. Inversion de matrice	36
5. Diagonalisation d'une matrice	37
6. Applications	38
6.1. Séchage des grains	38
6.2. Modèles à compartiments	39
6.3. Statistiques multidimensionnelles	40

Chapitre 3

Équations linéaires

1. Définitions	42
2. Méthode de Gauss	43
3. Méthode de Cramer	43
4. Inversion de matrices	45
5. Méthodes par solution approchée	46
6. Applications	48
6.1. Étude des échanges radiatifs entre des surfaces grises	48
6.2. Spectroscopie infrarouge	49

Chapitre 4

Fonctions logarithmiques et exponentielles

1. Fonction logarithme népérien	51
Quelques propriétés	52
2. Fonctions logarithmes de base quelconque	53
3. Fonction exponentielle	54
Quelques propriétés	54
4. Fonctions exponentielles de base a	54
5. Applications	55
5.1. Échelle logarithmique	55
5.2. Microbiologie prévisionnelle	55
5.3. Tendreté de la viande de bœuf	57
5.4. Quantité d'informations	57

Chapitre 5

Courbes et ajustements expérimentaux

1. Quelques courbes classiques	59
1.1. Courbes sigmoïdes	59
1.2. Courbes pics	62
1.3. Courbes monotones	64
1.4. Courbes d'amortissement	64
2. Méthodes d'approximation	65
2.1. Méthode des moindres carrés	65
2.2. Autres méthodes d'ajustement	66
3. Applications	67
3.1. Variation du pH de viande de bœuf	67
3.2. Matière grasse et protéines dans le lait	67
3.3. Modèle paramétrique pour des données de dégustation	68
3.4. Courbes dose-réponse	69

Chapitre 6

Primitives et intégrales

1. Primitives	71
1.1. Définition	71
1.2. Primitives usuelles	72
1.3. Propriétés	73
2. Intégrales	73
2.1. Définition	73
2.2. Propriétés	74
3. Calcul pratique des primitives et intégrales	75
3.1. Utilisation des primitives connues	75
3.2. Cas particulier des fractions rationnelles	75
3.3. Changements de variables	76
3.4. Intégration par parties	78
3.5. Fonctions rationnelles en sinus et cosinus	79

4. Applications	79
4.1. Calcul d'hystérésis en analyse de texture	80
4.2. Fonction erreur	80

Chapitre 7

Équations différentielles

1. Introduction	81
2. Équations différentielles du premier ordre	82
2.1. Équation à variables séparables	82
2.2. Équation différentielle homogène	83
2.3. Équation différentielle linéaire	83
2.4. Équation différentielle de Bernoulli	85
3. Équations différentielles du deuxième ordre	85
3.1. Équation linéaire homogène à coefficients constants	85
3.2. Équation linéaire à coefficients constants	85
3.3. Équations du type $\Phi(x, y'') = 0$	88
3.4. Équations du type $\Phi(x, y', y'') = 0$	88
3.5. Équations du type $\Phi(y, y', y'') = 0$	88
3.6. Équations du type $y'' + f(y) = 0$	88
3.7. Équation d'Euler (ou de Cauchy)	88
4. Applications	89
4.1. Viscosimètre à chute libre	89
4.2. Chauffage d'un fluide agité dans un récipient	89
4.3. Viscosimètre à écoulement	90

Troisième partie

Pour aller plus loin...

Chapitre 1

Optimisation – Programmation linéaire

1. Quelques exemples	95
2. Résolution graphique d'un problème de programmation linéaire	97
3. Méthode du simplexe	99
3.1. Variables d'écart	99
3.2. Variables de base et variables hors base	99
3.3. Tableau du simplexe	100
4. Applications	103
4.1. Modèle multicritère en formulation alimentaire	103
4.2. Optimisation des apports en énergie en agriculture	104
4.3. Gestion de production animale	104

Chapitre 2

Séries – Décompositions et transformations de fonctions

1. Convergence et divergence des séries	106
2. Séries de Taylor et MacLaurin	107
2.1. Méthodes d'obtention de la décomposition de Mac Laurin	108
2.2. Utilisations de ces décompositions en séries de puissance	109
3. Décomposition en série de Fourier	109
3.1. Coefficients de Fourier	110
3.2. Convergence	111
3.3. Exemples de décomposition	111
3.4. Utilisation des décompositions de Fourier	113
4. Transformée de Fourier	114
5. Décomposition en ondelettes	114
6. Applications	115
6.1. Cribles géométriques	115
6.2. Classification de vins	115
6.3. Ondelettes en bio-informatique	116
6.4. Ultrasons et rhéologie du fromage	116
6.5. Étude du rassissement du pain	116

Chapitre 3

Fonctions à plusieurs variables

1. Différentielles partielles et totales	119
2. Intégrales multiples	121
2.1. Intégrales doubles	122
2.2. Intégrales triples	124
2.3. Quelques applications	125
3. Équations aux dérivées partielles (EDP)	126
3.1. Équations aux dérivées partielles linéaires du premier ordre	126
3.2. Équation de Laplace	127
3.3. Équation de la chaleur	129
4. Résolution numérique	130
4.1. Méthode des différences finies	130
4.2. Méthode des volumes finis	130
4.3. Méthode des éléments finis	131
5. Applications	131
5.1. Modélisation de la cuisson du pain	131
5.2. Transfert de chaleur et d'humidité lors de la réfrigération du bœuf	132
5.3. Hétérogénéité interne des pommes et vibrations mécaniques	132
5.4. Transfert de matière lors de l'extraction d'huile essentielle	133
5.5. Éléments et volumes finis en qualité et sécurité alimentaire	133

Références bibliographiques	135
--	-----

Index	137
--------------------	-----

Domaines d'applications cités	139
--	-----

Alain-Claude Roudot, docteur-ingénieur en mécanique, HDR en sciences biologiques, est maître de conférences à l'École supérieure de microbiologie et sécurité alimentaire de Brest (ESMISAB – Université de Bretagne occidentale). Il est également l'auteur de *Rhéologie et analyse de texture des aliments* (éditions Tec & Doc, 2001).

Bien que solides, les connaissances mathématiques des techniciens supérieurs et ingénieurs en agroalimentaire se révèlent généralement inadaptées à des applications aussi variées que la microbiologie prévisionnelle ou le génie des procédés. La littérature scientifique existante ne permet d'ailleurs de résoudre qu'imparfaitement cet état de fait, sauf dans des domaines d'application fort restreints.

L'originalité de ce manuel est de présenter, pour la première fois en langue française, les principales notions mathématiques utiles en agroalimentaire, selon un ordre de difficulté croissant :

- la 1^{re} partie est consacrée aux fondamentaux : identités remarquables, dénombrement, numération, nombres complexes, dérivées et différentielles, trigonométrie... ;
- la 2^e partie est consacrée aux notions nécessaires : logique et algèbre de Boole, matrices et déterminants, équations linéaires, fonctions logarithmiques et exponentielles, courbes et ajustements expérimentaux, primitives et intégrales, équations différentielles ;
- la 3^e partie propose quelques approfondissements : optimisation et programmation linéaire, séries et décomposition / transformation de fonctions, fonctions à plusieurs variables.

Afin d'amarrer les données théoriques à la pratique industrielle, *Mathématiques appliquées à l'industrie agroalimentaire* prend soin de citer plusieurs domaines application pour chaque notion présentée. Sont ainsi abordés l'analyse de texture, la brasserie, le brunissement, les courbes effet-dose, la fermentation, la chromatographie liquide haute performance, la microbiologie prédictive, le rassissement, la réfrigération, le séchage, la spectroscopie infrarouge, le transfert de chaleur...

Ainsi rédigé, ce manuel s'adresse aux techniciens et ingénieurs de l'ensemble des industries agroalimentaires, ainsi qu'aux étudiants des filières agronomiques, alimentaires ou biologiques, du bac + 2 au doctorat.

978-2-7430-0968-7



9 782743 009687