

Université de ABOUBEKR Belkaid
Faculté de technologie
département de génie mécanique

Turbine à gaz



INTRODUCTION

- Quel que soit le domaine d'application nos turbines à gaz remplissent les exigences posées en termes de rendement de fiabilité et de respect l'environnement de garantissant ainsi un cycle vie peu coûteux et le meilleur retour possible sur investissement.
- Nos turbines se sont révélées être l'un des équipements les plus pratiques et les plus économique que ce soit en matière de production d'électricité et de chaleur ou en matière de transport du pétrole et du gaz.

DEFINITION DE LA TURBINE A GAZ

- La turbine à gaz est une machine motrice tournante à flux continu, équipée d'un compresseur (axial, centrifuge) et des chambres de combustion. Elle est en mesure de produire elle même un fluide sous pression et à température très élevée qui, en subissant sa phase d'expansion dans les différents étages de la turbine, fournit de l'énergie mécanique. C'est une véritable unité autonome qui suffit à elle même.

Mode de fonctionnement de la turbine à gaz

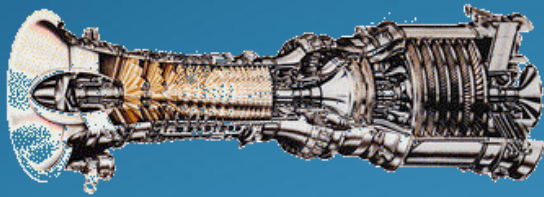
UTILISATION:

- 1/la production d'électricité
- 2/la production combiné chaleur-force
- 3/pompage et compression
- 4/la propulsion

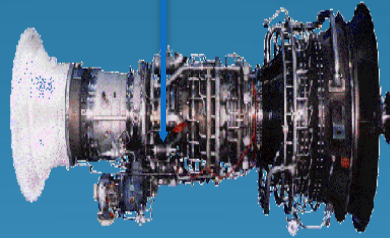
les familles de la turbine à gaz

réacteur

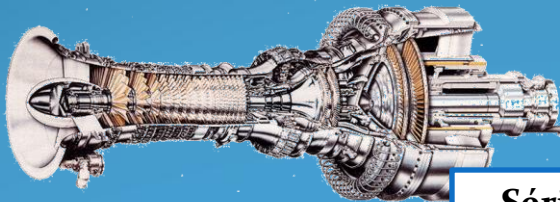
"TURBINES DE PENGUIN"



LM séries pour l'utilisation industrielle et marine



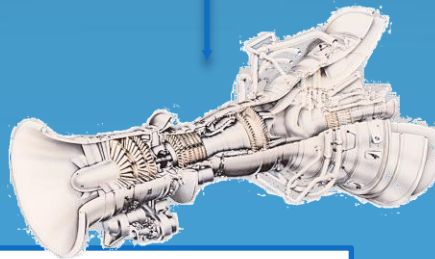
Série PGT/GE pour l'Utilisation industrielle



TURBINE A TROIS ETAGES



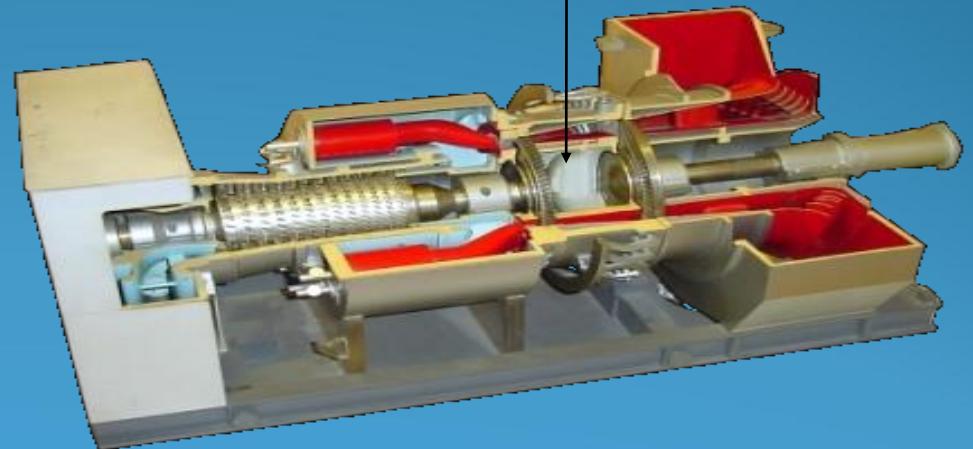
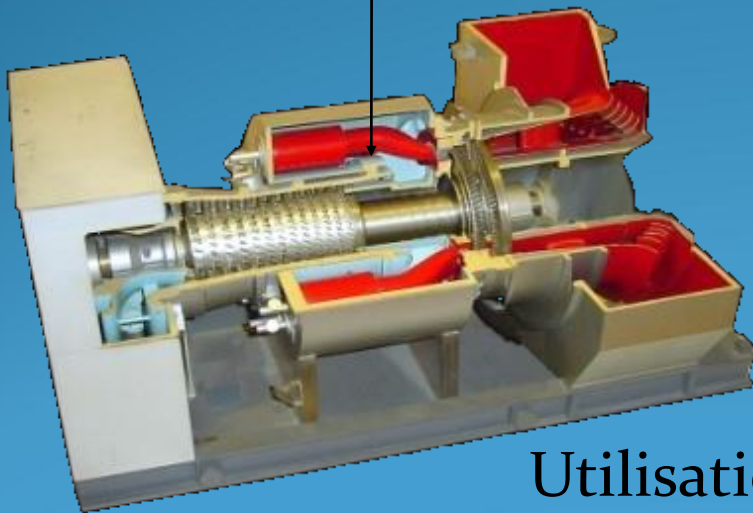
POUR L'AVIATION



Service sérène

mono-arbre

Bi-arbre



Utilisation industrielle

CLASSIFICATION:

On peut classer les turbine à gaz selon :

1/ le mode de travail.

a- turbine à action

b- turbine à réaction

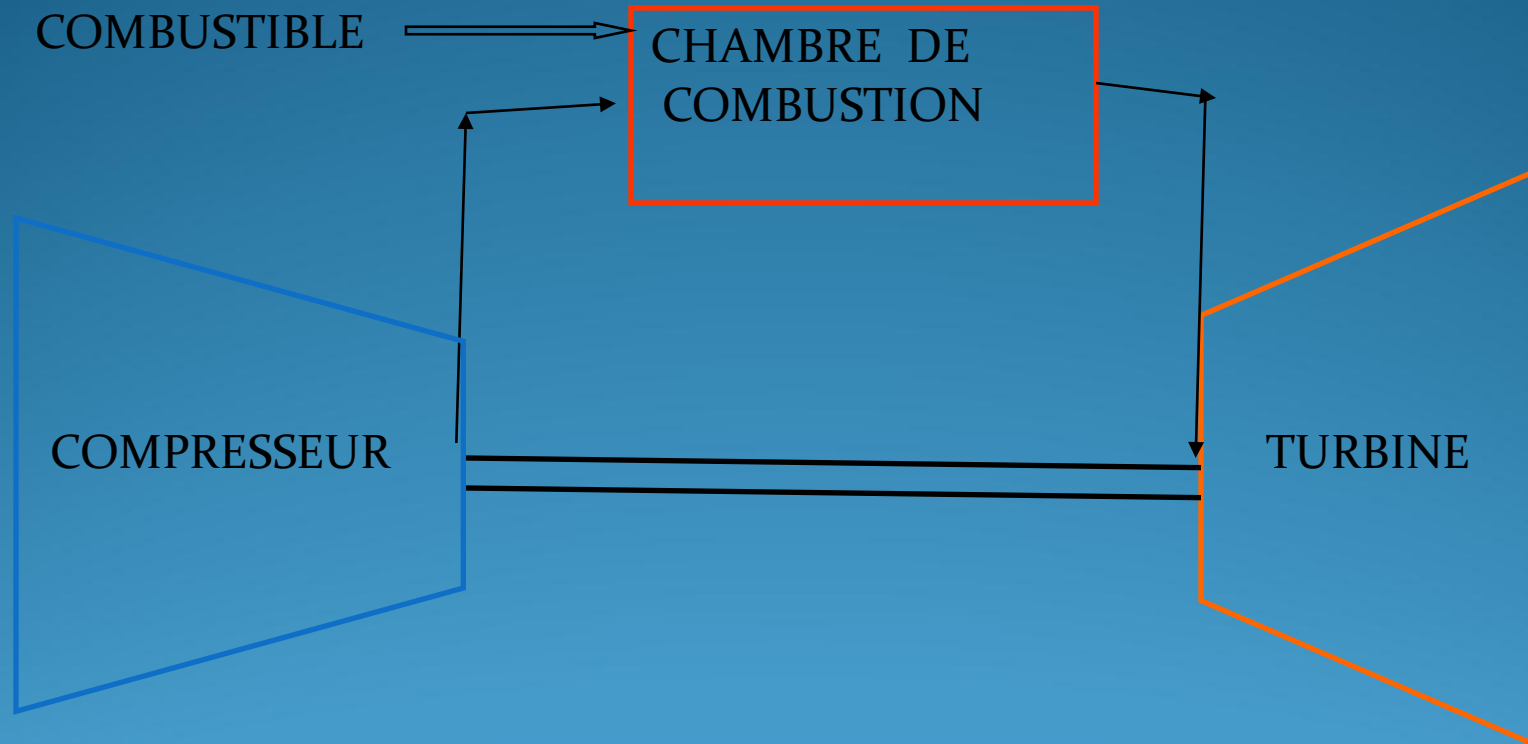
2/ le mode de fonctionnement thermodynamique

a- turbine à cycle fermé

b- turbine à cycle ouvert

3/par le mode de construction:

a- turbine mono-arbre



b- turbine bi-arbre

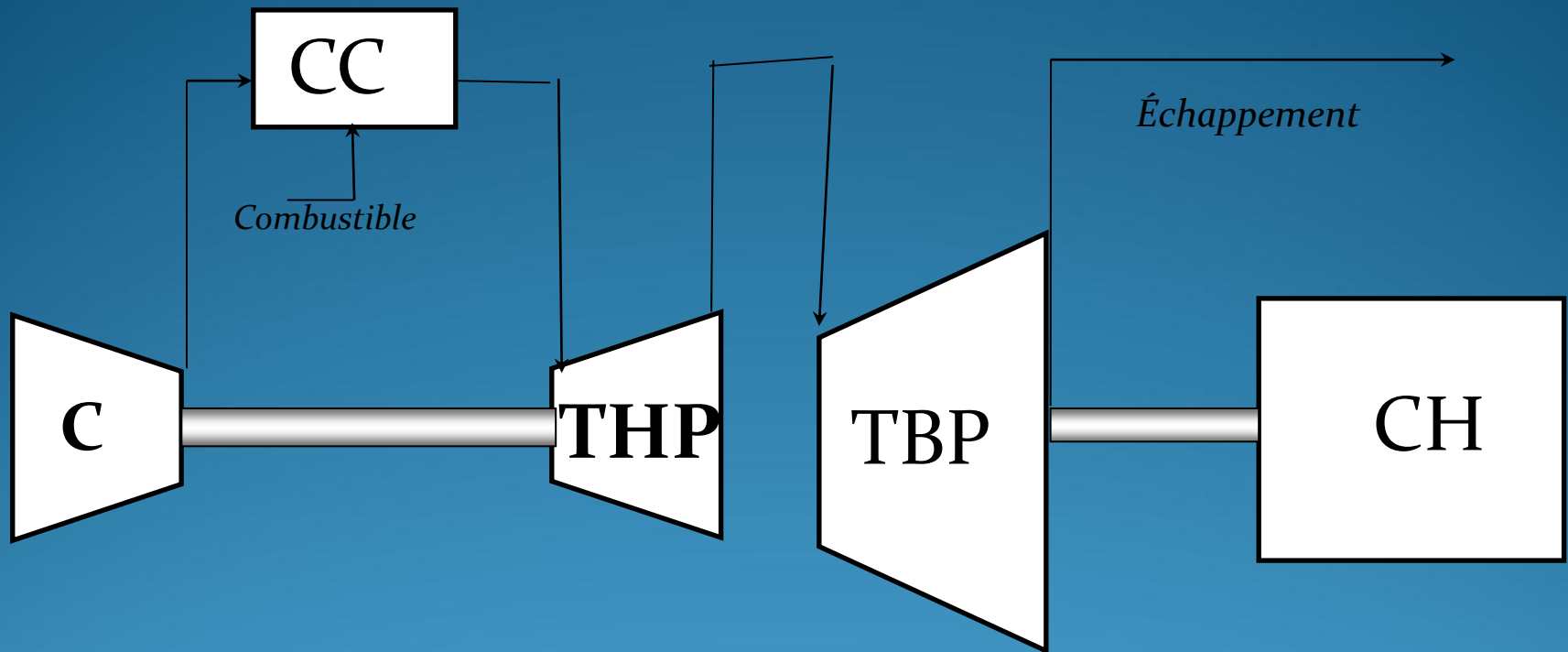


Schéma technologique de la turbine à gaz bi-arbre

4/ Selon la nature d'écoulement :

a- Turbine Axiale

b- Turbine Radiale (centripète)

Avantage DE TURBINE à GAZ

- possibilité d'entraîner des machines (pompes ou compresseurs) à vitesse variable sans grande perte de rendement pour les machines.
- baisse importante de rendement des compresseurs centrifuges à une vitesse de rotation plus faible que la vitesse nominale.
- température de combustion limitée par la résistance mécanique des aubages fixes et mobiles de la turbine.
- chute importante du rendement à charge partielle en particulier pour les machines à simple arbre.
- coût d'usinage des aubages notamment de la turbine .
- la plupart des turbines à gaz ne peuvent pas brûler de fioul lourd contrairement au moteur Diesel elles utilisent alors du gaz naturel du biogaz ou du gasoil voire du kérosène.

INCOVINIENT DE TURBINE à GAZ

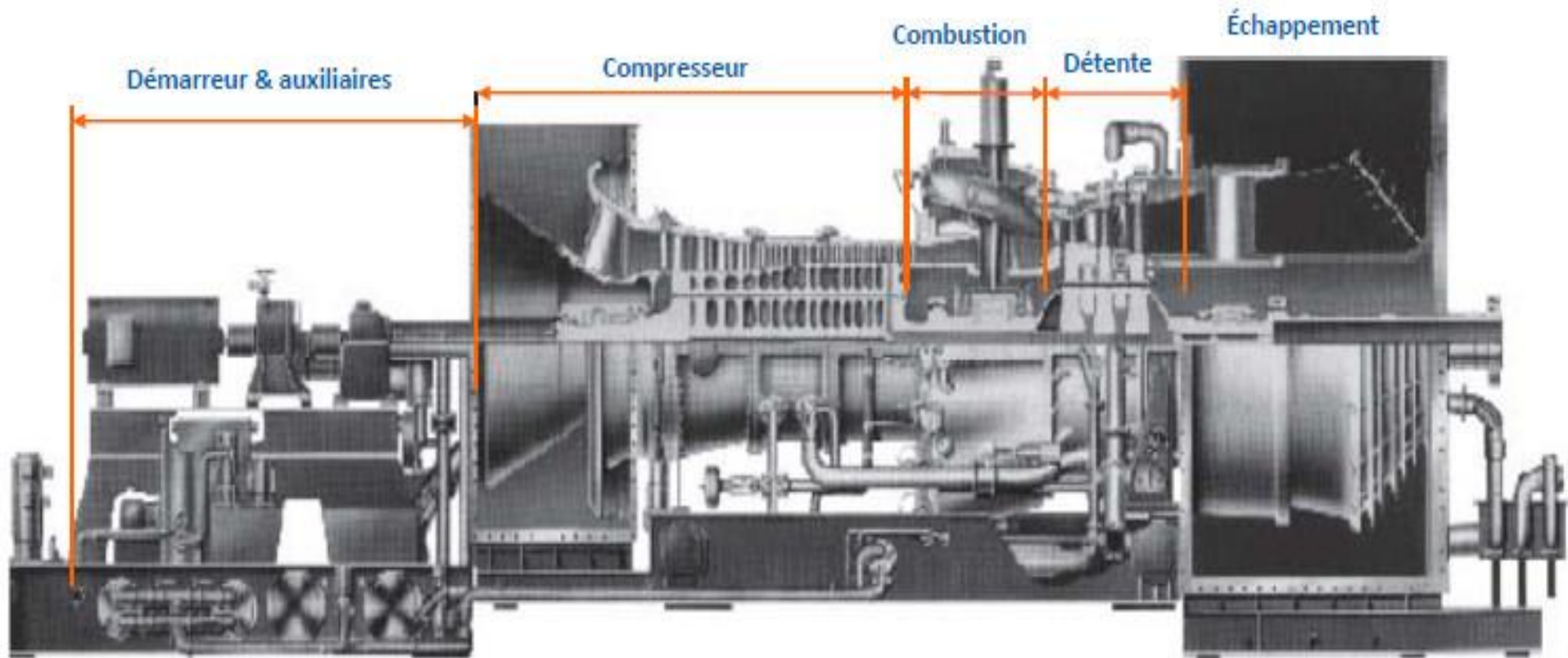
Par contre la turbine à gaz est mal adaptée aux véhicules routiers. En effet les variations de charge et de régime sont trop importantes et trop rapides pour être réalisables avec un rendement correct. De plus le rendement atteint difficilement 30 % pour des moteurs compacts et de faible puissance alors que les Diesel actuels dépassent 40 %. Par contre elles pourraient trouver un regain d'intérêt pour les chaînes de propulsion hybrides en particulier sur les poids lourds où l'installation des échangeurs (notamment récupérateur sur échappement) est moins problématique.

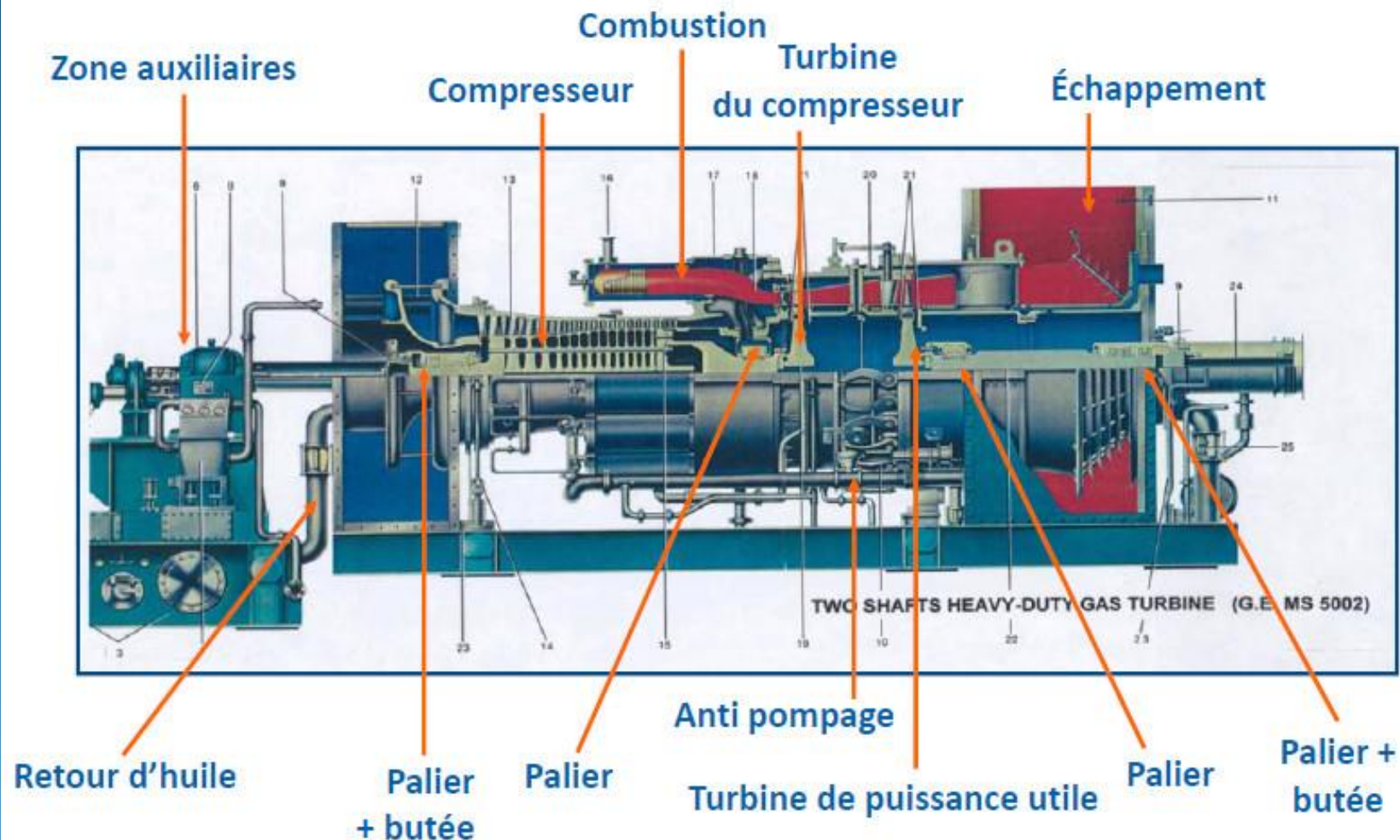
Description de la turbine à gaz :

Les principaux composants d'une turbine à gaz sont :

- Section de compression.
- Le système de combustion (ensemble des chambres de combustion).
- Section turbine (HP et BP).
- Les parties auxiliaires.

Les différents zones de la turbine à gaz





SECTION DE COMPRESSION :

Le compresseur à flux axial comprend le rotor du compresseur ainsi que le corps qui comporte les étages de compression, les aubes variables de la directrice et deux déflecteurs de sortie. Il contient les éléments suivants

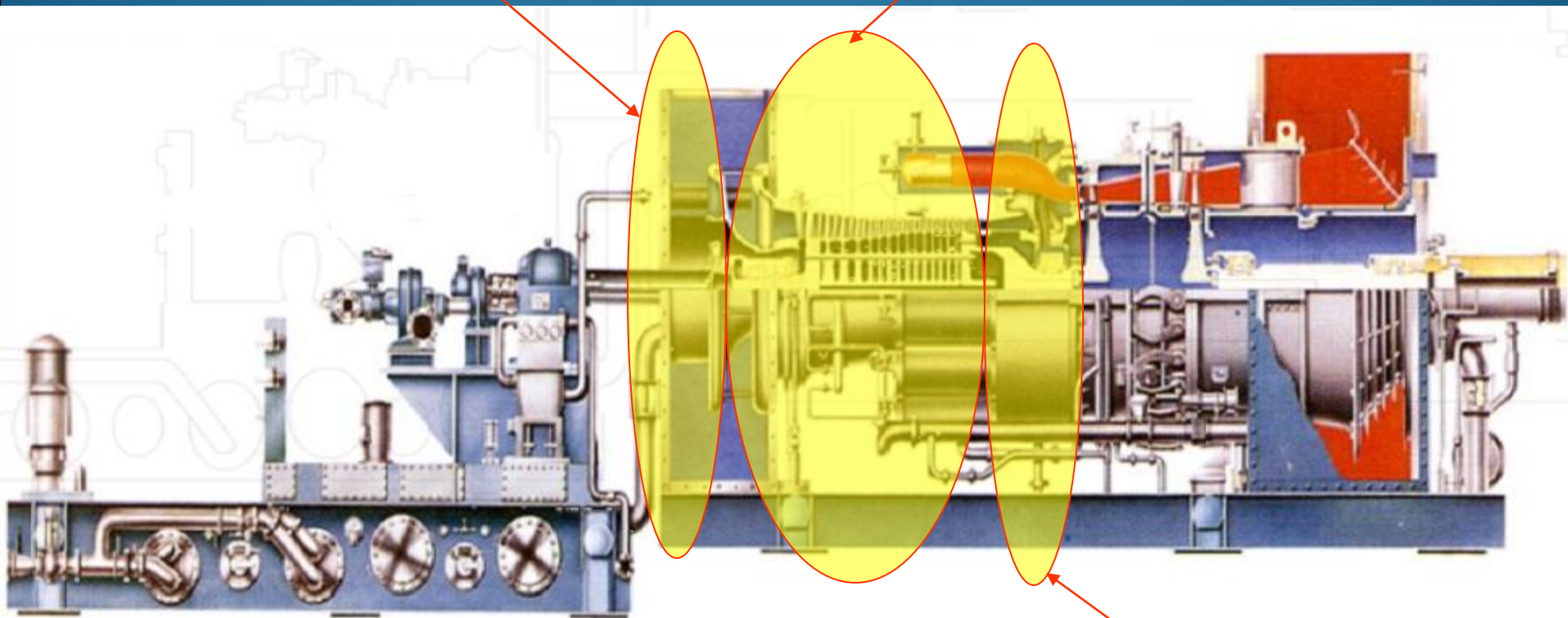
a/Rotor du compresseur :

b/stator du compresseur:

- corps d'admission**
- corps avant du compresseur**
- Corps de décharge (refoulement)**

Corps d'admission

**Corps de
compression**



Corps de décharge

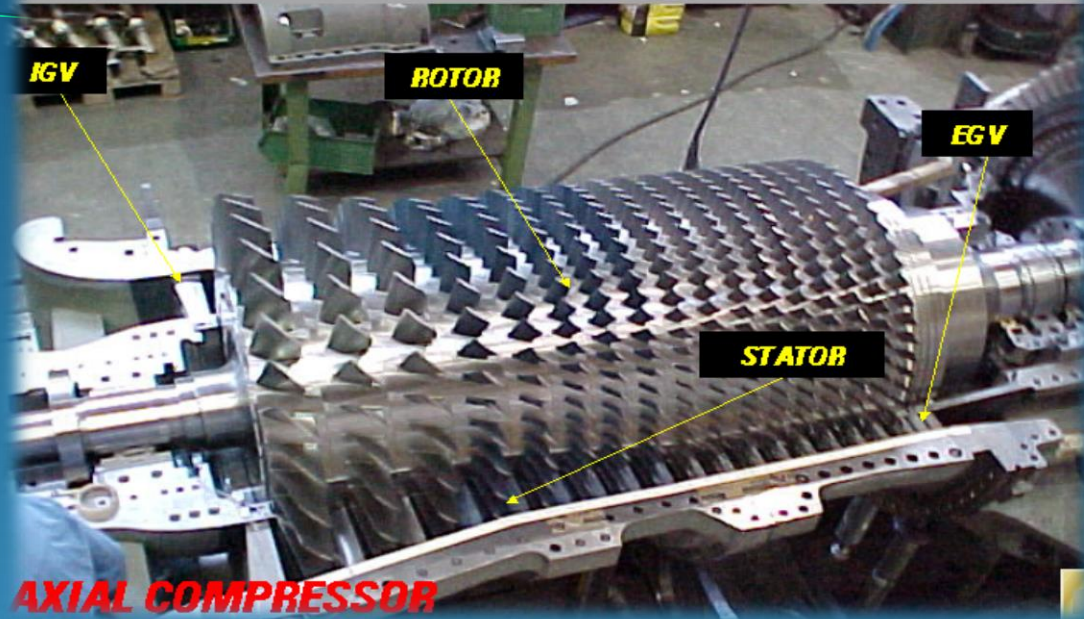
- Rotor du compresseur :

Le rotor du compresseur est un assemblage composé de plusieurs roues, d'un demi-arbre, de tirants et des aubes du rotor du compresseur. Chaque roue comporte des rainures brochées dans les quelle s'insèrent les aubes et sont maintenues en place dans le sens axial par des entretoises, elles même bloquées à chaque extrémité des rainures par des clavettes.



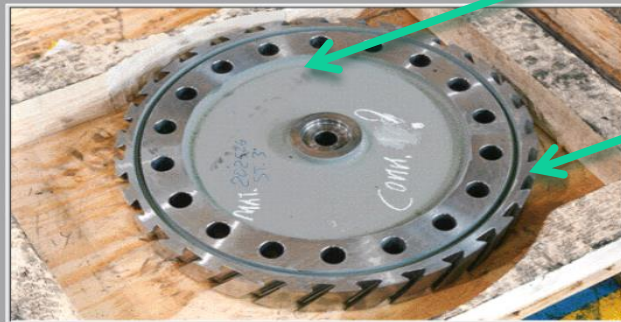
Tie Bolts

Les roues placées sur les axes



Compresseur axial

Slots for Compressor Blades

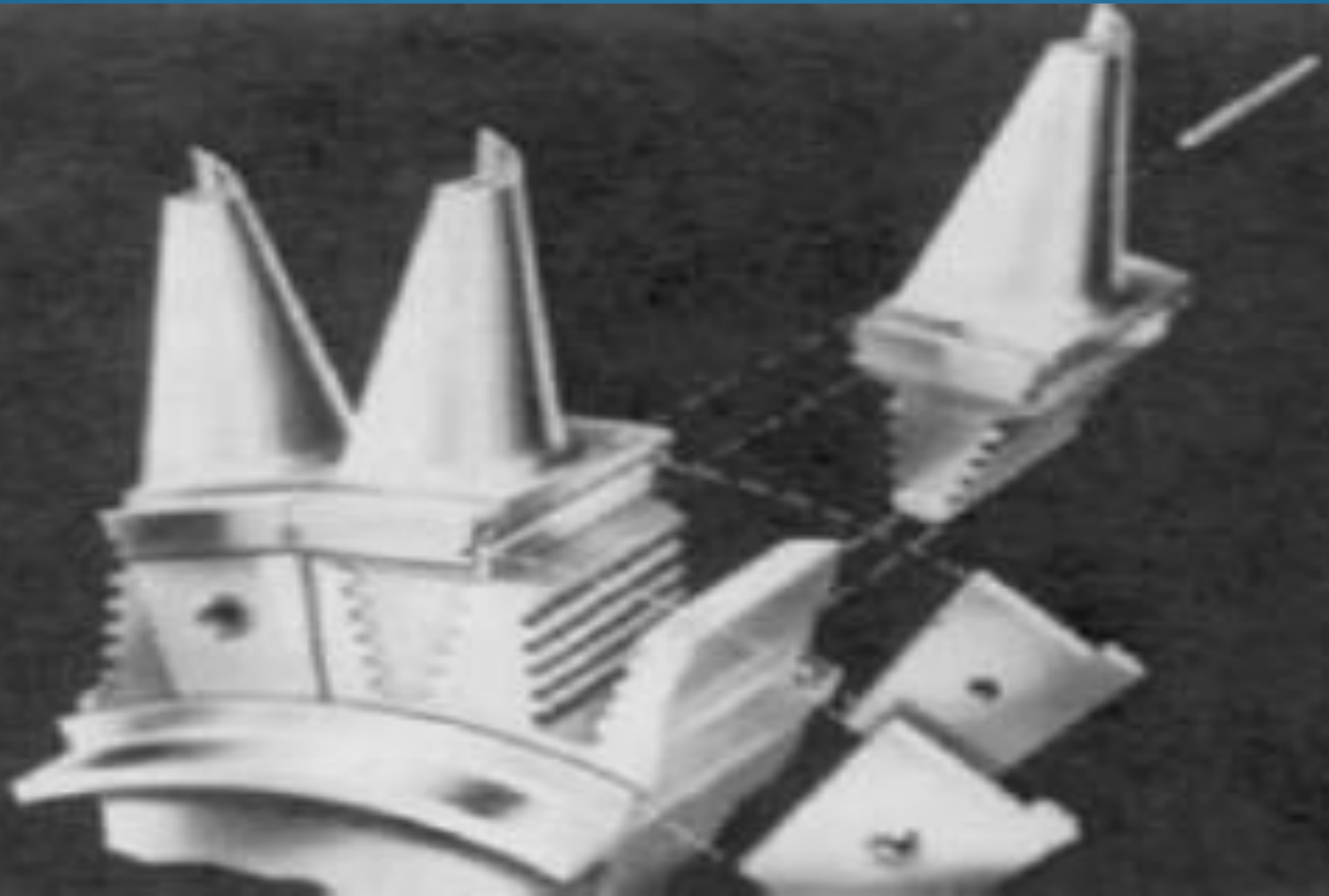


roue

fente

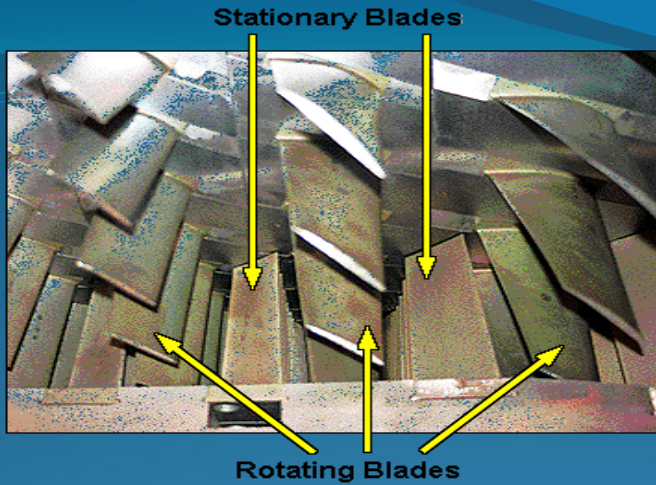


Principe d'assemblage des aubes de la turbine à gaz





- Stationary Blades Direct Airflow to Next Set of Rotating Blades
- Rotating Blades Add Kinetic Energy to Air Flow



Les aubes mobiles et fixes du compresseur

- Stator de compresseur :

Le stator du compresseur comprend trois sections principales :

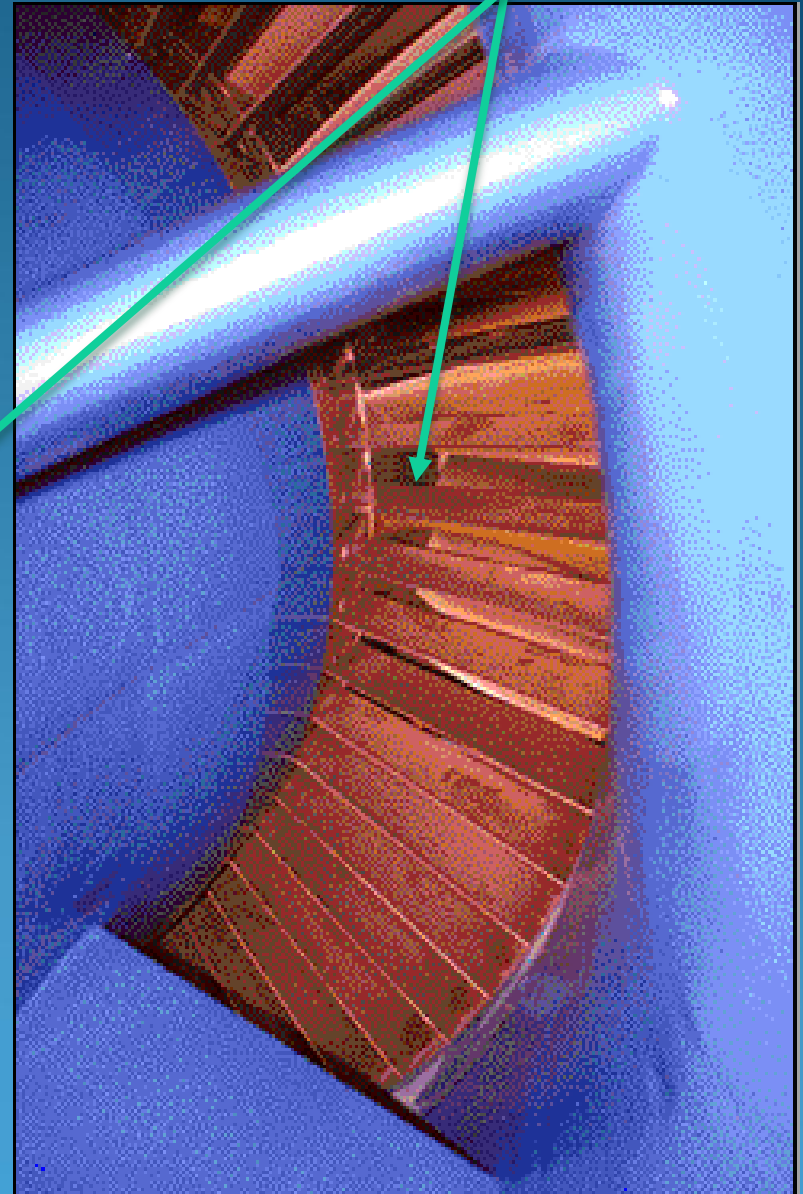
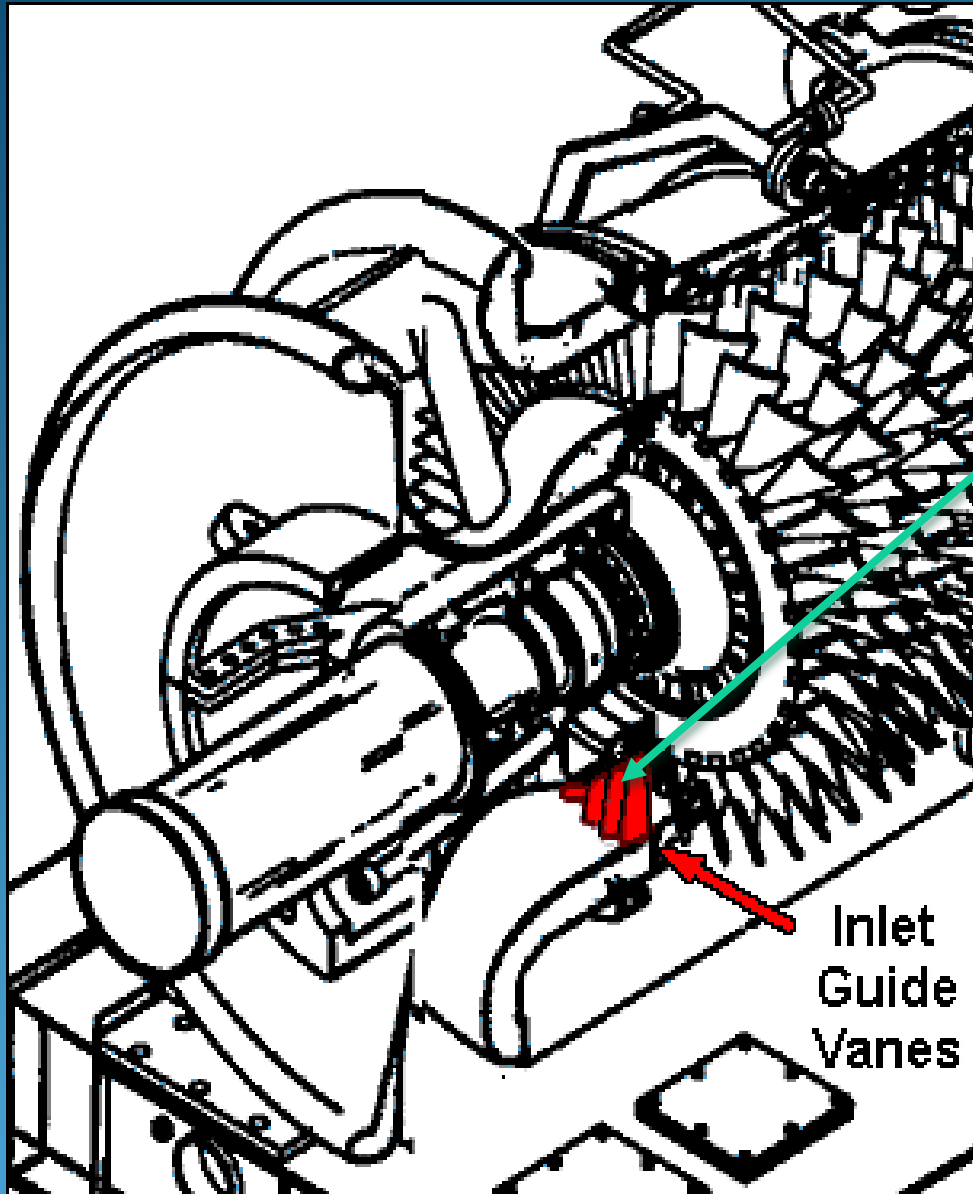
- ♦ **Le corps d'admission.**
- ♦ **Le corps avant du compresseur.**
- ♦ **Le corps de refoulement du compresseur.**

LE CORPS D'ADMISSION:

Le corps d'admission se trouve à l'avant de la turbine à gaz. Sa fonction principale est de diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur.

Il soutient les ailette de guidage d'admission (IGV), et le palier NO.1

Ailettes de guidage d'admission



Corps avant du compresseur

Contient les premiers étages du stator, il transmet également les charges de structure qui viennent du corps adjacent vers le support avant.

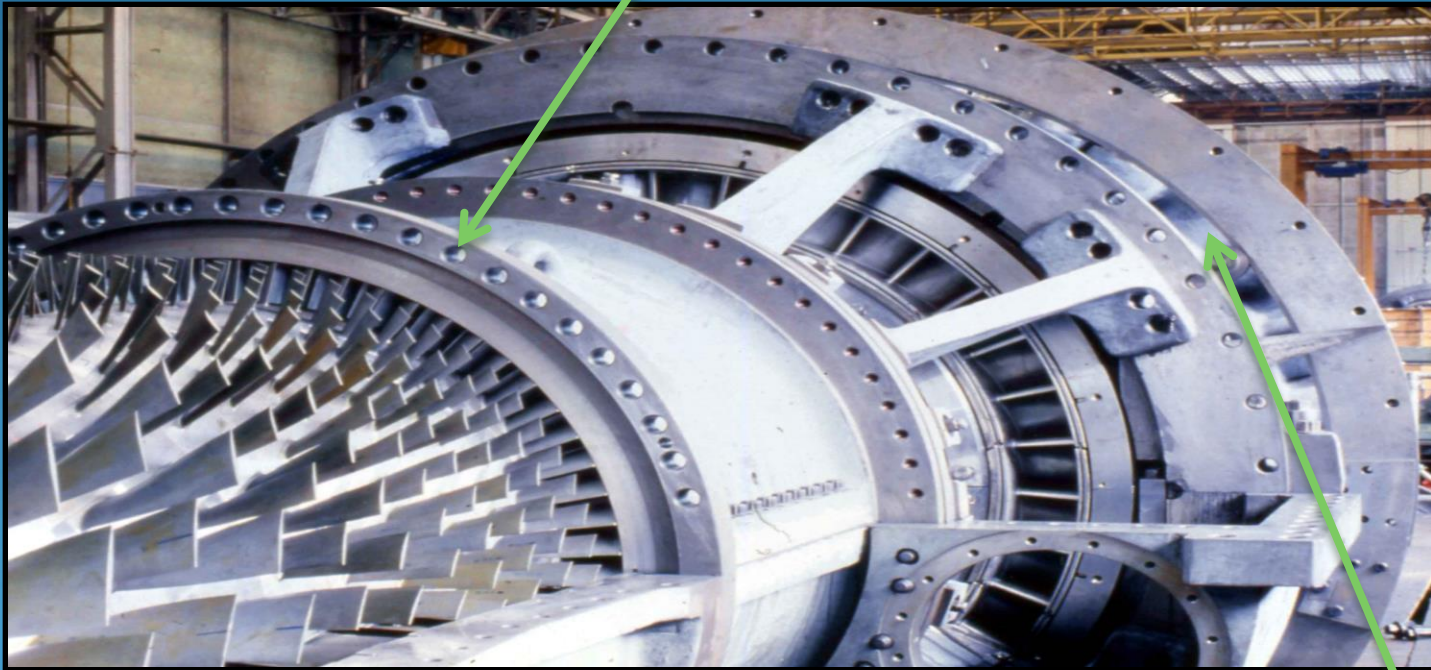
Corps arrière du compresseur

Contient les derniers étages du stator, les orifices d'extraction prévus dans ce corps permettent de prélever l'air au niveau du dixième étage du compresseur.

Cet air est employé pour refroidir, assurer les fonctions d'étanchéité et contrôler les pulsations au démarrage et à l'arrêt.

Corps de refoulement (décharge) du compresseur :

**corps de refoulement (décharge) du
compresseur**

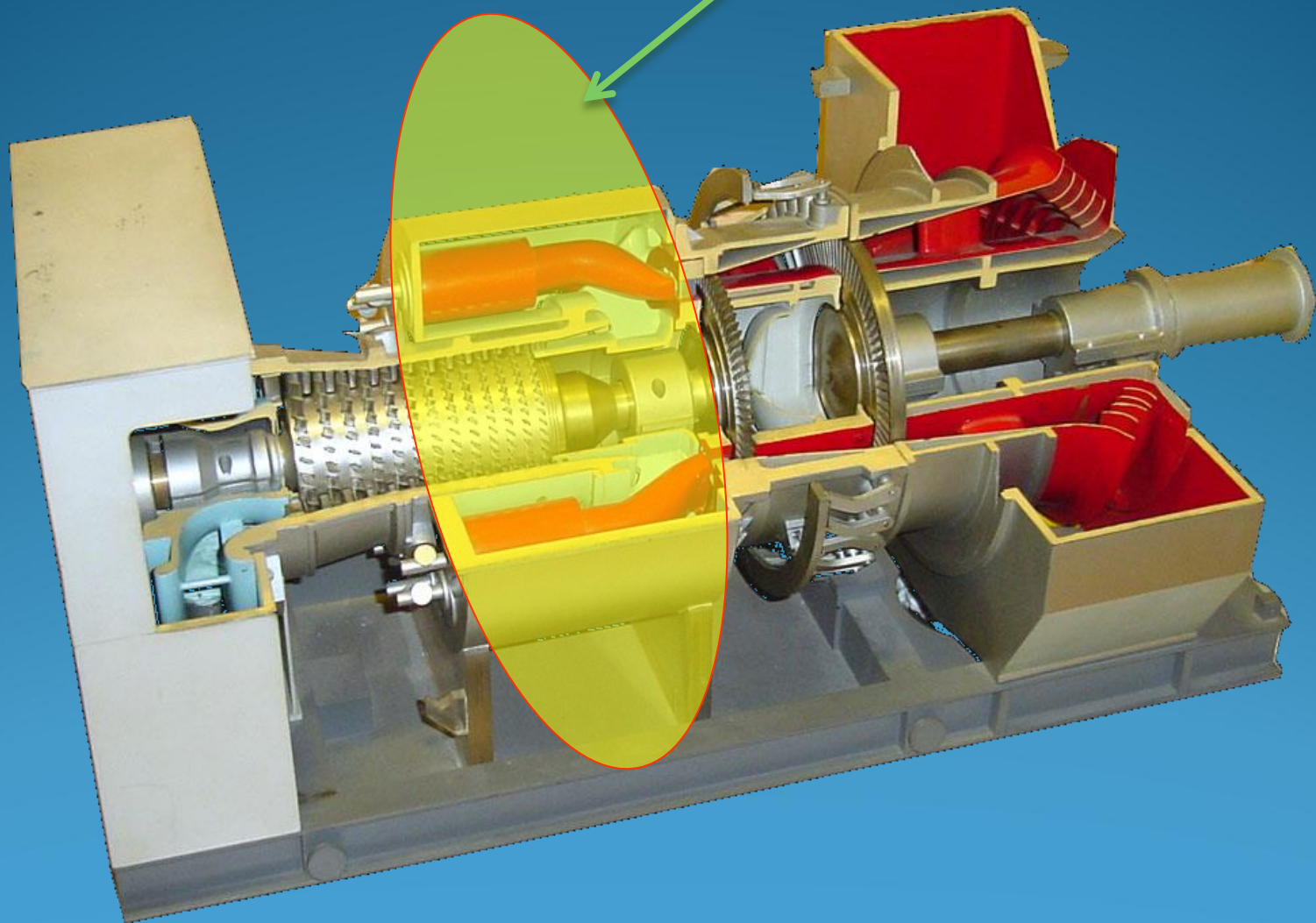


Directrice de la turbine HP

SECTION DE COMBUSTION:

La section combustion de la turbine à gaz comprend l'enveloppe de Combustion, les corps de combustion extérieur, les ensembles chapeau et chemise de combustion, les ensembles de pièces de transition, les injecteurs de combustible, les bougies, les transformateurs d'allumage, les détecteurs de flamme, les tubes-foyer et divers garnitures et " hardware ".

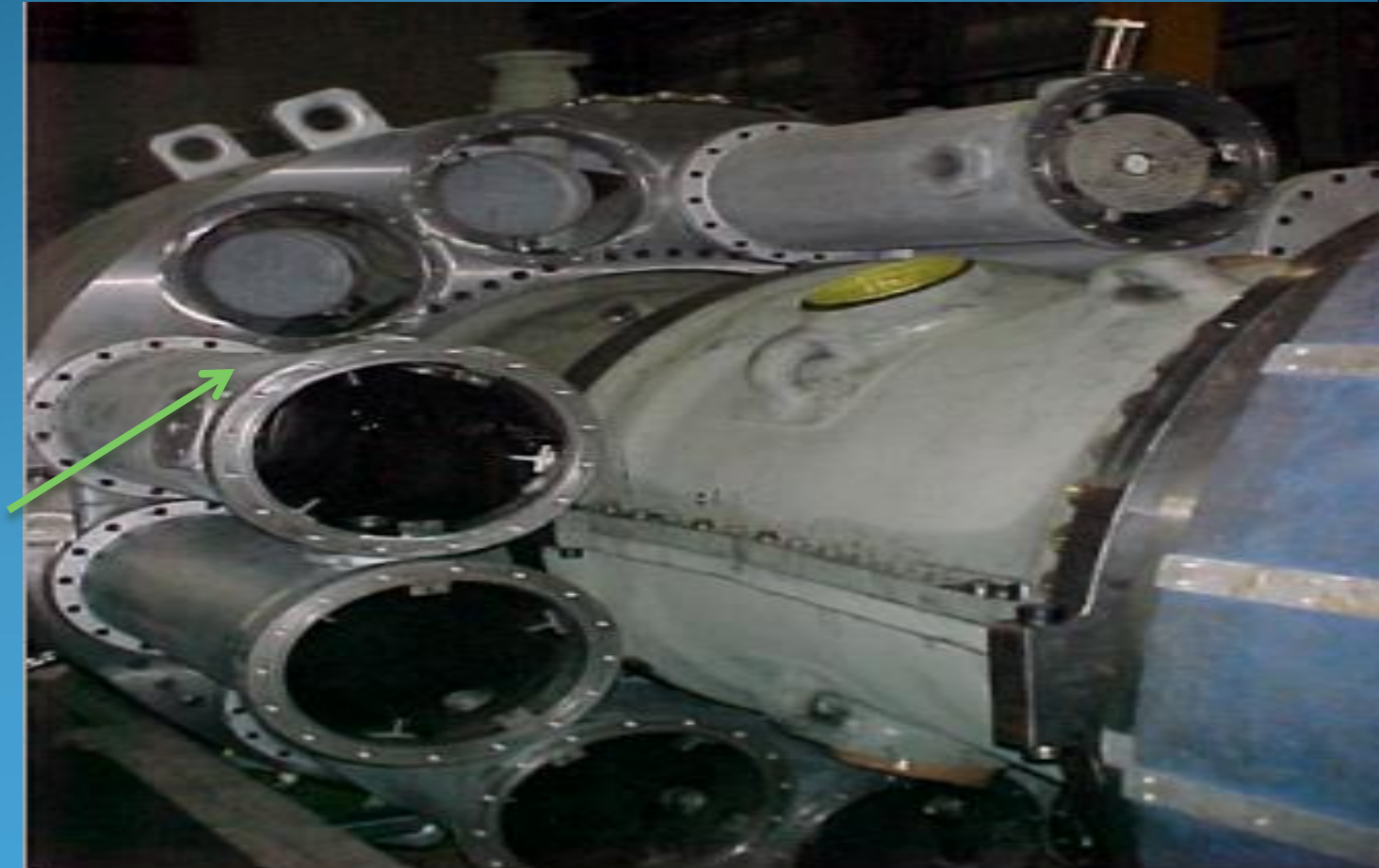
Section de combustion



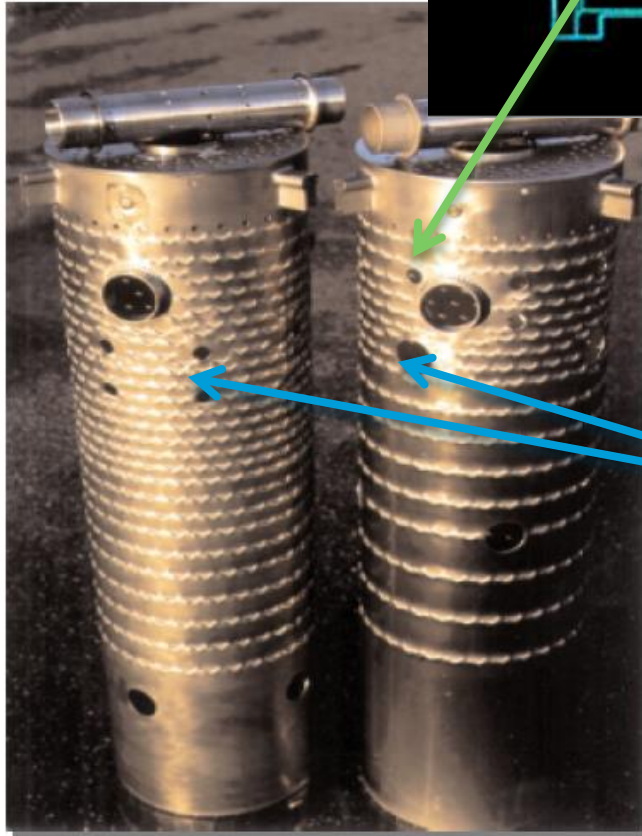
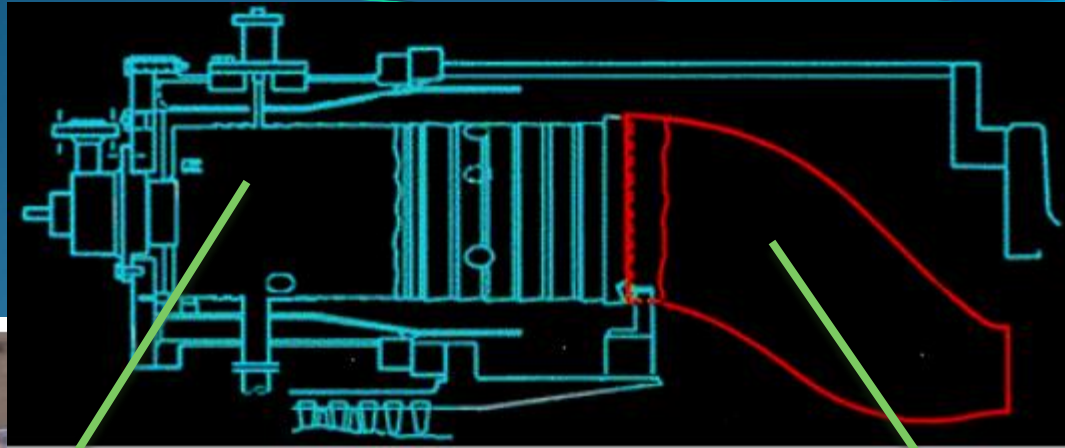
L'ENVELOPPE DE COMBUSTION:

Soutient les corps de combustion qui renferment les pièces de transition.

C'est une enceinte soudée, montée dans la partie arrière du refoulement du compresseur, elle reçoit l'air de refoulement.



CHAMBRE DE COMBUSTION



LA CHEMISE DE COMBUSTION

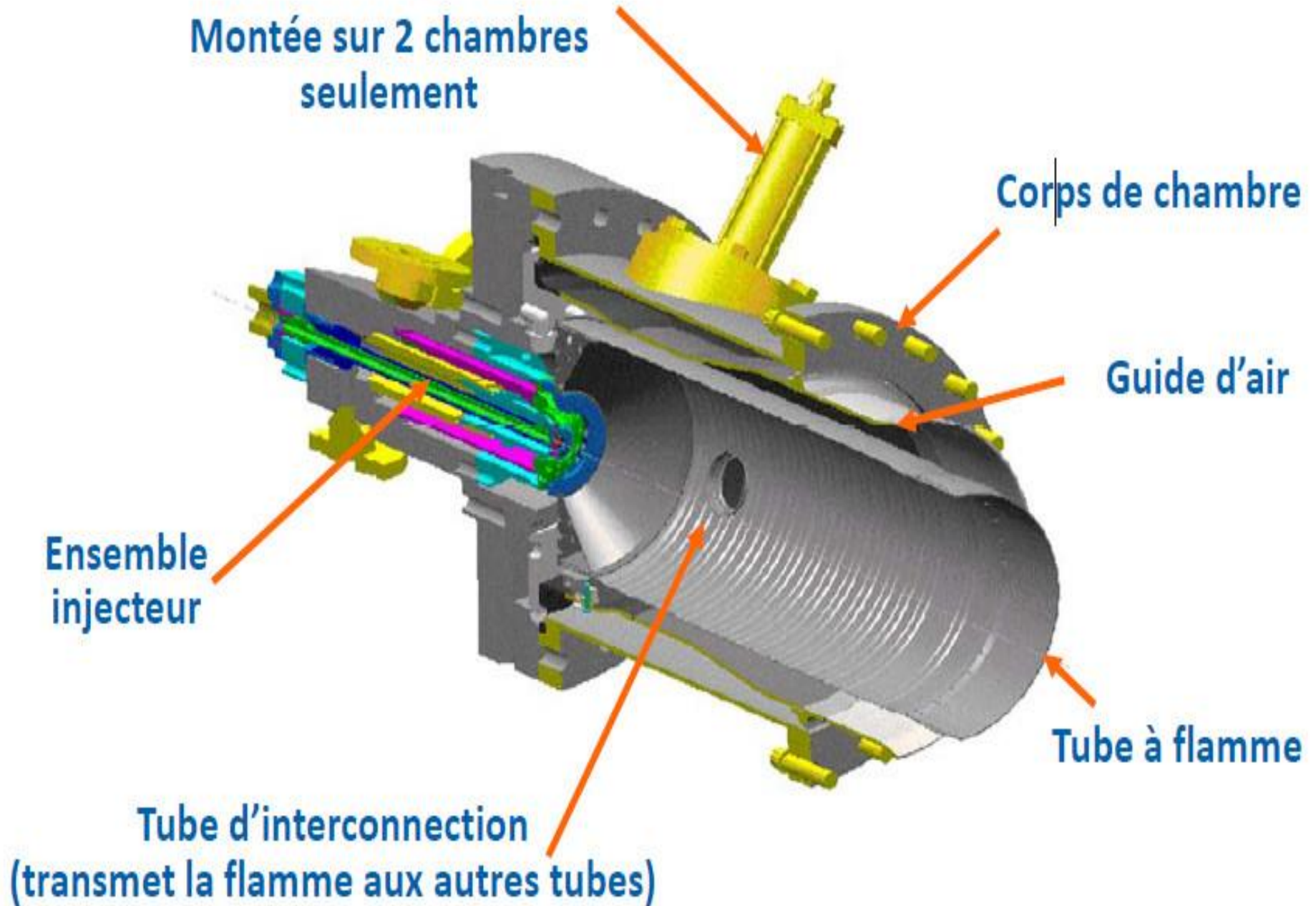
ENTREE
D'AIR



LA PIECE DE TRANSITION

Bougie d'allumage rétractable

**Montée sur 2 chambres
seulement**



■ Pièce de transition (flame v. GE)

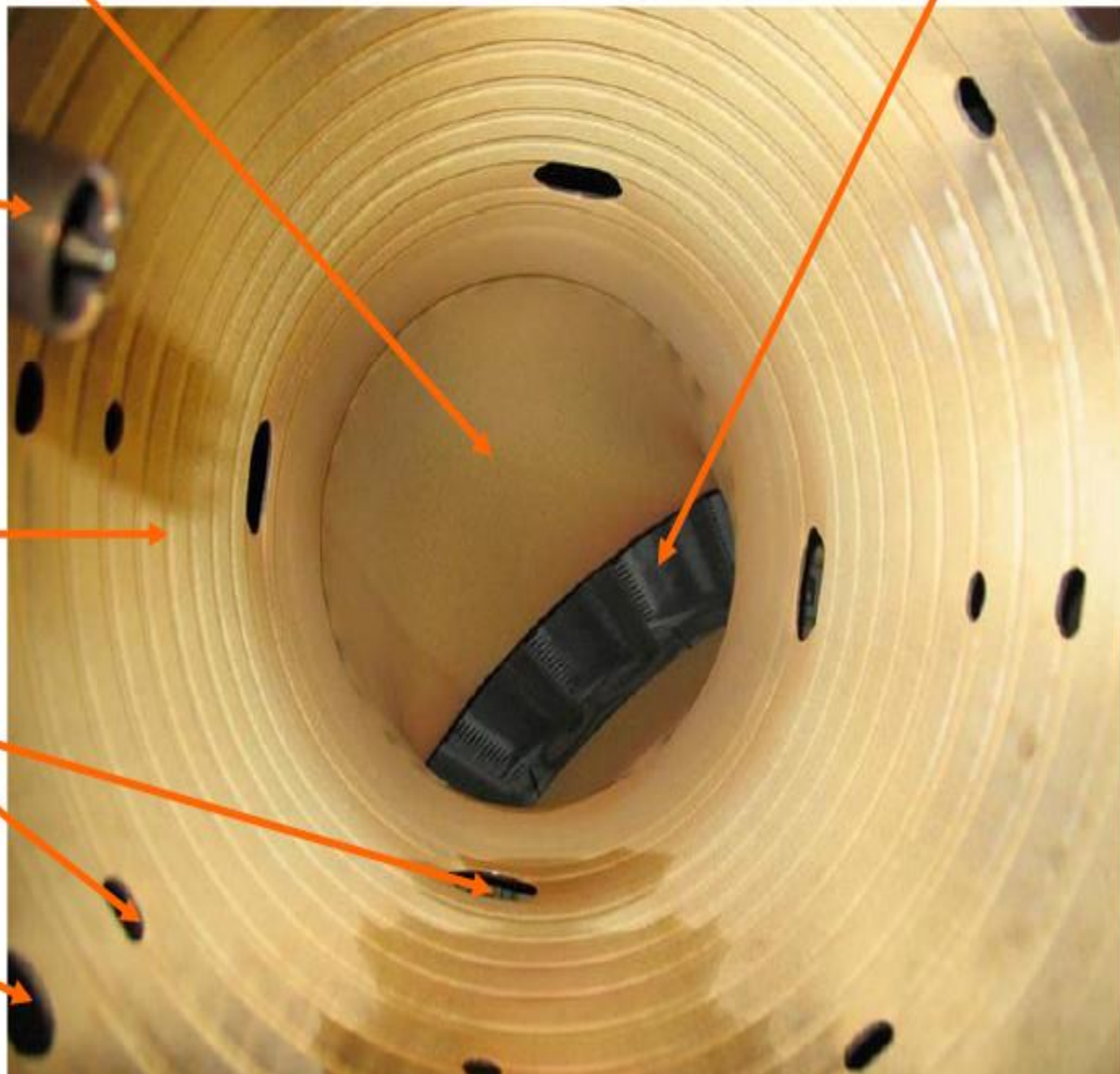
Directrices turbine

Bougie allumage

Tube à flamme

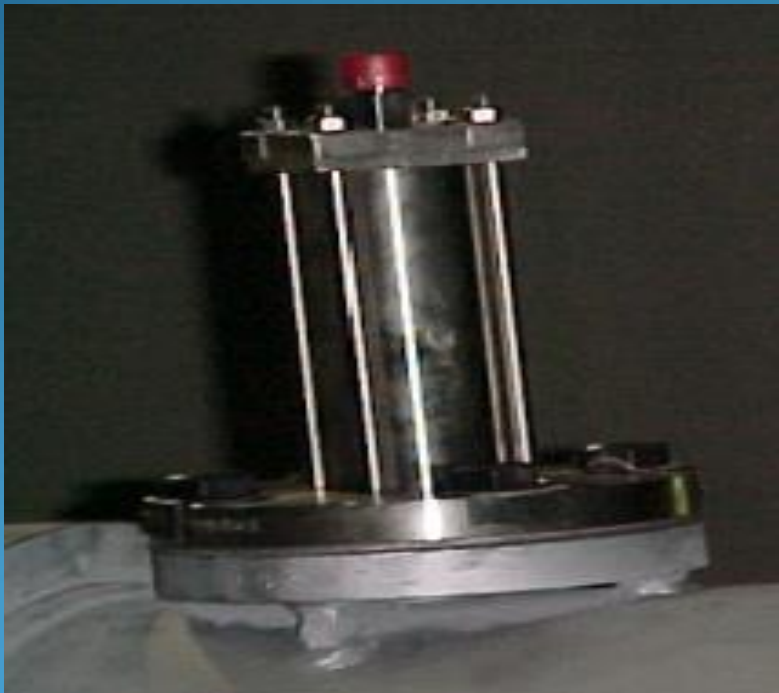
Dilutions

Interconnections



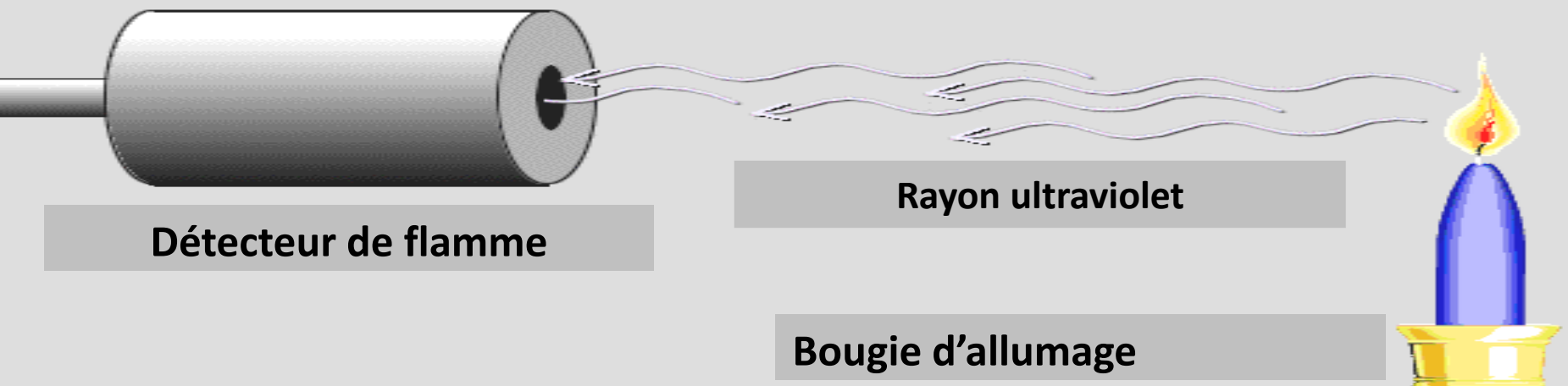
BOUGIES D'ALLUMAGE:

Les bougies sont installées dans les chambres de combustion, et reçoivent l'énergie des transformateurs d'allumage. il ya seulement quelque chambres qui contient des bougies, Les autres chambres sans bougies, sont allumées à travers les tubes-foyers d'interconnexion.



LES DETECTEURS ULTRAVIOLET :

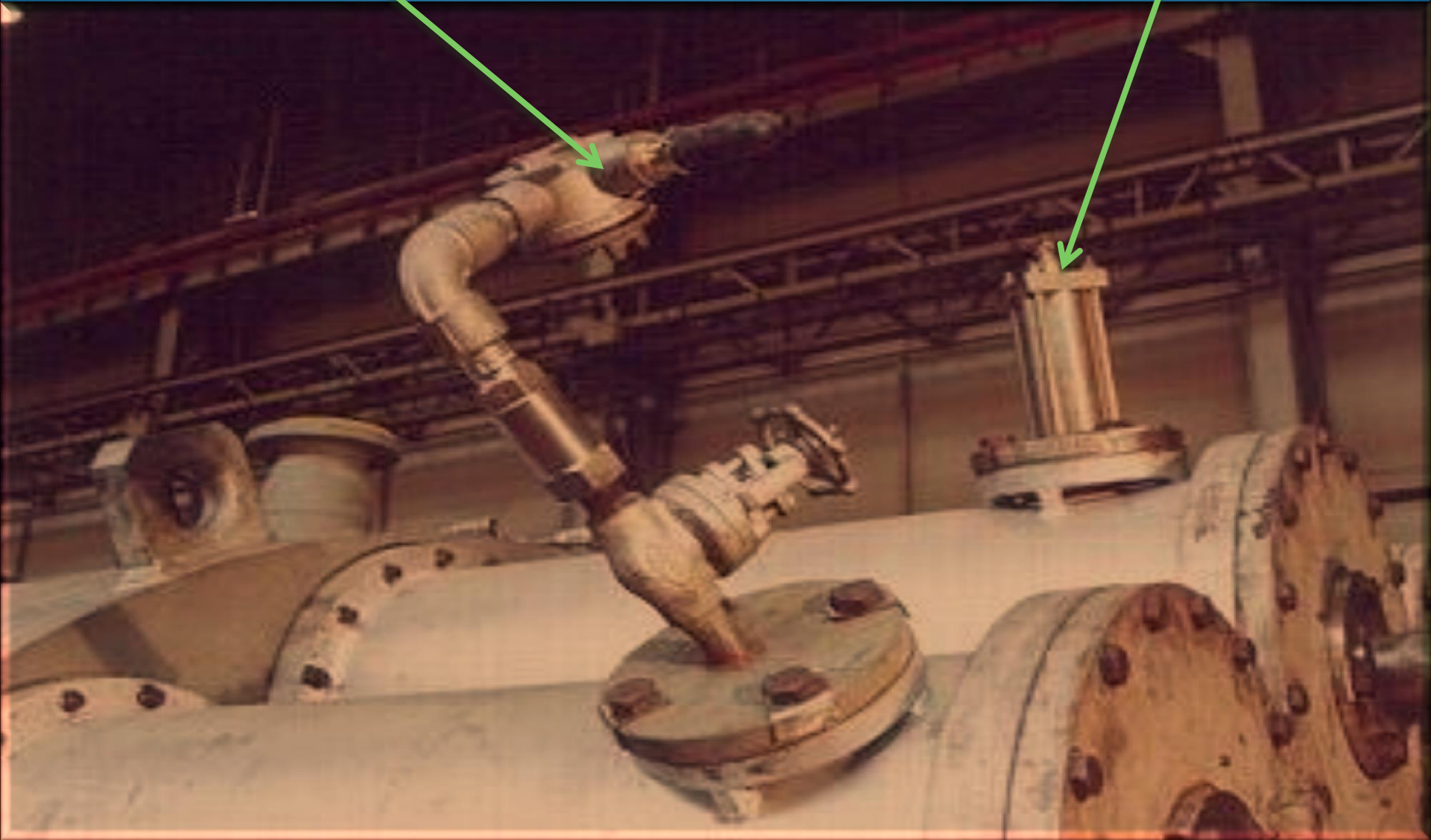
Pendant la séquence de lancement, on envoie une indication de présence ou d'absence de flamme au système de commande, géré par le système de contrôle de flamme. Le capteur de flamme est sensible à la présence des radiations ultraviolettes émises par la flamme aux hydrocarbures.



Détecteur de flamme ultraviolet.

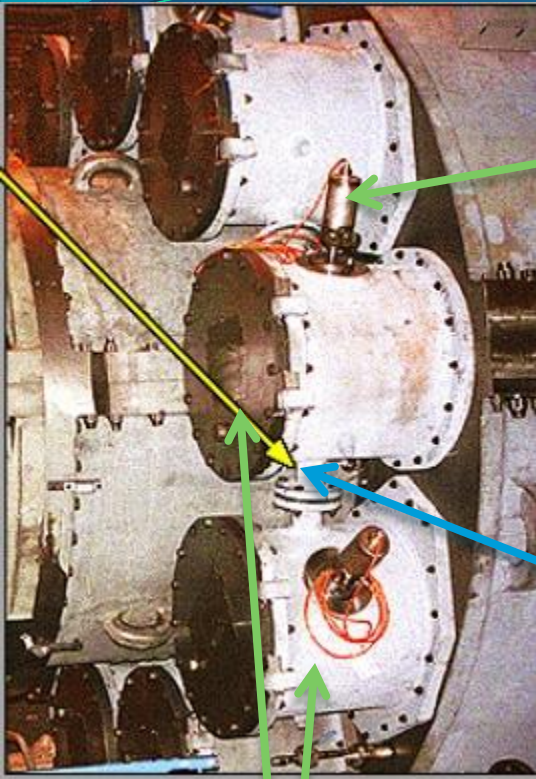
Détecteur de flamme

Bougie d'allumage



LES TUBES D'INTERCONEXION (LES TUBES-FOYER):

Bougie d'allumage



TUBES D'INTERCONEXION

CHAMBRE DE COMBUSTION

SECTION TURBINE :

contient les parties suivants

- a)- stator de turbine**
- b)- Directrice de premier étage**
- c)-Directrice de deuxième étage**
- d)-rotor de la turbine**

stator de turbine



Directrice de premier étage



Directrice de deuxième étage

 **Nuovo Pignone**
For Training Centre of Hassi R'Mel

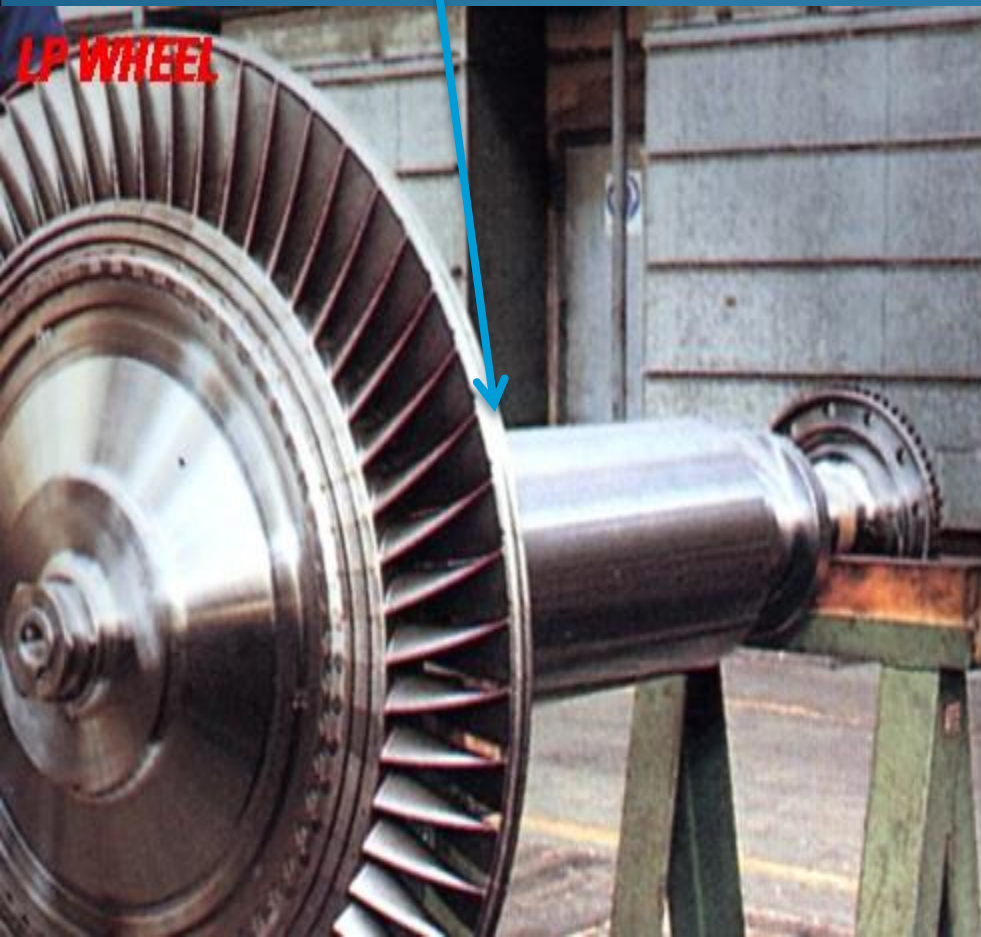


Aube du
directrice

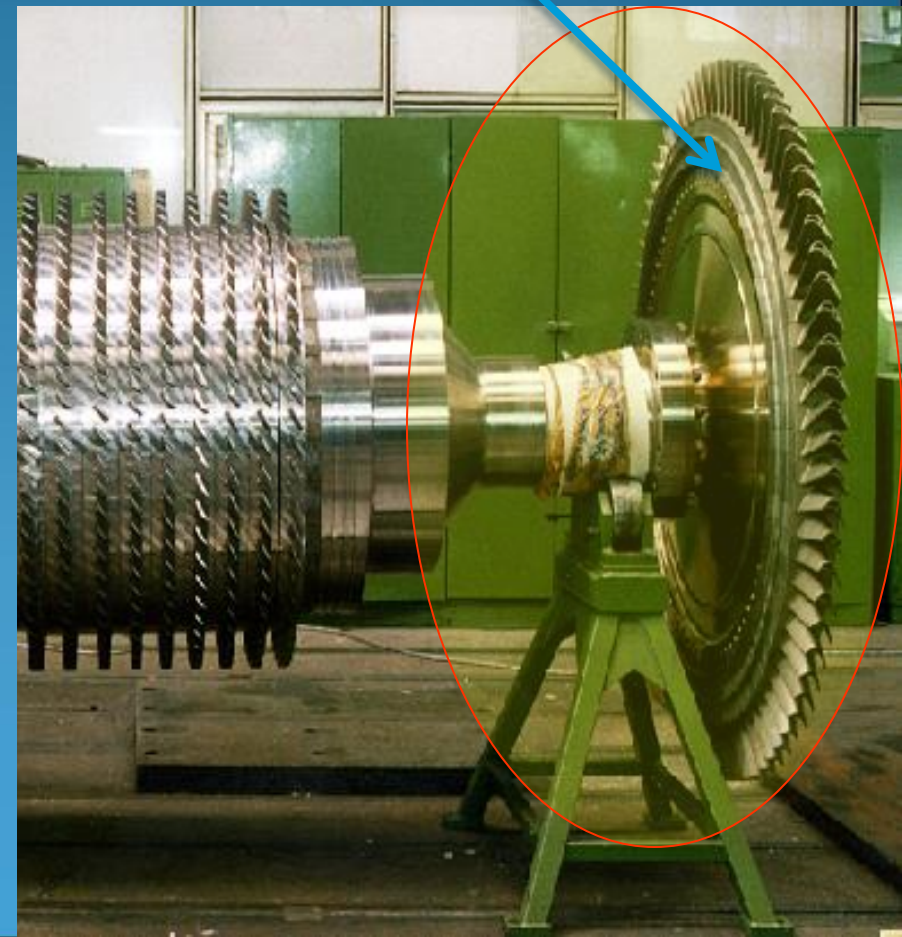


Système hydraulique

Rotor de la turbine basse pression



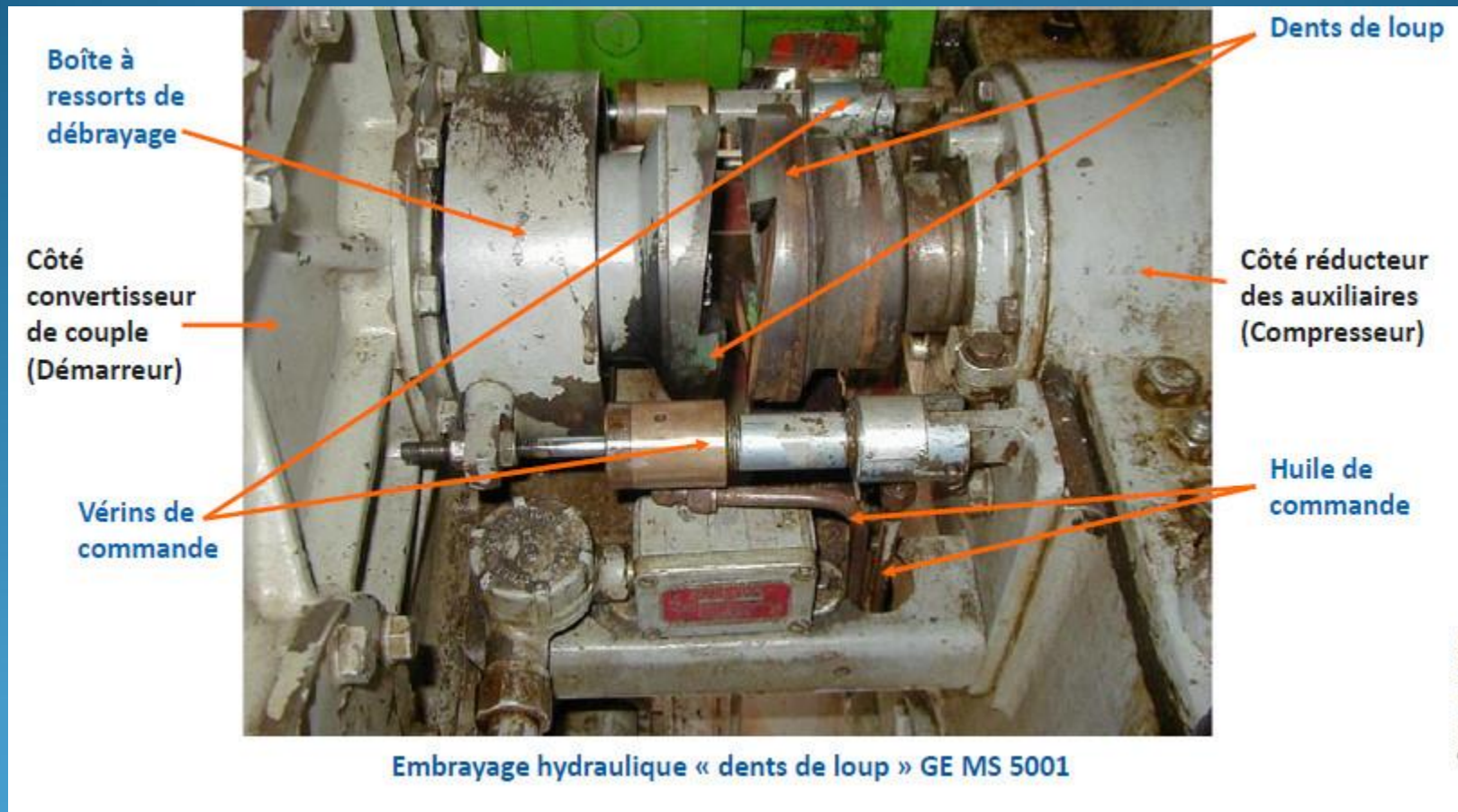
Rotor de la turbine haute pression



Le système de démarrage de la turbine à gaz

- 1/100 de la puissance ISO est normalement suffisant pour démarrer.
- Le maxi de puissance du démarreur est au moment de l'allumage.
- Le système doit pouvoir gérer la séquence de démarrage soit par :
 - convertisseur de couple.
 - une boucle hydraulique avec pompe à débit variable
 - séquence de dosage gaz/air sur les détendeurs pneumatiques .

- Le démarreur peut être utilisé pour accélérer le refroidissement dans une séquence de lavage « off line » par ventilation.
- Au démarreur doit être associé un vireur, notamment pour le post graissage après un arrêt ou un déclenchement



Combustibles de la turbine à gaz

Comme tous les moteurs thermiques, une turbine à gaz consomme un combustible. Celui-ci, introduit par des injecteurs, brûle dans la ou les chambres de combustion , et voilà quelque types de combustible le plus utilisée :

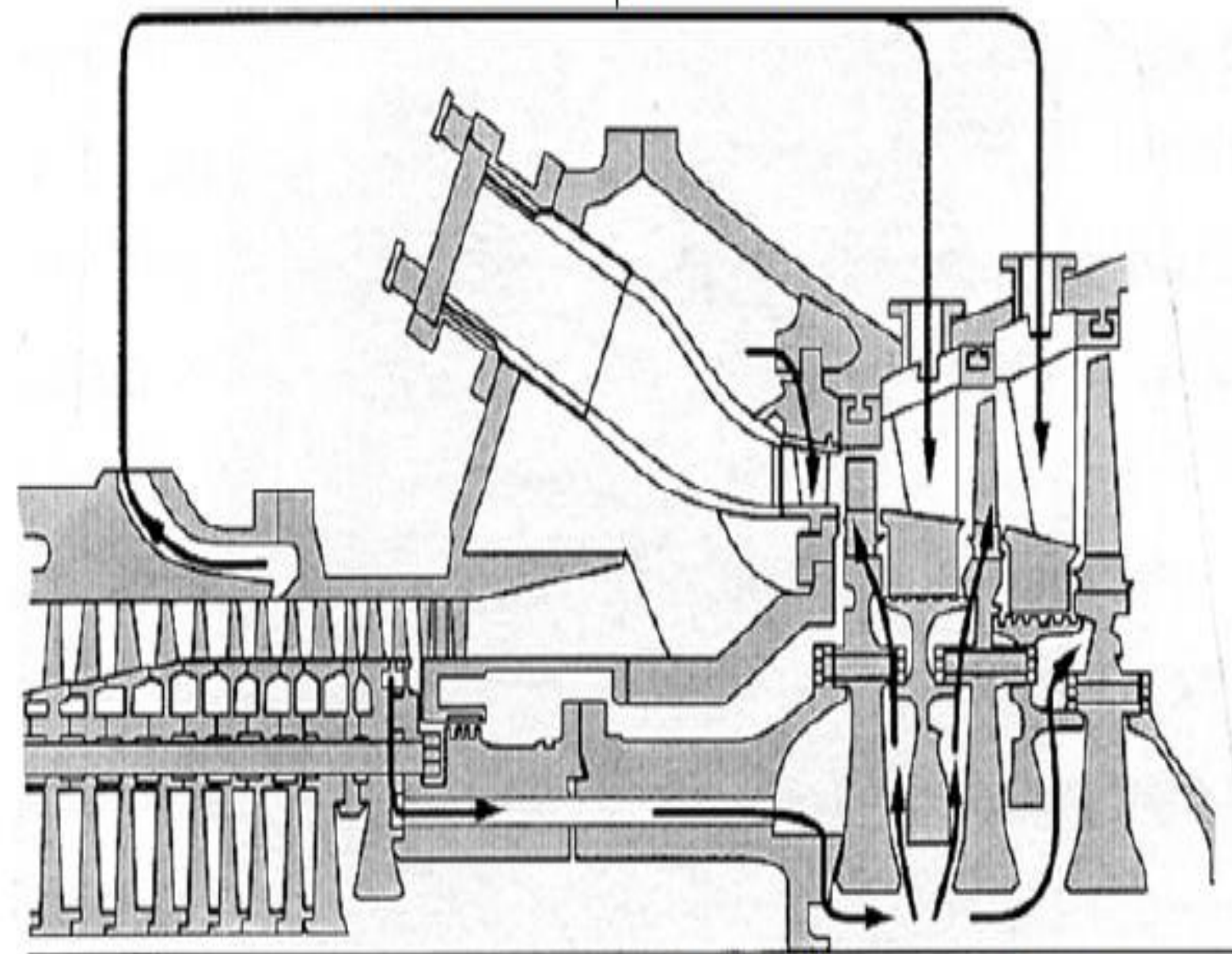
- **Gaz naturel**
- **Charbon**
- **Pétrole brut**
- **GPL**
- **Gazole, Naphta, Kérosène**
- **Distillats lourds**
- **Gaz de haut fourneau**
- **Gaz de synthèse**
- **Gaz de la pétrochimie**

La tenue des matériaux avec la température :

Obtenue par refroidissement des directrices statiques et des disques

- Pour la solidité de l'ancrage des aubes, la contrainte centrifuge en pied d'aubage est de loin la plus élevée
- Circuits de principe des refroidissements stator et rotor

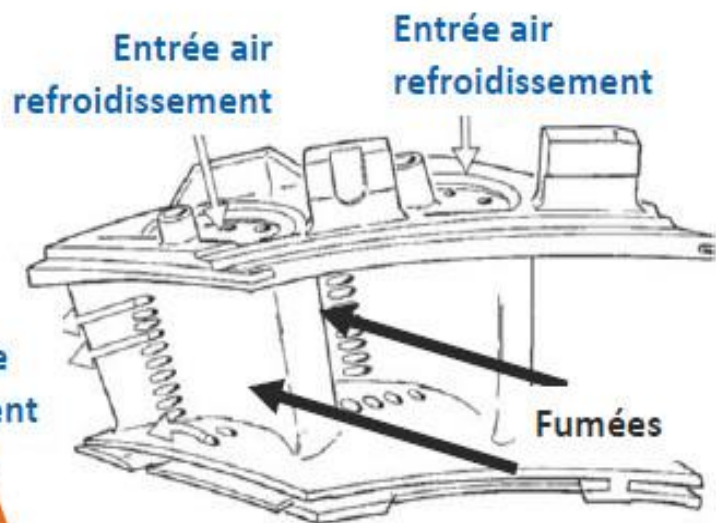
Refroidissement stator



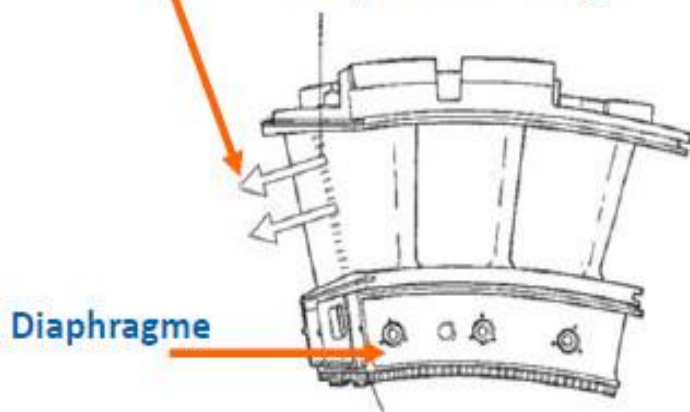
Refroidissement rotor

Refroidissement directrices

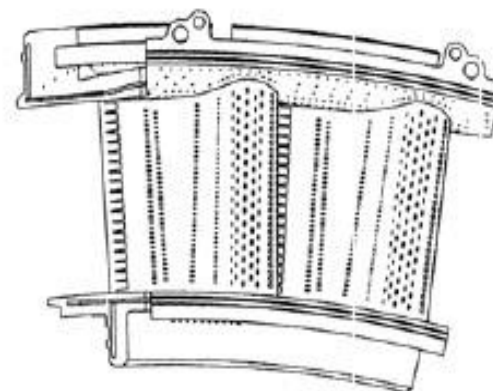
Tuyères 1^{er} étage



Tuyère 2^{ème} étage

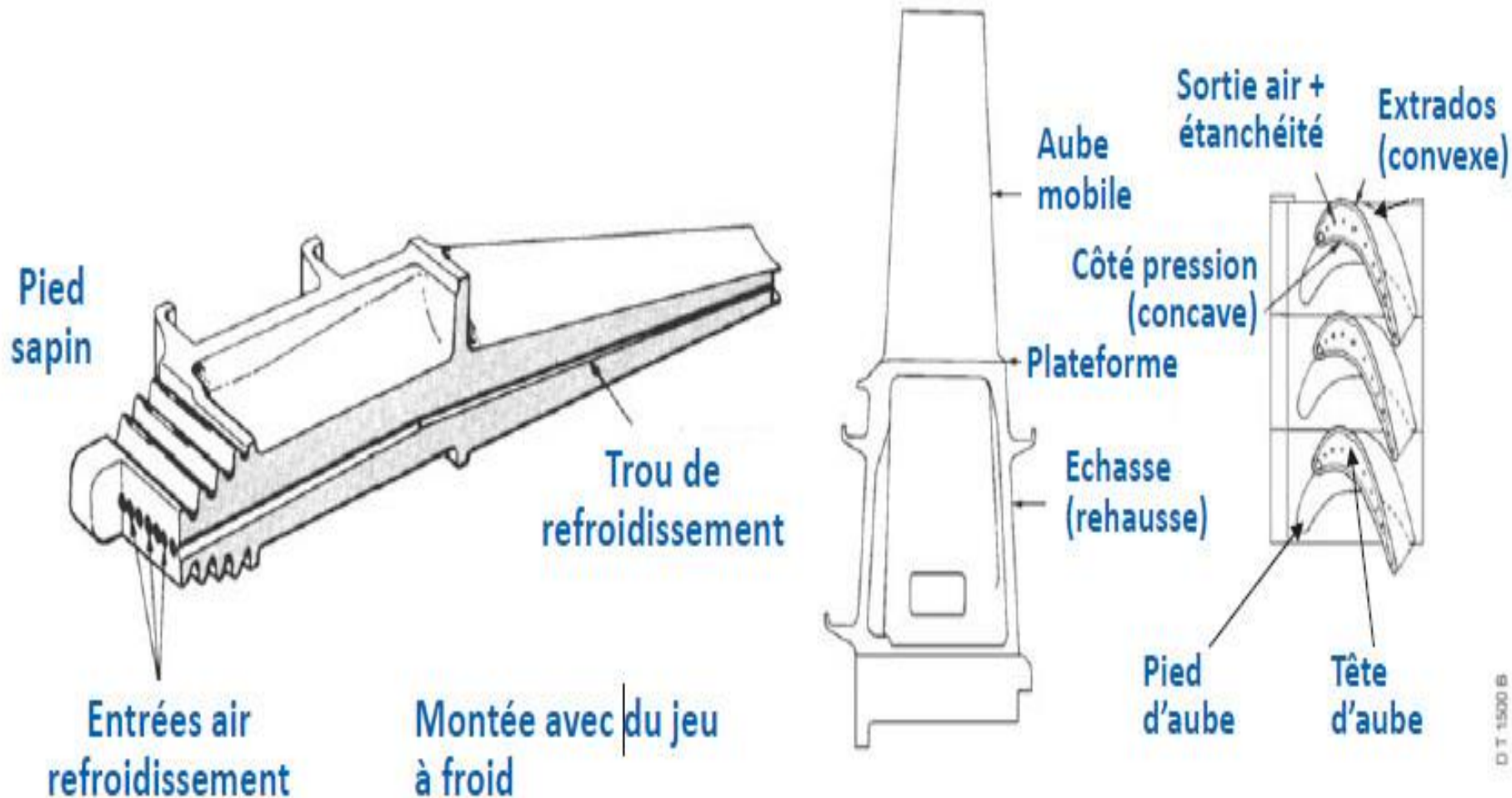


Refroidissement 1^{er} et 2^{ème} directrices
(tuyères) turbine PGT 10 -
Température d'entrée 1124° C

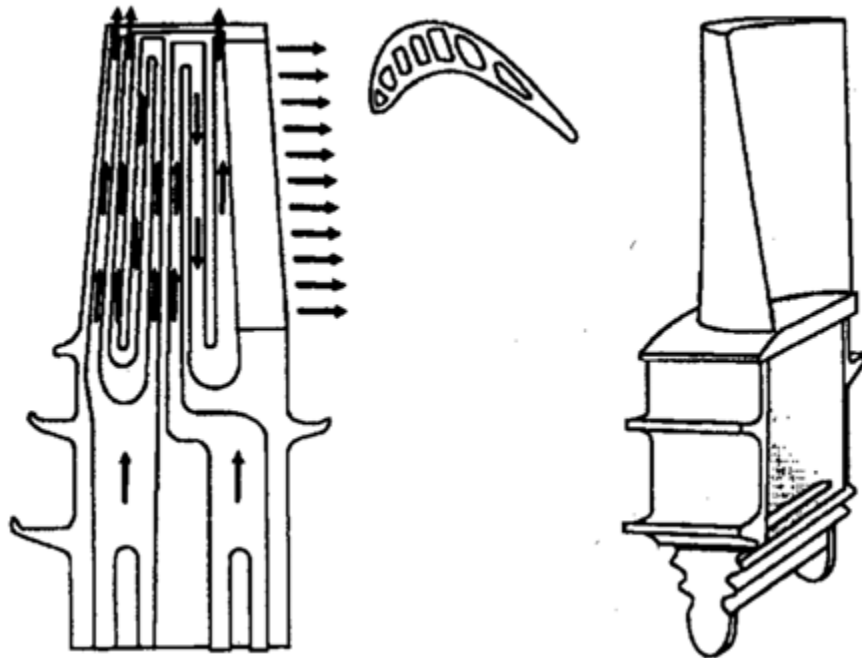
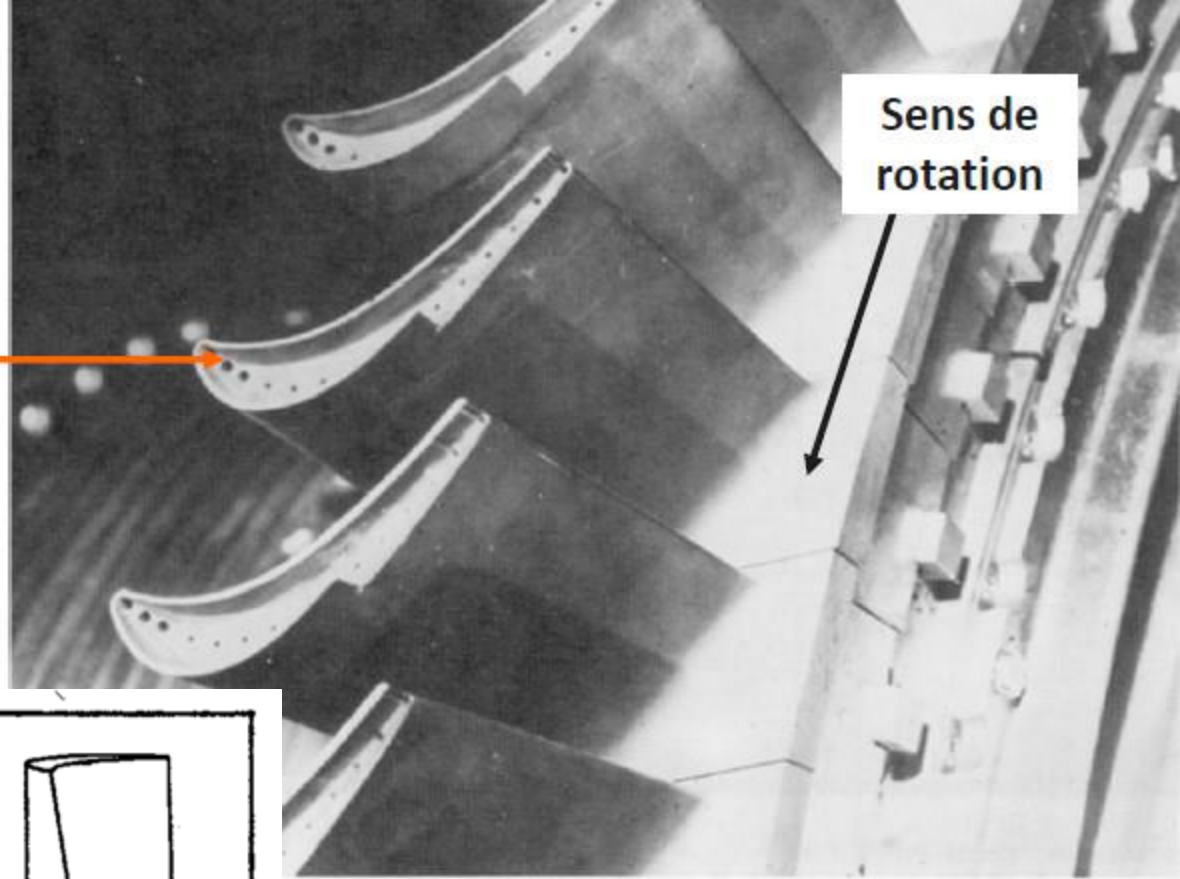


Première directrice de 9001 FA
refroidissement aube et bandage -
Température d'entrée 1327° C

Refroidissement des aubages mobiles :



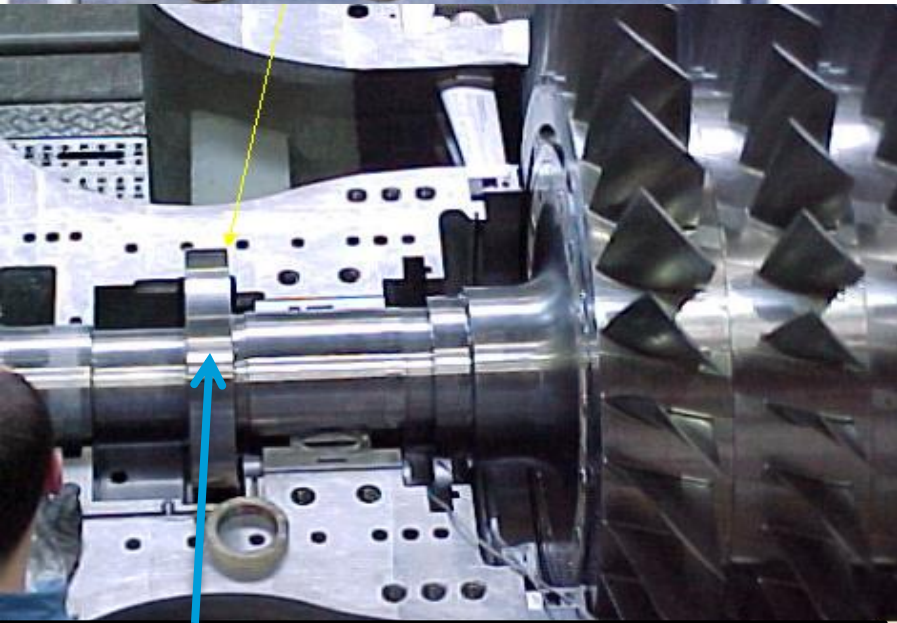
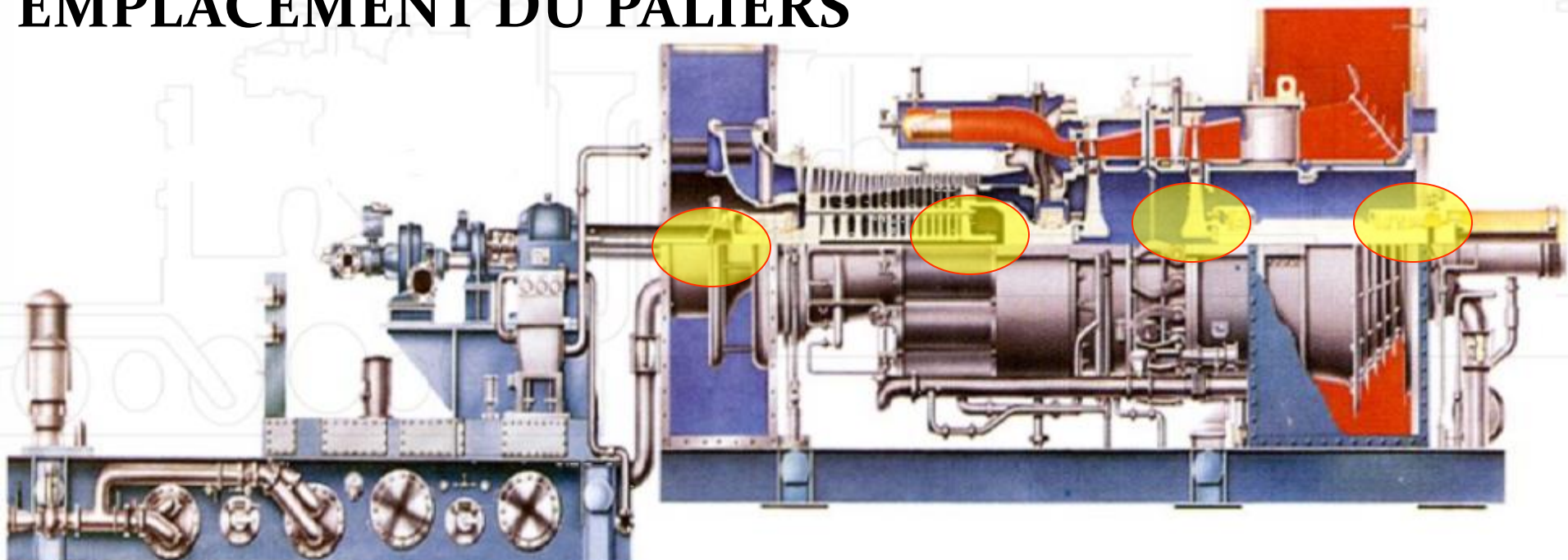
Trous de
refroidissement
ailette



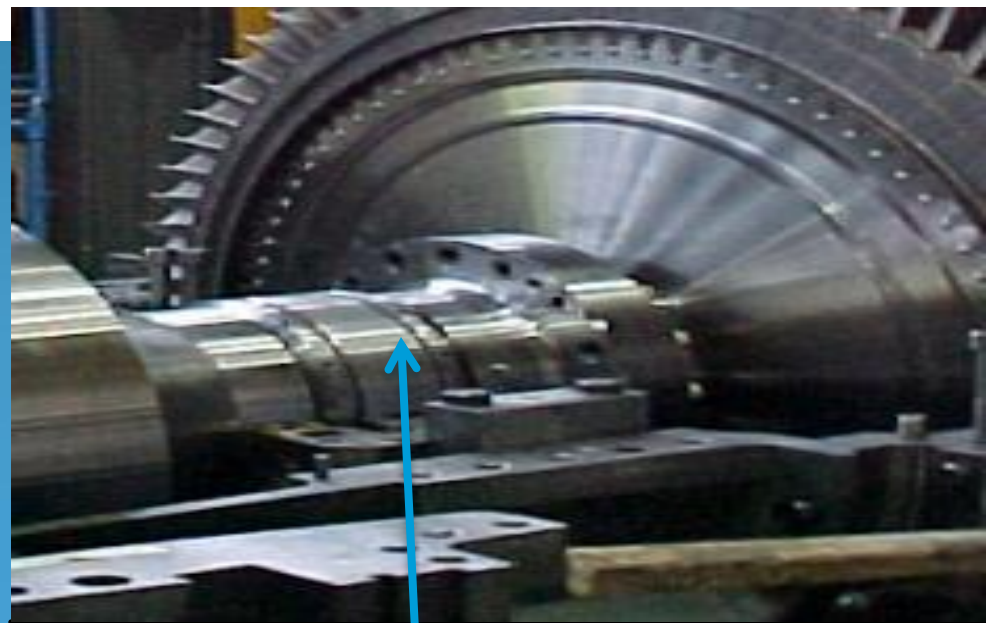
Lubrification de la turbine à gaz se fait par un ensemble des liquides qui sont

- Huile minérale « turbo »
- Détergente
- Anti-oxydante
- Anti-mousse
- Anti-émulsion
- E.P. si engrenages de puissance et boîtier des auxiliaires.
- Viscosité adaptée aux conditions site (ISO VG 32, 46 ou 68 cSt)

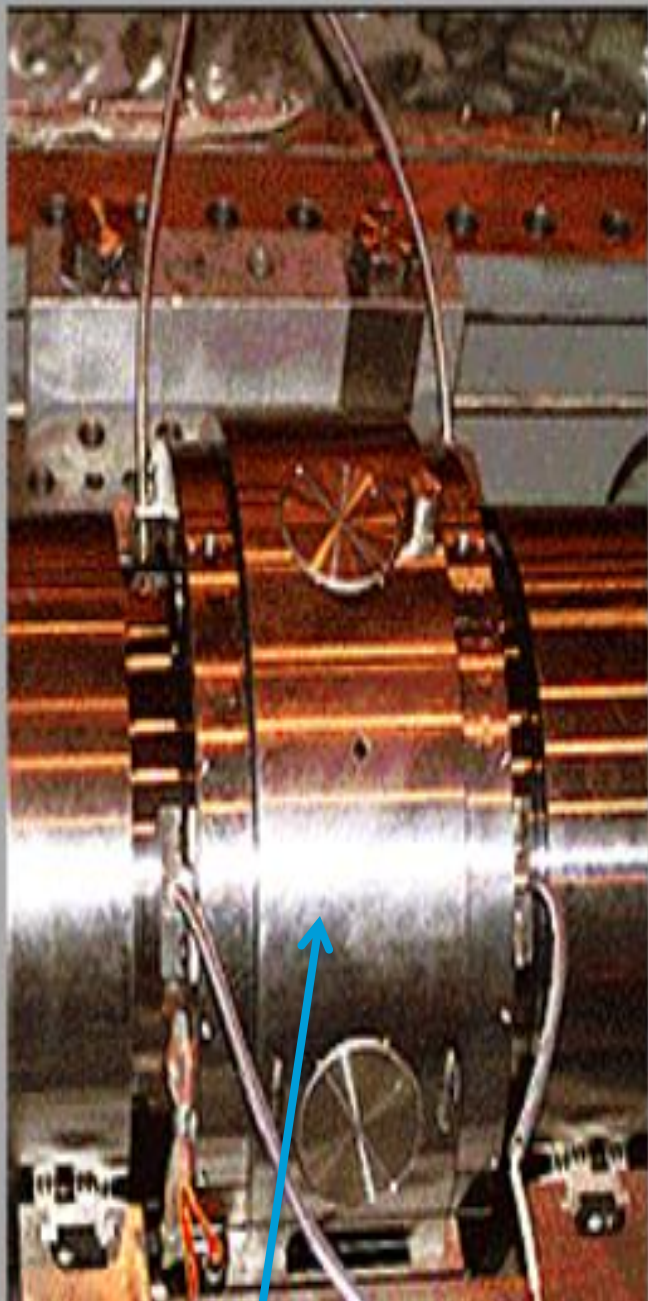
EMPLACEMENT DU PALIERS



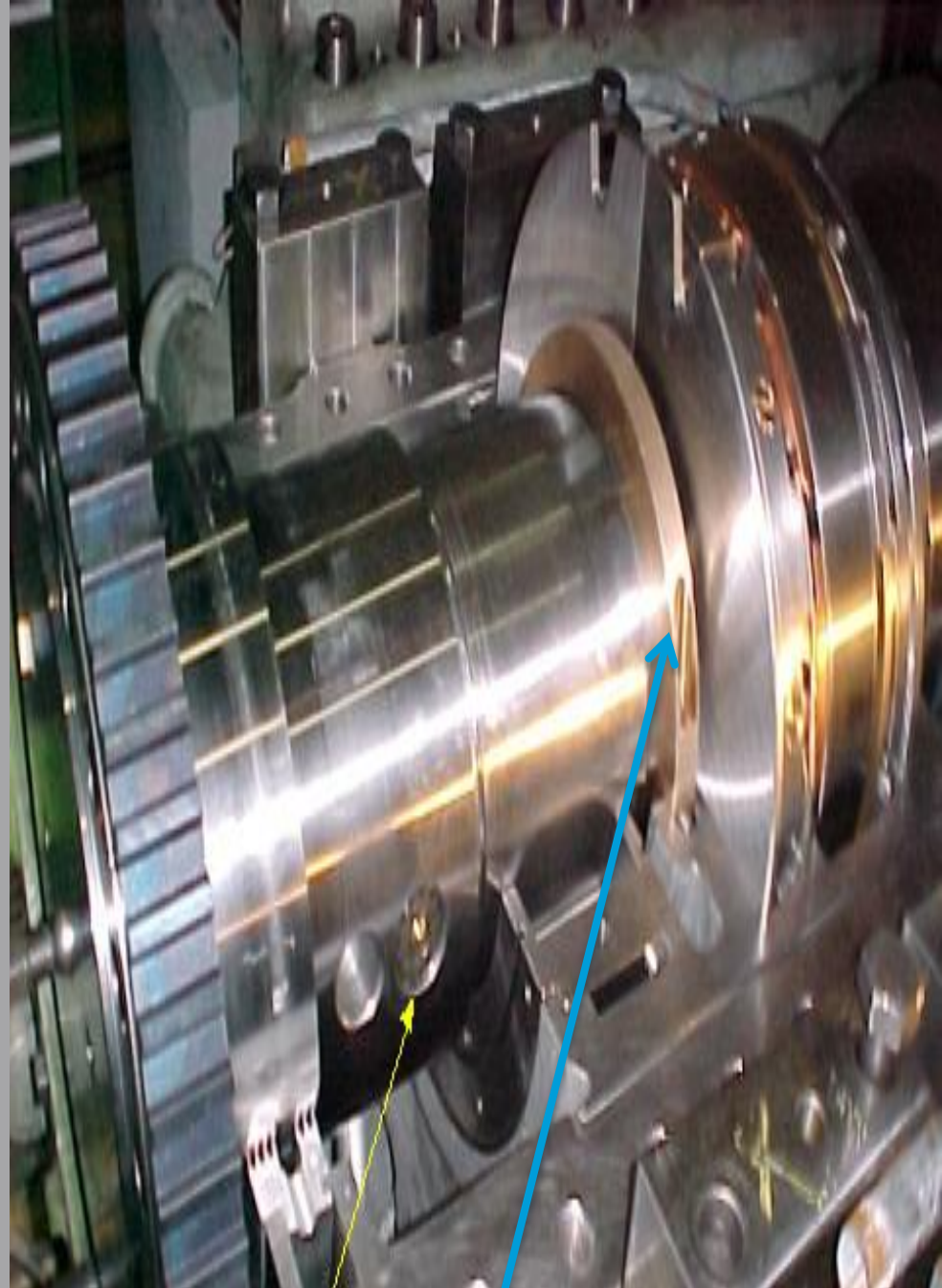
PALIER No.1



PALIER No.2



PALIER No.3



PALIER No.4

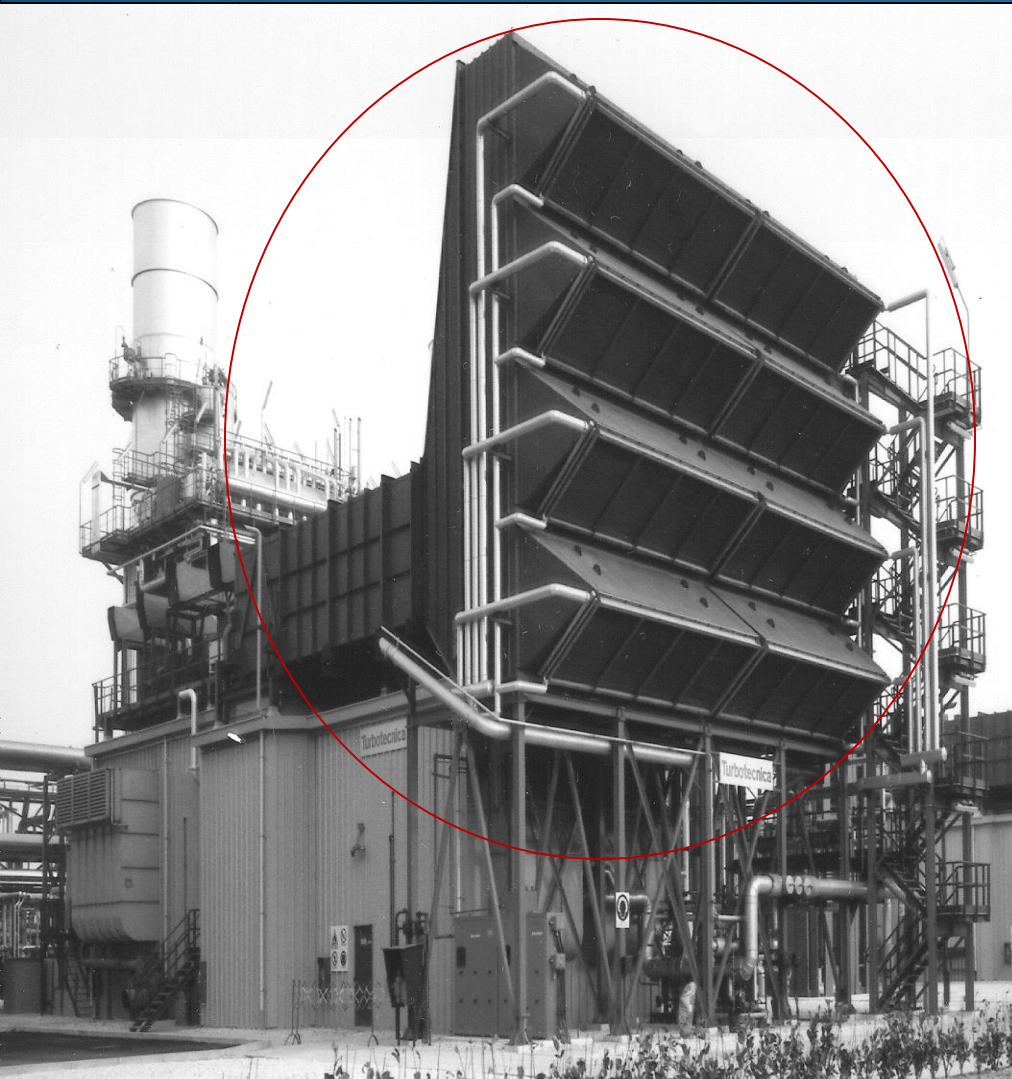
Rainures de
lubrification

Injections
d'huile

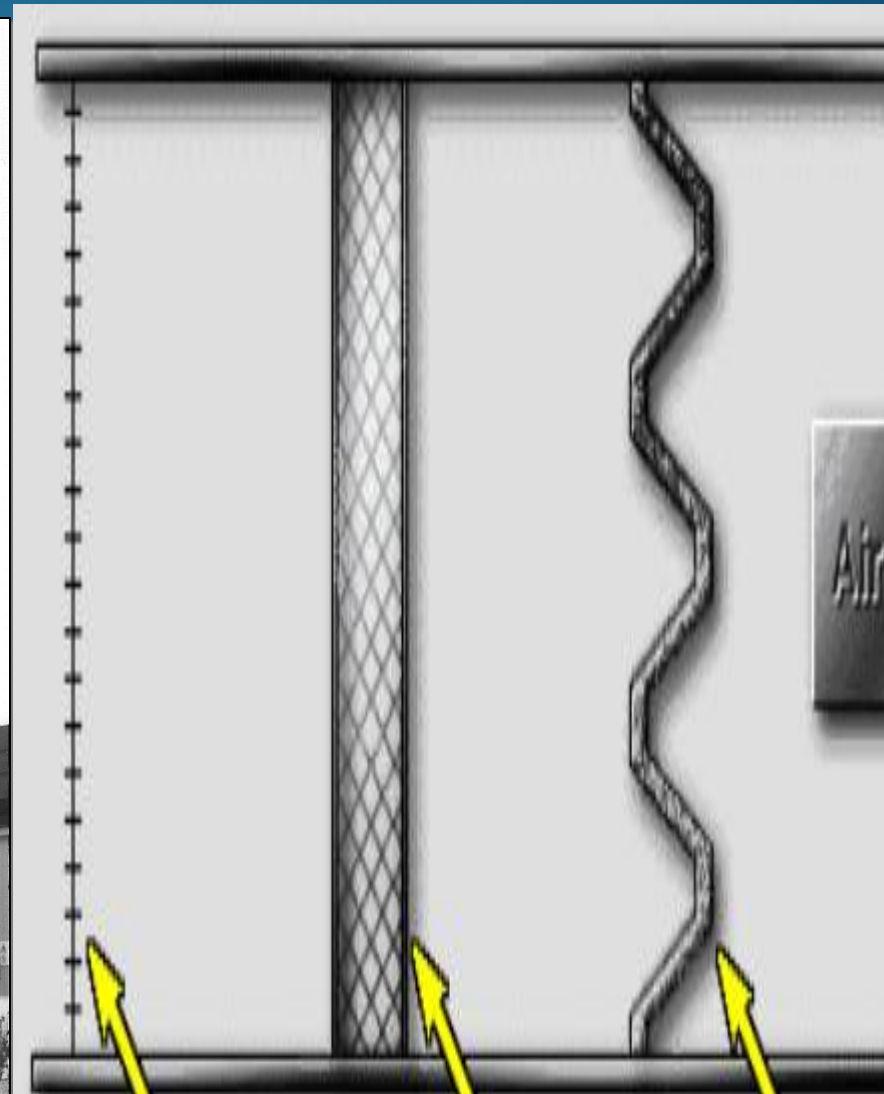


LES AXCESSOIRES DE LA TURBINE

1/ LE SYSTÈME D'ASPIRATION ET FILTRATION D'AIR

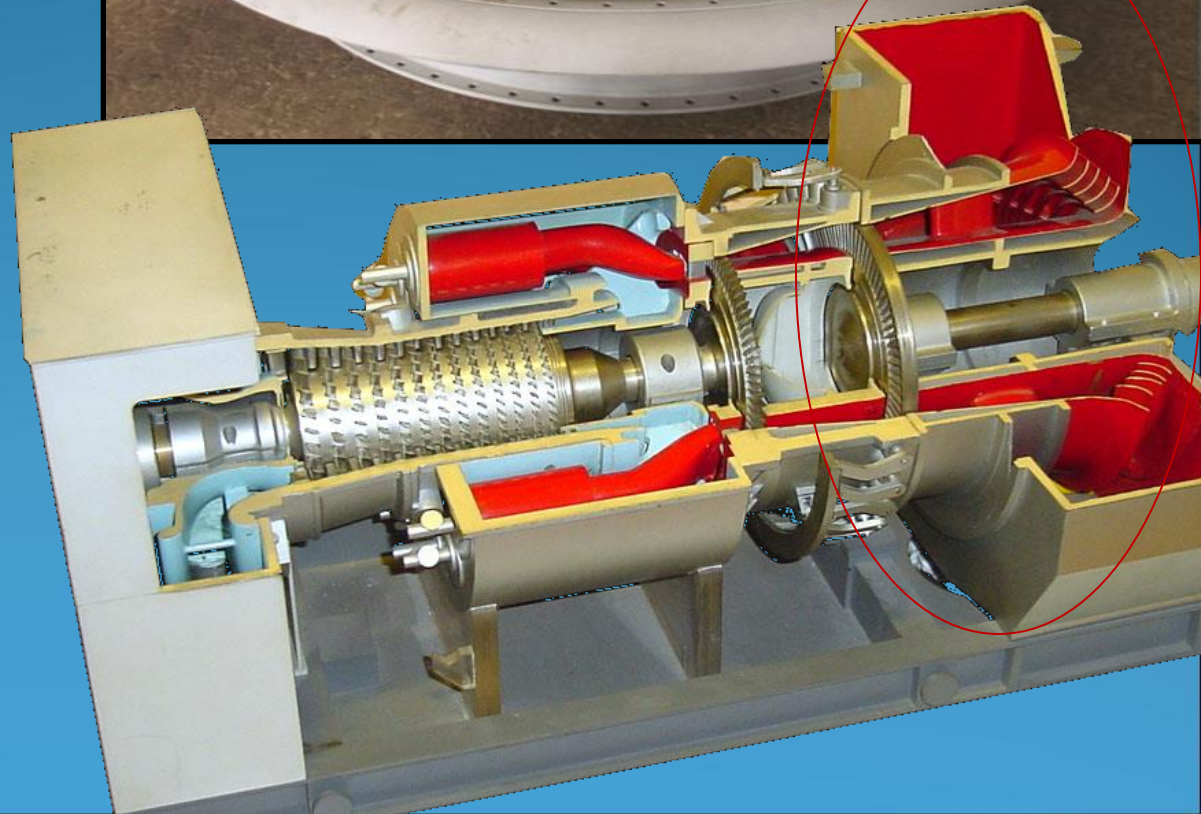
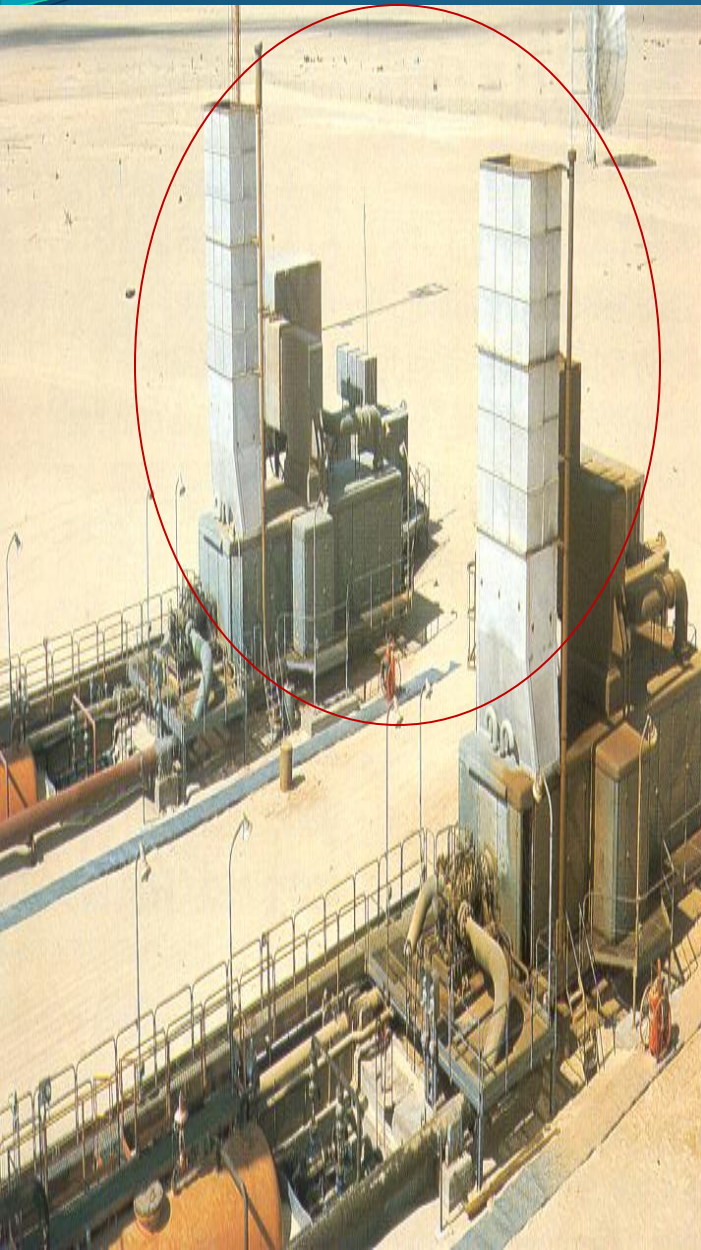


CORPS D'ASPIRATION

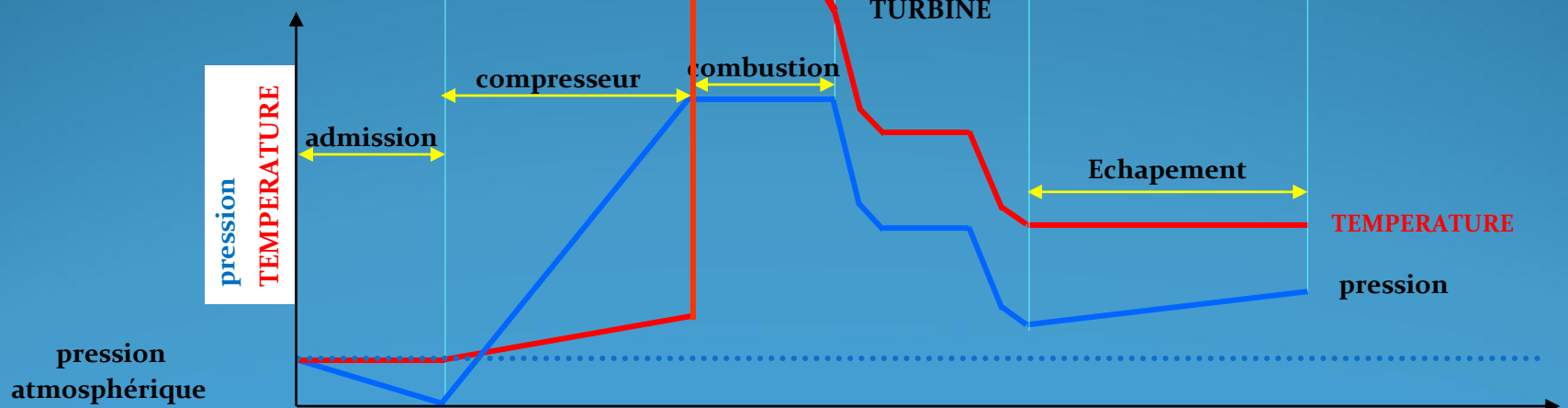
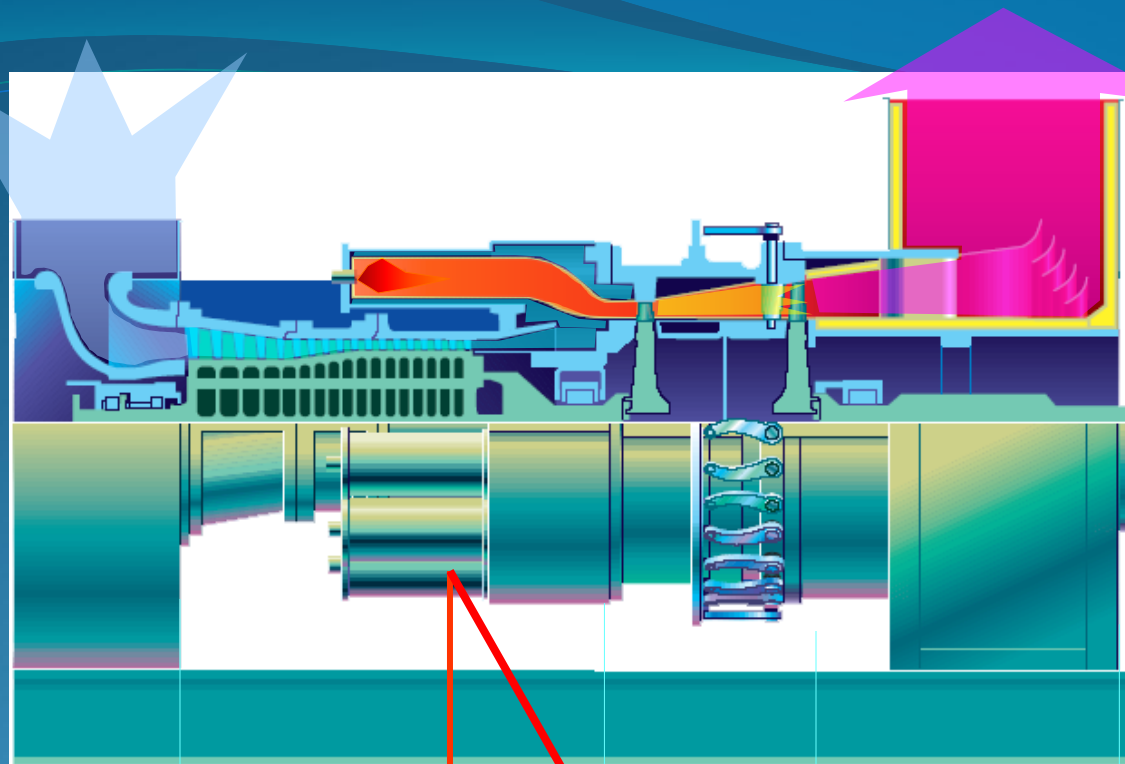


LES FILTRES

2. L'ÉCHÈPEMENT DE LA TURBINE



turbine à gaz



Surveillance

- Contexte d'une turbine en marche :
- La régulation maintient la machine dans les conditions de marche prévues par le constructeur
- Le monitoring surveille les conditions mécaniques du (ou des) rotor(s)
- Les sécurités protègent contre les déviations intempestives

LA SURVEILLANCE PORTE SUR LES FLUIDES EN CIRCULATION

- *L'HUILE doit rester propre et à température*
- *L'AIR doit rester propre, sans eau ni neige ni risque de gel*

- *Le COMBUSTIBLE doit rester propre et aux conditions prévues*

Résumé :

**AIR PROPRE + COMBUSTIBLE PROPRE + HUILE
PROPRE = TURBINE FIABLE**

- Inspection visuelle quotidienne des capteurs/transmetteurs
- Contrôle annuel des instruments et capteurs principaux :
- Détecteurs de gaz/incendie, charge des bouteilles de CO₂
- Étalonnage des capteurs de température, notamment ceux qui mesurent T₅ (régulation)
- Étalonnage des capteurs de vibration
- Étalonnage des capteurs de vitesse

- **Circuit de lubrification : trois points clés :**
 - **Recherche permanente des fuites**
 - Surveillance du niveau
 - Inspections visuelles
 - Surveillance du condenseur des vapeurs d'huile
 - Bilan soigneux des appoints
 - **Surveillance de la réfrigération**
 - Suivi de la température entrée machine
 - Inspection des réfrigérants, hydro et/ou aéro
 - **Suivi de la qualité de l'huile**
 - Analyse périodique de l'huile en tant que lubrifiant (viscosité, acidité liée à l'oxydation, résidus, coke)

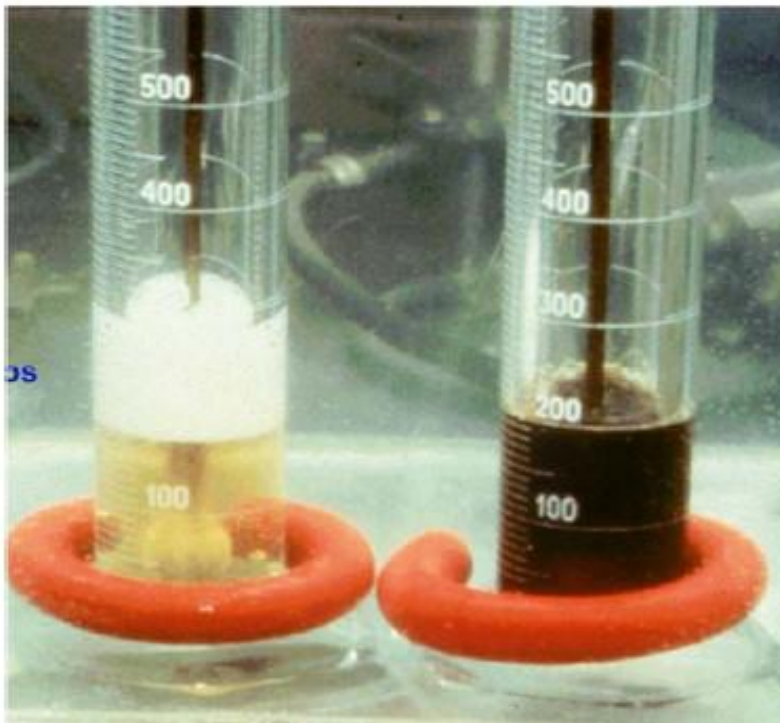
- **Analyses d'huile :**
- **Doivent être réalisées à intervalles réguliers, selon les conditions d'utilisation**
- **L'échantillonnage est critique :**
 - **Suivre les instructions constructeur**
 - **L'échantillon doit être à la température de service, en marche ou après déclenchement**
 - **L'échantillon doit être représentatif : position correcte du point de collecte, selon instructions constructeur**
 - **La bouteille d'échantillon doit être fermée, et convenablement étiquetée**

- Paramètres importants à contrôler :
- Inspection visuelle : couleur, présence de solides
- Tests Physico / chimiques :
 - Viscosité 122°F (50°C) (46 cSt + 20% -10%, typique ISO)
 - Teneur en eau (Max 2000 ppm, valeur typique)
 - Indice d'acide _Total Acid Number (TAN)_augmentation max de 0.4 mg KOH/g, typiquement)
 - Démoussage
 - Séparation d'air@122°F (50°C) : max 10 mn, valeur typique
- Par spectrométrie de masse : teneur en :

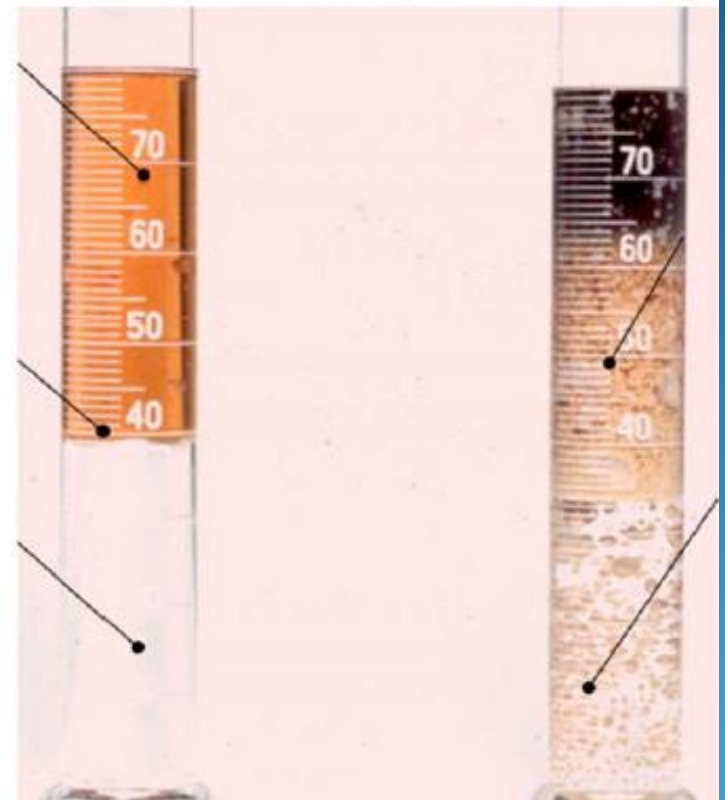
- Métaux d'usure**
- Contaminants**
- Additifs**
- Additifs du système de réfrigération**
- Carburant (en cas de combustible liquide)**

■ Exemple de tests :

Séparation d'air / démoussage



Séparation d'eau / désémulsion



Filtration de l'air

- Filtration de l'air : pourquoi filtrer l'air ? (les avions ne le font pas !).
- L'air au niveau du sol ou de la mer contient beaucoup de substances et la plupart des turbines industrielles marchent en continu. On place donc le filtre en hauteur, pour limiter :
 - Le risque d'encrassement : modifie très rapidement la performance du compresseur, de plus les dépôts peuvent être corrosifs.
 - Le risque d'érosion : modifie irrémédiablement le profil des aubages

Surfaces
érodées du
revêtement



Impacts sur
le bord
d'attaque



Risques liés à la qualité de filtration - encrassement compresseur qui se manifeste par :

- **Baisse du Pression**
- **Accélération plus lente (spécialement avant la vitesse d'autonomie)**
- **Pompage ou blocage sonique du compresseur**
- **Baisse de puissance utile**
- **Augmentation de la température de refoulement compresseur (T_2)**

■ Exemples de dégradations de la filtration :



En suivant la flèche :

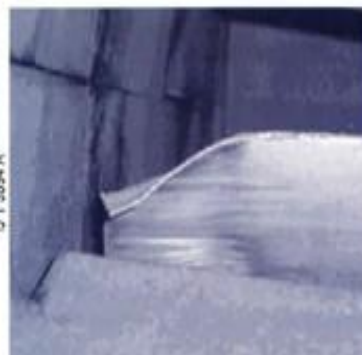
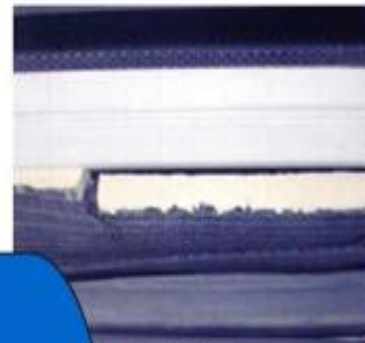
Présence d'eau dans la gaine d'air

Manque de fils dans l'écran

Corrosion et débris dans la culotte d'aspiration



Cadres endommagés
et mal installés
Débris et corrosion
dans un filtre
cartouche
Déformation aube
compresseur (givrage)



- Risques liés à la veine d'air :



DT 3593 A

Exemple de compresseur au démontage

Lavage

Objectif : limiter l'encrassement (fouling) du compresseur

- En complément indispensable : mesurer les performances de la machine avant et après lavage pour évaluer son efficacité
- La purge continue du corps du compresseur, surtout si on lave avec un produit liquide, est indispensable durant l'opération : risque de pousser les débris de nettoyage vers les parties chaudes
- On continue l'opération jusqu'à ce que les aubages statoriques 1er étage du

Risques liés à la combustion

Tableau des principales dégradations liées à la combustion

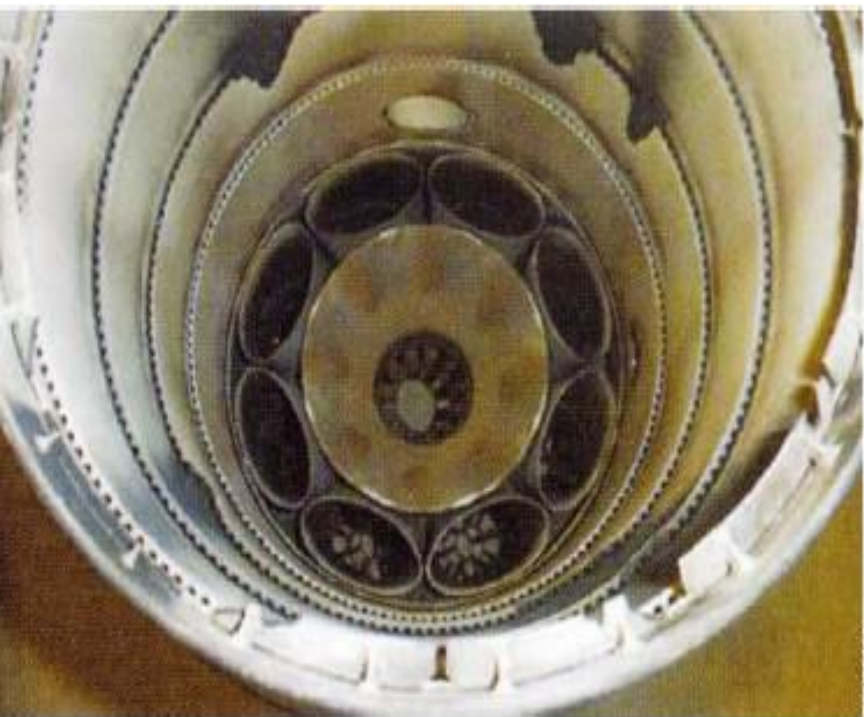
Mécanisme de la dégradation	Description générale	Type de brûleur	
		Simple	DNL
Combustion instable	Nez de brûleur colmaté, injection d'eau ou vapeur incorrecte, instabilité de flamme,...	Haute température sur paroi chambres tubulaires. Écaillage TBC	Mélange incorrect
Variation de chaleur spécifique (Heat Value)	Haut HV rapproche la flamme du tube à flamme, bas HV peut créer du « bruit » (régime pulsatoire)	Fissures dans le tube à flamme. Écaillage TBC	
Teneur élevée en émissions	Trop de NOx thermiques dans la zone primaire. Combustion incomplète avec imbrûlés		
Retour de flamme	Spécifique aux brûleurs DNL, amplifié par présence liquide dans combustibles gazeux	Ne concerne pas ce type de brûleur	Conséquence majeure sur les nez de brûleurs qui sont détruits plus des vibrations et pulsations
Dual fuel liquide et Gaz naturel	Opération en fonctionnement mixte à différents pourcentages	Opération correcte à tout pourcentage, variable en charge	Changement de combustible en ligne impossible. La turbine doit être arrêtée et un autre brûleur doit être installé

- Marquage par fretting corrosion de la zone d'emboîtement des joints souples du tube à flamme dans le tube de transition (Les turbulences engendrent des vibrations sur le joint de liaison - problème difficile à résoudre)



Dommmages causés par des “retours de flamme” de combustion bas NOx par prémélange

Remontée de flamme endommageant les chemises de refroidissement (gauche) et les supports de brûleurs (droite) :



Risque liés au combustible

- Doit être connu et/ou contrôlé

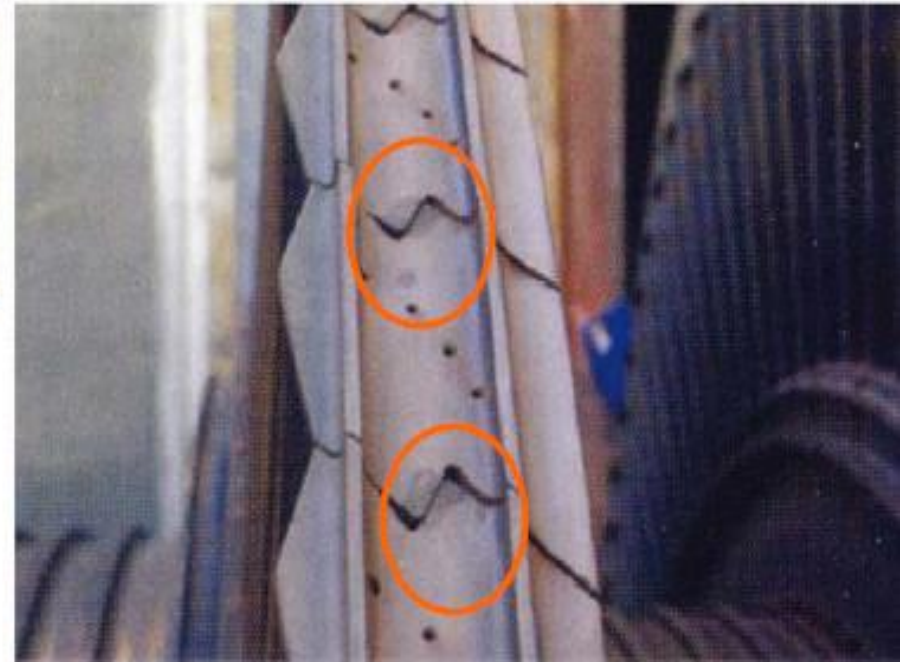
Contaminants :

- Rouille, eau, naphthalènes
- Filtration fine (5-10 ppm)
- Agents corrosifs :
 - H_2S , RSH , COS , chlorures
 - Formation d'acides, de sulfates métalliques basiques

Risques turbine

Mécanisme de la dégradation	Description	Tuyères 1 ^{er} étage	Aubage 1 ^{er} étage	2 ^{ème} étage tuyères et suivants	Aubage 2 ^{ème} étage et suivants
Cintrage du profil tuyère	Passage réduit. Temp. élevée, refroidissement incorrect, haute temp. espace disque	Risque de corrosion à chaud. Écaillage de la TBC	Écaillage du revêtement TBC	Risque corrosion à chaud et écaillage TBC	Même sur aubages non refroidis, risque lié à une température excessive
Profil brûlé	Mauvaise combustion créant des impacts chauds avec fusion	Bord de fuite fondu. Dégâts sur la base liés au refroidissement	Impacts DOD (Domestic Object Damage)	Généralement, combustion dans la tuyère suite à une combustion incomplète	Impacts DOD
Combustion incomplète ou en excès	Durant le démarrage, les tuyères peuvent devenir des lance-flamme. S'assurer que le taux d'accélération a un déclenchement	Tuyères fondues	Aubes coupées par les flammes agissant comme un chalumeau. Impacts DOD	Impacts DOD. Le défaut premier étage peut être propagé au second ou se localiser au second	Impacts DOD dus aux ruptures amont
Corrosion chaude type I (au delà de 815° C-1500° F)	Oxydation rapide par réaction entre le sodium, le soufre et l'oxygène. Attaque inter granulaire	Affecte le bord d'attaque. Érosion TBC profil et attaque de la base du revêtement	Aube amincie du bord d'attaque au bord de fuite. Fissures constatées dans la zone du pied d'aube	Dommages sur le bord d'attaque liés à la corrosion premier étage	Impacts DOD
Corrosion chaude type II (entre 593 et 788° C- 1,100 et 1,450° F)	Basse fusion de composés eutectiques par contamination de sulfate de sodium et nickel et cobalt. Corrosion lamellaire			Dommages sur le revêtement	Dommages sur le revêtement

Exemple de dommages sur les éléments turbine



■ En suivant la flèche :

- Rupture typique d'un premier étage tuyère
- Contact de bout d'aube (à gauche) et stator correspondant (à droite)
- Déformation verticale des bandeaux de bout d'aubes indiquant de la fatigue

la maintenance de la turbine à gaz



Planification de la maintenance

Principales influences sur l'entretien

De nombreux facteurs influencent la nécessité et le coût de la maintenance.

Avec une planification et un fonctionnement appropriés, ils peuvent être contrôlés ou au moins minimisés.

Facteurs		Dommages potentiels
Qualité de l'air	➡	Érosion, corrosion, surchauffe des pièces chaudes
La qualité d'eau	➡	corrosion
Qualité du carburant	➡	Corrosion sur les pièces chaudes
Qualité de l'huile	➡	Endommagement des roulements

Planification de la maintenance

Principales influences sur l'entretien

L'optimisation de la qualité de l'air est réalisée par:

- Choix approprié du système de filtration d'admission
- Bonnes pratiques d'entretien du système de filtration d'admission

La qualité de l'huile est obtenue par :

- Filtration efficace
- Programme d'échantillonnage régulier de qualité

La bonne qualité de l'eau pour le nettoyage du compresseur est obtenue par::

- Une filtration et un traitement adéquats
- Programme d'échantillonnage d'eau agressif

La qualité du combustible est obtenue par :

- Filtration efficace
- Bon système de séparation des liquides (épurateurs)
- Programme d'échantillonnage régulier de qualité

Planification de la maintenance

Mécanismes de défaillance

Droit continu

Faible nombre de démarrages

Forte proportion de démarrages à froid

- Corrosion et oxydation
- Se glisser
- Érosion
- Rubs / Wear
- Objets étrangers Dommages



Droit cyclique

Unités démarre quotidiennement avec les arrêts de week-end
12 -> 16 heures par départ

- Fatigue thermique / mécanique
- Rubs / Wear



La détérioration des composants de la turbine à gaz diffère en fonction de son cycle de service

Planification de la maintenance

Maintenance Preventive

- **Exécution des inspections**
- Surveillance des principaux paramètres de fonctionnement: températures, vibrations, pressions, vitesse, etc.
- **Inspections stand-by**
- Contrôles des équipements lorsque l'appareil n'est pas en marche

Maintenance Corrective

- La maintenance correctif désigne toute action prise à la suite d'une mise hors service pour cause, panne ou une condition constatée au moyen d'une surveillance "à la condition" qui pourrait entraîner une panne
- Niveaux 1, 2, 3, 4 et 5

La Maintenance Preventive

Inspections en cours d'exécution

- Turbine à gaz en service
- Les opérateurs doivent vérifier et enregistrer les valeurs toutes les une ou deux heures.
- Les enregistrements aident à trouver les causes profondes des problèmes de turbines à gaz



- pression
- compresseur
- Pompe à lubrification
- Eau fraîche
- carburant
- Filtres (carburant-lubrifiant-air d'entrée)
- Données vibratoires pour le groupe motopropulseur
- Générateur
- tension de sortie
- Courant de phase

- Heures de travail
- Lecture barométrique du site
- Températures
- Entrée ambiante
- compresseur
- Décharge du compresseur
- Turbine exhausts
- En savoir plus
- Réservoir d'huile lubrifiante
- Métal porteur
- Drains porteurs

Preventive Maintenance

Inspections en attente

Ils sont nécessaires lorsque la turbine à gaz n'est pas en service. Pendant cette période, les éléments suivants doivent être vérifiés:

- COMPOSANTS DU SYSTÈME D'HUILE DE LUBRIFIANT
- COMPOSANTS DU SYSTEME DE CARBURANT
- SYSTÈMES D'ADMISSION ET FILTRES
- PARAMÈTRES D'INSTRUMENTATION ET RÉPARATIONS / SUSPENSIONS
- ÉTAT DES PILES D'URGENCE
- NIVEAUX DE FLUIDES (HUILES, EAU, ETC.)
- AUTRES AUXILIAIRES EN GÉNÉRAL
- INSPECTION DU BORESCOPE POUR TOUTES LES PIÈCES INTÉRIEURES

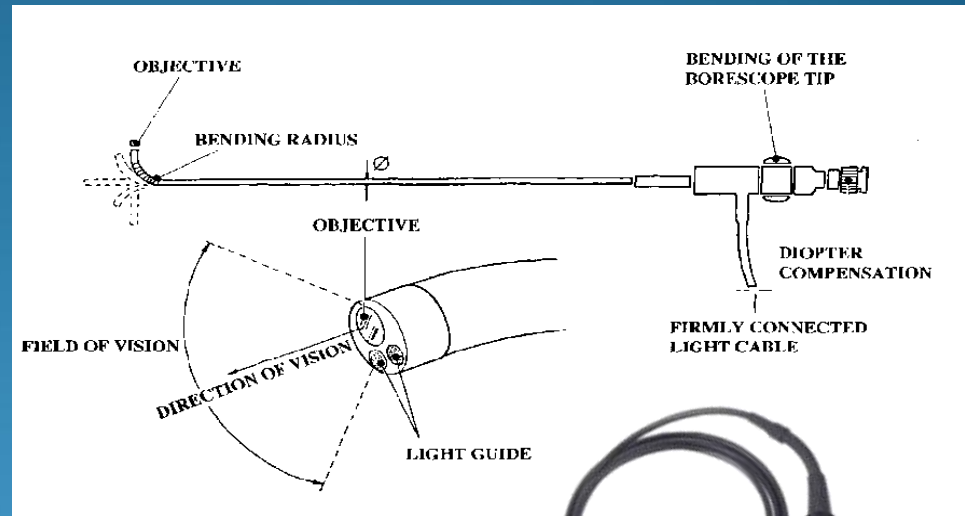
La Maintenance prevantive

Inspection de l'endoscope

L'inspection de l'endoscope permet de contrôler les composants internes de la turbine à gaz sans enlèvement des carters

Composants principaux

- Appareil photo miniature
- Écran
- Batterie
- Manette



INSPECTION À EFFECTUER SEMIQUEMENT

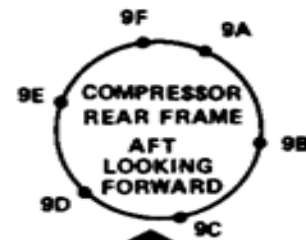
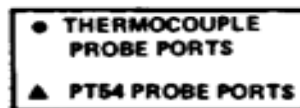
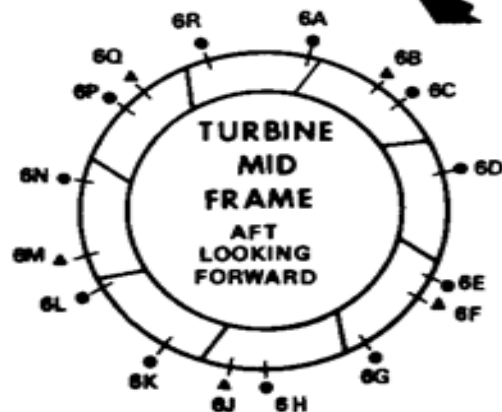
L'inspection de l'endoscope doit être programmée selon:

- Les conditions de fonctionnement et l'environnement de la turbine à gaz
- Recommandation du manuel du turbine à gaz.

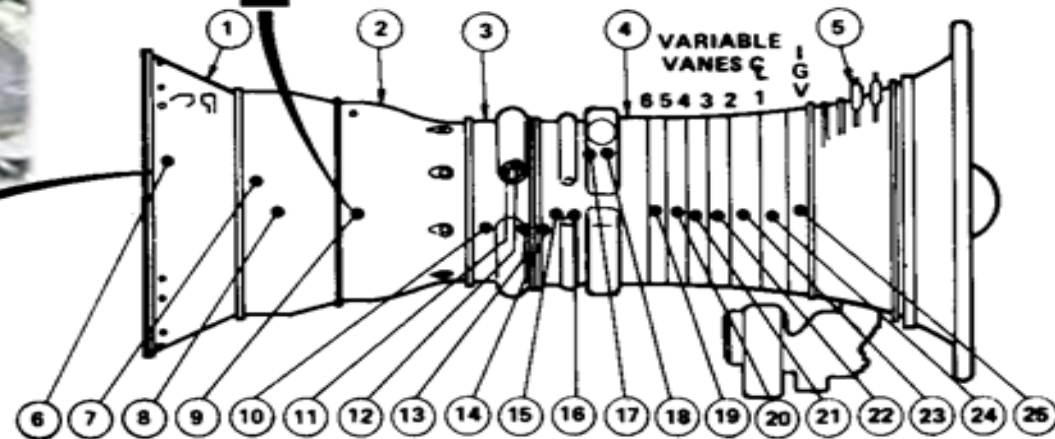


La maintenance preventive

Inspection de l'endoscope



40 access ports



Chaque étage du compresseur axial peut être inspecté par l'endoscope

Inspection de l'endoscope



La maintenance préventive de la turbine à gaz

- La plupart des travaux de maintenance préventive sont prévus sur la base des heures de fonctionnement,
- Le temps du calendrier ou une combinaison des deux.

La Maintenance Corrective



La Maintenance Corrective

Niveaux d'inspection

- niveau 1: **sur place**
 - ✓ Démontage et réinstallation du moteur
 - ✓ Inspections de l'endoscope
 - ✓ Remplacement des pièces externes
- Niveau 2: **Sur place**
 - ✓ Remplacement et / ou réparation des lames et des palettes du compresseur
 - ✓ Compensateur haute pression
 - ✓ Turbine de puissance Blade and Vane Blend Repair
 - ✓ Boîte de vitesses pour accessoires et remplacement de composants
 - ✓ Réparation / échange de pièces chaudes
- niveau 3: **en magasin**
 - ✓ Démontage au niveau du module
- niveau 4: **en magasin**
 - ✓ Désassemblage des modules vers une pièce
- niveau 5: **En magasin**
 - ✓ Niveau 4 plus équipement pour réparer pièces pièces et composants

Maintenance Corrective

Activités de niveau 1

Enlèvement du générateur
de gaz de l'enceinte

Vérification des systèmes
auxiliaires et remplacement
si nécessaire

Vérification des capteurs et
remplacement si nécessaire

Inspection de l'endoscope



Maintenance Corrective

Activités de niveau 2

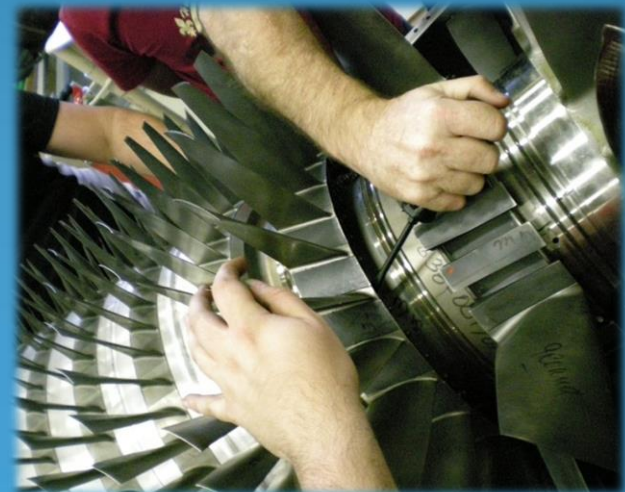
Remplacement et / ou réparations des lames et des lames / palettes du compresseur.

Compresseur haute pression.

Remplacement et / ou réparation de la lame et de la palette de turbine de puissance.

Réducteur d'accessoires et remplacement de composants.

Réparation / échange de sections chaudes.

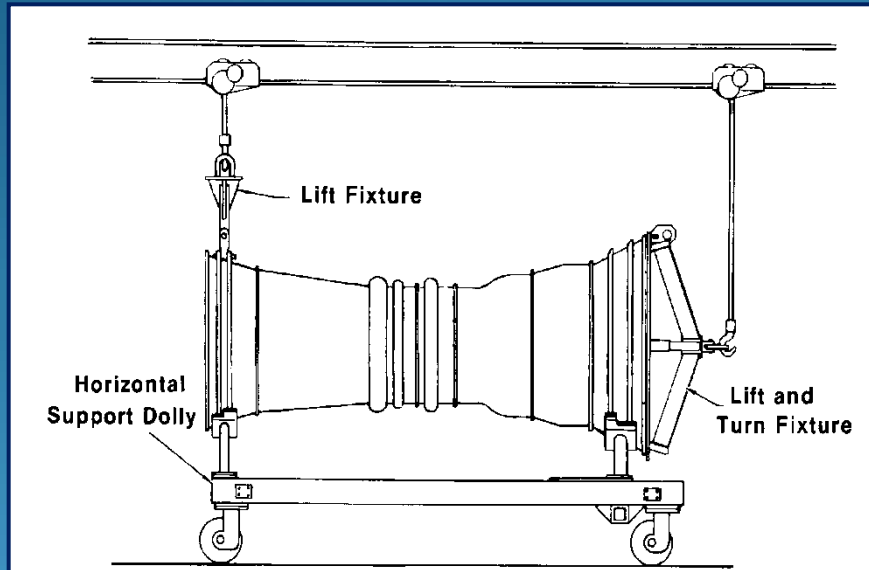


Maintenance Corrective

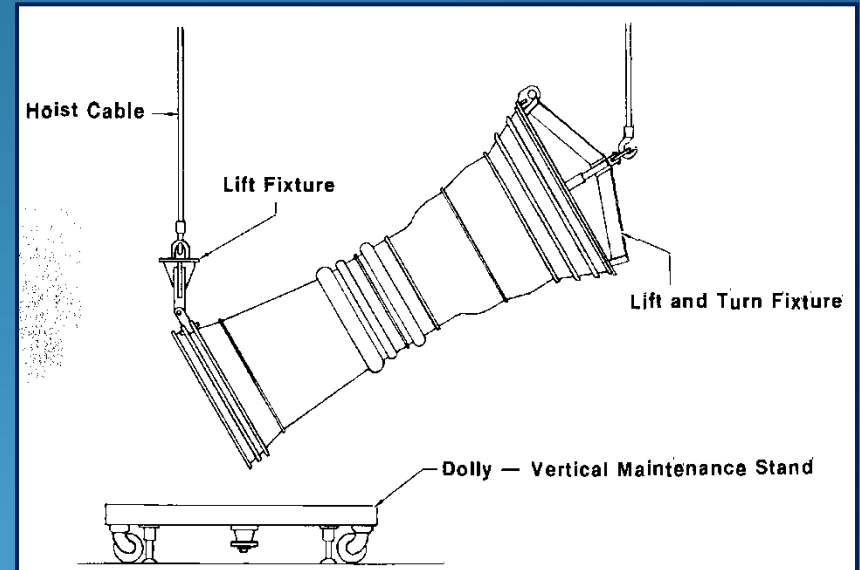
Activités de niveau 2

niveau 2 Maintenance vertical

Vertical maintenance-lift and turn



Vertical maintenance-turning

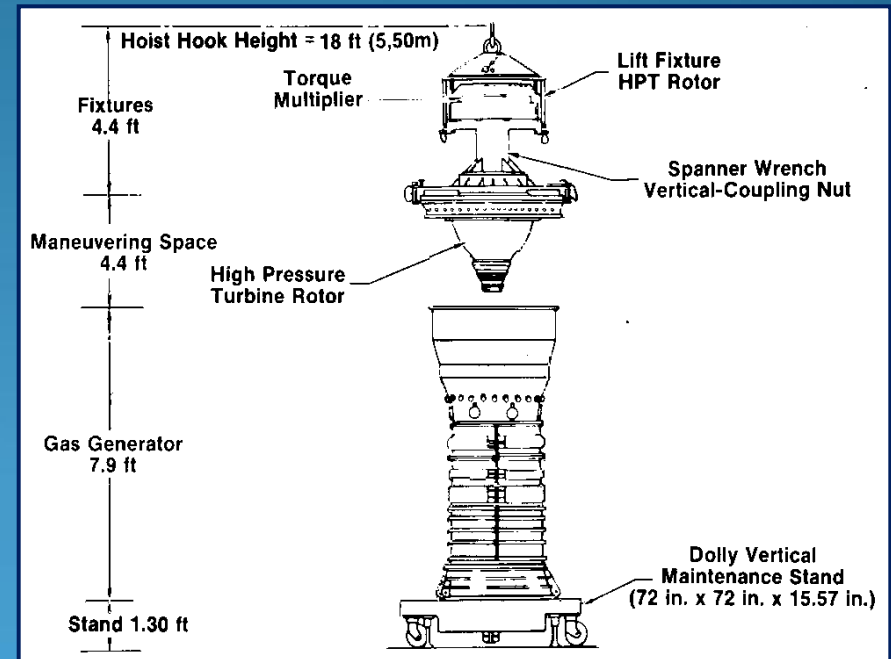
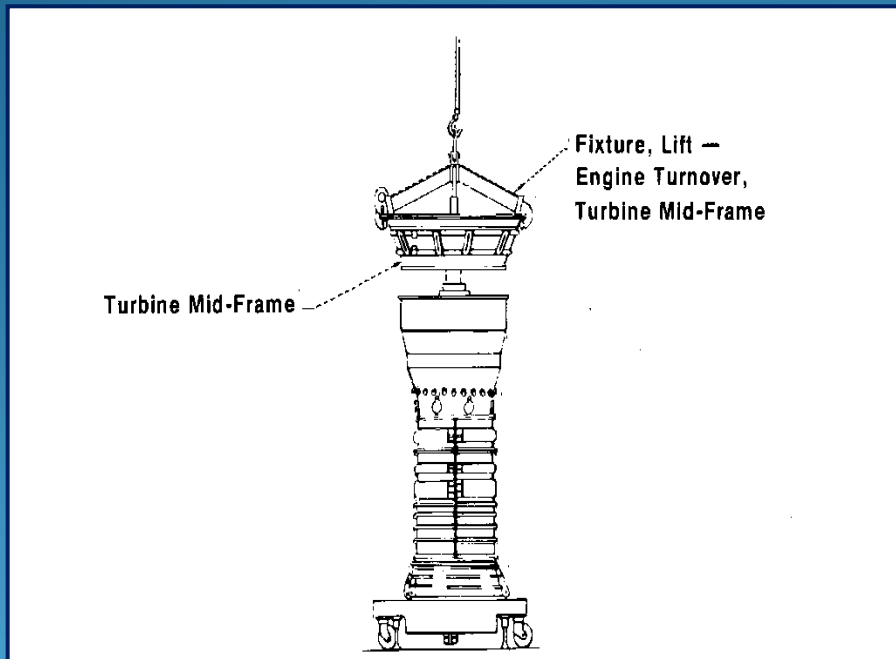


Maintenance Corrective

Activités de niveau 2

niveau 2 Maintenance vertical

Entretien vertical-Cadre de turbine

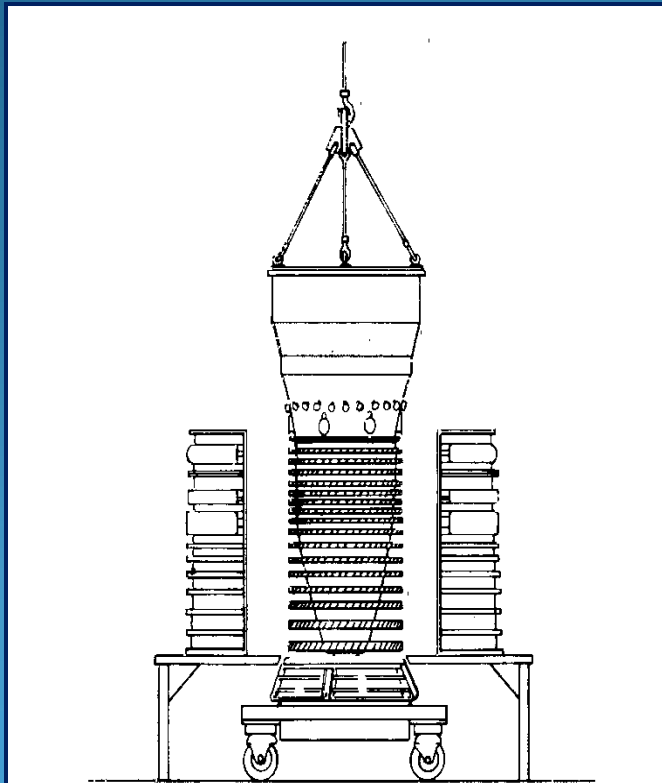


Maintenance Corrective

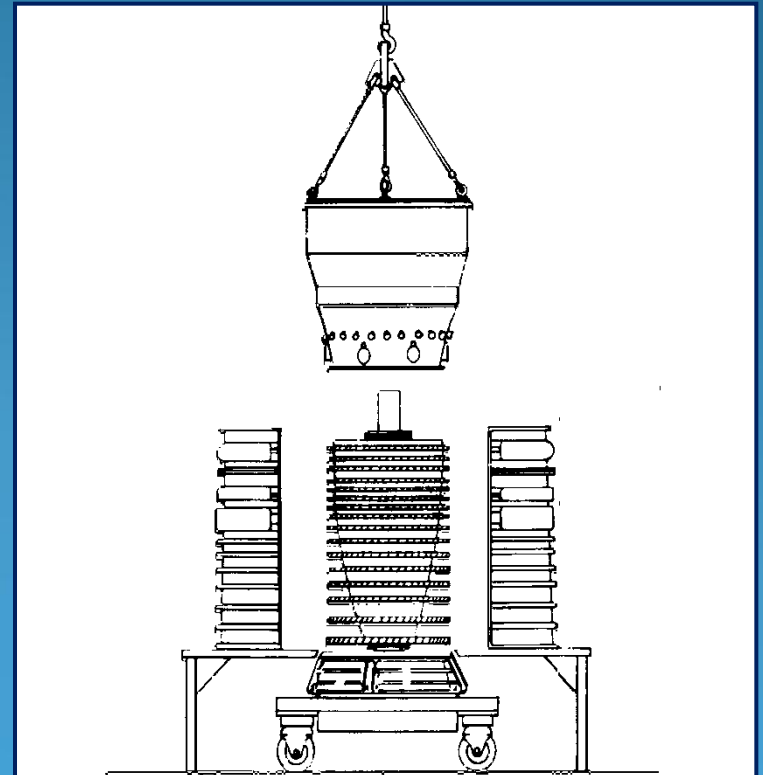
Activités de niveau 2

niveau 2 Maintenance vertical

Boîtiers stator compresseur enlevés



Cadre arrière du compresseur enlevé



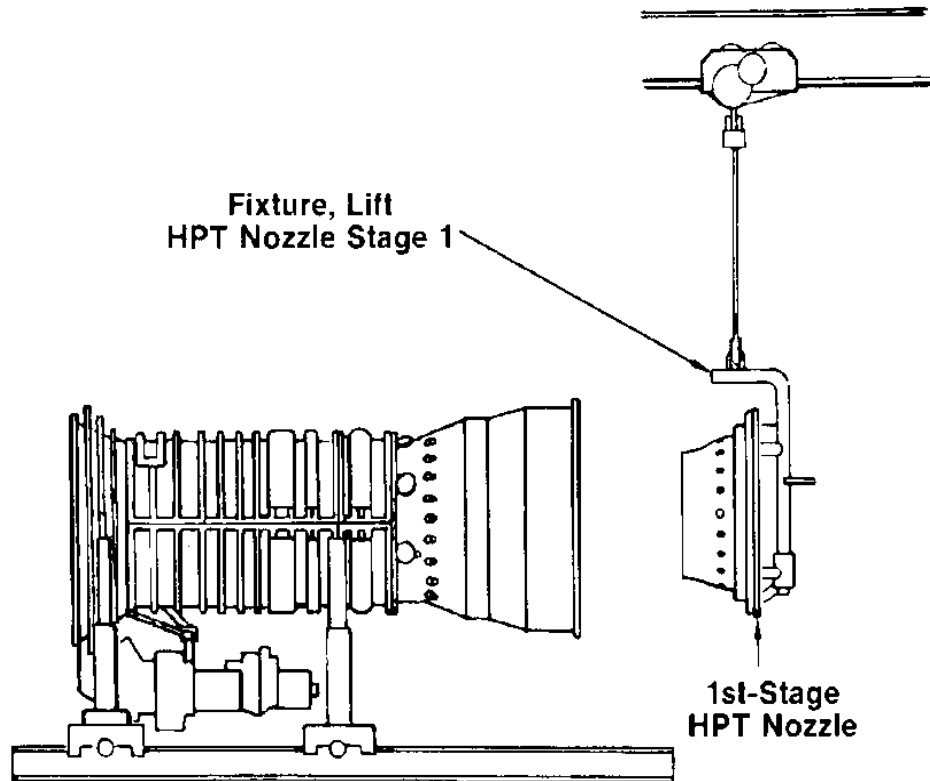
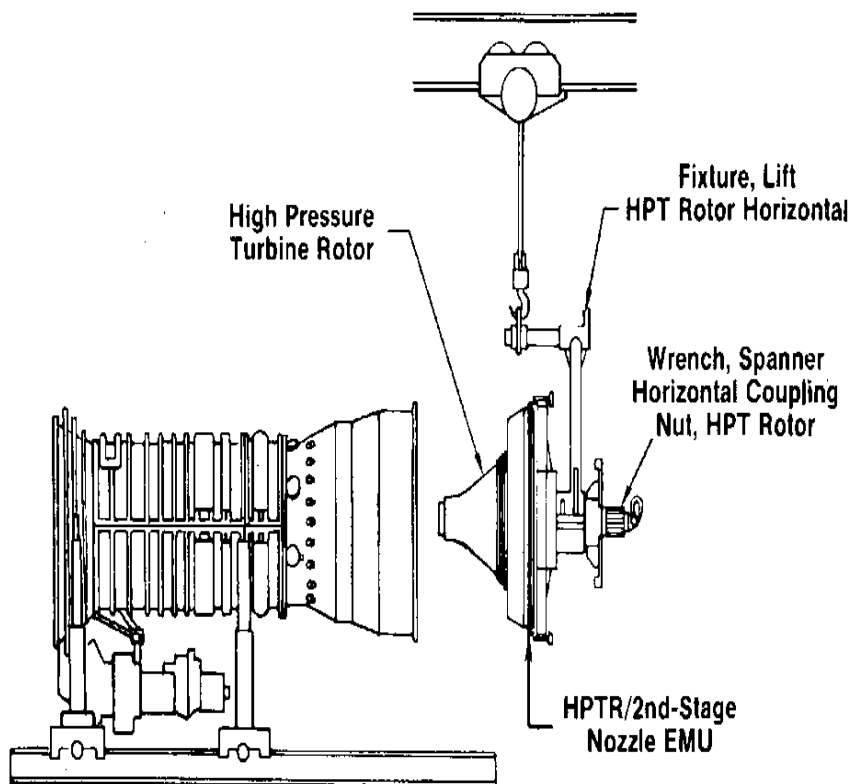
Maintenance Corrective

Activités de niveau 2

niveau 2 Maintenance horizontal

Démontage / installation du rotor de turbine haute pression et de la buse 2e étage

Démontage / installation de la buse HPT de 1ère étape

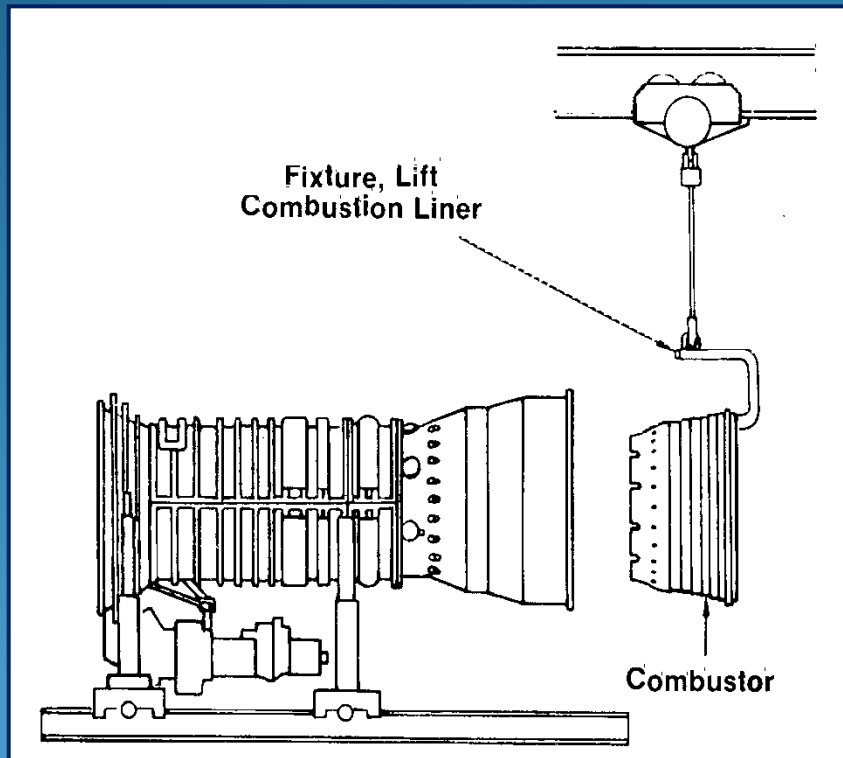


Maintenance Corrective

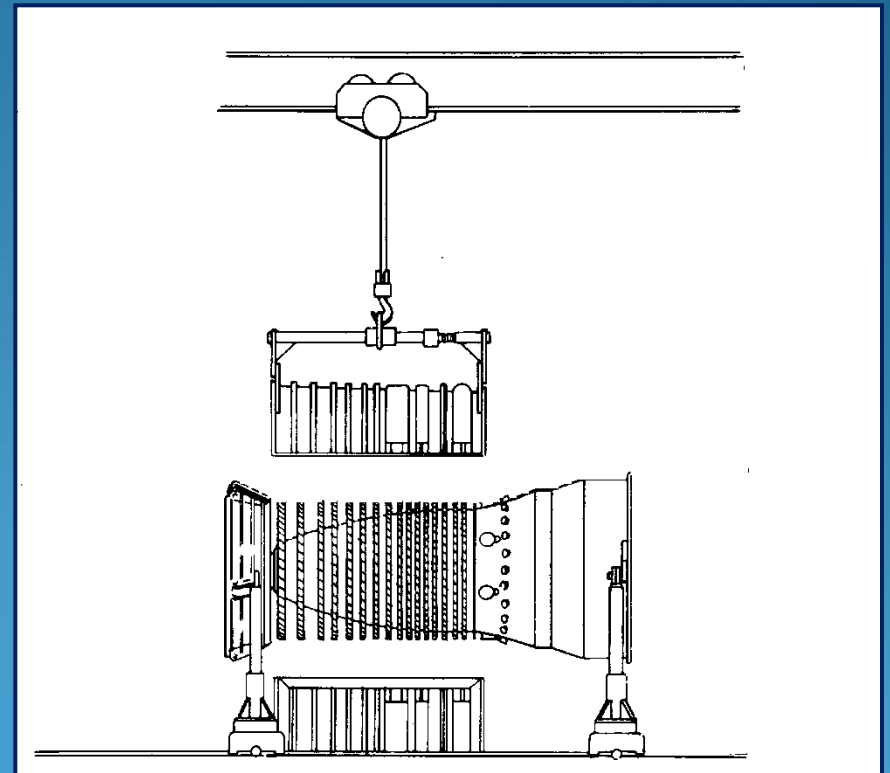
Activités de niveau 2

niveau 2 Maintenance horizontale

Enlèvement / installation de la chambre de combustion



Boîtiers stator compresseur enlevés

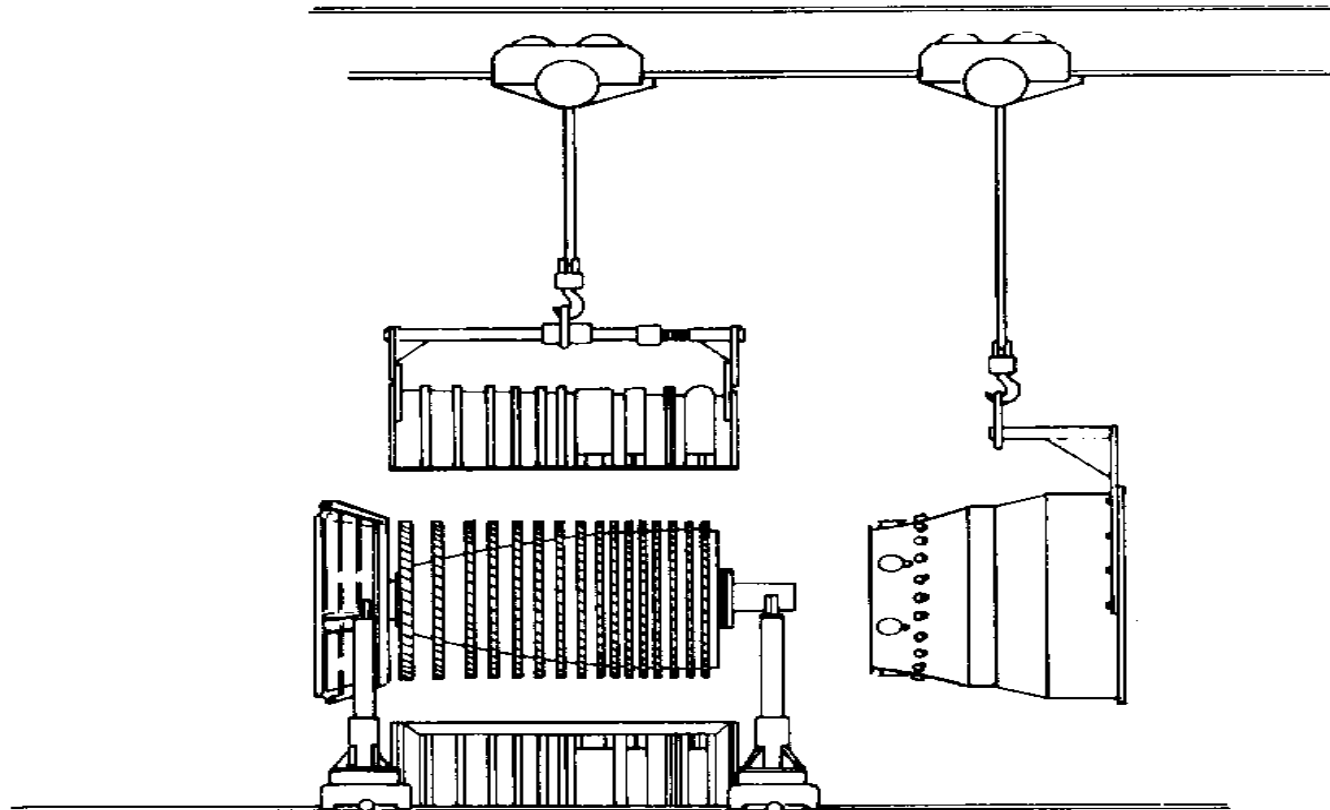


Maintenance Corrective

Activités de niveau 2

niveau 2 Maintenance horizontal

Démontage des châssis arrière / stator



Maintenance Corrective

Les activités du niveau 3, 4 & 5

Les activités de maintenance de niveau 3, 4 et 5 ne peuvent être effectuées que dans des ateliers permanents où un espace adéquat, des outils et des services spéciaux sont disponibles..

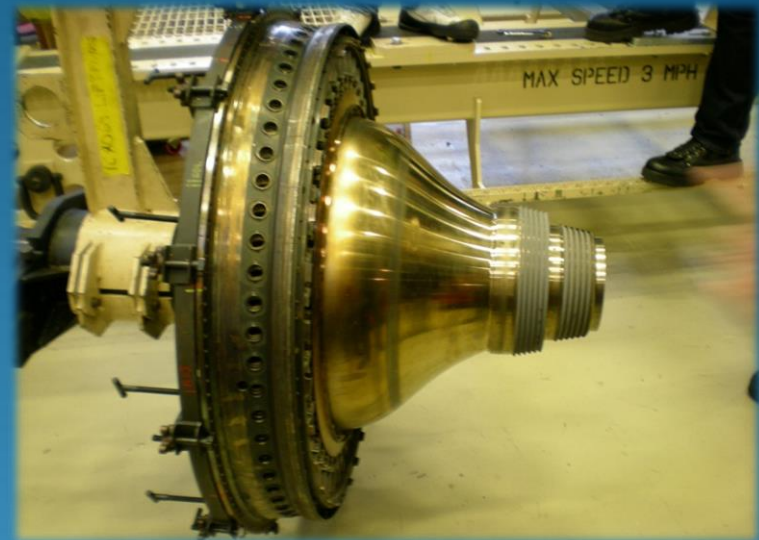


Maintenance Corrective

Activités du niveau 3

Démontage complet de la turbine à gaz dans les sous-ensembles principaux suivants:

- rotor de Compresseur
- Cadre arrière du compresseur
- Rotor de turbine HP
- Rotor de turbine LP



Maintenance Corrective

Activités du niveau 4

Le niveau 4 comprend la capacité de niveau 3 et l'équipement pour démonter les principaux sous-ensembles en pièces telles que:

- Stator de turbine HP et LP et pales de rotor
- Roulements de turbine
- Disques de turbine
- Composants de Combustion



Maintenance Corrective

Activités du niveau 5

Le niveau 5 inclut la capacité de niveau 4 et l'équipement pour réparer les pièces détachées et les composants. Les réparations concernent les principales activités spécialisées suivantes:

- Soudage
- Usinage
- Opérations de pulvérisation de flamme
- Essai

