IEC 60953-4

Edition 1.0 2026-09

NORME INTERNATIONALE

Règles pour les essais thermiques de réception des turbines à vapeur - Partie 4: Essais individuels de série

ICS 27.040

ISBN 978-2-8327-1491-1



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2026 IEC, Geneva, Switzerland

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

A propos de l'IEC
La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC
Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, …). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 8
INTRODUCTION 10
1 Domaine d'application 12
1.1 Généralités 12
1.2 Objet 12
1.3 Point à examiner dans le contrat 13
2 Références normatives 13
3 Unités, symboles, termes et définitions 13
3.1 Généralités 13
3.2 Symboles et unités 13
3.3 Indices, exposants et définitions 14
3.4 Définition des valeurs garanties et des résultats d'essais 14
3.4.1 Recommandations relatives aux paramètres garantis 14
3.4.2 Rendement thermique 14
3.4.3 Consommation spécifique de chaleur 15
3.4.4 Rendement thermodynamique 15
3.4.5 Consommation spécifique de vapeur 15
3.4.6 Débit de vapeur principal 15
3.4.7 Puissance électrique fournie 15
3.4.8 Valeurs garanties pour les turbines à prélèvements et à pression mixte 15
3.4.9 Capacité de charge thermique (pour applications nucléaires) 15
3.5 Définitions supplémentaires des résultats des essais individuels de série 15
3.5.1 Rendement de la turbine – Détente en zone surchauffée 15
3.5.2 Rendement de la turbine – Détente en zone humide 16
3.5.3 Capacité d'absorption de débit 17
3.5.4 Pressions corrigées d'un étage de turbine 18
3.5.5 Caractéristiques de la consommation spécifique de chaleur et de la puissance électrique fournie 18
3.5.6 Caractéristiques de l'apport thermique et de la puissance électrique fournie 19
3.5.7 Performance du composant 19
4 Principes directeurs 21
4.1 Dispositions à prendre avant l'essai 21
4.2 Accords et dispositions préparatoires en vue des essais 21
4.3 Planification de l'essai 22
4.3.1 Délai pour la réalisation des essais de réception 22
4.3.2 Réalisation des essais de réception 22
4.4 Préparation des essais 22
4.4.1 État de l'installation 22
4.4.2 État de la turbine à vapeur 23
4.4.3 État du condenseur 23
4.4.4 Isolement du cycle 23
4.4.5 Vérifications de la fuite des réchauffeurs de condenseur et d'eau alimentaire 23
4.4.6 Propreté des filtres à vapeur 24
4.4.7 Contrôle des instruments de mesure utilisés pendant l'essai 24
4.5 Mesures comparatives 24

4.6 Paramétrages en vue des essais 24
4.6.1 Paramètres de charge 24
4.6.2 Paramètres spéciaux 24
4.7 Essais préliminaires 24
4.8 Essais de réception 24
4.8.1 Constance des conditions d'essai 24
4.8.2 Écart maximal et fluctuation maximale des conditions d'essai 24
4.8.3 Durée des essais et fréquence des relevés 24
4.8.4 Lecture de l'intégration des instruments de mesure 24
4.8.5 Autres méthodes 24
4.8.6 Enregistrement des essais 25
4.8.7 Mesurage supplémentaire 25
4.8.8 Calculs préliminaires 25
4.8.9 Cohérence et nombre d'essais 25
4.9 Répétition des essais de réception 25
5 Techniques de mesure et instruments de mesure 25
5.1 Vue d'ensemble 25
5.1.1 Exigences de précision des instruments 25
5.1.2 Instruments de mesure 25
5.1.3 Incertitude de mesure 25
5.1.4 Étalonnage des instruments 25
5.1.5 Autres instruments 26
5.1.6 Cohérence des instruments d'essai comparatifs 26
5.1.7 Considérations particulières relatives aux instruments à poste fixe 26
5.2 Mesurage de la puissance 26
5.2.1 Détermination de la puissance mécanique en sortie de turbine 26
5.2.2 Mesurage de la puissance de la pompe d'alimentation de la chaudière 27
5.2.3 Détermination de la puissance électrique d'un groupe turboalternateur 27
5.2.4 Mesurage de la puissance électrique 27
5.2.5 Branchements électriques des instruments 27
5.2.6 Instruments électriques 27
5.2.7 Transformateurs de mesure 27
5.3 Mesurage du débit 27
5.3.1 Détermination des débits à mesurer 27
5.3.2 Mesurage du débit principal 30
5.3.3 Installation et emplacement des débitmètres 30
5.3.4 Étalonnage des dispositifs de mesure du débit principal pour le débit d'eau 30
5.3.5 Examen des débitmètres 31
5.3.6 Mesurages de pression différentielle 31
5.3.7 Fluctuation du débit d'eau 31
5.3.8 Mesurage des débits secondaires 31
5.3.9 Débits secondaires occasionnels 32
5.3.10 Masse volumique de l'eau et de la vapeur 32
5.3.11 Détermination du débit d'eau de refroidissement du condenseur 32
5.4 Mesurage de la pression (à l'exclusion de la pression d'échappement des turbines à condensation) 32
5.4.1 Pressions à mesurer 32
5.4.2 Instruments 33

5.4.3 Mesurages de la pression principale 33
5.4.4 Pression des orifices de soutirage et des conduites de raccordement 33
5.4.5 Vannes d'arrêt 33
5.4.6 Étalonnage des dispositifs de mesure de la pression 33
5.4.7 Pression atmosphérique 34
5.4.8 Correction des relevés 34
5.5 Mesurage de la pression d'échappement d'une turbine à condensation 34
5.5.1 Généralités 34
5.5.2 Plan de mesure 34
5.5.3 Prises de pression 34
5.5.4 Distributeurs 34
5.5.5 Conduites de raccordement 34
5.5.6 Instruments 34
5.5.7 Étalonnage 34
5.6 Mesurage de la température 34
5.6.1 Points de mesure de la température 34
5.6.2 Instruments 34
5.6.3 Mesurages de la température principale 34
5.6.4 Mesurages de la température du train d'alimentation (y compris la vapeur soutirée) 35
5.6.5 Mesurage de la température de l'eau de refroidissement du condenseur 35
5.6.6 Sondes thermométriques 35
5.6.7 Précautions à prendre lors des mesurages de la température 35
5.7 Détermination du titre de la vapeur 35
5.7.1 Généralités 35
5.7.2 Technique des traceurs 35
5.7.3 Méthode de la condensation 35
5.7.4 Méthode d'injection à vitesse constante 35
5.7.5 Enthalpie au soutirage, déterminée par méthode d'injection à vitesse constante 35
5.7.6 Les traceurs et leur utilisation 36
5.8 Mesurage du temps 36
5.9 Mesurage de la vitesse 36
6 Évaluation des essais 36
6.1 Préparation de l'évaluation 36
6.2 Calcul des résultats 36
6.2.1 Calcul des valeurs moyennes des relevés effectués avec les instruments 36
6.2.2 Correction et conversion des moyennes relevées 36
6.2.3 Vérification des données mesurées 36
6.2.4 Propriétés thermodynamiques de la vapeur et de l'eau 37
6.2.5 Calcul des résultats d'essais 37
7 Correction des résultats d'essais et comparaison à la garantie 37
7.1 Valeurs garanties et conditions de garantie 37
7.2 Correction du débit de vapeur initial 38
7.3 Correction de la puissance fournie 38
7.3.1 Correction de la puissance maximale fournie 38
7.3.2 Correction de la puissance fournie avec le débit de vapeur initial spécifié 38

7.4 Correction des performances thermiques 38
7.5 Définition et application des valeurs de correction 38
7.6 Méthodes de correction 38
7.6.1 Généralités 38
7.6.2 Correction par calcul du bilan thermodynamique 38
7.6.3 Correction à l'aide de courbes de correction élaborées par le fabricant 38
7.6.4 Essais pour déterminer les valeurs de correction 39
7.7 Variables à prendre en compte dans la correction de cycles de turbine spécifiques 39
7.7.1 Domaine d'application des corrections 39
7.7.2 Turbines avec réchauffage de l'eau alimentaire 39
7.7.3 Turbines qui n'ont pas de dispositions pour l'ajout ou le soutirage de vapeur après une détente partielle 40
7.7.4 Turbines à soutirage de vapeur pour des usages autres que le réchauffage de l'eau alimentaire (turbines à prélèvements) 40
7.7.5 Autres types de turbines 40
7.8 Comparaison à la garantie 40
7.8.1 Tolérance et pondération 40
7.8.2 Comparaison à la garantie à l'aide d'une courbe de points réels 41
7.8.3 Comparaison à la garantie à l'aide d'un point garanti 41
7.8.4 Comparaison à la garantie pour les turbines avec réglage par étranglement de la vapeur 41
7.8.5 Comparaison à la garantie pour les turbines à prélèvements 41
7.8.6 Considérations supplémentaires pour la comparaison des résultats des essais individuels de série 41
7.9 Dégradation des performances de la turbine (vieillissement) 43
7.9.1 Délai pour réduire le plus possible la dégradation 43
7.9.2 Correction avec essais de comparaison 43
7.9.3 Correction sans essais de comparaison 43
8 Incertitude de mesure 43
8.1 Généralités 43
8.2 Détermination de l'incertitude de mesure des propriétés de vapeur et d'eau 43
8.2.1 Pression 43
8.2.2 Température 43
8.2.3 Enthalpie et différence d'enthalpie 43
8.3 Calcul de l'incertitude de mesure de la puissance fournie 43
8.3.1 Mesurage électrique 43
8.3.2 Mesurage mécanique 43
8.3.3 Marge d'incertitude supplémentaire en raison de conditions de charge instables 44
8.4 Détermination de l'incertitude de mesure du débit massique 44
8.4.1 Mesurage de l'incertitude relative aux mesures du débit massique 44
8.4.2 Mesurage de l'incertitude relative à plusieurs mesurages du débit principal 44
8.4.3 Marge d'incertitude pour les imperfections du cycle 44
8.5 Calcul de l'incertitude de mesure des résultats 44
8.5.1 Généralités 44
8.5.2 Mesurage de l'incertitude sur le rendement thermique 44
8.5.3 Mesurage de l'incertitude relative au rendement thermodynamique 44

8.5.4 Incertitude sur les corrections....44
8.5.5 Valeurs indicatives pour l'incertitude de mesure des résultats....44
8.5.6 Incertitude des essais individuels de série....44
8.6 Exemple de calcul d'incertitude....44
Annexe A (normative) Essais de fuites des réchauffeurs d'eau alimentaire et de fuites du condenseur....45
A.1 Essais de fuites des réchauffeurs d'eau alimentaire....45
A.2 Essais de fuites du condenseur....45
Annexe B (normative) Évaluation de mesures multiples – Compatibilité....46
Annexe C (normative) Bilans des débits massiques....47
C.1 Bilans des débits massiques (normative)....47
C.2 Débits pour évaluations complémentaires (informatif)....47
Annexe D (informative) Définition statistique courte de la mesure de l'incertitude et de la propagation des erreurs lors des essais de réception....48
Annexe E (informative) Méthode de la variation des températures....49
E.1 Description du problème....49
E.2 Possibilité de déterminer le débit de fuite....49
E.3 Exemple appliqué....49
Annexe F (normative) Incertitude de mesure des résultats – Application aux essais individuels de série....50
Annexe G (informative) Recommandations relatives au choix du type d'essai individuel de série à effectuer....53
G.1 Généralités....53
G.2 Surveillance de routine....53
G.2.1 Performances des composants (corps, réchauffeur, bâche dégazante, condenseur, pompe et turbine FP, fuites du système)....53
G.2.2 Surveillance de la puissance....53
G.2.3 Surveillance de la capacité de débit....54
G.2.4 Profils de pression et de température à l'étage de la turbine....54
G.3 Essais périodiques de performance....54
G.3.1 Essai de puissance maximale....54
G.3.2 Essai de consommation spécifique de vapeur....54
G.3.3 Essai de rendement thermique (consommation spécifique de chaleur)....55
G.3.4 Essai de rendement de la turbine (essai de chute d'enthalpie)....55
G.3.5 Mesurage de l'apport thermique au cycle....56
G.3.6 Mesurage de la chaleur rejetée par le cycle....56
Annexe H (informative) Facteurs de sensibilité des performances de certains composants sur la performance globale du cycle....57
H.1 Généralités....57
H.2 Cycle conventionnel à resurchauffe élevée....57
H.3 Petite turbine industrielle à contre-pression avec soutirage....58
H.4 Turbine à condensation à cycle combiné avec injection....58
Annexe I (informative) Limites thermodynamiques types et disposition des instruments pour les essais individuels de série....59
I.1 Généralités....59
I.2 Limites thermodynamiques types et dispositions des instruments....59

Annexe J (informative) Calcul et analyse des résultats d'essais – Exemple numérique 62
J.1 Vue d'ensemble 62
J.2 Généralités 62
J.3 Instruments 63
J.4 Disposition des points de mesure 66
J.5 Déroulement de l'essai 67
J.6 Calcul et interprétation des résultats d'essais 67
J.6.1 Corrections et principaux résultats d'essais pour la turbine 67
J.6.2 Diagnostic de la consommation spécifique de chaleur 69
J.6.3 Capacité de débit et puissance électrique fournie 71
J.6.4 Rendement de la turbine HP/MP 71
J.6.5 Performances des réchauffeurs HP 72
J.6.6 État des fuites du système 73
Annexe K (informative) Exemple numérique de calcul de l'incertitude des essais individuels de série (installation à combustible fossile) 74
K.1 Généralités 74
K.2 Incertitude de mesure 74
K.3 Résultats du calcul de l'incertitude 75
Bibliographie 80

Figure 1 – Rendement isentropique de la turbine 16
Figure 2 – Diagramme indiquant l'emplacement et le type des instruments d'essai pour un essai périodique type de rendement thermique (débit de condensats comme débit principal) 28
Figure 3 – Diagramme indiquant l'emplacement et le type des instruments d'essai pour un essai périodique type de rendement thermique (débit de l'eau alimentaire finale comme débit principal) 29
Figure I.1 – Exemple 1 60
Figure I.2 – Exemple 2 60
Figure I.3 – Exemple 3 61
Figure I.4 – Exemple 4 61
Figure J.1 – Disposition des points de mesure 66
Figure J.2 – Courbe de relation entre la consommation spécifique de chaleur et la puissance électrique fournie corrigées 71
Figure K.1 – Diagramme du bilan thermodynamique d'origine 76

Tableau 1 – Répartition des fuites non comptabilisées 37
Tableau H.1 – Sensibilité des performances des composants sur la performance globale du cycle pour un cycle conventionnel de réchauffage type 57
Tableau H.2 – Sensibilité des composants sur la performance globale du cycle pour une unité de cogénération type 58
Tableau H.3 – Sensibilité des composants sur la performance globale du cycle pour une unité de turbine CCGT 58
Tableau J.1 – Spécifications techniques de la turbine 62
Tableau J.2 – Liste des instruments 63
Tableau J.3 – Principaux résultats des essais en conditions 350 MW et VWO 68
Tableau J.4 – Principaux résultats des essais en conditions de charge partielle 69

Tableau J.5 – Variation de la consommation spécifique de chaleur due aux paramètres limites (350 MW, essai après arrêt) 70
Tableau J.6 – Variation de la consommation spécifique de chaleur due aux performances des composants (350 MW, essai après arrêt) 70
Tableau J.7 – Résultats des performances des réchauffeurs 72
Tableau K.1 – Hypothèse d'incertitude variable totale mesurée 75
Tableau K.2 – Résultat de l'incertitude pour la différence de consommation spécifique de chaleur d'une installation à combustible fossile 77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

Règles pour les essais thermiques de réception des turbines à vapeur - Partie 4: Essais individuels de série

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC [avait/n'avait pas] reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60953-4 a été établie par le comité d'études 5 de l'IEC: Turbines à vapeur. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
5/298/FDIS	5/302/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

La présente partie de l'IEC 60953 doit être lue conjointement avec l'IEC 60953-0 et les termes "essai de réception" doivent être remplacés par "essai individuel de série", les termes "conditions de garantie" doivent être remplacés par "conditions de référence" et les termes "valeur garantie" doivent être remplacés par "valeur de référence". L'IEC 60953-0 est retenue comme norme de référence.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60953, publiées sous le titre général *Règles pour les essais thermiques de réception des turbines à vapeur*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

– reconduit,
– supprimé, ou
– révisé.

INTRODUCTION

Les essais individuels de série dans une centrale existante impliquent principalement une analyse, une surveillance et un contrôle des performances des turbines à vapeur. L'IEC 60953-0, qui définit les règles pour les essais thermiques de réception des turbines à vapeur de centrales thermiques, ne satisfait pas à l'ensemble des exigences spécifiques aux essais individuels de série. L'élaboration d'une norme supplémentaire (le présent document) a été jugée nécessaire afin de fournir des recommandations pour les essais individuels de série des turbines à vapeur existantes.

Néanmoins, plusieurs dispositions et recommandations de l'IEC 60953-0 continuent à s'appliquer aux essais individuels de série. Afin d'éviter un document redondant et volumineux, seuls les addenda spécifiques aux essais individuels de série sont donc indiqués dans le présent document.

Même s'il est prévu d'appliquer le présent document aux essais individuels de série des turbines à vapeur à condensation de puissance élevée, celui-ci peut néanmoins être utilisé pour d'autres types et puissances de turbines afin de définir les principes de base d'une procédure spécifique, avec l'accord des parties concernées.

Le présent document a pour objet de traiter les composants existants des turbines à vapeur qui ont une incidence sur le rendement de la centrale thermique. Il aide les parties à déterminer les paramètres les plus appropriés qui caractérisent la variation relative des performances et qui peuvent être utilisés pour la surveillance et l'analyse des performances à long terme.

Le présent document met l'accent sur les performances relatives plutôt que sur les valeurs absolues. Il met l'accent sur la répétabilité des résultats d'essais plutôt que sur l'incertitude absolue des essais. En outre, selon le type d'essai et les limites thermodynamiques choisies, l'état complet de chaque composant peut ne pas être connu. Dans certains cas, selon les résultats des essais individuels de série, un essai de diagnostic complet ou supplémentaire peut être nécessaire.

À titre de référence uniquement, un exemple numérique de calcul et d'analyse d'une unité de turbine à vapeur à combustible fossile est fourni à l'Annexe J.

La structure et la numérotation des articles du présent document suivent celles de l'IEC 60953-0. Chacun des paragraphes du présent document annule et remplace le paragraphe équivalent de l'IEC 60953-0. La numérotation des paragraphes a été étendue afin d'inclure les ajouts.

Les principales différences entre le présent document et l'IEC 60953-0 sont répertoriées ci-dessous.

– Article 1: Domaine d'application

  Le présent document contient des articles supplémentaires pour les essais individuels de série des turbines à vapeur, notamment l'analyse et le contrôle des performances relatives par des essais individuels de série.

  Il donne les principes généraux et détermine l'incertitude de mesure des essais individuels de série périodiques.

  Le présent document a pour objet de fournir un guide de procédures d'essai simples et économiques pour évaluer les performances relatives à long terme des turbines et des cycles de turbine.

  Une procédure d'essai simplifiée spécifique est admise, ce qui donne une exactitude moins bonne pour les valeurs absolues et une plage d'incertitude plus large. L'exactitude des résultats des variations de performance est suffisante pour les besoins des essais.

– Article 2: Références normatives

  L'IEC 60953-0:2022 a été ajoutée comme référence.

– Article 3: Unités, symboles, termes et définitions

  Les définitions données dans l'IEC 60953-0:2022 s'appliquent au présent document. Certaines nouvelles définitions impliquant les essais individuels de série ont été ajoutées.

– Article 4: Principes directeurs

  La plupart des principes directeurs contenus dans l'IEC 60953-0 s'appliquent également aux essais individuels de série. Le présent document fournit des lignes directrices supplémentaires sur la planification, l'organisation, le pilotage des essais, la mise en place des essais et l'isolement du cycle, ainsi que les conditions d'essai admissibles.

– Article 5: Techniques de mesure et instruments de mesure

  Conformément à l'objet et au domaine d'application des essais individuels de série, les exigences spécifiques à la cohérence des instruments d'essai, à l'étalonnage des instruments et à l'utilisation des instruments à poste fixe sont indiquées.

– Article 6: Évaluation des essais

  Le présent document donne des conseils supplémentaires pour les fuites admissibles du cycle.

– Article 7: Correction des résultats d'essais et comparaison

  D'autres considérations sont prises en compte pour la comparaison des résultats des essais individuels de série, notamment les tendances des paramètres de performance et le diagnostic de la consommation spécifique de chaleur.

– Article 8: Incertitude de mesure

  L'article de l'IEC 60953-0:2022 est complété par des dispositions relatives aux cas particuliers rencontrés dans le cadre des essais individuels de série de l'Annexe K. Les exemples peuvent être utilisés comme base de référence.

– Annexes:

  Les Annexes A à E de l'IEC 60953-0:2022 s'appliquent.

  Six nouvelles annexes ont été ajoutées aux annexes existantes.

  - Annexe F: Incertitude de mesure des résultats – Application aux essais individuels de série.
  - Annexe G: Recommandations relatives au choix du type d'essai individuel de série à effectuer.
  - Annexe H: Facteurs de sensibilité des performances de certains composants sur le rendement global du cycle.
  - Annexe I: Limites thermodynamiques types et disposition des instruments pour les essais individuels de série.
  - Annexe J: Calcul et analyse des résultats d'essais – exemple numérique.
  - Annexe K: Exemples numériques de calcul de l'incertitude des essais individuels de série (installation à combustible fossile).

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

La présente partie de l'IEC 60953 établit une norme supplémentaire pour les essais individuels de série des turbines à vapeur.

Les règles établies dans le présent document suivent les recommandations de l'IEC 60953-0, mais contiennent des amendements et des ajouts qui concernent l'analyse et le contrôle des performances relatives par des essais individuels de série réalisés sur les turbines à vapeur.

Le présent document établit les principes généraux pour la préparation, l'évaluation des performances, les tendances des paramètres de performance et la détermination de l'incertitude de mesure lors des essais individuels de série.

Le présent document s'applique aux essais individuels de série qui couvrent une large plage d'exactitude sur les turbines à vapeur de chaque type, débit et application, fonctionnant avec de la vapeur surchauffée ou saturée.

Le présent document n'est pas destiné à être appliqué dans le cadre des essais de réception des nouvelles unités ou des rénovations, et l'application du présent document dans un tel cadre est fortement déconseillée.

1.2 Objet

Le présent document a pour objet de fournir des procédures d'essai simples et économiques pour réaliser, analyser et contrôler les performances relatives tout au long de la durée de vie des turbines et des cycles de turbine.

Les principaux objectifs des essais individuels de série sont les suivants:

a) fournir des recommandations pour la planification des arrêts de maintenance en fonction des performances;
b) détecter ou diagnostiquer les variations de performances dans des zones spécifiques de la turbine ou du cycle de turbine;
c) fournir des résultats pour les courbes de répartition économique des unités;
d) fournir les amplitudes relatives des pertes dans le cycle de la turbine à vapeur avant de pouvoir prioriser les actions à prendre pour corriger les anomalies;

Des procédures d'essai simplifiées spécifiques visent à réduire le plus possible les besoins en instrumentation et en personnel d'essai. Une exactitude relative et une plage d'incertitude étendue ont été adoptées en lieu et place des résultats d'essais de réception.

Le présent document met l'accent sur la répétabilité des résultats d'essais plutôt que sur l'exactitude des essais.

Les résultats des essais individuels de série peuvent inclure les éléments suivants:

e) performances de la turbine et du cycle de turbine;
    1) rendement thermique ou consommation spécifique de chaleur;
    2) puissance électrique fournie;
    3) consommation spécifique de vapeur;
    4) débit de vapeur principal;
    5) nucléaire: capacité de charge thermique de la turbine à vapeur dans des conditions définies;

f) performances du composant et paramètres de tendance;
   1) facteurs de débit d'un étage de turbine;
   2) pression corrigée d'un étage de turbine;
   3) isolement du cycle;
   4) rendement des turbines HP et MP – détente en zones surchauffées;
   5) réchauffeur, bâche dégazante, condenseur, pompe d'alimentation de la chaudière (BFP) et turbine BFP;
   6) débit de fuite au niveau des garnitures d'étanchéité entre les corps HP et MP (pour les turbines combinées HP/MP).

1.3 Point à examiner dans le contrat

Le 1.3 de l'IEC 60953-0:2022 s'applique.

2 Références normatives

L'Article 2 de l'IEC 60953-0:2022 s'applique, avec l'ajout suivant:

IEC 60953-0:2022, *Règles pour les essais thermiques de réception des turbines à vapeur – Partie 0: Plage de précision étendue pour différents types et dimensions de turbines*

3 Unités, symboles, termes et définitions

L'Article 3 de l'IEC 60953-0:2022 s'applique, avec les ajouts suivants:

3.1 Généralités

Le 3.1 de l'IEC 60953-0:2022 s'applique.

3.2 Symboles et unités

Le 3.2 de l'IEC 60953-0:2022 s'applique, en plus de ce qui suit:

Grandeur	Symbole	Unité	Exemples de multiples et sous-multiples	Autres unités ISO
Rendement (total)		1		
Facteur de correction de l'humidité	WCF	1		
Capacité d'absorption de débit	FPC	m^2		
Vannes complètement ouvertes	VWO			
Différences de température finale	TTD	°C		
Approche du refroidisseur de purge	DCA	°C		