

NORME INTERNATIONALE

CEI 60041

Troisième édition
1991-11

Essais de réception sur place des turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines, en vue de la détermination de leurs performances hydrauliques

© IEC 1991 Droits de reproduction réservés

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'éditeur.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия


Publication 41 de la CEI
(Troisième édition – 1991)

**Essais de réception sur place des turbines
hydrauliques, pompes d'accumulation et
pompes-turbines,
en vue de la détermination
de leurs performances hydrauliques**

CORRIGENDUM 1

Page 16

*Dans le tableau, au paragraphe 2.3.1.7 (Limites),
remplacer les signes représentatifs existants par
les nouveaux signes suivants:*

... à ne pas dépasser 

... à atteindre ○ ou 

Page 30

Dans le tableau, au paragraphe 2.3.6.5, sous «Terme» (deuxième colonne), au lieu de

. . . . pompe à débit

lire

. . . . pompe à débit nul

Page 34, figure 5b

Dans la partie supérieure du schéma, déplacer les deux équations existantes afin de les situer ensemble à droite, au-dessus du schéma décrivant un «Groupe à axe horizontal», comme suit:

$$\begin{aligned}Z_1 &= z_{1'} - z_1 \\Z_2 &= z_{2'} - z_2\end{aligned}$$

Page 36, figure 5c

Dans la bordure de droite du schéma, à la hauteur de la pointe de flèche, ajouter l'équation suivante:

$$z_1 = z_2$$

Page 84, figure 14

Dans le schéma, au lieu de «constant», lire partout «constante».

Page 86

6.2.3.2 Erreurs aléatoires

Dans l'avant-dernière ligne de la page, au lieu de

. . . dépend de la combinaison des lectures et de la combinaison de l'erreur aléatoire . . .

lire

. . . dépend de la combinaison de l'erreur aléatoire . . .

Page 128

10.2.3.2 Prescriptions complémentaires

Au cinquième alinéa, au lieu de

Annexes F et G de l'ISO 3354:

lire

Annexes H et J de l'ISO 3354:

Page 204, figure 37

Même correction qu'en page 34 (voir ci-dessus)

Page 206, figure 38

Même correction qu'en page 36 (voir ci-dessus)

Page 212

Dans l'équation encadrée au haut de la page, après le H, ajouter un signe égal (=); au lieu de

$$E = \bar{g} \cdot H \frac{(p_{\text{abs}_1} - p_{\text{abs}_2})}{\rho} + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2} + \bar{g} \cdot (z_1 - z_2)$$

lire

$$E = \bar{g} \cdot H = \frac{(p_{\text{abs}_1} - p_{\text{abs}_2})}{\rho} + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2} + \bar{g} \cdot (z_1 - z_2)$$

Page 214

Dans l'équation située juste au-dessous de la figure 41 au lieu de

$$NPSE = g_2 \cdot NPSH = \frac{(p_{\text{abs}_2} - p_{\text{va}})}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} + g_2 \cdot (z_r - z_2)$$

lire

$$NPSE = g_2 \cdot NPSH = \frac{(p_{\text{abs}_2} - p_{\text{va}})}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} - g_2 \cdot (z_r - z_2)$$

Page 228, figure 45a

Sous le schéma, dans la formule pour p_M enlever un Δ afin de lire:

$$p_M = p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p + \rho_{\text{oil}} \cdot g \cdot (h_2 - h_1) + \rho \cdot g \cdot h_1 + \Delta p$$

Page 256

Sous l'équation (4), dans la dernière formule de la page, aligner les indices; au lieu de

$$\cos \varphi_s = \frac{P_{\text{as}}(2w)}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_s}$$

lire

$$\cos \varphi_s = \frac{P_{\text{as}(2w)}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_s}$$

Page 280

Dans la légende de la figure 58, au lieu de

- Dimension du bâti . . .

lire

- Dimensions du bâti . . .

Page 308

14.4.2 Mesures auxiliaires

Dans la première ligne, au lieu de

. . . à ± 5 % près, . . .

lire

. . . à ± 5 % près environ, . . .

Page 322

Paragraphe 15.2.1.1, deuxième alinéa, dernière ligne, au lieu de

. . . n , théoriquement égale à . . .

lire

. . . n est théoriquement égal à . . .

Page 356

Dans les première et troisième lignes du texte juste au-dessous du tableau C1, au lieu de « \bar{Y} » et « \bar{Y}_r » lire Y_r

Page 398

Annexe H

Dans le titre, à la deuxième ligne, au lieu de

. . . DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

lire

**. . . DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE
MASSIQUE**

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	8
PRÉFACE	8

SECTION UN – RÈGLES GÉNÉRALES

Articles

1. Domaine d'application et objet	12
1.1 Domaine d'application	12
1.2 Objet	12
1.3 Types de machines	12
1.4 Référence à des normes CEI et ISO	14
1.5 Sujets exclus	14
2. Terminologie, définitions, symboles et unités	14
2.1 Généralités	14
2.2 Unités	14
2.3 Liste des termes, définitions, symboles et unités	14
3. Nature et étendue des garanties de performances hydrauliques	50
3.1 Généralités	50
3.2 Garanties principales	50
3.3 Autres garanties	54
4. Organisation de l'essai	58
4.1 Dispositions à prévoir pour l'essai	58
4.2 Autorité pour l'essai	58
4.3 Personnel	58
4.4 Préparation de l'essai	58
4.5 Accord sur le programme d'essai	60
4.6 Appareils de mesure	62
4.7 Relevés	62
4.8 Inspection après l'essai	64
4.9 Rapport final	66

SECTION DEUX – EXÉCUTION DE L'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DES PERFORMANCES
DE LA MACHINE EN RÉGIME PERMANENT

5. Modalités d'exécution de l'essai et conditions à remplir	70
5.1 Modalités générales d'exécution de l'essai	70
5.2 Conditions à remplir pour l'essai	76
6. Calcul et analyse des résultats	80
6.1 Calcul des résultats d'essai	80
6.2 Incertitudes de mesure et présentation des résultats	86
6.3 Comparaison avec les garanties	92

SECTION TROIS – EXÉCUTION DE L'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES
DE LA MACHINE EN RÉGIME TRANSITOIRE

7. Modalités d'exécution de l'essai et conditions à remplir	108
7.1 Conditions d'essai	108
7.2 Modalités d'exécution de l'essai et instrumentation	110

Articles	Pages
8. Calcul et analyse des résultats	110
8.1 Transposition des résultats	110
8.2 Comparaison avec les garanties	112

SECTION QUATRE – MÉTHODES DE MESURAGE

9. Introduction	114
9.1 Rendement	114
9.2 Puissance hydraulique	114
9.3 Puissance mécanique	118
10. Débit	118
10.1 Généralités	118
10.2 Jaugeage aux moulinets	122
10.3 Tubes de Pitot	144
10.4 Méthode pression-temps	146
10.5 Méthodes par traceur	162
10.6 Déversoirs	166
10.7 Appareils déprimogènes normalisés	178
10.8 Méthode volumétrique	180
11. Energie hydraulique massique de la machine	186
11.1 Généralités	186
11.2 Détermination de l'énergie hydraulique massique	188
11.3 Détermination de l'énergie massique nette d'aspiration	212
11.4 Mesurage de la pression	216
11.5 Mesurage du niveau libre	240
11.6 Incertitude de mesure	250
12. Puissance	252
12.1 Méthode indirecte de mesurage de la puissance	252
12.2 Méthode directe de mesurage de la puissance	282
12.3 Pertes dans les paliers	284
13. Vitesse de rotation	290
13.1 Généralités	290
13.2 Mesurage de la vitesse dans la détermination directe de la puissance	290
13.3 Mesurage de la vitesse dans la détermination indirecte de la puissance	290
13.4 Incertitude de mesure	290
14. Méthode thermodynamique de mesurage du rendement	292
14.1 Généralités	292
14.2 Rendement et énergie mécanique massique	292
14.3 Méthodes de mesurage de l'énergie mécanique massique	294
14.4 Appareillage	304
14.5 Conditions à remplir pour les essais	308
14.6 Corrections	312
14.7 Incertitude de mesure	318

Articles	Pages
15. Essais indiciels	320
15.1 Généralités	320
15.2 Mesurage relatif du débit	322
15.3 Mesurage des autres grandeurs	330
15.4 Calcul des résultats	330
15.5 Incertitude de mesure	332
ANNEXE A – Incertitudes systématiques sur les mesures de performances en régime permanent . .	336
ANNEXE B – Elimination des résultats aberrants	352
ANNEXE C – Analyse des incertitudes aléatoires lors d'un essai dans des conditions de fonctionnement constantes	354
ANNEXE D – Analyse des incertitudes aléatoires lors d'un essai couvrant une gamme de conditions de fonctionnement	362
ANNEXE E – Données physiques	368
ANNEXE F – Établissement de l'équation définissant l'énergie hydraulique massique de la machine	390
ANNEXE G – Mesurage de la puissance électrique – Détermination de la correction pour un système de mesure monophasé	394
ANNEXE H – Méthode thermodynamique – Exemples de bilan des puissances et de calcul de l'énergie mécanique massique	398
ANNEXE J – Méthode acoustique de mesurage du débit	404



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DE RÉCEPTION SUR PLACE DES TURBINES HYDRAULIQUES,
POMPES D'ACCUMULATION ET POMPES-TURBINES, EN VUE DE LA
DÉTERMINATION DE LEURS PERFORMANCES HYDRAULIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente Norme internationale a été établie par le Comité d'Etudes n° 4 de la CEI : Turbines hydrauliques. Elle remplace la deuxième édition de la CEI 41, la première édition de la CEI 198 et la première édition de la CEI 607.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
4 (BC) 48	4 (BC) 52

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n°s	34-2	(1972):	Machines électriques tournantes, Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction).
	34-2A	(1974):	Premier complément: Mesure des pertes par la méthode calorimétrique.
	185	(1987):	Transformateurs de courant.
	186	(1987):	Transformateurs de tension. Modification n°1 (1988).
	193	(1965):	Code international concernant les essais de réception sur modèle des turbines hydrauliques. Modification n°1 (1977).
	193A	(1972):	Premier complément.
	308	(1970):	Code international d'essai des régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques.
	497	(1976):	Code international concernant les essais de réception sur modèle réduit des pompes d'accumulation.
	545	(1976):	Guide pour la réception, l'exploitation et l'entretien des turbines hydrauliques.
	609	(1978):	Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques.
	805	(1985):	Guide pour la réception, l'exploitation et l'entretien des pompes d'accumulation et des pompes-turbines fonctionnant en pompe.

Normes ISO citées:

Publications n ^{os}	31-3	(1978):	Grandeurs et unités de mécanique. Amendement 01-1985.
	748	(1979):	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts-Méthodes d'exploration du champ des vitesses.
	1438-1	(1980):	Mesure de débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux Venturi - Partie 1: Déversoirs en mince paroi.
	2186	(1973):	Débit des fluides dans les conduites fermées. Liaisons pour la transmission du signal de pression entre les éléments primaires et secondaires.
	2533	(1975):	Atmosphère type. Additif 01-1985.
	2537	(1988):	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Moulinets à élément rotatif.
	2975:		Mesure de débit de l'eau dans les conduites fermées - Méthodes par traceurs.
	2975-1	(1974):	Partie I: Généralités.
	2975-2	(1975):	Partie II: Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs non radioactifs.
	2975-3	(1976):	Partie III: Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs radioactifs.
	2975-6	(1977):	Partie VI: Méthode du temps de transit, utilisant des traceurs non radioactifs
	2975-7	(1977):	Partie VII: Méthode du temps de transit, utilisant des traceurs radioactifs.
	3354	(1988):	Mesure de débit d'eau propre dans les conduites fermées - Méthode d'exploration du champ des vitesses dans les conduites en charge et dans le cas d'un écoulement régulier, au moyen de moulinets.
	3455	(1976):	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Etalonnage des moulinets à élément rotatif en bassins découverts rectilignes.
	3966	(1977):	Mesure du débit des fluides dans les conduites fermées - Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles.
	4373	(1979):	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Appareils de mesure du niveau de l'eau.
	5167	(1980):	Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire.
	5168	(1978):	Mesure de débit des fluides - Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.
	7066:		Evaluation de l'incertitude dans l'étalonnage et l'utilisation des appareils de mesure du débit.
	7066-1	(1989):	Partie 1: Relations d'étalonnage linéaires.
	7066-2	(1988):	Partie 2: Relations d'étalonnage non linéaires.

ESSAIS DE RÉCEPTION SUR PLACE DES TURBINES HYDRAULIQUES, POMPES D'ACCUMULATION ET POMPES-TURBINES, EN VUE DE LA DÉTERMINATION DE LEURS PERFORMANCES HYDRAULIQUES

SECTION UN – RÈGLES GÉNÉRALES

1. Domaine d'application et objet

1.1 *Domaine d'application*

- 1.1.1 La présente Norme internationale régit les modalités des essais sur place destinés à déterminer dans quelle mesure les garanties contractuelles principales (voir 3.2) sont respectées. Elle fixe les règles qui gouvernent la conduite de ces essais et prescrit les mesures à prendre en cas de contestation d'une phase quelconque des essais. Elle fixe également les méthodes de calcul des résultats ainsi que l'étendue, le contenu et le mode de présentation du rapport final.
- 1.1.2 Les essais sur modèle, lorsqu'ils sont effectués à titre d'essais de réception, font l'objet de la CEI 193, de sa Modification n° 1 et du premier complément 193 A ainsi que de la CEI 497.
- 1.1.3 Les essais des systèmes de régulation de vitesse font l'objet de la CEI 308.