

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

---

Type de modèle	501 Ko7	Client	HGE
N° de série du moteur ASP 2044 N° de série de la turbine T904		N° AFA	
Contrat Cx n° M00107275		Historique d'exécution depuis :	
		Nouveau	41 813 heures
Date de réception	5 septembre 2022	Lames de l'étage 1	16 389 heures
Date d'achèvement	14 octobre 2022	Lames de l'étage 2	16 389 heures

RAPPORT SUR LA RÉPARATION DE  
MOTEUR ASP 2044

NICK BEILBY

Directeur de l'équipement d'origine

JOHN HEARD

Responsable de la réparation des turbines

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

---

### CONTENU

- 1 RÉSUMÉ
- 2 ARRIÈRE PLAN
- 3 ÉVALUATION INITIALE SUR LE DÉMANTÈLEMENT
- 4 RECONSTRUCTION DU MOTEUR
- 5 ESSAI MOTEUR
- 6 PROCÉDURE POUR RÉGLER ET VÉRIFIER LE JEU ARRIÈRE DES PALETTES

---

VERSION

A

---

DATE

4 JANVIER 2023

---

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

## 1 RÉSUMÉ

Le moteur ASP 2044 a été réceptionné à Centrax à la suite de la découverte d'une aube de turbine de phase 2 brûlée.

A la réception du moteur, le module de turbine a été entièrement démonté. Les chemises de combustion LE5 ont été confirmées utilisables et ont été remises en place. Il a été confirmé qu'une aube de turbine de l'étape 2 avait une surface aérodynamique brûlée. Cela a nécessité le remplacement des aubes de turbine de l'étape 2 par un nouveau jeu d'aubes. Presque toutes les aubes de turbine des étages 1 et 2 ont été retrouvées souffrant d'érosion. Toutes les aubes des étages 1 et 2 ont été remplacées. Les inspections du compresseur ont confirmé qu'il était en état de marche.

À la fin de la réparation, le moteur a été testé pour ses performances et ses niveaux de vibration. Les niveaux de vibration ont été confirmés acceptables. Il a été constaté que le moteur avait une performance de 92%.

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

2 ARRIÈRE PLAN

Le moteur ASP 2044 a été réceptionné à Centrax à la suite de la découverte d'une aube de turbine de phase 2 brûlée.

3 ÉVALUATION INITIALE SUR LE DÉMANTÈLEMENT

Lors de l'induction du moteur, un goujon tordu a été remarqué sur le carter d'entrée du module de suralimentation, comme illustré sur la photo 1, et a été remplacé.

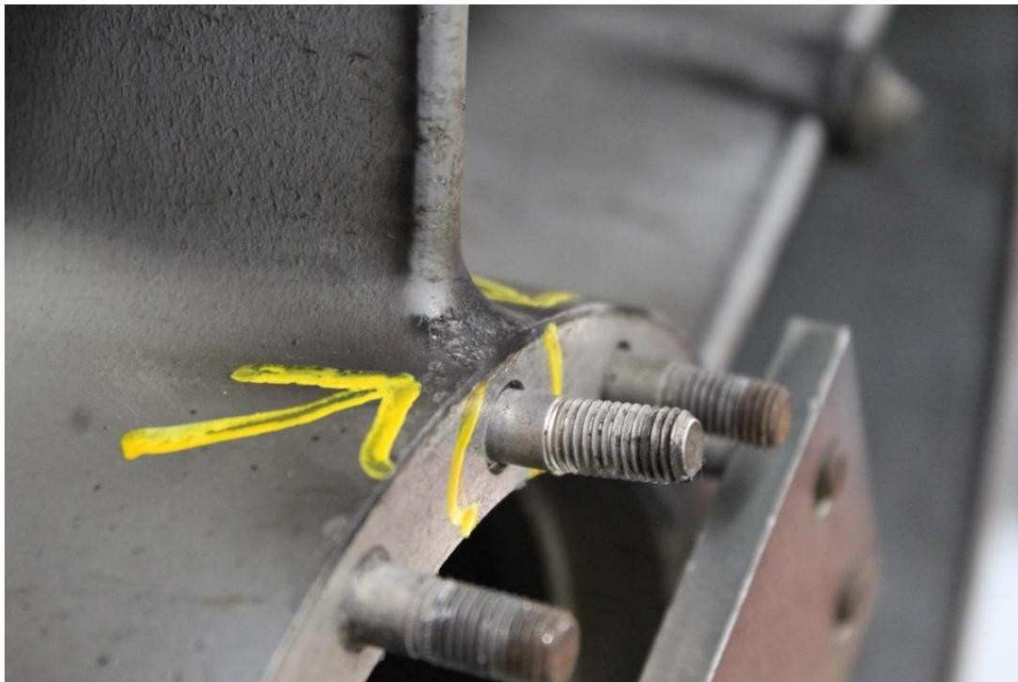


Photo 1 - Goujon tordu sur le carter d'admission de suralimentation

Il a été noté que les aubes du module de suralimentation présentait un certain encrassement. Un certain nombre ont été notés comme ayant été habillés / recadrés lors d'une réparation précédente

Le module de turbine a ensuite été retiré du compresseur et entièrement démonté.

Le matériau de la couverture isolante de la pompe de récupération de la turbine arrière commençait à se détériorer.

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

Le carter de la pompe de récupération de la turbine arrière était recouvert de carbone, comme le montre la photo 2. La douille du pignon intermédiaire de la pompe de récupération arrière était usée.



Photo 2 - Carter de pompe de récupération à revêtement de carbone

Le tirant de la turbine a été retrouvé avec des piqûres des mutes.

Trois des tubes cavaliers ont été trouvés avec un renflement du tressage externe.

Deux des ensembles d'arrivée de carburant ont été retrouvés avec des tubes d'alimentation en gaz tordus les empêchant de passer sur le moyen de contrôle.

Les trous dans le carter de combustion externe pour les supports de chemise ont été légèrement usés, ce qui a entraîné une bavure, comme le montre la photo 3. Les boutons déflecteurs du carter de combustion externe ont été notés comme étant exempts de toute usure significative.

Onze des blancs TIT ont été trouvés avec des tiges frettées comme le montre la photo 4.

Les tubes de croisement ont été trouvés avec le début de l'érosion comme le montre la photo 5.

Les chemises de combustion LE5 ont été confirmées exemptes de fissures. Une usure mineure des faces de la virole de croisement et des alésages de la virole de croisement a été notée, comme indiqué sur les photos 6 et 7.

Presque toutes les transitions ont été trouvées avec des fissures mineures par les viroles du port TIT, comme indiqué sur la photo 8.



Photo 3 – Orifice usé du support de la chemise extérieure du carter de combustion

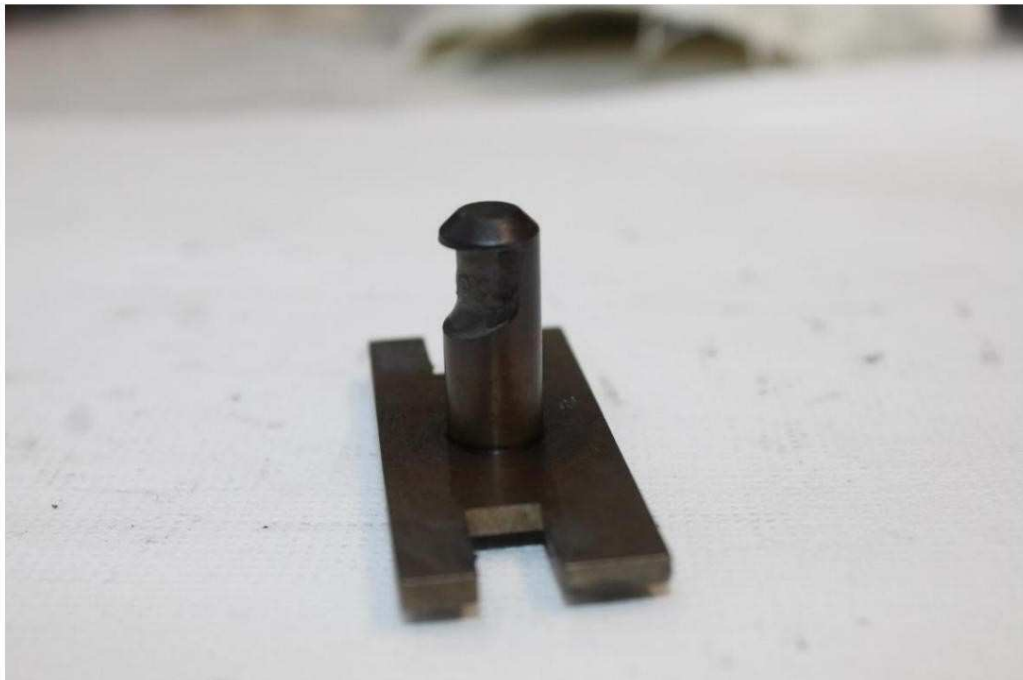


Photo 4 – Obturateur de port TIT usé



Photo 5 – Érosion du tube de croisement



Photo 6 - État de la face de la virole de croisement de chemise



Photo 7 - État de l'alésage de la virole de croisement de la chemise

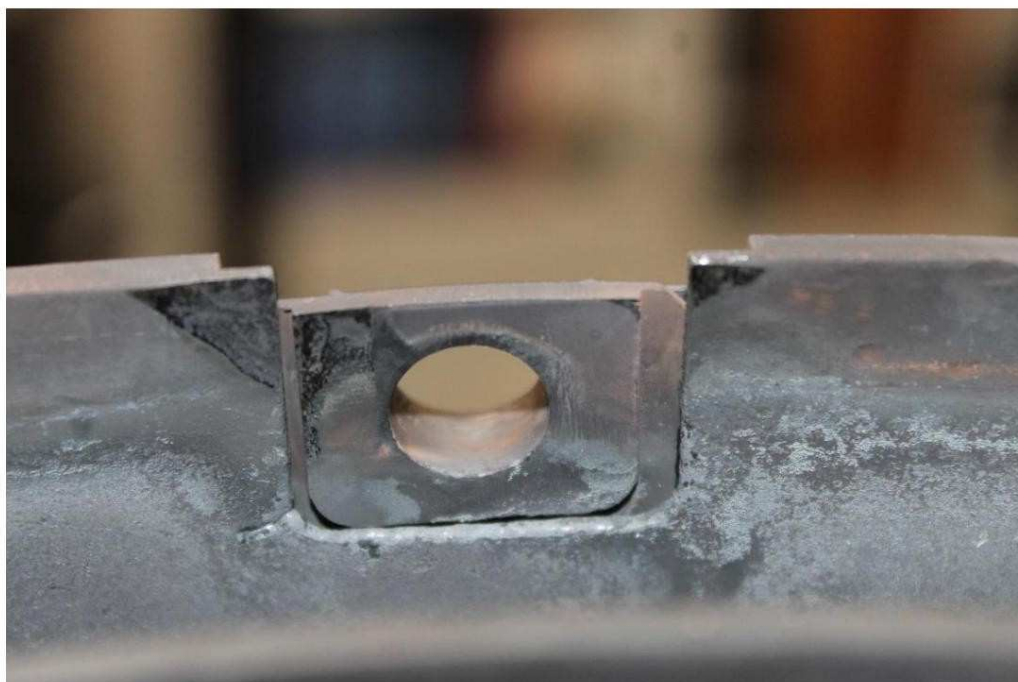


Photo 8 – Fissuration de transition



RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

---

Les segments de piston du phare présentait une certaine corrosion. Le revêtement du phare extérieur a été trouvé égratigné, comme le montre la photo 9. Deux des joints oméga du phare ont été trouvés souffrant d'une perte de placage.



Photo 9 – État du revêtement extérieur du phare

Une accumulation de carbone a été trouvée dans le carter de palier avant, comme illustré sur la photo 10.

La cage de roulement avant et les faces de contact du support ont été trouvées souffrant de fretting comme le montre la photo 11.

Le carter d'entrée de la turbine a été trouvé rainuré à partir des extrémités de transition, comme le montre la photo 12. On pouvait entendre que le matériau de la couverture isolante du carter d'entrée de la turbine avait commencé à se décomposer.

La majorité des aubes de turbine de l'étage 1 ont été retrouvées souffrant d'érosion de la voilure et de la plate-forme, comme le montre la photo 13.



Photo 10 - Carbone dans le puisard du support de roulement avant



Photo 11 – Freting de la face de contact du support de roulement avant



Photo 12 - Carter d'entrée de turbine rainuré



Photo 13 – Aube de turbine étage 1 érodée

RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

---

Les aubes de turbine de l'étage 1 ont été confirmées exemptes d'érosion après 16 389 heures de fonctionnement, comme le montre la photo 14.



Photo 14 – État des aubes de turbine de l'étape 1

La majorité des aubes de turbine de l'étage 2 ont été retrouvées souffrant d'érosion du bord d'attaque, comme le montre la photo 15. Il a été confirmé qu'une aube avait subi une brûlure de profil aérodynamique, comme le montre la photo 16.

Il a été noté que les aubes de turbine de l'étage 2 présentaient une légère détorsion de la voilure après 16 389 heures de fonctionnement, comme le montre la photo 17.

Cinq des aubes de turbine de l'étage 3 ont été trouvées souffrant de fissures sur le bord de fuite ou d'un amincissement du matériau entraînant une distorsion, comme le montrent les photos 18 et 19.

Il a été noté que les aubes de turbine de l'étage 3 présentaient un degré mineur de détorsion de la voilure, comme le montre la photo 20.



Photo 15 – Érosion des aubes de turbine étape 2



Photo 16 – Ailette brûlée à travers l'étape 2



Photo 17 – État des aubes de turbine de l'étape 2



Photo 18 – Fissuration du bord de fuite de l'aube de turbine de l'étape 3



Photo 19 – Déformation du bord de fuite des aubes de turbine de l'étape 3



Photo 20 – État des aubes de turbine de l'étape 3

RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

---

Le matelas isolant avant de l'intérieur du boîtier de support de palier arrière a été trouvé fissuré, comme le montre la photo 21. On pouvait entendre que le matériau du matelas arrière avait commencé à se décomposer.



Photo 21 – Fissure du matelas isolant

Le tressage des harnais TOT a été retrouvé endommagé par endroits comme le montre la photo 22.

Les joints de la turbine ont été nettoyés des dépôts de carbone et inspectés. Le diamètre d'étanchéité abrasable du joint d'huile du roulement arrière est usé. Le joint en nid d'abeille du support d'aube a été mesuré comme étant surdimensionné. Les arêtes vives des joints à labyrinthe avant et arrière ont été mesurées comme étant sous-dimensionnées.

Les paliers de la turbine ont été retrouvés avec usure des séparateurs.





Photo 22 – Tresse de harnais TOT endommagée

Les carters ont été retirés du compresseur pour permettre l'inspection des aubes et l'installation de nouveaux ensembles d'aubes robustes et «épais» de l'étape 2 à profil aérodynamique.

Il a été noté que les pistes des aubes de tubage présentaient des fissures sur le joint de tubage, comme le montre la photo 23.

Il a été confirmé que les profils aérodynamiques des aubes du compresseur étaient exempts de dommages et qu'aucun profil aérodynamique desserré n'était présent. Des sections de la bande d'étanchéité à l'air ont été notées manquantes sur les étages 5 et 10 dans le carter supérieur, comme le montre la photo 24.

L'inspection du diffuseur a révélé une fissuration mineure de la plaque de la crépine d'écoulement, comme indiqué sur la photo 25.



Photo 23 – Fissure du chemin des aubes du carter du compresseur

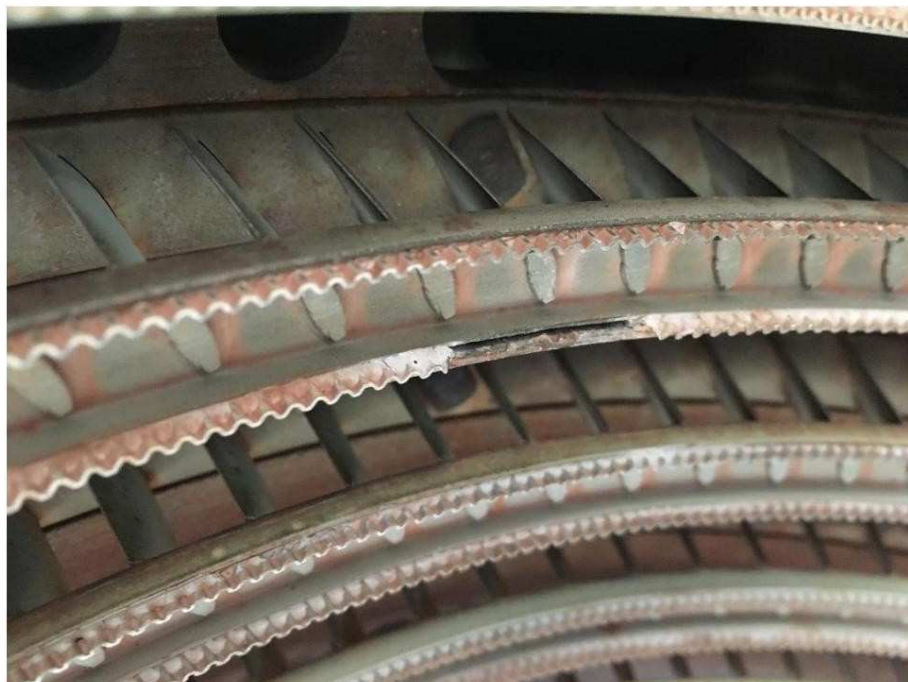


Photo 24 – Section manquante de la bande d'étanchéité à l'air

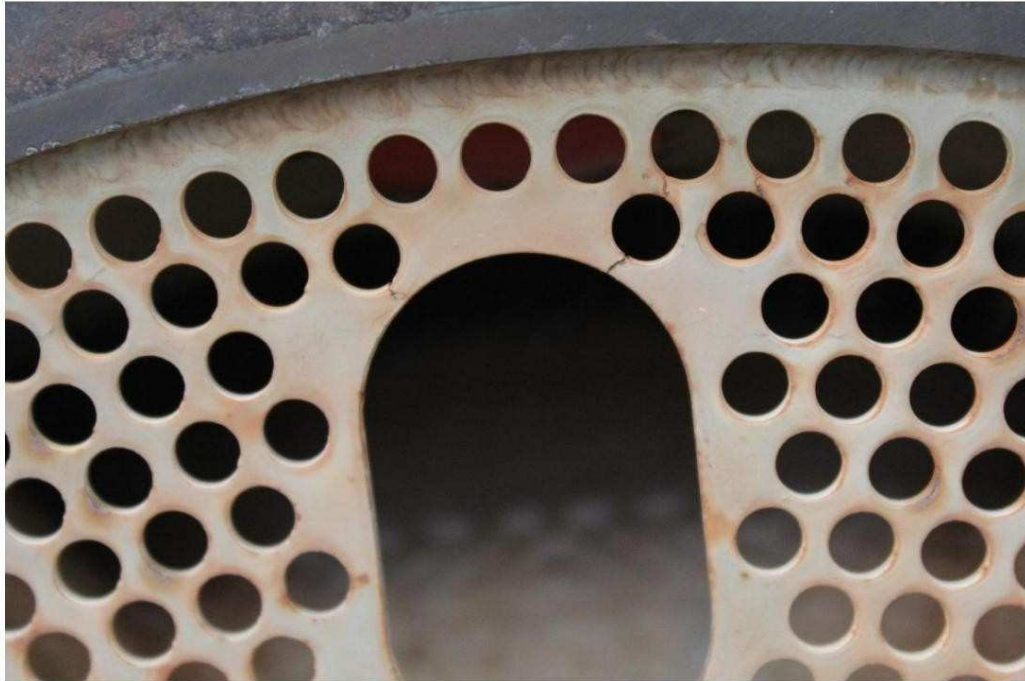


Photo 25 – Fissuration de l'écran diffuseur

#### 4 RECONSTRUCTION DU MOTEUR

Comme l'exige le bulletin Siemens PAB05-0037, les aubes de turbine de l'étage 2 doivent être remplacées après une brûlure. Par conséquent, un nouvel ensemble de lames revêtues d'AEP standard a été installé.

Toutes les aubes de turbine des étages 1 et 2 ont été remplacées.

De nouveaux roulements ont été installés lors du remontage de la turbine. La cage de roulement avant usée, le support de roulement avant, le support d'aube et le joint d'huile de roulement arrière ont tous été remplacés par des composants remis à neuf. De nouveaux joints à labyrinthe avant et arrière ont également été installés.

Les matelas isolants d'origine ont été jugés utilisables et ont été remis en place dans toutes les positions.

En raison de la fissuration et de la distorsion, quatre des aubes de turbine de l'étage 3 ont été remplacées par de nouvelles aubes.

Les zones rainurées du carter d'entrée de la turbine ont subi une réparation par soudure.

Le phare extérieur d'origine avec le revêtement rayé a été reconditionné. Deux nouveaux joints oméga et de nouveaux segments de piston ont été montés sur l'ensemble du phare.

Les chemises de combustion et les transitions LE5 d'origine ont été réaménagées et assemblées avec de nouveaux tubes de croisement.

Les onze ébauches de port TIT usées ont été remplacées.

Les deux ensembles d'admission de carburant tordus ont été remplacés.

Le système d'alimentation en carburant a été dépouillé, nettoyé et testé sous pression lors du remontage. Les trois tuyaux de démarrage avec la tresse endommagée ont été remplacés par de nouveaux tuyaux.

Les zones de tressage endommagées sur les fils du faisceau TOT étaient recouvertes de thermorétractable.

Le boulon de liaison freiné de la turbine a été remplacé par un boulon remis à neuf.

Une nouvelle douille a été installée dans le pignon intermédiaire de la pompe de récupération de la turbine arrière.

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

De nouveaux ensembles d'aubes robustes à profil aérodynamique 2 ont été installés dans le compresseur pour compléter le moteur.

## 5 ESSAI MOTEUR

Après la reconstruction, le moteur a été testé sur l'installation d'essai Centrax, où le moteur a été testé pour les performances et les niveaux de vibration.

Les mesures de vibration ont été enregistrées pour les positions de sonde indiquées sur la figure 1, à l'aide de sondes de vibration fixes.

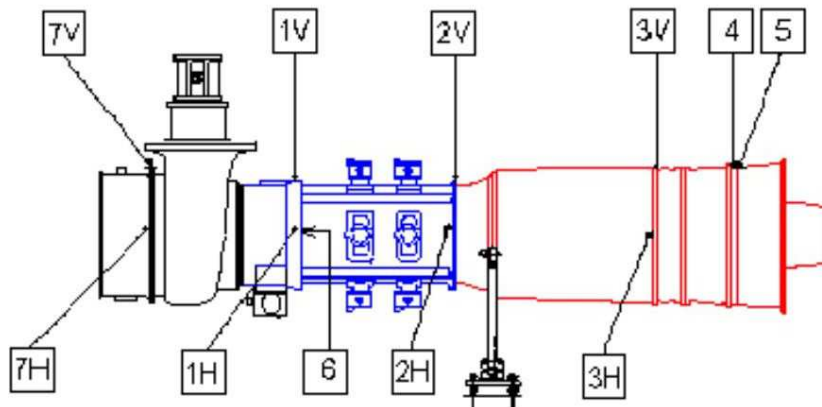


Figure 1 - Positions des sondes de vibration

Clé pour sonder les positions ; -

1V -	Compresseur avant vertical
1H -	Compresseur avant horizontal
2V -	Compresseur arrière vertical
2H -	Compresseur arrière horizontal
3V -	Entrée turbine verticale
3H -	Entrée turbine horizontale
4 -	Sonde près de la turbine
5 -	Sonde turbine Compresseur
6 -	global axial
7V -	Module de suralimentation vertical (type de moteur KB7 uniquement)
7H -	Module de suralimentation horizontal (type de moteur KB7 uniquement)

Avant de tester le moteur, un rodage du joint a été effectué sur le compresseur, comme requis, après un démontage et une construction approfondis du compresseur.

---

## ESSAI MOTEUR suite

Au début de l'essai, un lavage du compresseur central a été effectué.

Les niveaux de vibration ont été confirmés comme étant corrects pour les positions illustrées à la figure 1, comme indiqué dans le tableau 1, test 1.

Test No.	Description	Load	Vibration from Probe Positions										
		MW	1V mm/s	1H mm/s	2V mm/s	2H mm/s	3V mm/s	3H mm/s	4 mm/s	5 µm	6 mm/s	7V mm/s	7H mm/s
	Typical Level		10	10	20	20	15	15	10	10	20	10	10
Test 1	Test after repair	4.54	N/A	5.7	N/A	5.2	N/A	4.7	N/A	6.7	2.1	N/A	2.4

Tableau 1 - Résultats de vibration - Conditions d'état stable

Il a été constaté que le moteur avait une performance de 92%.

## RAPPORT INDUSTRIEL DIVISION TURBINES A GAZ

6 FICHE DE REGLAGE DE FIN DE PALETTE

GTRC007

## Measurement

A	Rotor fully forward position	=	1.705"
B	Rotor fully rear position	=	1.338"
C	Rotor travel = A - B	=	0.367"
	Nominal clearance	=	0.160"
	Calculate pull up required	=	C – 0.160" = 0.207"
D	Final actual 'D' position	=	1.547"
	EOV = A – Actual D Position	=	0.158"

Tolerance 0.156" – 0.164" (See table for KH engines and engines with a two piece combustion casing).

Example	A	=	1.716"
	B	=	<u>1.362"</u>
	C	=	0.354"

Nominal Clearance		<u>0.160"</u>	
		0.194"	Pull up required

D Positioned Measurement      1.556"

Actual Setting	=	A	1.716"	
		B	<u>1.556"</u>	
			0.160"	End of vane clearance

