

**SOCIETE NATIONALE DES
CHEMINS DE FER BELGES**



SPECIFICATION TECHNIQUE

L - 44

HUILE POUR MOTEURS DIESEL

- Nouvelle version
Edition complètement révisée

EDITION : 12/2005



Index

1. INTRODUCTION.....	4
1.1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	4
1.2. DÉFINITIONS	4
1.3. DOCUMENTS APPLICABLES	4
2. QUALIFICATION	5
3. CARACTÉRISTIQUES	7
3.2. CONSTITUANTS	7
3.2.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel	7
3.2.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel	7
3.2. CARACTÉRISTIQUES DE FABRICATION	7
3.3. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES.....	7
3.3.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel	7
3.3.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel	8
3.4. CARACTÉRISTIQUES DE COMPORTEMENT ET DE PERFORMANCE	8
4. CONTRÔLES ET ESSAIS	9
4.1. ESSAIS DE TYPE.....	9
4.1.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel	9
4.1.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel	10
4.2. ESSAIS EN SERVICE	11
4.2.1. Critères des essais.....	11
4.2.2. Mise en route de l'essai.....	11
4.2.3. Surveillance des bains d'huile.....	11
4.2.4. Surveillance des moteurs.....	11
4.2.5. Inspection finale	12
4.3. EVALUATION FINALE	12
4.4. ESSAIS DE SÉRIE.....	13
4.4.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel	13
4.4.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel	14
5. ASSURANCE QUALITÉ.....	15
5.1. DOCUMENTS QUALITÉ.....	15
5.2. AUDIT QUALITÉ.....	15
6. LIVRAISON, CONDITIONNEMENT, MARQUAGE.....	16
6.1. HUILE MONOGRADE SAE 40 SANS ZINC POUR MOTEUR DIESEL	16
6.2. HUILE MULTIGRADE SAE 15W40 AVEC ZINC POUR MOTEUR DIESEL	16
7. GARANTIE	17
ANNEXE 1 - INSPECTION D'UN MOTEUR DIESEL.....	18



ANNEXE 2 : DESCRIPTION DES ESSAIS NON NORMALISÉS30

- 1. ESSAI DE CORROSION30
 - 1.1. *Procédure d'humidification*30
 - 1.2. *Description de l'essai de corrosion*30
- 2. ESSAI DE VIEILLISSEMENT31
- 3. ESSAI RULER SUR ANTIOXYDANTS31
- 4. ESSAI HP-DSC31
- 5. ANALYSE FTIR32
- 6. TENEUR EN MÉTAUX32
- 7. ANALYSE DES ADDITIFS PAR HPLC-MS32

1. Introduction

1.1. Objet et domaine d'application

La présente spécification remplace et annule la spécification technique L 44 (huile pour moteurs diesel, édition 2004).

La présente spécification concerne les huiles de lubrification pour les moteurs diesel pour l'ensemble du matériel ferroviaire roulant. Elle définit les conditions de qualification des fournisseurs, les critères de choix et les conditions de contrôle et d'utilisation des huiles.

Les huiles ne peuvent être fournies que par des fournisseurs qualifiés conformément aux prescriptions de la spécification technique Q_{SNCB} de la SNCB.

Les fournisseurs qualifiés pour la fourniture d'huile monograde SAE 40 sans zinc dans le cadre du système de qualification Q_{SNCB}, lié à la spécification technique L35, sont d'office qualifiés dans le cadre du système de qualification Q_{SNCB} lié à la présente spécification technique L44.

Lors de l'achat, la spécification technique L89 pour l'achat de substances et préparations dangereuses doit être suivie.

1.2. Définitions

- essais de type : essais réalisés sur un nouveau produit présenté pour qualification ;
- essais en service : essais réalisés (en grandeur réelle) avec un produit qui a été accepté lors des essais de type ;
- essais de série : essais réalisés sur un produit, à l'occasion des réceptions des fournitures ;
- échantillon type : échantillon qui a subi avec succès les essais de type et les essais en service.

1.3. Documents applicables

Spécification technique Q_{SNCB} – Qualification des fournisseurs.

Spécification technique L 89 – Produits et préparations dangereuses – classées de A à Z.

2. Qualification

Une qualification du fournisseur par la SNCB selon la spécification technique Q_{SNCB} (niveaux 1 et 2) est nécessaire

En vue de la qualification, au niveau 2, la firme fournira au bureau de la SNCB chargé de la gestion des qualifications dans les trois mois à dater de la demande de qualification les éléments suivants :

- tous les documents descriptifs et techniques du produit proposé ;
- la fiche de sécurité et de santé (fiche MSDS) (Codex titre V et AR du 11.02.93 avec ses modifications) ;
- les documents sont à envoyer par voie électronique au bureau B-AL 421, au laboratoire SNCB-Holding et au responsable technique des moteurs diesel SNCB - direction Matériel;
- la classification API et ACEA à laquelle l'huile proposée répond;
- le certificat de la classification API et /ou ACEA ;
- les références éventuelles d'autres réseaux ferroviaires (qualifications obtenues, quantités fournies, personnes à contacter,...) ;
- tous les résultats des essais de type ainsi que leurs protocoles réalisés par un laboratoire accrédité (selon ISO 17025) , afin d'établir la conformité du produit aux prescriptions techniques imposées.
- un exemplaire de chaque norme technique utilisée ou mentionnée (en néerlandais, en français ou en anglais);
- l'approbation de GM-EMD (USA) pour le package d'additifs et leur fournisseur pour l' huile monograde SAE 40 sans zinc;
- l'autorisation du constructeur pour les moteurs sous garantie (à fournir par le responsable technique des moteurs diesel SNCB - direction Matériel);
- s' il y a lieu, une liste détaillée des points pour lesquels le produit proposé diverge de la présente spécification technique;
- les documents qualité repris au point 5.1.;
- un échantillon de 5 litres sera fourni au laboratoire de la SNCB-Holding afin de réaliser les essais de type et un échantillon de 1 litre au laboratoire de la SNCB à Salzinnes (voir tableau 4.1);
- un litre d'huile de base et 200 ml du cocktail d'additifs sera fourni au laboratoire de la SNCB-Holding pour les essais de type.

Essais

- le laboratoire SNCB-Holding effectue les essais de type;
- si les résultats des essais de type sont satisfaisants, on commence les essais en service (sur les moteurs);
- un échantillon d'huile en service est envoyé régulièrement au laboratoire SNCB de Salzinnes (pt 4.2.3);
- un échantillon de l'huile en service est envoyé au laboratoire SNCB-Holding après une période d'essai en service de 6 mois.



Toute l'huile nécessaire à l'ensemble des essais (essais de type et essais en service) doit être fabriquée de façon industrielle (et non en laboratoire). La composition de l'huile proposée pour les essais de type et pour les essais en service doit être absolument identique, tant qualitativement que quantitativement.

Les frais de qualification sont à charge du candidat fournisseur. Ils comprennent notamment :

- les frais des essais de type (essais de laboratoire) ;
- les quantités d'huile nécessaire aux essais de type et aux essais en service (premier remplissage des carters pour l'essai en service - quantités à communiquer par le responsable technique des moteurs diesel SNCB – Direction du Matériel) ;
- tous les frais résultant de la remise en état du moteur en cas d'avaries dues à l'huile ;
- les frais de démontage éventuel des pièces de moteur suite à un résultat négatif d'une analyse d'huile.

Après examen des documents et obtention de résultats des essais de type satisfaisants, l'huile est soumise à un essai en service d'un an décrit au point 4.2.

Seulement dans le cas d'une évaluation finale positive (point 4.3), l'huile est qualifiée.

Toute modification qualitative et/ou quantitative de l'huile de base et/ou des additifs rend nécessaire une nouvelle qualification.



3. Caractéristiques

3.2. Constituants

3.2.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel

Huile pour moteur à base d'huile minérale.

Additifs : anti-oxydants, anti-corrosion, anti-usure dispersants, détergents, réducteurs du point d'écoulement, inhibiteurs de mousse, régulateurs de viscosité. extrême pression.

L'huile ne peut pas contenir des composants à base de zinc (concentration en zinc < 5 mg/kg).

L'huile doit être compatible avec les huiles pour moteur utilisées actuellement (à communiquer par le responsable technique des moteurs diesel SNCB, direction du Matériel).

3.2.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel

Huile pour moteur à base d'huile minérale.

Additifs : anti-oxydants, anti-corrosion, anti-usure dispersants, détergents, réducteurs du point d'écoulement, inhibiteurs de mousse, régulateurs de viscosité, extrême pression.

- soit classification API : minimum CH4 ;
- soit classification ACEA : minimum E5.

L'huile doit être compatible avec les huiles pour moteur utilisées actuellement (à communiquer par le responsable technique des moteurs diesel de la SNCB – Direction du Matériel).

3.2. Caractéristiques de fabrication

Le fournisseur doit disposer d'installations lui permettant d'assurer la constance de la qualité de ses fabrications. Il doit décrire le système de qualité suivi pour le contrôle des paramètres de la fabrication.

3.3. Caractéristiques physiques et chimiques

3.3.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel

- densité (15 °C) : 0.88 – 0.89 kg/l ;
- point d'éclair COC : min 234 °C ;
- viscosité cinématique à 100 °C : 12.5 – 16.3 mm²/s ;
- indice de viscosité : min 95 ;
- teneur en zinc : max 5 mg/kg;
- point d'écoulement : max -12 °C ;
- TBN : min 8.



3.3.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel

- densité (15 °C) : 0.88 – 0.89 kg/l ;
- point d' éclair COC : min 234 °C ;
- viscosité cinématique à 100 °C : 12.5 – 16.3 mm²/s ;
- indice de viscosité : min 135 ;
- point d'écoulement : max –12 °C.

3.4. Caractéristiques de comportement et de performance

Les additifs doivent être dispersés de façon homogène dans l'huile et doivent rester stables entre – 10 et + 120 °C.



4. Contrôles et essais

4.1. Essais de type

4.1.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel

Essais	Méthode	Unité	Résultat
masse volumique à 15 °C	ISO 12185	kg/l	0.880 – 0.890
viscosité à 40 °C	ISO 3104	mm ² /s	140 - 152
viscosité à 100 °C	ISO 3104	mm ² /s	12.5 – 16.3
indice de viscosité	ISO 2909		min 95
point éclair Cleveland	ISO 2592	°C	min 234
point éclair Pensky Martens	ISO 2719	°C	(1)
point d'inflammation	ISO 2592	°C	(1)
carbone résiduel	ISO 4262	% m/m	(1)
point d'écoulement	ISO 3016	°C	max - 12
TBN	ISO 3771	mg KOH/g	min 8
indice de neutralisation	ISO 6619	mg KOH/g	(1)
teneur en cendres	ISO 6245	% m /m	(1)
cendres sulfatées	ISO 3987	% m/m	(1)
pouvoir moussant	ISO 6247	cm ³ de mousse	0
essai de vieillissement	annexe 2		
essai DSC : diminution temp. max. oxydation	SNCB PT 33-20x	°C	max 9
essai Ruler : diminution % antioxydants résiduels	SNCB PT 32-075	%(m) relatif	max 10
spectre FTIR	SNCB PT 33-300		(1)
essai HPLC-MS	SNCB PT 33-7yz		(1)
essai de corrosion	annexe 2		(1)
teneur en métaux			
Ca	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
Mg	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
Ba	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
Zn	SNCB PT 23-502	mg/kg	max 5
autres	SNCB PT 23-502 SNCB PT 23-502 SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)

(1) : spécifique pour le produit à qualifier
x, y, z : en fonction du fournisseur de l'huile



4.1.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel

Essais	Méthode	Unité	Résultat
masse volumique à 15 °C	ISO 12185	kg/l	0.880 – 0.890
viscosité à 40 °C	ISO 3104	mm ² /s	(1)
viscosité à 100 °C	ISO 3104	mm ² /s	12.5 – 16.3
indice de viscosité	ISO 2909		min 135
point éclair Cleveland	ISO 2592	°C	min 234
point éclair Pensky Martens	ISO 2719	°C	(1)
point d'inflammation	ISO 2592	°C	(1)
carbone résiduel	ISO 4262	% m/m	(1)
point d'écoulement	ISO 3016	°C	max - 12
TBN	ISO 3771	mg KOH/g	(1)
indice de neutralisation	ISO 6619	mg KOH/g	(1)
teneur en cendres	ISO 6245	% m /m	(1)
cendres sulfatées	ISO 3987	% m/m	(1)
pouvoir moussant	ISO 6247	cm ³ de mousse	0
essai de vieillissement	annexe 2		
essai DSC : diminution temp. max. oxydation	SNCB PT 33-20x	°C	max 6
essai Ruler : diminution % antioxydants résiduels	SNCB PT 32-075	%(m) relatif	max 35
spectre FTIR	SNCB PT 33-300		(1)
essai HPLC-MS	SNCB PT 33-7yz		(1)
essai de corrosion	annexe 2		(1)
teneur en métaux			
Ca	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
Mg	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
Ba	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
Zn	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
autres	SNCB PT 23-502	mg/kg	(1)
	SNCB PT 23-502		
	SNCB PT 23-502		

(1) : spécifique pour le produit à qualifier
x, y, z : en fonction du fournisseur de l'huile



4.2. Essais en service

4.2.1. Critères des essais

tenue du bain d'huile ;
propreté et état d'usure des pièces moteurs.

4.2.2. Mise en route de l'essai

Les essais ont lieu sur un certain nombre de moteurs dans un ou plusieurs ateliers.
Avant les essais, le moteur est vidangé complètement (carter du filtre fin compris).

4.2.3. Surveillance des bains d'huile

échantillons à prélever par la SNCB :

- 1 pour le laboratoire SNCB à Salzinnes ;
- 1 pour le laboratoire SNCB Holding à Schaerbeek ;
- 1 pour le laboratoire de la firme pétrolière.

Le premier échantillon est prélevé après 30 min de marche du moteur au ralenti à vide.

Périodicité des prises d'échantillons : selon les prescriptions SNCB en vigueur (maximum 20 jours).

Analyses effectuées par laboratoire SNCB à Salzinnes à chaque échantillonnage : viscosité, analyse des métaux par ICP, teneur en eau, TBN, matières carbonneuses (photomètre IFP) ;

analyses effectuées par le laboratoire SNCB Holding à Schaerbeek après une période d'essai de 6 mois et à la fin des essais en service : test Ruler et test DSC ;

analyses effectuées par le laboratoire de la firme pétrolière : la liste des contrôles effectués et les résultats des analyses doivent être communiqués au responsable technique pour les moteurs diesel (SNCB, direction du Matériel).

4.2.4. Surveillance des moteurs

A la suite des informations reçues :

- observations en service et lors des travaux d'entretien ;
- analyses du laboratoire SNCB et SNCB-Holding
- analyses éventuelles du laboratoire de la firme pétrolière ;



les décisions nécessaires, basées sur les éléments précédents, sont prises par le responsable technique pour les moteurs diesel (SNCB, Direction Matériel); elles peuvent consister en :

- remplacer les bains d'huile (uniquement dans le cas d'une dilution de l'huile ou une autre contamination);
- faire l'inspection de certains organes moteurs facilement accessibles (avec rapport pour la firme pétrolière) ;
- organiser une inspection intermédiaire, avec démontage de certains organes moteurs (en présence de la firme pétrolière) ;
- arrêter l'essai avec démontage de tous les organes moteurs afin d'évaluer les dégâts (en présence de la firme pétrolière).

4.2.5. Inspection finale

Si, pendant la période d'essai, aucune anomalie n'a été constatée, le démontage et l'inspection du moteur (des moteurs) ne sont pas nécessaires; sinon, ils sont effectués en présence d'un représentant de la firme pétrolière.

Les pistons, culasses, culbuterie, chemises de cylindre, coussinets... sont démontés, inspectés et cotés suivant la procédure reprise en annexe 1.

Cette inspection est réalisée par le responsable technique pour les moteurs diesel (Direction Matériel) de la SNCB et en collaboration avec le personnel du constructeur pour les moteurs sous garantie.

Les frais de démontage et d'inspection exécutés par la SNCB sont à charge du fournisseur de l'huile avec un plafond de €3400 par moteur diesel.

4.3. Evaluation finale

Quand tous les résultats des essais de type et les essais en service sont disponibles, ils sont évalués dans le groupe de travail « lubrifiants » de la SNCB.

En cas d'un avis favorable, le bureau B-AL 421 de la SNCB est averti et le fournisseur est qualifié pour l'huile moteur en question.



4.4. Essais de série

4.4.1. Huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel

Essais	Méthode	Unité	Résultat
viscosité à 40 °C	ISO 3104	mm ² /s	140 - 152
viscosité à 100 °C	ISO 3104	mm ² /s	12.5 – 16.3
indice de viscosité	ISO 2909		min 95
point d'écoulement	ISO 3016	°C	max - 12
pouvoir moussant	ISO 6247	cm ³ de mousse	0
essai de vieillissement essai DSC : diminution temp. max. oxydation essai Ruler : diminution % antioxydants résiduels	annexe 2 SNCB PT 33- 20x SNCB PT 32- 075	°C %(m) relatif	max 9 max 10
spectre FTIR	SNCB PT 33- 300		conforme à l' échantillon type
essai HPLC-MS	SNCB PT 33- 7yz		conforme à l' échantillon type
essai de corrosion	annexe 2		conforme à l' échantillon type
teneur en métaux Ca Mg Ba Zn autres	 SNCB PT 23- 502 SNCB PT 23- 502 SNCB PT 23- 502 SNCB PT 23- 502 SNCB PT 23- 502	 mg/kg mg/kg mg/kg mg/kg mg/kg	 conforme à l' échantillon type conforme à l' échantillon type conforme à l' échantillon type max 5 conforme à l' échantillon type

x, y, z : en fonction du fournisseur de l' huile



4.4.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel

Essais	Méthode	Unité	Résultat
viscosité à 40 °C	ISO 3104	mm ² /s	conforme à l' échantillon type
viscosité à 100 °C	ISO 3104	mm ² /s	12.5 – 16.3
indice de viscosité	ISO 2909		min 135
point d'écoulement	ISO 3016	°C	conforme à l' échantillon type
pouvoir moussant	ISO 6247	cm ³ de mousse	0
essai de vieillissement essai DSC : diminution temp. max. oxydation essai Ruler : diminution % antioxydants résiduels	annexe 2 SNCB PT 33- 20x SNCB PT 32- 075	°C %(m) relatif	max 6 max 35
spectre FTIR	SNCB PT 33- 300		conforme à l' échantillon type
essai HPLC-MS	SNCB PT 33- 7yz		conforme à l' échantillon type
essai de corrosion	annexe 2		conforme à l' échantillon type
teneur en métaux			
Ca	SNCB PT 23- 502	mg/kg	conforme à l' échantillon type
Mg	SNCB PT 23- 502	mg/kg	conforme à l' échantillon type
Ba	SNCB PT 23- 502	mg/kg	conforme à l' échantillon type
Zn	SNCB PT 23- 502	mg/kg	conforme à l' échantillon type
autres	SNCB PT 23- 502	mg/kg	conforme à l' échantillon type

x, y, z en fonction du fournisseur de l' huile.



5. Assurance Qualité

5.1. Documents qualité

Les documents tels que le manuel qualité, les certificats de conformité, le plan qualité comprenant le plan de contrôle, les documents d'enregistrement particuliers des auto-contrôles etc... doivent être fournis au bureau de la SNCB chargé de la gestion des qualifications (voir point 2 ci-avant).

5.2. Audit Qualité

Un audit qualité du système complet ou de domaines déterminés peut être rendu obligatoire par la SNCB.

Cet audit peut être unique, lors de la qualification, et/ou avec une certaine périodicité (périodes liées ou non aux fournitures).



6. Livraison, conditionnement, marquage

6.1. huile monograde SAE 40 sans zinc pour moteur diesel

Les huiles sont fournies en fûts de 205-210 l ; ces fûts sont soit perdus, soit prêtés et repris gratuitement aux lieux de livraison après vidange. Sur les couvercles des fûts doivent figurer les inscriptions suivantes :

- la mention : PRETE/GELEEND (fûts repris) ou PERDU/VERLOREN (fûts perdus) selon le cas ;
- le nom commercial ;
- le numéro de nomenclature SNCB : 000.63.049 ;
- la dénomination :
HUILE MONOGRADE SAE40 SANS ZINC POUR MOTEURS DIESEL
ZINKVRIJE MONOGRAD OLIE SAE40 VOOR DIESELMOTOREN
- l'indication du lot de fabrication ;
- un disque bleu avec un diamètre de 10 cm.

Les fûts doivent être stockés à l'abri des intempéries ; en cas d'impossibilité, une protection contre la pluie est obligatoire.

6.2. Huile multigrade SAE 15W40 avec zinc pour moteur diesel

Les huiles sont fournies en vrac ou en fûts de 205-210 l ; ces fûts sont soit perdus, soit prêtés et repris gratuitement aux lieux de livraison après vidange. Sur les couvercles des fûts doivent figurer les inscriptions suivantes :

- la mention : PRETE/GELEEND (fûts repris) ou PERDU/VERLOREN (fûts perdus) ;
- le numéro de nomenclature SNCB : 000.63.054 ;
- le nom commercial ;
- la dénomination :
HUILE MULTIGRADE 15W40 AVEC ZINC POUR MOTEURS DIESEL
ZINKHOUDENDE MULTIGRAAD OLIE 15W40 VOOR DIESELMOTOREN;
- l'indication du lot de fabrication.

Les fûts doivent être stockés à l'abri des intempéries ; en cas d'impossibilité, une protection contre la pluie est obligatoire.



7. Garantie

Après un stockage pendant 12 mois, à compter de la date de livraison, dans les récipients demeurés clos, à une température comprise entre – 5 et + 30 °C dans les conditions définies dans le point 6, les huiles doivent conserver toutes les caractéristiques exigées par la présente spécification.



Annexe 1 - Inspection d'un moteur diesel

A1 : Culbuterie		Définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7.5	9	10
01	dépôt sur couvercle de culbuteurs	couverts 100 % boues important.	couverts 100 % boues modérées	couvert à 50 %	couvert à 25 %	couvert à 10 %	propre
02	dépôt sur rampe de graissage						
03	état des galets poussoirs FS	écaillage ou grippage général	écaillage local peu important	lignes et rayages généralisées	lignes + quelques raies	poli avec lignes	poli
04	état des tiges poussoirs FH	écaillage ou grippage	-	lignes et raies	-	poli avec lignes ou mat	poli
05	plateaux presse-ressorts R-FH	rayés et usés	-	rayés légèrement	lignés	-	poli
06	ressorts R-FH	brisés	avachis ou fléchis	-	portée de spire rayée	-	normal
07	vis de réglage R-FH	écaillage ou grippage	-	lignes + raies	-	poli avec lignes ou mat	normal
08	clefs de soupape R-FH	brisées	battage	léger battage	-	-	normal



A1 : Culbuterie		Définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7.5	9	10
09							
10	soupapes – gommage	ne peut être déplacée	-	se déplace par forte poussée	-	se déplace par légère poussée du doigt	retombe par son poids
11	dépôt sur tête	dépôt sec ou gras et impact piston	dépôt gras important > 1 mm	dépôt sec important > 1 mm	dépôt gras < 1 mm	dépôt sec < 1 mm	voile
12	dépôt collet sous la tête	jusqu'au guide	> 2 mm	0.5 – 2 mm	0.2 – 0.5 mm	voile	propre
13	dépôt sur tige	dépôt sur > 75 %	dépôt sur 50 – 75 %	dépôt sur 25 – 50 %	dépôt sur 10 – 25 %	dépôt sur < 10 %	rien
14	état mécanique de la tige F	grippage + échauffement	rayage général	rayage local	lignes + quelques raies	lignes	poli



A2 : Culbuterie		Définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7,5	9	10
15	dépôt sur siège de soupape G	dépôt important mauvaise portée + traces repassement	portée de 50-25 % ailleurs : dépôt	portée de 75 – 50 % ailleurs : dépôt	portée de 100 – 75 % ailleurs : dépôt	vernis mince sur 100 %	portée sur 100 %
16	état mécanique du siège R	brisé ou fissuré	défoncé fortement	défoncé	marques nombreuses	quelques marques	rien
17	état mécanique du bout de tige FS	défoncement important – pas de rotation	défoncement important et rotation	défoncement léger	traces de non rotation	lignes circulaires	poli avec traces de rotation
18	CULASSES						
19	dépôt sur portée de siège de soupape	idem N° 15					
20	état de portée de siège de soupape R	idem N° 16					
21	état des guides de soupape FH	idem N° 17					
22	état de la portée pour joint FH	brûlé	soufflage important	soufflage léger	coups dans siège	-	correct
23	état de joint de culasse FS	idem					



A2 : Culbuterie		Définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7,5	9	10
24	dépôt dans la chambre de combustion -	épais + traces d'eau	épais et gras généralisé	épais et sec, généralisé	modéré	faible	voile
25	dépôt dans conduit d'admission -	épais + traces d'eau	épais et gras	épais et sec	modéré	voile gras	voile sec
26	dépôt dans conduit d'échappement -	idem N° 25					



A3 : Pistons			Définition de l'importance des événements					
			0	2	5	7.5	9	10
27	segment - liberté	-	gommé, calé, ne porte pas	-	pincé, calé, porte	-	paresseux	libre
28	fente des racleurs	R - FH	obstruée à 100 %	à 75 %	à 50 %	à 25 %	à 10 %	propre
29	carbone sur face arrière	FH	dépôt épais à 100 %	dépôt épais à 50 %	dépôt mince à 100 %	dépôt mince à 50 %	traces	rien
30	carbone sur face supérieure	FH	dépôt important bloquant	métal invisible entrave liberté	métal invisible totalement	métal invisible localement	voile	propre
31	carbone sur face inférieure	FH	idem					
32	tranchant arête	FH	coupe l'ongle	-	griffe l'ongle	-	léger	sans tranchant
33	état de la portée	FS	plages soudures assez profondes	soudures superficielles	raies concentrées	raies isolées	quelques lignes	rien
34	portée du segment conique (usure)	FS	100 % de H	75 % de H	50 % de H	25 % de H	10 % de H	moins de 10 %
35	portée des segments GM en ferrox.(usure)	FS	ferrox disparu	-	ferrox en cours de disparition	-	-	ferrox complètement visible
36	portée des segments GM chromés (usure)	FS	fonte toute visible	fonte visible partiellement	chromage uni	rayures dans chrome très petites	-	comme neuf
37								



A3 : Pistons		Définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7.5	9	10
38	piston carbone jupe FH	couche lisse importante	-	important marbré	-	traces de faible épaisseur	rien
39	carbone cordon FH	idem 38					
40	carbone gorge FH	dépôt important général	dépôt important partiel	dépôt mince général	dépôt mince partiel	le métal est voilé	rien



A4 Pistons (suite)		Définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7.5	9	10
41	carbone couronne FH	épais généralisé	épais sur > 75 %	épais local	moyen	léger	rien
42	verniss sur cordons FH	idem N° 41					
43	dépôt fond de piston -	carbone continu	verniss noir traces carbone	verniss noir	verniss moyen	verniss léger	rien
44	piston : dépôt sur tête -	épais + traces d'eau	épais gras généralisé	épais sec généralisé	modéré	faible	voile
45	état mécanique de la jupe FH	plages soudures assez profondes	soudures ou arrachement superficiel	raies concentrées	raies isolées	lignes	rien
46	état mécanique de la couronne G	rayures avec arrachement dans masse métall.	-	raies légères dans le métal	-	raies dans dépôt de carbone	rien
47	face d'appui du piston FS	traces grippage et échauffement	écaillage et enlèvement matière	raies avec transfert de bronze	quelques raies circulaires sans transfert	lignes circulaires	correct
48	porte-piston portée pour plaque d'appui FS	idem N° 47					
49	portée pour axe en Ag FS	transfert matière	raies généralisées	plages mates + raies légères	plage mate + lignes	petite plage mate	correct
50	portée pour insert FS	battue fortement	grippage de contact	raies nombreuses	raies isolées	lignes	correct
51	plaque d'appui en bronze pour moteur EMD FS	idem N° 47					



A5 Axe de piston CYL		définition de l'importance des événements					
		0	2	5	7.5	9	10
54	Axe Ag ou insert a) état mécanique FS	grippage + transfert	fluage d'argent important	fluage d'argent léger	quelques lignes locales	-	rien
55	Axe Ag ou insert b) aspect	complètement blanc	taches blanches	tache blanche sur partie de lame	flash Pb compl. enlevé	flash Pb part. enlevé	flash Pb intact
56	Axe Ag ou insert c) corrosion	sur lames 1.2.3.4 1'.2'.3'.4' + dégât mécan.	sur lames 1.2.3.4 et 1'.2'.3'.4'	sur lames 2.3.4 et 2'.3'.4'	sur lames 3.4 et 3'.4'	lames ext. 3 ou 4 à 100 % 3' ou 4'	légères – de 50 % de la surface de dégagement
57	buselure en bronze FS	grippage important	-	raies nombreuses	raies éparses	lignes	rien
58	axe en Ag portée fixe FS	battage important	défoncé + déformat. import.	défoncé + légère déformation	léger défoncement	-	-
59	insert portée fixe FS	idem					
60	axe en acier face frottante FS	raies et transfert	raies profondes	dépoli avec raies légères	dépoli avec lignes	poli avec lignes légères	poli spéculaire
61	cylindre : carbone sur couronne au dessus PMH FS – G	épais généralisé	épais sur > 75 %	épais local	moyen	léger	rien
62	verniss sur couronne G	100 % de surface	75 % de surface	50 % de surface	25 % de surface	10 % de surface	rien



A5 Axe de piston CYL			définition de l'importance des événements					
			0	2	5	7.5	9	10
63	diamètre intérieur – état mécanique	FS	plages soudées locales	petites plages microsoudures	raies avec léger transfert	raies isolées	lignes	rien
64	relais d'usure	FS	très important	-	sensible	-	léger	rien
65	obstruction des lumières	G	100 %	75 %	50 %	25 %	10 %	rien
66	face d'appui sur bâti	FS	traces de fuites d'eau	-	battue	-	-	correct
67	siège pour joint de culasse	FS	brûlé	soufflage import.	soufflage léger	-	-	correct
68	jupe au dessus des O-rings	FS	corros.cavités importantes et profondes	corros. cavités plages import.	piqûres corros. cavités légères raies	corros. moyenne oxyd. importante	légère corrosion + dépôt d'oxyde	rien ou voile d'oxyde
69	cordons entre O-rings	FS	grippage déplac. matière passage d'eau	grippage + déplac. matière	grippage de contact léger	pas d'altération traces eau + oxydes	quelques traces de fretting	correct
70	O-rings	FS	brisés	dessus pâteux	non étanches	léger suintement d'eau	petite plage mate	correct



A6 Coussinets - vilebrequin			définition de l'importance des événements					
			0	2	5	7.5	9	10
71	bielle : face d'appui de l'axe GM	FS	axe lâché	fretting important	-	léger fretting	léger marquage	rien
72	logement du coussinet et dos de coussinet ou de bague	FS	battue fortement	grippage de contact important	grippage de contact léger	portée intégrale	-	normal
73	portée de coussinet en de bague	FS	transfert avec échauffement	transfert localisé	lignes et raies généralisées	sur Cu Pb + lignes	sur Cu Pb ≈ 10 % surface	correct
74	vilebrequin (tourillons, manetons)	FS	échauffement écaillage fissure	raies profondes	raies généralisées profondes	quelques raies	lignes	correct
75	Organes auxiliaires	FS						
76	arbre à cames	FS	échauffement écaillage fissure	raies profondes	raies généralisées profondes	quelques raies	lignes	correct
77	coussinets arbre à cames	FS	transfert avec échauffement	transfert localisé	lignes et raies généralisées	sur Cu Pb lignes	sur Cu Pb < 10 % surface	correct
78	engrenages : diverses dentures	FH	transfert de matière	pitting – rayage généralisé	fretting	lignes et raies éparses	quelques lignes	rien
79	chaînes de Cde diverses	FS	plusieurs galets brisés	1 galet brisé	écaillage ou forte usure	lignes et raies	galets : lignes et légère usure	rien
80	dépôt sur filtre michiana	E/3 H	boues colmatantes	boues importantes	boues légères	carbone léger	voile de carbone (huile sur doigt)	léger voile



A6 Coussinets - vilebrequin			définition de l'importance des événements					
			0	2	5	7.5	9	10
81	dépôt sur filtre crépine	E/3 H	fortement encrassé	encrassé à 75 %	encrassé à 50 %	encrassé à 25 %	encrassé à 10 %	léger voile
82	dépôt dans le carter	-	boues généralisées importantes	boues généralisées	boues locales	métal à 100 % invisible	visible localement ou voile	métal visible à 100 %



E/nH	Egouttage pendant n heures
R	rinçage bains de pétrole ou gasoil avec agitation
FH	essuyage à frottement doux avec chiffon imbibé de gasoil ou pétrole
FS	essuyage à frottement doux avec chiffon doux et sec
G	grattage avec outil en cuivre ou gommage si le métal est tendre (couche mince des coussinets)
R	rodage léger (à sec sans apport de produit) de surfaces apparentes

ANNEXE 2 : Description des essais non normalisés

1. Essai de corrosion

1.1. Procédure d'humidification

L'huile humidifiée est obtenue par agitation pendant 1 minute, dans un bêcher de 250 ml parfaitement propre, d'un mélange de 99 ml d'huile et de 1 ml d'eau distillée, au moyen d'un agitateur à palettes tournant à 2600 ± 100 tours/min en charge.

Les dimensions du bêcher de 250 ml sont de 65 mm de diamètre et de 90 mm de hauteur.

L'huile et l'eau servant à l'essai sont amenées préalablement et séparément à la température de 80 °C en étuve.

L'eau est versée dans l'huile avant agitation.

Après agitation, on laisse reposer à l'étuve le mélange pendant 15 h à 80 °C avant de prélever au moyen d'une pipette, 50 ml d'huile humidifiée.

La teneur en eau sera inférieure à 0,6 % (en volume) suivant la NBN T 52 062

1.2. Description de l'essai de corrosion

On utilise des béchers de 250 ml identiques à ceux utilisés lors de l'humidification.

Dans l'un, on introduit 70 ml d'huile vierge et dans l'autre, 70 ml d'huile humidifiée préparée suivant procédure décrite ci-dessus.

Les 2 béchers contenant les huiles vierge et humidifiée sont portés préalablement à 120 °C à l'étuve.

Des éprouvettes polies cylindriques (diam 8 ± 1 mm , longueur 120 mm) en cuivre, aluminium, duraluminium, plomb, acier C15 et argent sont immergées dans ces huiles maintenues à l'étuve à 120 °C pendant 100 heures.

Les huiles vierges et humidifiées sont soumises enfin à une analyse spectrométrique (ICP).



2. Essai de vieillissement

Essai de vieillissement dérivé de la norme ASTM D 2070

Un bécher de 250 ml est placé dans un bloc en aluminium avec un alésage.

Dimensions du bloc en aluminium : diamètre 120 mm, hauteur : 90 mm.

Dimensions de l'alésage : diamètre 77 mm; profondeur : 70 mm.

Dans le bécher on introduit 200 ml d'huile et deux éprouvettes avec les caractéristiques suivantes :

- cuivre électrolytique 99.9 %, diamètre 6.35 mm ; longueur 76 mm;
- acier Aisi-W1 (1% C), diamètre 6.35 mm ; longueur 76 mm.

L'ensemble est placé dans une étuve à 135 ± 1 °C.

Durée du vieillissement :

- 168 heures (huile SAE 40 sans Zn) ;
- 72 heures (huile SAE 15W40 avec Zn).

Essais effectués sur l'huile avant et après le vieillissement :

- l'essai Ruler (PT SNCB 32075) ;
- DSC (TP SNCB 3320x).

3. Essai Ruler sur antioxydants

Dans un vial, l'huile est mélangée avec un électrolyte, un solvant et un substrat solide (sable).

L'huile est adsorbée par le substrat et les antioxydants sont dissous.

Une sonde de mesure électrolytique est introduite dans le vial. Entre les deux électrodes de la sonde, une tension croissante est appliquée et le courant électrique entre les électrodes est mesurée. (voltammétrie cyclique). A une certaine tension (typique pour l'antioxydant en question), les antioxydants sont oxydés électrochimiquement ; le pic de courant correspondant est proportionnel à la concentration de l'antioxydant.

La méthode est relative : une huile inconnue est comparée à une huile de référence (échantillon type).

4. Essai HP-DSC

Essai HP- DSC: High pressure differential scanning calorimetry.

L'essai HP - DSC consiste à évaluer la résistance à l'oxydation (40 bar O₂ et balayage de 100ml/min), sous programmation contrôlée de température, de l'huile complète neuve ou vieillie. L'huile neuve est testée telle quelle, l'huile vieillie doit être filtrée afin d'en éliminer les particules d'usure.

L'essai HP-DSC fournit plusieurs informations intéressantes notamment sur la qualité de l'huile de base et le taux global résiduel en agents antioxydants.

5. Analyse FTIR

Analyse FTIR = Fourier transform infrared spectrometry

L'analyse FTIR consiste à placer une certaine quantité d'huile dans une cellule à liquide de quelque 50 μm d'épaisseur et de relever un spectre d'absorbance dans le domaine IR entre 4000 et 600 cm^{-1} .

Ce spectre peut servir de carte d'identité globale de l'huile et donner des informations sur la nature de l'huile de base et de certains additifs présents, du moins lorsque ceux-ci sont à des concentrations dépassant les 1 à 2% en poids (variable en fonction du coefficient d'absorption molaire propre).

6. Teneur en métaux

Minéralisation d'environ 300 mg d'huile dans un four à micro-ondes (en récipients PFA fermés), à l'aide d'acide nitrique concentré et d'eau oxygénée.

Dosage des métaux par spectrométrie d'émission (ICP-OES) ou par spectrométrie d'absorption atomique de flamme (FAAS).

7. Analyse des additifs par HPLC-MS

Préparation des échantillons : les constituants apolaires (huile minérale) sont séparés des constituants polaires (additifs) par une extraction SPE.

Le mélange polaire contenant les additifs est injecté dans un HPLC (chromatographe liquide haute pression). Un spectromètre de masse est utilisé comme détecteur. Cette technique permet de déterminer la nature et la concentration de certains additifs.