

JACQUES RIGAUX

*Docteur en Sciences Appliquées de l'Université de Liège
Ingénieur à la Société Nationale des Chemins de fer Belges*

LE CONTRÔLE
DES
MOTEURS DIESEL

PAR

LA SPECTROGRAPHIE
DES HUILES DE GRAISSAGE

DUNOD

Table des matières

CHAPITRE I

DESCRIPTION ET JUSTIFICATION DU CONTROLE SPECTROGRAPHIQUE DES HUILES DE GRAISSAGE DES MOTEURS DIESEL

	Pages
A. Introduction	21
A. 1. Avant-propos	21
A. 2. Graissage des moteurs diesel	22
A. 3. Origine des particules métalliques en suspension dans l'huile	22
A. 3-1. Moteur diesel	23
A. 3-2. Air d'aspiration des moteurs	24
A. 3-3. Circuit d'eau	25
A. 4. Programme d'analyse	25
B. Etude critique de l'équipement spectrographique appliqué au contrôle des huiles de graissage	27
B. 1. Considérations générales	27
B. 2. Méthodes analytiques	28
B. 2-1. Analyse par voie chimique	28
B. 2-2. Analyse par voie spectrographique	28
B. 3. Description sommaire du spectrographe	30
B. 3-1. Source	30
B. 3-2. Spectrographe	30
B. 3-3. Ensemble de mesure	31
C. Description de la technique spectrographique appliquée aux huiles de graissage	33
C. 1. Technique de prise d'échantillon	33
C. 2. Préparation de l'échantillon	35
C. 3. Conditions analytiques	35
C. 4. Détermination de la concentration	37
D. Répétabilité et reproductibilité des mesures	43
D. 1. Généralités	43
D. 2. Fidélité de l'appareillage	44
D. 2-1. Exposé des mesures effectuées sur deux étalons	45
D. 2-2. Détermination de la fidélité pour le fer	47
D. 2-3. Résultats des mesures de la fidélité sur différents éléments	50
D. 3. Répétabilité des mesures sur les échantillons réels	53
D. 3-1. Résultats des mesures de répétabilité sur des échantillons réels	53

	Pages
D. 3-2. Commentaires	56
D. 3-3. Application aux analyses de routine	60
E. Résumé de la première partie	61

CHAPITRE II

LES LIGNES ET LES ZONES DE CONCENTRATION

A. Introduction	65
A. 1. Généralités	65
A. 2. Etude théorique des lignes de concentration	66
A. 2-1. Principe	66
A. 2-2. Phénomènes perturbateurs	67
A. 2-3. Conclusions	71
B. Etude des lignes de concentration	72
B. 1. Caractéristiques générales des deux moteurs	72
B. 2. Etude du moteur M_1	72
B. 2-1. Composition des organes du moteur M_1	72
B. 2-2. Calcul du poids des éléments métalliques produits par l'usure	73
B. 2-3. Poids des éléments métalliques apportés par l'air d'aspiration	83
B. 2-4. Détermination de l'accroissement de la concentration en fonction du parcours	84
B. 2-5. Etude comparative des gradients de concentration produits par l'usure et les poussières contenues dans l'air d'aspiration	85
B. 2-6. Etude des lignes de concentration réelles	86
B. 2-7. Détermination de la progression de l'usure des paliers principaux et des têtes de bielle	94
B. 2-8. Etude des lignes de concentration d'un moteur M_1 équipé d'un filtre à huile du type fin	95
B. 2-9. Conclusions	98
B. 3. Etude du moteur M_2	99
B. 3-1. Remarques générales concernant les organes constitutifs	99
B. 3-2. Etude des lignes de concentration du moteur M_2	100
B. 3-3. Conclusions	107
C. Etude des zones de concentration des familles de moteurs	109
C. 1. Etude théorique des zones de concentration	109
C. 1-1. Introduction	109
C. 1-2. Etude de la corrélation entre les lignes de concentration d'une famille de moteurs	109
C. 1-3. Détermination des zones de concentration	112
C. 2. Etablissement des zones de concentration pour le moteur M_1	113
C. 2-1. Conclusions	125
C. 3. Zones de concentration de la famille des moteurs M_2	127
C. 3-1. Généralités	127
C. 3-2. Etudes des zones de concentration	130
C. 3-3. Conclusions	140

	Pages
D. Résumé de la deuxième partie	141
D. 1. Etude du moteur M ₁	141
D. 2. Etude du moteur M ₂	142

CHAPITRE III

**DÉTERMINATION DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT
ANORMAL PAR L'ANALYSE SPECTROGRAPHIQUE**

A. Introduction	145
B. Examen des cas accidentels	147
B. 1. Grippage de cylindres	147
B. 2. Fuites d'eau	150
B. 2-1. Généralités	150
B. 2-2. Premier cas de fuite d'eau	151
B. 2-3. Second cas de fuite d'eau	153
B. 3. Avaries de coussinets	155
B. 3-1. Généralités	155
B. 3-2. Premier cas d'usure anormale de coussinets	155
B. 3-3. Deuxième cas d'usure anormale de coussinets	157
B. 3-4. Troisième cas d'usure anormale de coussinets	159
B. 4. Usure anormale des axes de pistons d'un moteur M ₂	166
B. 5. Conclusions	167

CHAPITRE IV

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MOTEURS DIESEL
AU BANC D'ESSAI PAR L'ANALYSE SPECTROGRAPHIQUE
DES HUILES DE GRAISSAGE**

A. Généralités	174
B. Essai N° 1	175
B. 1. Caractéristiques sommaires du moteur	175
B. 2. Matériaux utilisés	175
B. 3. Description de l'essai	175
B. 4. Commentaires de la planche IV-1	176
B. 5. Conclusions	178
C. Essai N° 2	179
C. 1. Description de l'essai	179
C. 2. Commentaires de la planche IV-3	181
C. 3. Conclusions	182
D. Essai N° 3	183
D. 1. Description de l'essai	183
D. 2. Commentaires	185
E. Conclusions	185

CHAPITRE V

**INFLUENCE DE LA DIMENSION DES PARTICULES
SUR LA RÉPÉTABILITÉ DES MESURES
INFLUENCE DE LA NATURE DU FILTRE A HUILE
SUR LES DIMENSIONS DES PARTICULES**

	Pages
A. Introduction	190
A. 1. Exposé du problème	190
A. 2. Détermination du poids d'huile analysé	192
A. 3. Relation entre la teneur en ppm et le diamètre des particules	192
A. 4. Détermination de l'écart-type relatif pour une distribution en nombre	195
B. Relation entre le diamètre des particules et les mesures de répétabilité	197
C. Détermination de la dimension des particules métalliques par filtration et dosage spectrographique	202
C. 1. Transformation des distributions en poids en distribution en nombre	202
C. 1-1. Généralités	202
C. 1-2. Diamètre fictif équivalent	203
C. 1-3. Nombre fictif équivalent de particules	204
C. 2. Description de la méthode de mesure	204
C. 3. Résultat des mesures	205
D. Conclusions	215

CHAPITRE VI

**DOMAINE D'ACTION DU CONTROLE SPECTROGRAPHIQUE
DES MOTEURS DIESEL ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES**

A. Cas accidentels	221
B. Usure normale du moteur	221
C. Influence du type de moteur	223
D. Application de l'analyse spectrographique aux études des équipements moteurs	224
D. 1. Etude des moteurs au banc	224
D. 2. Etude de la filtration de l'air et de l'huile	225
E. Conclusions générales	226

ANNEXE I

**RELATION ENTRE L'ÉCART-TYPE RELATIF ET LA DISTRIBUTION
DES PARTICULES ENTRE LES ÉPROUVETTES**

A. Généralités	229
B. Détermination de l'état le plus probable	230
C. Relation entre l'écart-type relatif et le nombre de particules	231

INTRODUCTION

Cette étude consacrée à la spectrographie des huiles de graissage des moteurs diesel n'est qu'un des multiples aspects de l'effort de modernisation entrepris par la S. N. C. B.

La substitution de la traction diesel à la traction vapeur sur une fraction importante du réseau doit s'accompagner d'une évolution des méthodes de réparation et d'entretien.

Le rôle des services de contrôle et d'investigation est très important étant donné que le personnel technique chargé de la conduite, de l'entretien et de la réparation des nouveaux engins est le même que celui qui était affecté à la traction vapeur.

Cette étude a pour but d'exposer une technique capable d'aider l'exploitant d'un parc de moteurs diesel dans sa politique d'entretien et de réparation, et le constructeur dans la mise au point lors des essais au banc.

Qu'il me soit permis de remercier ici Messieurs Devos, Directeur Général et A. Brouckaert, Directeur du Matériel et des Achats, qui m'ont autorisé et encouragé à poursuivre des travaux dont la synthèse est renfermée dans ces pages.

Je m'en voudrais de ne pas remercier également mon collaborateur, Monsieur Pierron, dont la compétence et la clairvoyance dans le domaine du graissage des moteurs diesel et de la spectrographie m'ont été d'un concours extrêmement précieux.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma reconnaissance à Monsieur le Professeur Ducarme, Directeur de la thèse, qui m'a guidé et encouragé au cours de l'élaboration de ce travail. MM. les Professeurs Danze et Leloup se sont spécialement intéressés à cette étude, qu'ils en soient remerciés bien sincèrement.