

EDFElectricité
de France

Direction de l'Equipement

Service Etudes et Projets
Thermiques et Nucléaires

le : 20 Juillet 1988

Réf.: E.N.M/MA 88.063 A
CMQ/YF

Département : M A T E R I E L S

Rédacteur(s) : C. MORZELLE

Nbre de pages : 10

Type de tranches(s) concernée(s) : REP 900 MW

Nbre d'annexes :

Titre : DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ)
GROUPES ELECTROGENES DIESEL

E N M MA / 88 063 A

GPE

1429P 640 9998

Type de document : NOTE TECHNIQUE

Domaine (mots-clés) :

Résumé :

Cette note fait la synthèse des essais et analyses qui permettent de conclure à la qualification des groupes électrogènes diesel du palier REP 900 MW.

Archivage au FTE : OUI

COPYRIGHT EDF EQT 1988

Accessibilité : RESTREINTE - Document ne pouvant sortir de la Direction de l'Equipement sans lettre ou bordereau d'envoi du Service émetteur.

PALTER : CENTRALE :		TRANCHE : REP 900 MW		FICHE DE CONTROLE ET DE DIFFUSION					
I	HT/E/N/M/MA 88.063 A - DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL - 10 pages								
Document important pour la sûreté :		OUI	☒	NON	☐				
Document concernant la disponibilité :		OUI	☐	NON	☐				
Document HPIC :		OUI	☐	NON	☐				
Vérification demandée :		Par E.D.F.	☐	"En ligne"	☐	En cours	☐		
Indépendante :		OUI	☐	NON	☐	Hors E.D.F.	☐		
Responsable vérification (Nom, Service/Société) :									
Prédiffusion formalisée :		OUI	☐	NON	☒	Après de :			
V	INDICE DE LA NOTE	REDACTEUR		VERIFICATEUR		CHEF DE DIVISION		CHEF DE DEPARTEMENT	
		nom-visa	date	nom-visa	date	nom-visa	date	nom-visa	date
	Indice A	C. MORZELLE	18/7/88			JF. DUBOIS	15/2/88	L. VALIBUS	19/07/88
	Indice B								
	Indice C								
	Indice D								
Indice E									
Note transmise au "Contrôle externe" :		OUI	☐	NON	☒				
Par :		Date d'envoi :							
DIFFUSION									
Systématique					Complémentaire				
Direction					REAM : Monsieur MERAT				
Dpt Systèmes et installation					SPT Messine : MM LARUE				
Dpt Matériels					JEANNIN				
Dpt Théorie					OLIVIER				
Chef de projet concerné					dont SEPTEN				
Chef de division rédactrice									
Ingénieur rédacteur									
Division GT : bureau courrier									
: documentation									
Division Sûreté Nucléaire									
(si note concerne la sûreté)									

EDF
SEPTENNOTE D'ETUDE
E.N.M./MA 88.UBJIndice
APage
3/10

DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

S O M M A I R E

	Pages
I - <u>EXPERIENCE INDUSTRIELLE DU CONSTRUCTEUR</u>	4
1.1 - <u>Hors du domaine nucléaire</u>	4
1.2 - <u>Dans le domaine nucléaire</u>	4
II - <u>DOCUMENT DE REFERENCE</u>	5
III - <u>ACTIONS DE QUALIFICATION</u>	5
3.1 - <u>Qualification sismique</u>	5
3.2 - <u>Qualification fonctionnelle</u>	6
3.2.1 - <u>Essai de 100 démarrages, pratique à Nîmèges (NRA)</u>	6
3.2.2 - <u>Essais d'endurance pratiqués en 1977 et 1978 à Gennevilliers</u> <u>sur groupe UD 45 AGD V 20</u>	6
3.2.3 - <u>Essai de 1500 démarrages pratiqué à Cruas</u>	7
IV - <u>QUALIFICATION DE COMPOSANTS SENSIBLES</u>	8
4.1 - <u>Bielles</u>	8
4.2 - <u>Segments</u>	8
4.2.1 - <u>Choix d'un combustible à haut indice de cétane</u>	8
4.2.2 - <u>Qualification d'une huile à long pouvoir d'accrochage</u>	8
V - <u>FABRICATION EN USINE</u>	9

EDF
SEPTENNOTE D'ETUDE
E.N.M./MA 88.063Indice
APage
4/10

DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

Le présent Dossier de Suivi de Qualification, DSQ, s'applique aux groupes électrogènes diesel de tranche des paliers 900 MW CP1 et CP2 et à l'ensemble de leurs auxiliaires électriques et mécaniques.

Par extension, il s'applique aux matériels suivants :

- Groupes d'Ultime Secours (à moteur diesel) des tranches CP1 - CP2 qui, en raison de leur date plus récente d'installation, présentent, par rapport aux groupes de tranches quelques "modifications inévitables, mais de faible importance", au sens de la note E SE MA 87 044 A : "Procédure de constitution et de gestion des dossiers de référence des matériels mécaniques : pompes, turbines, diesels".
- Groupes diesel de tranche de Bugey et Fessenheim

Les moteurs diesel de ces centrales sont des UD 45 - V 16 (AGO V 16) de SACM, alors que ceux du CP1-CP2 sont des UD 45 - V 20 ; du fait qu'ils ont 4 cylindres de moins, leurs vilebrequins, arbres à cames et bâtis sont plus courts mais géométriquement semblables ; leurs alternateurs sont moins puissants ; tout le reste du matériel est identique et a bénéficié de l'ensemble des améliorations apportées aux moteurs AGO V 20.

Le matériel auxiliaire électrique est voisin de celui du CP1 - CP2 et est installé par le même sous-traitant de SACM : Hennequin.

1. EXPERIENCE INDUSTRIELLE DU CONSTRUCTEUR

1.1 - Hors du domaine nucléaire

Antérieurement à leur utilisation dans le domaine nucléaire, les moteurs UD 45 ont été largement employés en traction ferroviaire.

- En version V 16, ces moteurs équipent les locomotives SNCF de la série 72 000 (91 locomotives, une centaine de moteurs).
- En version V 12, ils équipent les locomotives de la série 63 500 (26 locomotives).

Dans ce type d'application, ces moteurs supportent 800 000 km entre deux révisions générales.

- Diverses versions de ces moteurs équipent depuis longtemps des centrales de production d'énergie.

1.2 - Dans le domaine nucléaire

En dehors d'EDF, de nombreuses sociétés ont adopté les moteurs UD 45 pour leurs centrales nucléaires. Ces moteurs existent donc en RFA, Suisse, Hollande, Finlande, Suède, Espagne, Belgique, Corée du Sud ; la Chine va en installer et les Etats-Unis, considérant que SACM est pratiquement le constructeur ayant la plus grande expérience mondiale en centrales nucléaires, s'intéressent à ses fabrications. Les utilisateurs européens sont groupés en une "Société des Utilisateurs des groupes diesel SACM", qui se réunit tous les 18 mois pour échanger le retour d'expérience.

./...



DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

II - DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents de référence sont :

- le CST 76 C 007-00 Edition Septembre 1975 "Groupes électrogènes de secours d'une puissance nominale de 4 MW pour les centrales nucléaires".

Ce document contient les directives pour l'établissement d'un Dossier d'Identification (DI) du matériel.

- le DI lui-même, daté du 13/07/77 et mis à jour le 16/02/82 est disponible au SEPTEN et à la REAM.

III - ACTIONS DE QUALIFICATION

Les actions de qualification ont été menées dans deux directions :

- Qualification sismique : elle est destinée à vérifier la capacité du matériel à résister au séisme, à fonctionner pendant un séisme et à continuer à fonctionner après un séisme.
- Qualification fonctionnelle

Les actions de qualification fonctionnelles ont pour but :

- de vérifier l'aptitude du matériel à démarrer dans le temps requis de 10" et à prendre la charge en une minute environ ;
- de vérifier l'aptitude du matériel à subir de nombreux cycles de démarrages et prises de charge avec de courts temps à pleine charge ;
- de vérifier son aptitude à des fonctionnements de plusieurs centaines d'heures à pleine puissance ;
- de vérifier que les modifications apportées ont résolu les problèmes de jeunesse constatés sur les matériels.

3.1 - Qualification sismique

La qualification sismique concerne les groupes diesel-alternateur de tranche et tous leurs auxiliaires mécaniques et électriques à l'exception des installations de préparation d'air comprimé de démarrage et des cheminées. Par contre, les dispositifs de stockage d'air comprimé sont qualifiés et les cheminées possèdent à leur base un disque de rupture qui, en cas de ruine de la cheminée avec obstruction du conduit, éclaterait et permettrait le fonctionnement du moteur diesel.

Tous les matériels dont la masse et les dimensions permettaient le passage sur table vibrante à la SOPEMEA ont subi une qualification directe, 2 spectres étant pris en compte : le spectre TRICASTIN, plus contraignant, et le spectre des 8 autres sites où sont implantées des tranches REP 900 MW.

Les autres matériels et les réseaux de tuyauteries ont été qualifiés par le calcul.

./...

 EDF SEPTEN	NOTE D'ETUDE E.N.M./MA 88.063	Indice A	Page 6/10
DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL			

L'ensemble des dossiers relatifs à la qualification sismique se trouve à la Région d'Equipeement Alpes Marseille à la charge du Service Electricité.

Les calculs de qualification ne peuvent pas avoir la cohérence mathématique qu'on est en droit d'attendre sur les paliers plus récents. En effet, le moteur UD 45 n'a pas été modélisé à sa conception et ses pièces principales ont fait l'objet de calculs de simple résistance des matériaux (pas de calculs aux éléments finis). Néanmoins, les calculs faits sont aussi complets que possible et il serait difficile de vouloir les pousser plus loin.

3.2 - Qualification fonctionnelle

3.2.1 - Essai de 600 démarrages, pratiqué à Krummel (RFA) du 11/06/1980 au 11/12/1980

Un groupe électrogène UD 45 (AGO V 16) a subi 600 démarrages consécutifs, avec retour à l'état froid entre chaque démarrage. Tous les démarrages et les prises de charge ont été réalisés dans les conditions normales de fonctionnement en secours en centrale.

Le bon état du groupe a été constaté après démontage.

Les organismes suivants ont participé aux essais et à l'examen contradictoire après démontage :

- Bureau Veritas
- TÜV Norddeutschland
- TÜV Stuttgart
- Germanischer Lloyd
- KWU
- SACM

Les rapports d'essais sont conservés d'une part dans le "bunker archives" de la centrale de Krummel, RFA, d'autre part à Mulhouse à la SACM, où l'exemplaire confidentiel peut être consulté (voir lettre SACM à SEPTEN UD - 88/153 EP/EF du 25/03/1988)

3.2.2 - Essais d'endurance pratiqués en 1977 et 1978 à Gennevilliers sur groupe UD 45 AGO V 20

Les essais suivants ont été pratiqués par le Service de la Production Thermique, le SEPTEN et la Direction des Etudes et Recherches :

- Contrôle vibratoire : Essais faits en décembre 1977
Rapport n°78.43.78.277 du GRPT
Région Parisienne
- Essais de survitesse, prise de charge et délestage :
Rapport n°78.43.78.248 du GRPT
de la Région Parisienne

EDF
SEPTENNOTE D'ETUDE
E.N.M./MA 88.063Indice
APage
8/10

DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

La modification apportée aux bielles a donc été agréée.

Les documents principaux suivants, disponibles au SEPTEN, font le point sur ces essais :

- Note Technique SEPTEN E SE MA 82.48 A du 12/01/1983 ;
- Expertise n° 448 DL 1 du 16/08/1982 (document SACM) ;
- Rapport de contrôle du Bureau Veritas de Metz n° 822 074 A du 27/08/1982.

IV - QUALIFICATION DE COMPOSANTS SENSIBLES

4.1 - Bielles

Le problème observé sur les bielles a été jugé suffisamment sérieux pour que le SEPTEN confie à la Direction des Etudes et Recherche et à la Société Bertin un calcul aux éléments finis des bielles des moteurs UD 45, calcul qui, à l'origine, n'avait pas été fait par le constructeur SACM.

Le calcul a montré que le nouveau dessin des bielles était satisfaisant.

Le document suivant, disponible au SEPTEN, fait le point sur la question :

- Note Bertin NT 86 Ch 01 du 10/02/1986.

4.2 - Segments

L'analyse des incidents survenus sur la segmentation a conduit EDF à deux sortes d'actions préventives.

4.2.1 - Choix d'un combustible à haut indice de cétane

Des essais faits à Chinon en 1986 ont montré que la pression maximale atteinte dans un cylindre de moteur UD 45 passe de 137 bar avec un combustible à indice de cétane supérieur à 48 à 270 bar pour un combustible à indice de cétane de 41 ; or la Pression Maximale normale est de 140 bar.

Voir document SACM DLI 028/86 du 15/09/1986, disponible à SACM et au SEPTEN.

Ce résultat a conduit à généraliser pour tous les groupes électrogènes de secours le gazole OTAN F 54, dont l'indice de cétane légal est supérieur à 48 (51/52 en moyenne).

./...

EDF
SEPTENNOTE D'ETUDE
E.N.M./MA 88.063Indice
APage
7/10

DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

- Essais en régime dynamique comportant un fonctionnement de 1000 heures du 8/06/1978 au 26/06/1978 :

3 périodes de marche continue séparées chacune par un arrêt ont été exécutées :

- 60 h à 3,5 MW puis arrêt de 5 h ;
- 50 h à 4 MW puis 400 h à 3,5 MW et arrêt de 5 h
- 490 h à 3,5 MW.

- Les essais d'endurance font l'objet du rapport 78.43.78.257 du GRPT de la Région Parisienne.

- Enfin ont été exécutés des essais de prise de charge et de décharge en réseau séparé: rapport n° 78.43.78.261 du GRPT de la Région Parisienne.

Tous les procès verbaux sont disponibles au SEPTEN, qui s'était chargé de l'organisation des essais. Ces essais se sont déroulés de façon satisfaisante. Une soupape d'échappement a été endommagée ; après modification, ce genre d'incident ne s'est plus manifesté sur les moteurs en exploitation.

3.2.3 - Essai de 1500 démarrages pratiqué à Cruas

A la suite d'une rupture de bielle et de fissures de bielles survenues à Fessenheim, puis à Bugey un essai d'endurance de 1500 démarrages consécutifs a été exécuté à la centrale de Cruas.

Le but de cet essai était double :

- tester si l'amélioration apportée aux bielles (diminution de la concentration de contraintes à un congé de raccordement) apportait une amélioration décisive dans les conditions les plus dures supportées par l'embiellage.
- tester si l'influence d'un grand nombre de démarrages était ou non un facteur déterminant dans les incidents observés.

Les essais ont été effectués en Avril-Mai 1982, puis le moteur essayé est retourné en usine et un examen contradictoire a eu lieu le 25/06/1982.

Contrairement aux essais de démarrage pratiqués à Krummel, le moteur ne revenait pas à l'état thermique de veille entre chaque démarrage.

Les résultats globaux ont été les suivants :

- tous les démarrages ont été réussis ;
- toutes les pièces, après examen, étaient dans les tolérances de pièces neuves, sauf les segments coup de feu trouvés écaillés, et les dispositifs de lancement qui avaient subi l'usure normale à attendre après 1500 démarrages.

./...

EDF
SEPTENNOTE D'ETUDE
E.N.M./MA 88.063Indice
APage
9/10

DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

4.2.2 • Qualification d'une huile à long pouvoir d'accrochage

Partant de la constatation qu'une huile moteur traditionnelle ne reste pas accrochée sur les parois d'une chemise de moteur diesel au delà d'une période d'arrêt d'une semaine à dix jours - temps largement inférieur à l'intervalle de 30 jours entre essais périodiques -, le SEPTEN et ELF ont démontré la possibilité de qualifier une huile moteur pouvant maintenir un film d'huile sur les chemises pendant 30 jours, film pouvant assurer un démarrage dans des conditions normales de graissage. On aurait donc une amélioration supplémentaire, non strictement nécessaire, mais tout de même fort intéressante.

Une huile a été qualifiée - ELF DISOLA Spécial Groupes de Secours -. Le film d'huile est maintenu 1050 h et il a été décidé de considérer cette huile qualifiée pour 720 h. Des essais sur moteur ont par ailleurs montré que ce lubrifiant était parfaitement satisfaisant.

Le Service de la Production thermique a - à titre expérimental - décidé d'utiliser cette huile sur le moteur du GUS de Cruas pendant une année avant d'envisager une éventuelle généralisation.

La description de qualification et les résultats sont donnés dans les documents ELF :

- "Lubrifiants pour groupes de secours des centrales nucléaires - première partie, étude de laboratoire" et "deuxième partie, Essai moteur PC 2-5".

Ces documents sont disponibles au SEPTEN.

V - FABRICATION EN USINE

L'opinion que l'on peut porter sur la fabrication en usine chez SACM et son sous-traitant Hennequin, installateur des auxiliaires est globalement favorable.

L'absolue nécessité d'identité aux matériels modèle s'est imposée progressivement.

Le début des fabrications date de 1977, époque où ce souci était moins évident tant chez les constructeurs qu'à EDF : les mises à niveau nécessaires ont eu lieu : de bons exemples sont constitués par les bielles, modifiées sur tous les groupes, par les injecteurs d'huile dont la fixation a été reprise sur tous les groupes, par les soupapes.

./...

EDF
SEPTENNOTE D'ETUDE
E.N.M./MA 88.063Indice
APage
10/10

DOSSIER DE SUIVI DE QUALIFICATION (DSQ) GROUPES ELECTROGENES DIESEL

CONCLUSIONS

- Les actions de qualification menées sur les groupes électrogènes diesel du palier REP 900 MW et sur leurs auxiliaires ont été particulièrement nombreuses.
- La partie "calcul" de la qualification sismique représente l'optimum compte tenu des éléments disponibles sur le moteur diesel proprement dit.
- L'expérience du constructeur est parmi les plus importantes au monde dans ce type d'qualification.
- Le combustible utilisé est le meilleur de sa catégorie sur le marché national.

Tout ceci conduit à une situation globalement saine que deux types d'actions pourraient encore éventuellement améliorer :

- généralisation d'une huile à long pouvoir d'accrochage sur tous les groupes (sous réserve d'un bon retour d'expérience du GUS de Cruas),
- qualification et installation d'un nouveau type de régulateur capable de limiter à des valeurs très faibles les survitesses (démarrage et de se prêter à des procédures de "démarrage doux" Starting) : cette étude, si elle est jugée nécessaire, serait du ressort du service de la Production Thermique.

Nous proposons donc de considérer que les groupes électrogènes diesel à moteur SACM UD 45 et leur environnement mécanique et électrique ont subi un ensemble suffisant d'épreuves avec de bons résultats et qu'ils sont donc qualifiés pour le service demandé.

Date: 20 July 1988
Ref : E.N.M/MA 88.063 A
CMO/VF

Department: M A T E R I E L S

Author(s): C. MORZELLE

Number of pages : 10

Type of plant concerned: REP 900 MW

Number of annexes:

Title: DIESEL GEN SET QUALIFICATION REPORT

Type of document: TECHNICAL REPORT

Reference (key-words):

Summary:

This report is the synthesis of tests and analyses which permit a conclusion regarding the qualification of the REP 900 MW plant diesel gen sets.

Archive to FTE: YES

COPYRIGHT EDF EQT 1988

Accessibility: RESTRICTED - Document may not leave from the Direction
de L'Equipment without a letter or transmittal sheet from the
transmitting Department.

Translation of EDF Document Ref: E.N.M/HA 00.000 A 010/11 page 2 of 10
dated 20 July 1988
DIESEL GEN SET QUALIFICATION REPORT

EDF INTERNAL CONTROL PAGE

SUMMARY

	Page
I - <u>INDUSTRIAL EXPERIENCE OF THE MANUFACTURER</u>	4
1.1 - <u>Outside the nuclear field</u>	4
1.2 - <u>Inside the nuclear field</u>	4
II - <u>REFERENCE DOCUMENTS</u>	5
III - <u>QUALIFICATION ACTIONS</u>	5
3.1 - <u>Seismic qualification</u>	5
3.2 - <u>Functional qualification</u>	6
3.2.1 - <u>600 start test, carried out at Krummel (Germany)</u>	6
3.2.2 - <u>Endurance test, carried out in 1977 and 1978 at Gennevilliers on the UD 45 V20 gen set</u>	
3.2.3 - <u>1500 start test, carried out at Cruas</u>	7
IV - <u>QUALIFICATION OF CRITICAL COMPONENTS</u>	8
4.1 - <u>Connecting Rods</u>	8
4.2 - <u>Rings</u>	8
4.2.1 - <u>Choice of a fuel with high cetane index</u>	9
4.2.2 - <u>Qualification of lub oil with long adhesion quality</u>	9
V - <u>FACTORY FABRICATION</u>	10

This Qualification Report, DSQ, is applicable to the 900 MW CP1 and CP2 plants diesel standby gen sets and to their associated electrical and mechanical equipment.

By extension, it is applicable to the following materials:

- Ultimate Security Standby Sets (with diesel engines) of the CP1
 - CP1 plants which, due to their more recent date of installation, present, in comparison with the standby sets, some "needed modifications, but of small importance", in the opinion of the report C SC MA 87 044 A: "Procedure for composition and administration of mechanical reference materials files: pumps, turbines, diesels"
- Diesel standby sets of Bugey and Fessenheim

The diesel engines of these power plants are UD 45 V16 (AGO V16) from SACM, while those of the CP1 - CP2 plants are UD 45 V20; due to the fact that they have 4 cylinders less, their crankshafts, camshafts and blocks are shorter but geometrically similar; their alternators are less powerful; all the remaining material is identical and have benefited from the improvements carried out on the UD45V20 (AGO V20).

The auxiliary electrical material is similar to that of CP1 - CP2 and is installed by the same sub-contractor of SACM: Hennequin.

I - INDUSTRIAL EXPERIENCE OF THE MANUFACTURER

1.1 - Outside the nuclear field

Prior to their utilization in the nuclear field, the UD 45 engines have been employed largely in railway traction.

- In V16 versions, these engines equip the Series 72 000 SNCF locomotives (91 locomotives, a hundred engines).
- In V12 versions, they equip Series 63 500 locomotives (26 locomotives)

In this type of application, these engines run 800 000 km between two general overhauls.

- Different versions of these engines have equipped for a long time main power stations

1.2 - In the nuclear field

Outside of EDF, numerous companies have adopted the UD45 engines for their nuclear power plants. These engines exist in Germany, Switzerland, Holland, Finland, Sweden, Spain, Belgium, South Korea; China is going to install sets and the United States, considering that SACM is in fact the manufacturer having the greatest world experience in nuclear power plants, is interested in its products. The European users are part of an "SACM user's group", which meets every 18 months to exchange experience feedback.

I - REFERENCE DOCUMENTS

The reference documents are:

- CST 76 C 007-00 September 1975 Edition "Emergency gen sets of 4 MW nominal power for nuclear power stations".

This document contains directives for establishment of an Identification File (DI) for the equipment.

- The DI itself, dated 13 Jul 77 and updated 16 Feb 82 is available at SEPTEN and at REAM.

III - QUALIFICATION OPERATIONS

The qualification operations have been conducted in two directions:

- Seismic qualification: it is destined to verify the capacity of the equipment to resist an earthquake, to function during an earthquake and to continue to function after an earthquake.
- Functional qualification

The functional qualification operations have as a goal:

- . to verify the fitness of the equipment to start in the required time of 10 seconds and to take the load in about one minute;
- . to verify the fitness of the equipment to undergo numerous start cycles and load steps within a short time to full load;
- . to verify its fitness to function during several hundred hours at full load;
- . to verify that the modifications carried out have resolved the infancy problems found on the equipment

3.1 - Seismic Qualification

Seismic qualification involves the plant diesel gen sets and all its mechanical and electrical auxiliaries with the exception of the refilling of the compressed air starting receivers and the exhaust stack. On the other hand, the compressed air receivers are qualified and the exhaust stacks possess at their base a rupture disk which, in case of damage to the exhaust stack with obstruction of the conduit, would burst and permit functioning of the diesel engine.

All materials for which the mass and dimensions permit testing on a shake table at SOPEMFEA have been submitted to direct qualification, 2 spectres being taken into account: the TRICASTIN spectra, most constraining, and the spectra of the 8 sites where the REP 900 MW plants are built.

The other materials and piping system have been qualified by calculation.

The group of reports relative to seismic qualification are located in the Region d'Equipement Alpes Marseille under the responsibility of the Electricity Department.

The qualification calculations may not have the mathematical coherence that one expects from the more recent qualifications. In fact, the UD 45 engine initially has not been modeled and its principal components were part of simple resistance calculations of the materials (not finite element calculations). In all cases, the calculations made are as complete as possible and it would be difficult to imagine pushing them further.

3.2 - Functional Qualification

3.2.1 - 600 start test, carried out at Krummel (West Germany) from 11 JUN 80 to 11 DEC 80

A UD 45 (AGO V16) gen set has undergone 600 consecutive starts, with return to cold state between each start. All the starts and loadings have been carried out under the normal functioning conditions during an emergency at the plant.

The good condition of the gen set has been established after disassembly.

The following organizations have participated in the tests and the cross-examination after disassembly:

- Bureau Veritas
- TUV Norddeutschland
- TUV Stuttgart
- Germanischer Lloyd
- KWU
- SACM

The test reports are kept in one copy at the "archives storage" of the Krummel station, West Germany, and one copy in Mulhouse at SACM, where the confidential report may be consulted (see letter SACM to SEPTEN UD - 88/153 EP/EF of 25 MAR 1988),

3.2.2 - Endurance tests carried out in 1977 and 1978 at Gennevilliers on a UD 45 AGO V20

The following tests have been carried out by the Thermic Production Department, SEPTEN and the Studies and Research Department:

- Vibration monitoring: Starts made in December 1977
Report no. 78.43.277 of the Paris Region GRPT
- Test of overspeed, loading and unloading:
Report no. 78.43.78.248 of the Paris Region GRPT

- Test under dynamic loading comprising 1000 hour operation from 8 JUN 1978 to 26 JUN 1978:

3 periods of continuous operation each separated by a stop have been executed:
 - 60 hrs. at 3.5 MW then stop of 5 hours
 - 50 hrs. at 4 MW then 400 hours at 3.5 MW and stop of 5 hrs.
 - 490 hrs. at 3.5 MW
- The endurance tests are the subject of report 78.43.78.257 of the GRPT of the Paris Region.
- Finally, some separate tests of loading and unloading on the grid have been executed: report no. 78.43.78.261 of the GRPT of the Paris Region
- All the verbal proceedings are available through SEPTEN, which was in charge of the organization of the tests. These tests took place satisfactorily. One exhaust valve was damaged; after modification, this type of incident is no longer present on the engines in operation.

3.2.3 - 1500 start tests carried out at Cruas

After a connecting rod rupture and unexpected appearance of connecting rod fissures at Fessenheim, then at Bugey, an endurance test of 1500 consecutive starts has been executed at the Cruas station.

The goal of this test was two part:

- to test if the improvement employed on the connecting rods (reduction of stress of a junction collar) resulted in a decisive improvement under the most severe conditions experienced by the connecting rod
- to test if the influence of a large number of starts was or was not a determinative factor in the observed incidents

The tests have been carried out in April-May 1982, then the tested engine was returned to the factory and a cross-examination took place on 25 June 1982.

Contrary to the starting tests carried out at Krummel, the engine did not come back to the previous thermic state between each start.

The overall results were the following:

- all the starts were successful;
- all the parts, after examination, were within the tolerances of new parts, except the firing rings found scaly, and the starting devices which had sustained the normal wear after 1500 starts.

The modification employed on the connecting rods have thus been agreed upon.

The following principle documents, available at SEPTEN, state the position on the tests:

- Technical note SEPTEN E SE MA 82.48 A of 12 Jan 1983;
- Survey no. 448 DL I of 16 Aug 1982 (SACM document);
- Inspection report of Bureau Veritas of Metz no. 822 074 A of 27 Aug 1982.

IV - QUALIFICATION OF CRITICAL COMPONENTS

4.1 - Connecting Rods

The problem observed on the connecting rods has been judged to be sufficiently serious that SEPTEN requested the Studies and Research Department and the Bertin Company to carry out a finite element calculation on the UD 45 engine connecting rods, a calculation which, in the beginning, has not been made by the manufacturer SACM.

The calculation showed that the new design of connecting rods was satisfactory.

The following document, available at SEPTEN, states the position on the question:

- Note Bertin NT 86 Ch 01 of 10 Feb 1986.

4.2 - Rings

The analysis of the incidents unexpectedly occurring on the ring was conducted by EDF with two sorts of preventative actions.

4.2.1 - Choice of a fuel with high cetane index

Some tests made at Chinon in 1986 have shown that the maximum pressure attained in a UD 45 engine cylinder passes from 137 bar with a fuel of cetane index greater than 48 to 270 bar for a fuel with a cetane index of 41; but the normal Maximum Pressure is 140 bar.

See SACM document DLI 028/86 of 15 Sep 1986, available at SACM and at SEPTEN.

This result has lead to standardizing for all emergency gen sets the diesel fuel OTAN F 54, for which the lawful cetane index is greater than 48 (51/52 on the mean).

4.2.2 - Qualification of lub oil with long adhesive properties

Proceeding from the findings that a traditional engine lub oil does not adhere to the inner walls of a diesel engine liner beyond a stopping period of a week to 10 days - time greatly less than the 30 day interval between periodic tests -, SEPTEN and EDF have demonstrated the possibility of qualifying an engine oil able to maintain an oil film on the liners during 30 days, film able to assure a start in normal lubricating conditions. One would then have an additional improvement, not strictly necessary, but all the same very interesting.

An oil has been qualified - ELF DISOLA Special Emergency Gen Sets - the oil film is maintained 1050 hours and it has been decided to consider this oil qualified for 720 hours. Some tests on the engine have moreover shown that the lubricant was perfectly satisfactory.

The Thermic Production Department has - as experimental qualification - decided to utilize this oil on the engine of the Ultimate Security Standby Set of Cruas during one year before considering an eventual standardization.

The qualification description and the results are given in the ELF documents:

- "Lubricants for emergency gen sets of nuclear power stations - first part, laboratory study" and "second part, Engine test PC 2-5".

These documents are available at SEPTEN.

V - FABRICATION IN THE FACTORY

The opinion regarding fabrication at the SACM factory and its sub-contractor Hennequin, auxiliaries installer, is favorable overall.

The absolute necessity of identity of the design materials is imposed progressively.

The beginning of fabrication dates from 1977, an era when this care was much less evident at manufacturers than at EDF: the necessary balancing of these has taken place : good examples given by the connecting rods, modified on all gen sets, by the lub oil injectors for which the fitting has been renewed on all gen sets, by the valves.

CONCLUSIONS

- The qualification operations conducted on the diesel gen sets of the REP 900 MW plants and on their auxiliaries have been particularly numerous.
- The "calculation" part of the seismic qualification represents the optimum taking into account the available elements on the engine itself
- The experience of the manufacturer is among the greatest in the world in this type of utilization
- The fuel utilized is the best from its category on the national market.

All of this leads to an overall safe situation which two types of actions would eventually still be able to improve:

- standardization on a lub oil with long adhesion property on all gen sets (subject to good experience on the Ultimate Security Standby Set of Cruas),
- qualification and installation of a new type of governor capable of limiting to very small values the overspeeds at starting and to lend itself to some procedures for "soft starting" : this study, if it is judged necessary, would be from the Thermic Production department.

We propose thus to consider that the diesel gen sets with SACM UD 45 engines and their auxiliary mechanical and electrical equipment have undergone a sufficient group of tests and examinations with good results and that they are thus qualified for the service intended.