

# NORME INTERNATIONALE **ISO** 3977



INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

## Turbines à gaz — Spécifications pour l'acquisition

*Gas turbines — Procurement*

Première édition — 1978-07-01

CDU 621.438

Réf. n° : ISO 3977-1978 (F)

**Descripteurs** : moteur à combustion interne, turbine à gaz, relation client-fournisseur, conditions requises pour exploitation, spécification, définition, caractéristique nominale, caractéristique de fonctionnement, dispositif de commande, dispositif de sécurité, combustible, propriété physique, environnement, entretien.

Prix basé sur 33 pages

## AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 3977 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*, et a été soumise aux comités membres en mars 1976.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Allemagne	Italie	Suisse
Australie	Japon	Tchécoslovaquie
Belgique	Mexique	Turquie
Corée, Rép. de	Pays-Bas	U.R.S.S.
Danemark	Philippines	U.S.A.
Espagne	Roumanie	Yougoslavie
France	Royaume-Uni	
Inde	Suède	

Aucun comité membre n'a désapprouvé le document.

## SOMMAIRE

	Page
1 Objet . . . . .	1
2 Domaine d'application . . . . .	1
3 Références . . . . .	1
4 Définitions . . . . .	1
5 Conditions normales de référence . . . . .	6
6 Combustibles d'essai . . . . .	6
7 Puissances de définition . . . . .	6
8 Dispositifs de commande et de protection . . . . .	7
9 Combustibles . . . . .	10
10 Environnement . . . . .	12
11 Renseignements techniques devant être fournis par le client lors de l'appel d'offre . . . . .	14
12 Renseignements techniques devant être fournis par le fabricant lors de la réponse à l'appel d'offre . . . . .	15
 <b>Annexes</b>	
A Renseignements complémentaires sur les combustibles . . . . .	18
B Mesurage des émissions de fumées . . . . .	25
C Dosage des teneurs totales en oxydes d'azote des gaz d'échappement des turbines à gaz . . . . .	29
D Entretien . . . . .	32
E Sécurité . . . . .	34

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 3977:1978

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/88d25e5a-a040-486b-b913-d21a0eb9fe98/iso-3977-1978>

# Turbines à gaz — Spécifications pour l'acquisition

## 1 OBJET

1.1 La présente Norme internationale énumère les spécifications techniques que l'on doit utiliser lors de l'acquisition d'une turbine à gaz et de ses auxiliaires. En raison de la grande diversité des modes de fonctionnement des turbines à gaz, la présente Norme internationale établit des catégories distinctes de modes de fonctionnement, auxquelles une puissance « nominale » peut être associée. Ces puissances doivent également être établies sur la base des conditions ambiantes normales ISO de référence.

1.2 La présente Norme internationale fournit une base permettant de soumettre des propositions satisfaisant aux différentes conditions d'environnement et de sécurité et précise des critères permettant de vérifier, dans la mesure du possible, que ces conditions sont remplies. Elle ne traite pas des réglementations légales, locales ou nationales, auxquelles l'installation doit se conformer.

1.3 La présente Norme internationale définit un cadre normalisé pour tout ce qui concerne des questions telles que le combustible ou d'autres problèmes comme par exemple les renseignements minimaux qui doivent être fournis par le client et par le fabricant; mais elle n'a pas la prétention de regrouper tous les renseignements nécessaires au contrat et chaque installation de turbine à gaz doit être considérée comme un cas particulier. Elle met en relief la nécessité d'une entente préalable entre les parties intéressées, en vue d'assurer la compatibilité entre les équipements fournis, surtout lorsque la responsabilité de la fourniture est partagée.

NOTE — Par « fabricant », on entend, dans la présente Norme internationale, aussi bien le fabricant réel de la turbine à gaz que le fournisseur responsable.

## 2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale est applicable aux installations à turbines à gaz à cycle ouvert utilisant des systèmes de combustion normaux, ainsi qu'aux installations à turbines à gaz à cycle fermé et semi-fermé. Dans le cas de turbines utilisant des générateurs de gaz à pistons libres ou des sources de chaleur particulières (par exemple : processus chimique, réacteurs nucléaires, foyer d'une chaudière suralimentée), la présente Norme internationale peut être utilisée comme base de départ, mais devra être adaptée.

Elle ne s'applique pas aux moteurs d'avion ni aux turbines à gaz utilisées pour la propulsion des engins de terrassement, des tracteurs du type industriel ou agricole, des automobiles et camions.

## 3 RÉFÉRENCES

ISO/R 1996, *Acoustique — Estimation du bruit par rapport aux réactions des collectivités.*

ISO 1999, *Acoustique — Estimation de l'exposition au bruit durant le travail en vue de la protection de l'audition.*

ISO 2041, *Vibrations et chocs — Vocabulaire.*

ISO 2314, *Turbines à gaz — Essais de réception.*

## 4 DÉFINITIONS

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables :

**4.1 turbine à gaz :** Machine transformant l'énergie thermique en énergie mécanique; elle comprend un ou plusieurs compresseurs rotatifs, un ou plusieurs dispositifs thermiques réchauffant le fluide moteur, une ou plusieurs turbines, un système de régulation et des auxiliaires essentiels. Tout échangeur de chaleur (excluant les récupérateurs de chaleur à l'échappement) se trouvant dans le circuit principal du fluide moteur sera considéré comme faisant partie de la turbine à gaz.

Des schémas de réalisations de turbine à gaz sont donnés, à titre d'exemple, à la figure 1.

**4.2 installation à turbine à gaz :** Ensemble formé par une turbine à gaz et tous les équipements essentiels nécessaires à la production d'énergie sous une forme utile.

**4.3 cycle ouvert :** Cycle thermodynamique dans lequel le fluide moteur, qui entre dans la turbine à gaz, vient de l'atmosphère et s'échappe dans l'atmosphère.

**4.4 cycle fermé :** Cycle thermodynamique dans lequel le fluide moteur est indépendant de l'atmosphère et continuellement recyclé.

**4.5 cycle semi-fermé :** Cycle thermodynamique dans lequel la combustion se fait dans un fluide moteur partiellement recyclé et partiellement régénéré par de l'air atmosphérique.

**4.6 cycle simple :** Cycle thermodynamique constitué uniquement, et dans l'ordre, d'une compression, d'une combustion et d'une détente.

**4.7 cycle avec récupération :** Cycle thermodynamique utilisant la chaleur des gaz d'échappement, et comportant successivement une compression, un réchauffage (par récupération), une combustion, une détente et un refroidissement (par transfert de chaleur des gaz d'échappement au fluide sortant du compresseur) du fluide moteur.

**4.8 cycle à refroidissement intermédiaire :** Cycle thermodynamique dans lequel le fluide moteur est réfrigéré entre les étages successifs de compression.

**4.9 cycle avec réchauffage :** Cycle thermodynamique dans lequel une certaine quantité d'énergie thermique est fournie au fluide moteur entre les étages de détente.

**4.10 turbine à gaz à un arbre :** Turbine à gaz dans laquelle les rotors du compresseur et de la turbine sont accouplés mécaniquement et la puissance prise directement ou par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse.

**4.11 turbine à gaz à plusieurs arbres :** Turbine à gaz composée d'au moins deux turbines ayant un arbre distinct. Ce terme couvre également les turbines à gaz à deux corps (compound) et à arbres séparés (split shaft).

**4.12 turbine à soutirage :** Turbine à gaz dans laquelle on prélève, pour usage externe, soit de l'air comprimé entre les étages de compression et/ou à la sortie du compresseur, soit des gaz chauds à l'entrée de la turbine et/ou entre les étages de la turbine.

**4.13 générateur de gaz :** Ensemble des éléments d'une turbine à gaz qui fournit des gaz chauds sous pression pour tous procédés de fabrication et de traitement ou pour une turbine de puissance. L'ensemble est formé d'un ou de plusieurs compresseurs rotatifs, d'un ou de plusieurs dispositifs thermiques associés au fluide moteur, d'une ou de plusieurs turbines d'entraînement, des compresseurs d'un système de régulation et des dispositifs auxiliaires essentiels.

**4.14 compresseur :** Élément d'une turbine à gaz qui augmente la pression du fluide moteur.

**4.15 turbine :** Utilisé seul, ce terme ne se rapporte qu'à l'élément de la turbine à gaz qui fournit l'énergie à partir de la détente du fluide moteur.

**4.16 turbine de puissance :** Turbine à arbre séparé sur lequel est prise la puissance.

**4.17 chambre de combustion (primaire ou de réchauffage) :** Source de chaleur dans laquelle le combustible réagit directement pour augmenter la température du fluide moteur.

**4.18 réchauffeur du fluide moteur (gaz ou air) :** Source de chaleur qui augmente indirectement la température du fluide moteur.

**4.19 régénérateur/récupérateur :** Échangeur de chaleur transférant la chaleur des gaz d'échappement au fluide moteur avant qu'il ne pénètre dans la chambre de combustion.

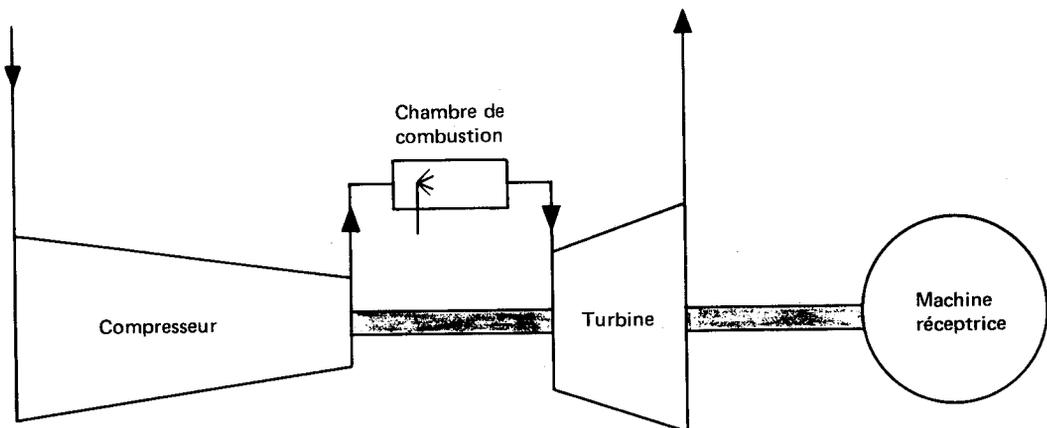
**4.20 prérefroidisseur :** Échangeur de chaleur ou réfrigérant par évaporation qui réduit la température du fluide moteur avant la compression initiale.

**4.21 réfrigérant intermédiaire :** Échangeur de chaleur qui réduit la température du fluide moteur de la turbine à gaz entre les étages de compression.

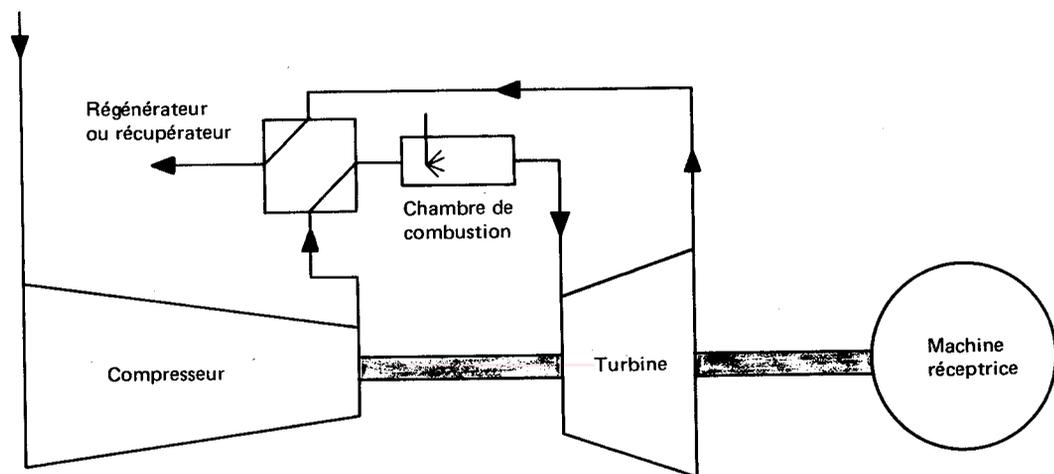
**4.22 déclencheur de survitesse :** Dispositif de contrôle ou de déclenchement qui met en marche le système de protection contre la survitesse lorsque le rotor atteint la vitesse pour laquelle ce dispositif est réglé.

**4.23 systèmes de contrôle et de commande :** Ce sont les systèmes de commande du démarrage, le régulateur et le système de dosage du combustible, les systèmes d'alarme et de coupure, le ou les indicateurs de vitesse, les détecteurs de pression, les commandes d'alimentation en énergie électrique et toutes les autres commandes nécessaires à un bon démarrage, à un fonctionnement stable, au contrôle des opérations, à l'arrêt, à l'alarme et/ou à la coupure dans des conditions anormales.

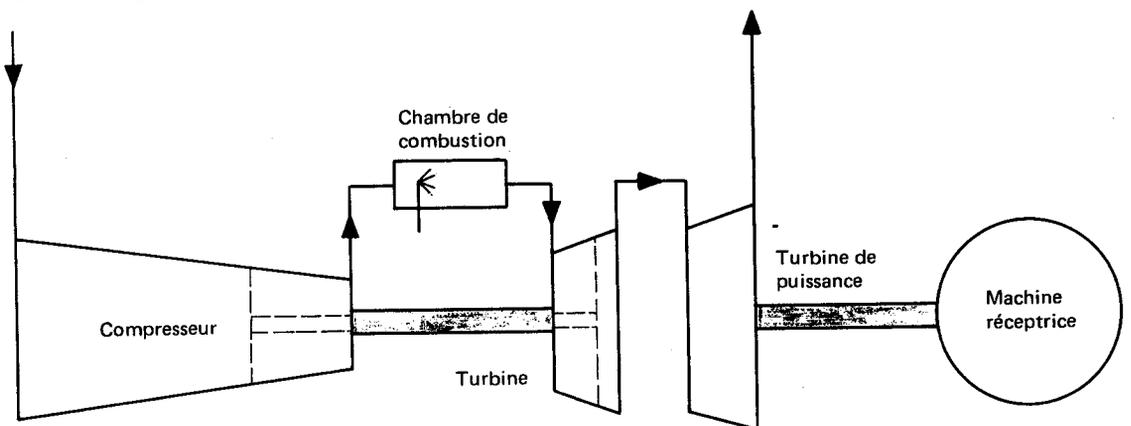
**4.24 système de régulation :** Ensemble comprenant les éléments et dispositifs de contrôle des paramètres critiques tels que la vitesse, la température, la pression, la puissance, etc.



a) Turbine à gaz à cycle simple et à un seul arbre

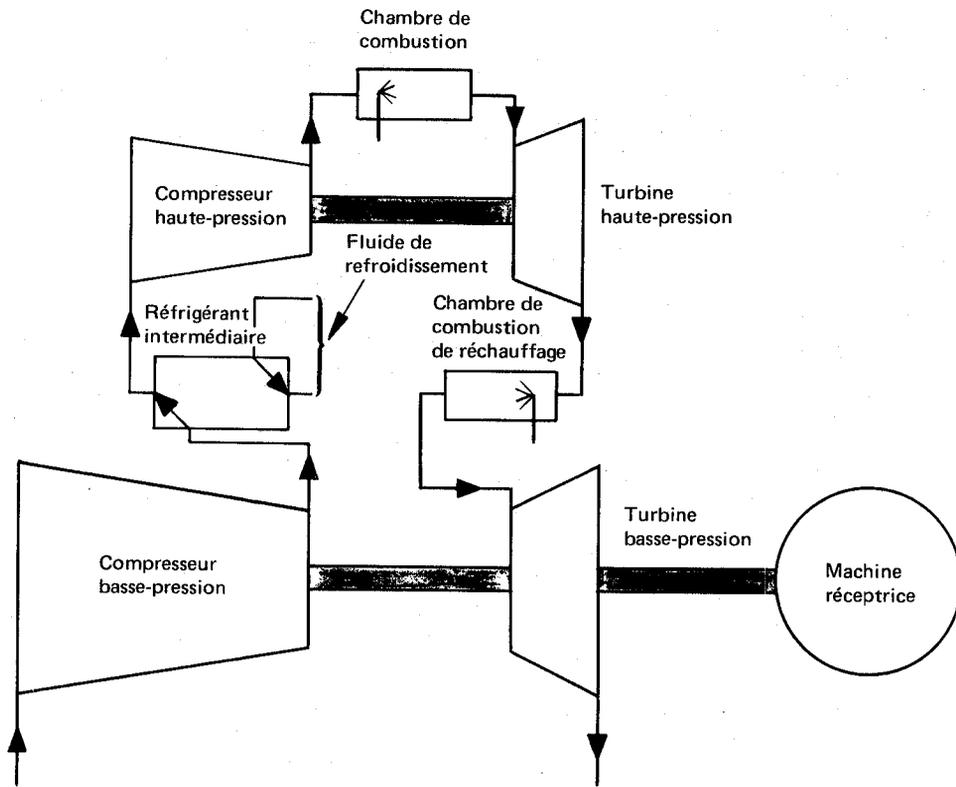


b) Turbine à gaz à un seul arbre, avec récupération :

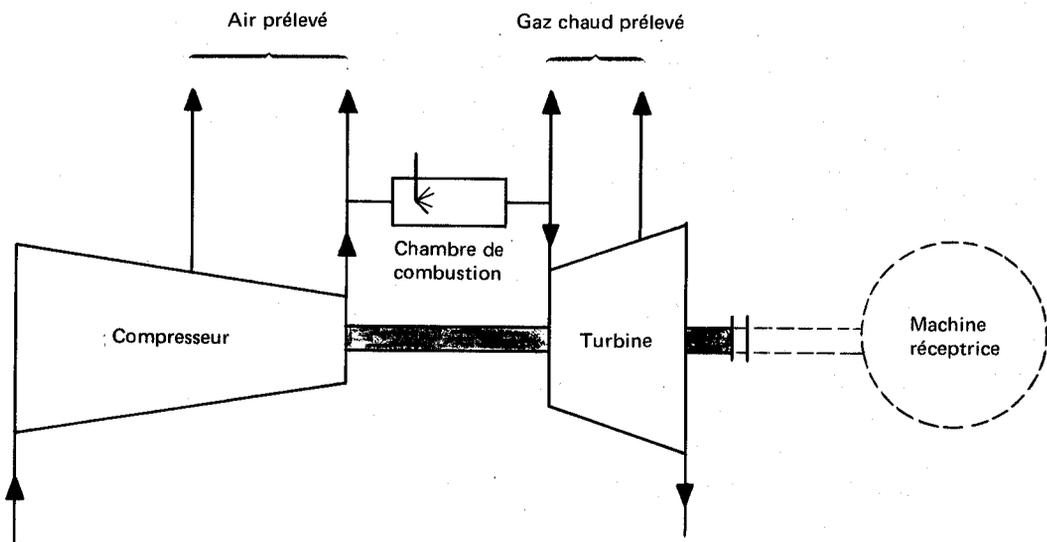


c) Turbine à gaz à cycle simple à deux lignes d'arbre, avec turbine de puissance séparée  
(Une autre disposition à 2 rotors concentriques est montrée en pointillés)

FIGURE 1 — Schémas de réalisation de turbines à gaz



d) Turbine à gaz à plusieurs lignes d'arbre, avec cycle à refroidissement intermédiaire et réchauffage (type à 2 corps), dont la turbine de puissance est couplée à l'arbre basse pression



e) Turbine à gaz à un seul arbre, à soutirage

FIGURE 1 (suite)



**4.35 vitesse minimale d'autonomie :** Vitesse minimale de fonctionnement de la turbine à gaz pouvant être atteinte, sans intervention du système de démarrage, dans les conditions ambiantes les plus défavorables.

**4.36 vitesse de ralenti :** Vitesse déclarée par le fabricant correspondant à un fonctionnement stable de la turbine, à partir de laquelle la mise en marche ou l'arrêt peut avoir lieu.

**4.37 vitesse continue maximale :** Limite supérieure de la vitesse de l'arbre moteur de la turbine à gaz, en régime continu.

**4.38 vitesse nominale :** Vitesse de l'arbre moteur de la turbine à gaz à laquelle la puissance nominale est obtenue.

**4.39 vitesse de déclenchement de la turbine :** Vitesse à laquelle le dispositif indépendant de survitesse se déclenche pour couper l'alimentation en combustible de la turbine à gaz.

**4.40 injection d'eau et/ou de vapeur :** De la vapeur d'eau et/ou de l'eau sont injectées dans le fluide moteur afin d'augmenter la puissance et/ou de réduire la teneur en oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) des gaz d'échappement.

**4.41 puissance massique (pour applications non fixes) :** Rapport de la masse sèche totale de la turbine à gaz telle que définie en 4.1, à sa puissance nette définie en 7.3, exprimé en kilogrammes par kilowatt.

**4.42 pompage du compresseur :** Régime instable caractérisé par des variations de basse fréquence du débit du fluide moteur dans le compresseur et ses tubulures de raccordement. Le pompage est un mode de fonctionnement dangereux pour la machine, il doit être évité dans tous les cas de fonctionnement prévus.

## 5 CONDITIONS NORMALES DE RÉFÉRENCE

Les conditions normales de référence sur lesquelles sont basés la puissance ISO, le rendement, la consommation de chaleur ou la consommation spécifique de combustible sont les suivantes :

### 5.1 Conditions de l'air à l'admission

**5.1.1** Au droit de la bride d'entrée du compresseur (ou éventuellement, en amont de la tuyère d'aspiration de celui-ci), comme l'indique la Norme ISO 2314 au paragraphe 6.6.2 :

- une pression totale de 101,3 kPa<sup>1)</sup>;
- une température totale de 15 °C;
- une humidité relative de 60 %.

**5.1.2** Sauf lorsqu'il y a réfrigération intermédiaire ou réfrigération par évaporation d'eau, l'effet de l'humidité est en général considéré comme négligeable.

### 5.2 Conditions des gaz à l'échappement

Pour l'échappement, à la bride de sortie de la turbine (ou éventuellement, à celle du récupérateur) :

- une pression statique de 101,3 kPa.

### 5.3 Conditions de l'eau de refroidissement (le cas échéant)

Si le fluide moteur est refroidi à l'eau, la température de l'eau à l'entrée doit être de 15 °C.

### 5.4 Réchauffeur ou réfrigérant du fluide moteur

Si le cycle comprend un réchauffeur ou un réfrigérant à air (ambiant) les conditions normales de référence doivent être 15 °C et 101,3 kPa.

## 6 COMBUSTIBLES D'ESSAI

Si le combustible à utiliser lors des essais de la turbine à gaz n'est pas celui qui était convenu après accord entre le client et le fabricant pour le fonctionnement en service (voir 11.7), un combustible d'essai ayant des caractéristiques acceptées par les deux parties sera utilisé.

## 7 PUISSANCES DE DÉFINITION

### 7.1 Généralités

**7.1.1** La puissance fournie par une turbine à gaz, pour une température donnée devant la turbine, est généralement proportionnelle à la pression ambiante absolue et dépend largement de la température de l'air à l'entrée (généralement la température extérieure, indiquée par un thermomètre à réservoir sec). De la même façon, la puissance pour une température donnée de l'air à l'entrée dépend de la température devant la turbine. Pour définir une puissance nominale, il est nécessaire d'adopter des conditions de référence pour la température et la pression ambiantes mais la puissance de définition des turbines à gaz variera néanmoins considérablement du fait des différents modes de fonctionnement qui sont exigés d'elles ainsi que des différents critères utilisés pour l'étude des éléments fondamentaux. Les puissances nominales ISO ne tiennent pas compte de la baisse de pression à l'admission et à l'échappement, mais les puissances *in situ* en tiennent compte.

**7.1.2** Les caractéristiques de fonctionnement de référence des turbines à gaz doivent être définies pour les valeurs suivantes du pouvoir calorifique inférieur du combustible utilisé :

- turbines utilisant un combustible liquide : 42 000 kJ/kg;
- turbines utilisant un combustible gazeux (100 % de méthane) : 50 000 kJ/kg.

1) 100 kPa = 1 bar = 750,1 mmHg

Le pouvoir calorifique à pression constante d'un combustible liquide, gazeux ou solide, s'entend à une pression de 101,3 kPa et à une température de 15 °C.

## 7.2 Modes de fonctionnement

Sauf dans des circonstances particulières, qui doivent faire l'objet d'un accord particulier entre le client et le fabricant, la puissance nominale d'une turbine à gaz doit être spécifiée en combinant une des classes de 7.2.1 avec une des gammes du nombre moyen de démarrages par an, indiquées en 7.2.2 (par exemple : B II implique un fonctionnement de 2 000 h par an à raison de 500 démarrages au plus par an).

Le fabricant doit préciser le type, la fréquence et l'importance des révisions et/ou des entretiens exigés en rapport avec le mode de fonctionnement défini [voir 12.1 c)].

NOTE — Il y a lieu de signaler que pour certaines applications, les turbines à gaz fonctionneront avec une combinaison des classes indiquées en 7.2.1. Dans de tels cas, le client devrait indiquer le nombre prévu d'heures annuelles de fonctionnement à la puissance nominale dans chaque classe. Le fonctionnement en dehors de ces puissances nominales/modes de fonctionnement pourrait essentiellement affecter les intervalles de révision et l'entretien exigés.

### 7.2.1 Classes

Classe A : fonctionnement jusques et y compris 500 h par an (crête de réserve);

Classe B : fonctionnement jusques et y compris 2 000 h par an (charge de pointe);

Classe C : fonctionnement jusques et y compris 6 000 h par an (demi-charge de base ou moyenne);

Classe D : fonctionnement jusques et y compris 8 760 h par an (charge de base).

### 7.2.2 Gammes

Gamme I : plus de 500 démarrages par an en moyenne;

Gamme II : jusqu'à 500 démarrages par an en moyenne;

Gamme III : jusqu'à 100 démarrages par an en moyenne;

Gamme IV : jusqu'à 25 démarrages par an en moyenne;

Gamme V : fonctionnement en continu sans arrêt prévu, pour révision et/ou entretien, pour une période déterminée.

## 7.3 Puissances nominales ISO

Le fabricant doit spécifier la puissance nominale ISO (de référence), comme étant la puissance nette sur l'arbre, corrigée de la puissance absorbée par les auxiliaires non directement entraînés par la turbine (voir ISO 2314, paragraphe 8.1), dans les conditions normales de référence du chapitre 5 et pour les modes de fonctionnement suivants :

a) Puissance nominale «charge ISO de pointe» (2 000 h et 500 démarrages par an en moyenne) : Classe B : gamme II

b) Puissance nominale «charge ISO de base» (8 760 h et 25 démarrages par an en moyenne) : Classe D : gamme IV.

NOTE — Pour les groupes turbo-alternateurs, ces deux modes de fonctionnement sont souvent appelés «charge ISO de pointe» et «charge ISO de base» respectivement.

Dans chaque cas, le fabricant doit indiquer la nature, la fréquence et l'importance des révisions et/ou des entretiens nécessaires.

## 7.4 Puissance *in situ*

La puissance *in situ* doit être spécifiée par le fabricant comme suit :

a) Production d'énergie électrique : Énergie électrique nette aux bornes du générateur, compte tenu de la puissance absorbée par les auxiliaires comme indiqué dans l'ISO 2314, paragraphe 8.1.2.

b) Entraînement mécanique : Puissance nette sur l'arbre, corrigée pour tenir compte de la puissance absorbée par les auxiliaires indépendants (voir ISO 2314, paragraphe 8.1.1).

Dans les deux cas, la puissance *in situ* doit tenir compte des conditions spécifiées du site (exemple : pression et température ambiantes, pertes de charge, etc.) ainsi que du type d'exploitation.

Si le générateur de gaz est fourni séparément, sa puissance *in situ* lorsqu'il fonctionne dans les conditions d'installation et d'utilisation spécifiées (voir ISO 2314, paragraphe 6.3.5), est définie comme celle résultant d'une détente isentropique des gaz depuis les conditions de sortie du générateur (pression et température totales) jusqu'à la pression atmosphérique.

## 8 DISPOSITIFS DE COMMANDE ET DE PROTECTION

### 8.1 Démarrage

Le système de commande du démarrage incluant les opérations préliminaires (tel le virage) peut être manuel, semi-automatique ou entièrement automatique comme défini ci-après :

8.1.1 Le démarrage manuel nécessite un opérateur pour mettre en route les équipements auxiliaires, amorcer, maintenir et poursuivre la séquence de démarrage (lancement, ventilation et allumage) puis accélérer jusqu'au point de réglage minimal ou jusqu'au régime permettant la synchronisation dans le cas d'un groupe électrogène.

8.1.2 Le démarrage semi-automatique peut exiger un démarrage manuel des équipements auxiliaires et permet à l'opérateur de mettre en route la turbine par une action simple pour effectuer toute la séquence de démarrage jusqu'au point de réglage minimal ou jusqu'au régime permettant la synchronisation dans le cas d'un groupe électrogène.

**8.1.3** Les systèmes de démarrage automatique n'exigent qu'une seule action (manuelle ou autre) pour faire démarrer tous les équipements auxiliaires appropriés et amorcer la séquence complète de démarrage jusqu'au point de réglage minimal ou jusqu'au régime permettant la synchronisation dans le cas d'un groupe électrogène.

## 8.2 Mise en charge

Le système de commande de la mise en charge du groupe peut être manuel, semi-automatique ou entièrement automatique jusqu'à une puissance donnée. La mise en charge automatique peut suivre immédiatement la séquence de démarrage sans action supplémentaire de l'opérateur. Quel que soit le mode de mise en charge, de brefs arrêts peuvent intervenir à des points de charge donnés pour permettre la stabilisation thermique.

La synchronisation éventuelle du générateur avec un système particulier avant la mise en charge peut également se faire par des moyens manuels ou automatiques.

## 8.3 Arrêt

L'arrêt peut être manuel, semi-automatique ou automatique. Dans tous les cas, toutefois, la séquence principale des opérations est essentiellement la suivante :

### 8.3.1 Groupes turbo-alternateurs

- a) Diminution contrôlée de la charge jusqu'à la puissance nulle à la vitesse de synchronisme.
- b) Ouverture du disjoncteur.
- c) Réduction de la vitesse jusqu'au ralenti et, le cas échéant, période de refroidissement.
- d) Coupure de l'alimentation en combustible et arrêt des auxiliaires non nécessaires au vireur.
- e) Période de virage, si nécessaire.
- f) Arrêt des derniers auxiliaires, par exemple pompes à huile de lubrification.
- g) Retour aux conditions de démarrage.

### 8.3.2 Entraînement mécanique

- a) Diminution contrôlée de la charge jusqu'aux conditions de charge minimale.
- b) Période de refroidissement, si nécessaire.
- c) Coupure de l'alimentation en combustible suivie de l'arrêt des auxiliaires non nécessaires au vireur.
- d) Période de virage, si nécessaire.
- e) Arrêt des derniers auxiliaires, par exemple pompes à huile de lubrification.
- f) Retour aux conditions de démarrage.

### 8.3.3 Arrêt d'urgence

a) L'arrêt d'urgence doit pouvoir s'obtenir manuellement, mais doit aussi intervenir automatiquement, déclenché par le dispositif de protection de l'installation. Le dispositif d'arrêt d'urgence doit agir directement sur la vanne d'arrêt pour couper l'alimentation en combustible de la turbine.

b) Sauf indication contraire, un système automatique doit être prévu, au moment de l'arrêt, pour isoler la(les) machine(s) entraînée(s) des systèmes qu'ils alimentaient, cela afin d'empêcher leur fonctionnement en moteur ou en reflux.

c) Il peut aussi s'avérer nécessaire de faire fonctionner les dispositifs de décharge pour libérer l'énergie accumulée.

d) Des séquences normales de virage et d'arrêt interviennent alors, suivant les nécessités, mais au cas où un système de redémarrage automatique est prévu, il faut empêcher son déclenchement sans intervention manuelle préalable.

## 8.4 Ventilation

**8.4.1** Lorsque des combustibles gazeux sont utilisés, le système de commande du démarrage (qu'il soit manuel ou automatique) doit permettre une période de ventilation suffisamment longue pour qu'au moins trois fois le volume total du système d'échappement (y compris la cheminée de la turbine à gaz) soit déplacé avant l'allumage de l'installation. Dans le cas où d'autres précautions sont prises, cela peut être utile.

**8.4.2** Si les combustibles liquides utilisés sont très volatils, des précautions spéciales doivent être prises.

## 8.5 Dosage du combustible

L'alimentation en combustible doit être commandée par une séquence d'ouverture dont la fonction peut être outrepassée par le détecteur de surchauffe ou par d'autres dispositifs de protection.

## 8.6 Vitesse constante

Les turbines à gaz qui doivent être régulées à une vitesse constante (en particulier les turbines qui entraînent des alternateurs où, dans quelques cas, un régulateur isochrone est nécessaire) doivent être munies d'un système de régulation contrôlant la vitesse de l'arbre moteur. La vitesse à vide doit être réglable, pendant le fonctionnement, dans la gamme comprise entre 95 et 105 % de la vitesse nominale, à moins d'une stipulation différente agréée par le client et le fabricant.

Le variateur de vitesse, s'il est commandé à distance et particulièrement quand la synchronisation doit être tenue, doit pouvoir réduire la puissance à partir de la puissance nominale *in situ* jusqu'à zéro, et cela en moins de 40 s, le temps qui sera pris devant être spécifié par le client compte tenu des autres variateurs de vitesse devant opérer sur les unités fonctionnant en parallèle.

### 8.7 Vitesse variable

Pour des turbines à gaz qui doivent fonctionner à l'intérieur d'une certaine gamme de vitesses, comme par exemple celles pour la propulsion des navires, un dispositif de commande approprié doit être fourni.

### 8.8 Régulateur

Pour les applications mécaniques, le régulateur doit limiter la vitesse à 105 % de sa valeur nominale pour tous les cas de charges stabilisées. Sauf sur indication contraire du client, le système de régulation des groupes turbo-alternateurs doit éviter que la turbine n'atteigne sa vitesse de déclenchement lors d'une décharge instantanée quand la turbine fonctionne à sa limite de capacité fixée par les conditions ambiantes, aux valeurs prévues de la pression, de la température et du pouvoir calorifique du combustible, le régulateur de vitesse étant réglé à la vitesse nominale.

### 8.9 Organe de dosage du combustible

La soupape de dosage du combustible (voir 4.25) doit revenir à sa position minimale lors de l'arrêt de la turbine, quel qu'il soit.

### 8.10 Arrêt du combustible

**8.10.1** En plus de la soupape de dosage du combustible ou «vanne de régulation», le dispositif de dosage doit comporter une vanne d'arrêt distincte qui coupe l'alimentation en combustible de la turbine chaque fois qu'un arrêt se produit et qui ne s'ouvre pas tant que toutes les conditions autorisant l'allumage ne sont pas remplies.

**8.10.2** Dans le cas des turbo-alternateurs, soit la turbine à gaz, soit l'alternateur doit être équipé(e) d'un système qui empêche le fonctionnement de ce dernier en moteur lorsque la vanne d'arrêt du combustible est fermée. Si une compensation synchrone est exigée, ces conditions peuvent être outrepassées.

**8.10.3** Une ou plusieurs vanne(s) de mise à l'air libre doivent être installées dans les systèmes à combustible gazeux afin de réduire le risque de fuite dans la turbine à gaz à l'arrêt.

### 8.11 Contrôle de la survitesse

Chaque ligne d'arbre doit être munie d'un limiteur ou d'un déclencheur de survitesse, à moins qu'il ne soit prouvé qu'aucun excès de vitesse dangereux n'est possible.

### 8.12 Contrôle manuel de la survitesse

L'opérateur doit pouvoir contrôler manuellement le limiteur ou les dispositifs de protection contre la survitesse.

NOTE — Il est souhaitable que ce contrôle puisse être effectué, dans la mesure du possible, sans l'arrêt du déclencheur, et sans qu'il y ait de défaut momentané de protection.

### 8.13 Protection contre la survitesse

Le limiteur ou le déclencheur de survitesse doit être réglé pour fonctionner à un niveau qui ne permet pas à la vitesse transitoire d'excéder la limite maximale de sécurité pour la ligne d'arbre considérée en cas de délestage soudain. Leur fonction principale est de réduire ou de couper le débit de combustible près du (ou des) brûleur(s) par des moyens indépendants du régulateur principal.

### 8.14 Vitesses transitoires

Dans une turbine à gaz à plusieurs lignes d'arbre où une ligne d'arbre peut être soumise à des accélérations importantes en cas de délestage, la vitesse peut continuer à augmenter après le déclenchement du dispositif de survitesse. Par conséquent, des vitesses transitoires considérablement supérieures à la vitesse de coupure peuvent être atteintes. La turbine doit pouvoir ensuite fonctionner normalement sans qu'un contrôle soit nécessaire. On attirera l'attention sur la nécessité de vérifier que tous les équipements, y compris les auxiliaires, etc, couplés électriquement, mécaniquement ou hydrauliquement, peuvent supporter cette survitesse.

### 8.15 Dispositifs supplémentaires de protection contre la survitesse

Les turbines à gaz avec turbines de puissance distinctes ou ayant des échangeurs de chaleur peuvent nécessiter une protection supplémentaire contre un excès de vitesse dû à l'emmagasinage de chaleur ou à l'existence d'importants volumes d'air chaud sous pression, ou pour ces deux raisons à la fois. Cette protection peut être assurée, par exemple, par des soupapes de sûreté et des résistances de charge, commandées par le régulateur ou le déclencheur de survitesse, ou par les deux.

### 8.16 Extinction

Lorsque cela s'avère utile d'après les caractéristiques de l'installation, la fourniture d'un dispositif permettant de couper l'alimentation en combustible en cas d'extinction doit être envisagée.

### 8.17 Limiteur de débit de combustible

Le dispositif de régulation du débit du combustible doit comprendre un limiteur de débit qui empêche de dépasser la température normale d'allumage de la turbine ou la vitesse maximale du générateur de gaz s'il s'agit d'une limite plus sévère.

### 8.18 Plage morte

À la vitesse nominale et à toute puissance, jusques et y compris la puissance maximale, la plage morte ne doit pas excéder 0,1 % de la vitesse nominale. Toutefois, pour de fortes productions d'énergie, elle peut être, en général, inférieure.