

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET APPLICATIONS DES RAYONS X

CHAPITRE PREMIER

AVANT ET APRÈS LA DÉCOUVERTE DE RÖNTGEN

L'expérience de Röntgen	3
Signification de la découverte de Röntgen	5
Emission des rayons X	6
Les rayons X, la lumière et le spectre électromagnétique	13
Propriétés des rayons X	21
Applications des rayons X	22

CHAPITRE II

LES TUBES A RAYONS X

Tubes à gaz	25
Tubes à électrons	28
Les problèmes de la conception des tubes	30
Tubes à diffraction pour l'étude de la structure fine des substances....	49

CHAPITRE III

APPAREILLAGE HAUTE TENSION

Transformateurs	53
Redresseurs	55
Circuits	58
Générateurs Van de Graaff	61
Transformateur à résonance de la Général Electric	64
Le générateur d'impulsion	65
Le Tétraton	67

Le Synchrotron	70
L'accélérateur d'électrons linéaires à micro-ondes	72
Sources de rayons X de petite dimension qui utilisent une excitation par les rayons B	74
Mesures électriques	75
Précautions électriques	76

CHAPITRE IV

MESURE DE L'INTENSITÉ (DOSE)

Méthodes calorifiques	79
Ionisation	80
Mécanisme de l'ionisation	80
Mesure de l'ionisation	81
Chambres d'ionisation	82
Chambres à ions, compteurs proportionnels et compteurs de Geiger	84
Amplification gazeuse	85
Le compteur de Geiger	86
Unité de dose et intensité	89
Influence de la longueur d'onde	92
Influence des rayons X sur la conductivité des solides et des liquides	93
Le détecteur à cristal et l'amplificateur	94
Excitation d'une luminescence dans les produits exposés	94
Le « phosphore » à rayons X et le détecteur à phototube multiplicateur	97
Compteurs de scintillations	99
Le dosimètre à scintillateur de réserve	101
Ecrans fluorescents renforceurs	101
Le Hi-speed	103
L'effet photographique	104
Augmentation de la sensibilité photographique à l'aide d'une décharge électrique	108
Le microphotomètre	108
Dosimètres chimiques	111
Dosimètres biologiques	111
Spécifications des Conditions d'un traitement radiologique	112
BIBLIOGRAPHIE. Phototubes multiplicateurs	112
Compteurs de scintillation	113

CHAPITRE V

LA MESURE DE QUALITÉ (LONGUEUR D'ONDE) : OPTIQUE DES RAYONS X

Diffraction des rayons X par les cristaux	115
La loi de Bragg	116
Réseau cristallin standard	117
Le spectromètre à ionisation	119
Le spectromètre double	122
Réfraction et réflexion totale des rayons X	123

↳ Mesure des longueurs d'onde à l'aide de réseaux	124
↳ Formation d'images optiques à l'aide des rayons X. — Le microscope à rayons X	126
↳ Microradiographie et microscopie à ombres	128
↳ Optique par collimation	129

CHAPITRE VI

LE SPECTRE DE RAYONS X
ET LA STRUCTURE ATOMIQUE

↳ Le spectre continu. X	130
↳ Spectre d'émission caractéristique X	134 +
↳ Spectre d'absorption caractéristique	136 +
↳ Relation entre l'émission caractéristique et les discontinuités d'absorption.	137
↳ Résultats expérimentaux de la mesure des longueurs d'onde	137
↳ Spectre d'émission. La série K X	138
— La série L. X	142
— La série M et N X	143
↳ Mesure des grandes longueurs d'onde par des méthodes autres que la spectroscopie des rayons X	145
↳ Influence de la valence sur la structure fine des raies du spectre X et les limites d'absorption	145
↳ Méthodes d'obtention de rayons X homogènes monochromatiques	149

Généralisations à partir des données spectroscopiques sur les rayons X

La loi de Moseley X	152
Applications de la loi de Moseley X	153
Le principe de combinaison	155
Propriétés du spectre de rayons X dont doit rendre compte une théorie de la structure atomique	156
La théorie de Bohr de la structure atomique	157
Limites de la théorie de Bohr et la création de nouveaux modèles atomiques	160
L'explication des faits de la spectroscopie des rayons X par ce modèle d'atome	162
1. Limites d'absorption caractéristique	164
2. Raies d'émission fine en séries	164
3. Potentiels d'excitation critique	167
4. Spectre de bande dans l'émission des rayons X mous.	167
5. Satellites d'émission et structure fine des limites d'absorption ..	169
6. La loi de Moseley	171
7. Le principe de combinaison	171
8. La liaison chimique et la structure moléculaire et cristalline. ...	172

CHAPITRE VII

ANALYSE CHIMIQUE
A L'AIDE DES SPECTRES DE RAYONS X

1. Appareillage	171
Analyse qualitative	179
Analyse chimique quantitative	
a. Spectres d'émission primaire	179
b. Spectres fluorescents secondaires	181
c. Analyses micro et histochimique utilisant les spectres d'émission	184

CHAPITRE VIII

ABSORPTION ET DIFFUSION DES RAYONS X

> Coefficient d'absorption	189
> Mécanisme de l'absorption	196
> Rayons X fluorescents caractéristiques	196
> Rayons X diffusés sans modification	196
> Rayons X diffusés modifiés par l'effet Compton	197
> Analyse chimique utilisant un spectromètre à photo-électrons	201
> Les caractéristiques du rayonnement obtenu sous très haute tension	201
{ a. Rendement de leur production	202
{ b. Distribution spatiale de l'intensité au-dessus de la cible	204
{ c. Absorption du rayonnement produit sous haute tension	204
{ d. La dose en profondeur	206
Filtration	207
Mesure de la qualité par des méthodes d'absorption	210
Protection contre les rayons X	211
Quelques applications pratiques des mesures d'absorption	213
1. Contrôle de l'épaisseur et mesure de porosité	213
2. Analyse chimique utilisant les absorptions relatives (photométrie des rayons X)	215
3. Radiographie	221

CHAPITRE IX

RADIOGRAPHIE (ROENTGENOGRAPHIE)

Diagnostic médical

Diagnostic médical	223
Techniques spéciales de diagnostic médical	
1. Stéréoscopie	229
2. Laminographie (Stratigraphie, planigraphie, tamographie)	230
3. Kymographie	230

4. Cinématographie roentgen	231
5. Photofluoroscopie (radiographie indirecte). Radiographie d'ensemble de la poitrine	232
6. Radiographie monochromatique	235
7. Amplification électronique de l'image fluorescente	237
8. Renforcement électronique du contraste d'un film à rayons X ..	240
9. Transmission par radio des radiographies	241

Diagnose industrielle

Principes généraux et techniques de radiographie qui sont appliqués aux matériaux industriels	241
1. Appareillage général	241
2. Les distances et la loi de l'inverse du carré	242
3. Observation	243
4. Tensions	243
5. Rayons diffusés	243
6. Les effets de la largeur et de la position de la tache focale.....	245
7. Technique photographique	246
8. Cartes d'exposition	247
9. Limites de détection de défauts	248
10. Pénétramètres	249
11. Egalisation de formes irrégulières	249
12. Intensification	251
13. Détermination d'une épaisseur par radiographie	251
14. Localisation d'un défaut	251
15. Instantanés et cinéradiographie	253
16. Radiographie avec le béta-tron	254
17. Radiographie électronique	256
18. Radiographie monochromatique	257

Appareillage radiographique industriel

Appareillage radiographique industriel	258
--	-----

Applications pratiques de la Radiographie

1. Contrôles de fonderie	260
2. Soudures	266
3. Pièces d'automobiles et d'avions	267
4. Métaux laminés et étirés	268
5. Applications diverses de la radiographie des métaux	268
6. Applications pratiques diverses.....	269
7. Radiographie des objets d'art et des pièces de musées	272
Radiographie utilisant les rayons X.....	277

CHAPITRE X

MICRORADIOGRAPHIE

Historique.....	279
Théorie	280
Technique expérimentale	284

Microradiographie des métaux	288
Quelques autres applications chimiques et industrielles	294
Applications biologiques (historadiographie).....	296
Techniques et applications spéciales	303

CHAPITRE XI

LES EFFETS CHIMIQUES DES RAYONS X

Le mécanisme de l'action chimique	310
Réactions de l'eau	316
Réactions faisant intervenir l'eau oxygénée	317
Mesures quantitatives de la réduction	319
Ions cériques réduits par les rayons X	320
Energie de la réduction des ions cériques exprimée en calories par molécule-gramme	321
Décomposition des composés organiques.....	321
Préparation d'une eau très pure	322
La théorie du radicalaire de l'action photochimique.....	322
Accélérateurs et inhibiteurs	325
Solutions non aqueuses.....	328
Autres réactions importantes	329
Les effets des rayons X sur les suspensions colloïdales	329
Rayonnement de grande intensité	334

CHAPITRE XII

LES EFFETS BIOLOGIQUES DU RAYONNEMENT X

1. Les effets bactéricides des rayons X	336
2. Des bactéries qui sont tuées par les rayons X ; fabrication des sérums immunisants	338
3. Les virus pris comme modèles pour l'étude de l'action biologique des rayons X	339
4. Dosimètres biologiques	342
5. Effet des rayons X sur la substance héréditaire	343
6. Les effets des rayons X sur les embryons	353
7. Les effets des rayons X sur des cellules normales	355
8. La radiosensibilité des cellules	361
9. Les guérisons et le facteur temps	364
10. Les effets des rayons X sur les facteurs humains	365
11. La réaction indirecte au rayonnement	367
12. L'effet stimulant de l'irradiation	369
13. Les expériences photochimiques qui peuvent avoir une action sur les effets biologiques.....	371
14. La protection chimique des tissus contre le rayonnement	372
15. Mécanisme de l'action biologique du rayonnement	375
16. Le temps d'exposition maximum autorisé	377
17. Radiopathologie.....	379
18. Le cancer	380
19. Soins sous très haute tension.....	388
20. Une troisième application des rayons X en médecine	390

DEUXIÈME PARTIE

L'ANALYSE PAR RAYONS X
DE LA STRUCTURE INFINITÉSIMALE DES SUBSTANCES

CHAPITRE XIII

X CRISTALLOGRAPHIE ET DIFFRACTION DES RAYONS X

L'état solide de la matière	395
Les fondements de la cristallographie.....	397
Etape de l'analyse par rayons X des structures cristallines	418
Type de renseignements que l'on peut obtenir par des expériences de diffraction des rayons X	419

CHAPITRE XIV

X LES MÉTHODES EXPÉRIMENTALES
ET D'ANALYSE CRISTALLINE PAR RAYONS X

Le diffractomètre de Geiger.....	447
Les méthodes de réflexion vers l'arrière.....	449
Appareillage multiple	453

CHAPITRE XV

L'INTERPRÉTATION DES SPECTRES DE DIFFRACTION
EN FONCTION DE LA STRUCTURE INFINITÉSIMALE

Détermination progressive de la structure à partir du spectre de diffraction	454
Formules exprimant l'espacement entre les plans	456
Interprétation des photographies de Laue	461
L'interprétation des spectres de rotation	470
Le réseau réciproque	473
Le réseau réciproque dans l'interprétation des spectres de Laue	479
Le réseau réciproque dans l'interprétation des spectres de rotation	480
Les cartes de Bernal	483
La méthode d'oscillation	485
La méthode du cristal penché	485
Les spectres des gonomètres à rayons X	486
L'interprétation des spectres de poudre	492
L'emploi pratique du spectre de diffraction de poudre : « l'empreinte digitale » du cristal	499
Le spectre de fibre	520
Les lois qui déterminent les intensités des interférences de rayons X ...	522
La synthèse de Fourier de Patterson-Harker	544

Transformées de Fourier.....	545
Les essais de détermination de la phase	546
Résultats des perfectionnements de la synthèse de Fourier	549

CHAPITRE XVI

LES RÉSULTATS DE L'ANALYSE CRISTALLINE : ÉLÉMENTS ET COMPOSÉS MINÉRAUX

Les éléments chimiques	550
Composés minéraux	563

CHAPITRE XVII

CHIMIE CRISTALLINE

Les types cristallins exprimés suivant la nature des forces de liaison...	571
Combinaison ionique ou hétéropolaire	571
Application des lois de la chimie des cristaux ioniques à la prédiction des propriétés	574
Liaison covalente ou homopolaire	575
Polarisation et liaisons ioniques covalentes	577
Résonance et liaisons covalentes mixtes simples et doubles.....	579
La liaison métallique	579
La liaison hydrogène.....	580
Liaison Van der Waals ou moléculaire	582
La théorie des bandes dans les solides. Isolants, semi-conducteurs et conducteurs	583
La coordination et les rapports de rayons.....	584
Les dimensions des atomes et des ions	589
Isomorphisme, morphotropisme, polymorphisme.....	598
Oxydes mixtes	599
Phases solides à composition variable « Bertholledes » ; désordre à l'état solide ; défauts de structure.....	604
Conductibilité électrique des solides et de défaut de structure	606
Physique de l'état solide	608
Raduaux anioniques dans les solides	609
Notes spéciales sur des structures minérales	611
Types d'hydrates	615

CHAPITRE XVIII

LES SILICATÉS

Les règles de Pauling	625
Complications supplémentaires dans les silicates	626
Classification des silicates.....	626
Zéolites et ultramarines	626
Les formes de la silice.....	627

Minéraux argileux et sels	634
Analyse d'une coupe d'un terrain	641
Le ciment	642
Les céramiques	645
Les verres	650

CHAPITRE XIX

LES ALLIAGES

L'état métallique	651
Les électrons dans les métaux. L'hypothèse de Pauling	652
Les électrons dans les champs gerodique d'un cristal métallique. Les zones de Brillouin	652
L'hypothèse de Pauling des liaisons métalliques	654
La classification des systèmes intermétalliques binaires	656
Structures solides interstitielles	671
La systématisation des alliages binaires d'acier	677
Les systèmes d'alliage à plusieurs composés	683
Les alliages type acier	684
La structure cristalline et le magnétisme	685

CHAPITRE XX

LES COMPOSÉS ORGANIQUES

Les structures du carbone	689
L'analyse par rayons X des molécules organiques	691
Les dimensions des molécules	692
Les résultats de l'analyse cristalline des composés organiques	695
Les acides aminés	707
Les composés à longue chaîne	709
La structure du cycle benzénique et des composés aromatiques	737

CHAPITRE XXI

LA STRUCTURE DES VERRES, DES LIQUIDES ET D'AUTRES SUBSTANCES COLLOIDALES ET AMORPHES

La diffraction des rayons X par des substances cristallines et amorphes	756
La diffraction par des colloïdes	758
La mesure de la dimension des cristaux ultra-microscopiques (colloïdaux)	759
La diffraction par des verres, des liquides et d'autres substances amorphes	776
La diffraction par des liquides	790
Les cristaux liquides et les états mésomorphes	793
Les solutions	794
Solutions colloïdales. Oucelles et solubilisation	798
La détermination de la proportion de phases amorphes	802

CHAPITRE XXII

LA STRUCTURE DES MÉTAUX

Le domaine des renseignements qu'on peut obtenir par diffraction des rayons X	805
La dimension du grain	806
L'orientation des grains	812
La tension interne	813
Mise en évidence par rayons X de l'effet des forces et de la tension résiduelle à l'intérieur des objets	814
La signification d'une tension	822
Le mécanisme de la déformation plastique	824
La théorie des dislocations.....	832
Le durcissement avec l'âge	837
L'analyse par rayons X des diagrammes de fibres et leur relation avec la fabrication des métaux et des alliages	839
1. Les diagrammes de fibres.....	839
2. L'interprétation des spectres de fibres proprement dits (fils tendus)	841
3. Structures à fibre multiple dans les fils étirés	847
4. Les structures zonales de fils fortement étirés	848
5. Résumé des résultats obtenus par rayons X sur les structures déformés des fils étirés	849
6. L'interprétation des spectres de fibre des plaques laminées (structure fibreuse limitée)	849
7. L'analyse détaillée du spectre d'un acier laminé	852
8. Les degrés de diminution d'épaisseur et les effets des conditions du laminage à froid commercial des feuilles métalliques	854
9. Les structures déformées des alliages de magnésium	858
10. Les figures polaires	863
11. Sommaire des structures des métaux déformés	866
12. Les orientations préférentielles dans les plaques métalliques déposées par l'électrolyse	867
13. Le dépôt d'un métal par déplacement à partir d'une solution ..	872
14. Les propriétés des miroirs et celles des pellicules éjectées.....	872
15. La structure de croissance des moulages	872
L'analyse par rayons X et le contrôle du traitement par la chaleur et de la recristallisation des métaux écroués.....	873
1. Les effets classiques du traitement par la chaleur	873
2. Le traitement par la chaleur de feuilles laminées à froid	873
3. La recuisson de l'acier fondu	
4. Les propriétés magnétiques en fonction de la structure de toles au silicium	878
5. La structure des soudures	880
6. Les aciers industriels.....	880
7. Le cuivre industriel	881
8. La relation entre la diminution d'épaisseur, la température de recuisson et la structure	882
9. Le traitement par la chaleur des ressorts de montre	882
10. Le contrôle de l'amélioration des structures métalliques	883

CHAPITRE XXIII

LES POLYMÈRES — SUBSTANCES SYNTHÉTIQUES ET
NATURELLES A MACROMOLÉCULES

L'importance des polymères	886
La définition de la polymérisation	887
Les complexités dans l'étude des polymères.....	888
La classification des polymères	888
Les polymères minéraux	889
La classification générale des polymères organiques	891
Comparaison entre les polymères naturels et synthétiques	895
Quelques exemples et mécanismes de polymérisation	896
Le caoutchouc synthétique	910
Le caoutchouc naturel	914
Le caoutchouc vulcanisé	919
Les réactions qui font intervenir des accélérateurs	923
La cellulose.....	926
Les particules, les micelles et les « frontières »	937
La diffraction des rayons X sous des angles très petits par des celluloses des rayones.....	944
Les réactions topochimiques de la cellulose telles que le révèlent les rayons X	946
Le polymorphisme des dérivés de la cellulose.....	948
Le gonflement de la cellulose	949
L'amidon	950
Les autres polysaccharides.....	952
La légumine	952
La chitine	953
Les protéines	955
La fibroïne de la soie	958
La kératine (les poils des mammifères)	958
Le muscle	962
Le collagène	963
Les modèles de Pauling, Corey de la structure d'une protéine	967
Les protéines globulaires cristallisées	972
Les acides nucléiques et les chromosomes	975
APPENDICE	978