

P. BOUSQUET

**spectroscopie
instrumentale**

DUNOD UNIVERSITÉ

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1. Introduction	1
1.1 Rôle des appareils dispersifs	1
1.2 Définitions précises des grandeurs caractérisant le spectre	1
a) Longueur d'onde. Nombre d'ondes	1
b) Luminance. Densité spectrale de luminance	3
1.3 Les deux qualités fondamentales d'un appareil dispersif	3
a) Pouvoir de résolution ou résolution	3
b) Luminosité	3
1.4 Classification des différents types d'appareils dispersifs et terminologie	4
CHAPITRE 2. Propriétés générales des spectrographes à prismes et à réseaux ..	6
2.1 Schéma de principe	6
<i>Résolvance théorique (ou intrinsèque) d'un disperseur</i>	7
2.2 Distribution de l'éclairement dans le plan P lorsque la fente est infiniment étroite et la radiation incidente parfaitement monochromatique	7
2.3 Critère de résolution	8
2.4 Expression de la résolution intrinsèque d'un disperseur	9
<i>Influence de la largeur de la fente sur la résolution et sur la luminosité d'un spectrographe</i>	10
2.5 Importance du mode d'éclairage de la fente	10
2.6 Expression de l'éclairement $E(x)$ en un point de l'image de la fente	11
2.7 Evolution de la distribution $E(x)$ de l'éclairement dans l'image avec la largeur de la fente	14
2.8 Influence de la largeur de la fente sur la résolution et la luminosité ..	16
a) Définition de la luminosité	16
b) Variations de \mathcal{L} et \mathcal{R} avec la largeur de la fente	16
<i>Influence de l'émulsion photographique</i>	17
2.9 Nature du phénomène	17
2.10 Distance focale résolvante et ouverture résolvante	18
2.11 Cas d'une ouverture supérieure à l'ouverture résolvante	19
2.12 Conclusion	20
2.13 Développements récents	21
CHAPITRE 3. Les spectrographes à prismes	24
3.1 Généralités	24
3.2 Choix des prismes	24
a) Choix de la substance constituant les prismes	25
b) Choix de l'angle	27
c) Choix des dimensions	28

3.3	Objectif de chambre	28
3.4	Objectif du collimateur	29
3.5	Principaux montages utilisés	30
3.6	Exemples de réalisations de spectrographes à prismes	31
	1) Appareil de faible luminosité, destiné à l'analyse spectrale des aciers	31
	2) Appareil de grande ouverture	32
	3) Appareil de caractéristiques moyennes	32

CHAPITRE 4. Les réseaux de diffraction

Propriétés des réseaux. Leur utilisation en spectroscopie.

4.1	Généralités	35
4.2	Forme générale de la vibration diffractée par un réseau	35
4.3	Utilisation des réseaux en spectroscopie. Résolvance intrinsèque	42
4.4	Superposition des spectres. Intervalle spectral libre	43
4.5	Importance de la forme des sillons. Effet de miroitement	44

Les défauts des réseaux

4.6	Influence des défauts sur l'onde diffractée	46
4.7	Erreurs périodiques de tracé. Raies fantômes (ghosts)	48
4.8	Intensité des ghosts	49
4.9	Autres défauts. Satellites, lumière diffusée. Importance de la forme du profil	51
4.10	Contrôle de la qualité des réseaux	52

Réalisation des réseaux

4.11	Généralités. Historique	56
4.12	Progrès récents dans la fabrication des réseaux	57
4.13	Principe des machines à tracer fonctionnant sous contrôle interférométrique	58
4.14	Résultats	60
4.15	Réalisation de répliques des réseaux	63
4.16	La méthode de fabrication des réseaux de Merton	64
4.17	Utilisation des réseaux dans l'ultraviolet lointain	65

CHAPITRE 5. Les spectrographes à réseaux

Les spectrographes à réseaux plans

5.1	Généralités	72
5.2	Description du montage usuel	73
5.3	Montage d'Ebert	74
5.4	Spectrographes à plusieurs chambres	75
5.5	Dispositif séparateur d'ordres	76
5.6	Spectrographes à réseau « échelle »	77
5.7	Montages à passages multiples et montages utilisant plusieurs réseaux	79

<i>Spectrographes à réseaux concaves</i>	81
5.8 Principe	81
5.9 Montage de Paschen-Runge	82
5.10 Montage de Eagle	82
5.11 Utilisation du réseau en incidence et diffraction rasantes	84
CHAPITRE 6. Les spectromètres et monochromateurs à prismes et à réseaux ..	86
<i>Propriétés générales des spectromètres à fentes</i>	86
6.1 Description	86
6.2 Définition de la fonction d'appareil d'un spectromètre	87
6.3 Relation entre la fonction d'appareil, la « fonction source » et la fonction enregistrée	88
6.4 Facteurs influant sur la fonction d'appareil	88
6.5 Définitions de la résolution et de la luminosité d'un spectromètre ..	89
6.6 Fonction d'appareil d'un spectromètre à fentes ; choix de la largeur relative des fentes	90
6.7 Variation de la résolution et de la luminosité avec la largeur angulaire des fentes	92
6.8 Comparaison entre spectromètres et spectrographes	93
6.9 Expression de la luminosité	94
6.10 Relation entre résolution et luminosité	95
6.11 Comparaison entre les spectromètres à prismes et à réseaux	97
<i>Spectromètres à prismes</i>	98
6.12 Matériaux transparents dans l'infrarouge	98
6.13 Principaux montages utilisés pour la réalisation de spectromètres à prismes	100
<i>Spectromètres à réseaux</i>	104
6.14 Spectromètres à réseaux plans	104
6.15 Utilisation de réseaux à sillons de profondeur variable	106
6.16 Séparation des spectres d'ordres différents	107
6.17 Spectromètres à réseaux concaves	109
<i>Le spectromètre à grilles</i>	111
6.18 Généralités	111
6.19 Principe de l'appareil	111
6.20 Fonction d'appareil	114
6.21 Fonctionnement par commutation	116
6.22 Fonctionnement par oscillation	117
6.23 Gain d'étendue	119
6.24 Influence de la nature du récepteur	119
<i>Utilisation des spectromètres à l'étude des spectres d'absorption : montages à double faisceau</i>	120
6.25 Généralités	120
6.26 Spectromètres à double faisceau	121

<i>Les monochromateurs à fentes</i>	123
6.27 Monochromateurs simples	123
6.28 Largeur de bande et luminosité	125
6.29 Monochromateurs doubles	125
CHAPITRE 7. Spectroscopie interférentielle	130
7.1 Introduction	130
7.2 Principales méthodes utilisées en spectroscopie interférentielle	130
7.3 Utilisation d'un interféromètre comme appareil dispersif	131
7.4 Résolvance théorique de l'instrument	131
7.5 Intervalle spectral libre. Importance du coefficient de finesse	132
<i>Généralités sur l'emploi de l'interféromètre de Perot-Fabry en spectroscopie</i>	134
7.6 Description de l'interféromètre de Perot-Fabry et principe de son fonctionnement	134
a) Description	134
b) Fonctionnement	135
7.7 Différents modes d'emploi de l'étalon de Perot-Fabry comme appareil dispersif	136
<i>Le spectromètre à étalon de Perot-Fabry</i>	136
7.8 Description schématique	136
7.9 Facteurs influant sur la fonction d'appareil du spectromètre	137
7.10 Influence du facteur de réflexion des lames. Fonction $A_1(\sigma)$	138
7.11 Influence des défauts de planéité des lames. Fonction $A_2(\sigma)$	140
7.12 Influence des dimensions du diaphragme explorateur. Fonction $A_3(\sigma)$	142
7.13 Fonction d'appareil globale	143
7.14 Importance des défauts de surface des lames	144
7.15 Choix de la finesse réfléchrice et du rayon du diaphragme explorateur	145
7.16 Expression de la luminosité	147
7.17 Comparaison avec les spectromètres à réseaux	148
7.18 Élimination des bandes passantes parasites	150
7.19 Exploration du spectre	152
a) Variation de l'épaisseur géométrique e	153
b) Contrôle automatique du parallélisme	154
c) Exploration par variation d'indice	155
7.20 Réalisation pratique de l'étalon de Perot-Fabry	155
a) Matériau constituant les lames	155
b) Revêtements à grand facteur de réflexion	155
7.21 Description de quelques spectromètres Perot-Fabry	159
a) Appareil destiné à l'étude des structures hyperfines	159
b) Spectromètre Perot-Fabry à bande passante unique	162
c) Spectromètre à balayage rapide	163
d) Spectromètres multicanaux	164
7.22 L'étalon de Perot-Fabry sphérique	165

<i>Le spectrographe à étalon de Perot-Fabry</i>	167
7.23 Généralités	167
7.24 Montage classique	168
7.25 Le « S.I.M.A.C. »	169
7.26 Emploi de l'étalon de Perot-Fabry en astronomie	172
<i>Spectrométrie interférentielle à sélection par l'amplitude de modulation.</i>	174
7.27 Généralités	174
7.28 Principe du S.I.S.A.M.	175
7.29 Fonction d'appareil théorique	177
7.30 Résolvance effective et luminosité	178
7.31 Apodisation de la fonction d'appareil	178
7.32 Domaine d'utilisation du S.I.S.A.M.	179
7.33 Réalisation pratique	179
<i>Spectrométrie par transformation de Fourier</i>	179
7.34 Généralités	179
7.35 Emploi d'un interféromètre à deux ondes comme modulateur	180
7.36 Principe de la spectrométrie par transformation de Fourier	181
7.37 Fonction d'appareil théorique. Apodisation. Résolvance	183
7.38 Etendue du faisceau admis par l'instrument	187
7.39 Calcul du spectre	189
a) Principe du calcul	189
b) Pas de l'échantillonnage	190
c) Nombre de points à relever sur l'interférogramme	190
d) Durée du calcul	191
7.40 Réalisation de l'interféromètre	191
Variation de la différence de marche	192
7.41 Domaine d'emploi de la spectroscopie par transformation de Fourier	193
7.42 Performances et résultats obtenus	194
7.43 Etude d'un profil spectral par mesure de la visibilité des franges d'interférences	195
<i>Comparaison des différentes méthodes utilisées en spectroscopie.</i>	197
7.44 Introduction de la fonction d'auto-corrélation de la vibration lumineuse	198
7.45 Cas de la spectroscopie par transformation de Fourier	198
7.46 Cas des autres méthodes	200
7.47 Conclusion	202