
**Fours industriels et équipements
associés — Méthode de mesure du bilan
énergétique et de calcul de l'efficacité —**

**Partie 2:
Fours de réchauffage pour acier**

*Industrial furnaces and associated processing equipment — Method of
measuring energy balance and calculating efficiency —
Part 2: Reheating furnaces for steel*

ISO 13579-2:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 13579-2:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles.....	5
5 Principes fondamentaux.....	7
5.1 Généralités	7
5.2 Diagramme de flux d'énergie	10
5.3 Outil de surveillance et d'évaluation de la production de chaleur industrielle	10
6 Conditions fondamentales de mesure et de calcul	10
6.1 État du four	10
6.2 Durée de la mesure	10
6.3 Unité de consommation spécifique d'énergie.....	10
6.4 Conditions de référence	10
6.5 Unité de quantité de gaz	10
6.6 Combustible.....	10
7 Type d'énergie évalué dans la présente partie de l'ISO 13579 et sa systématisation	10
7.1 Généralités	10
7.2 Bilan énergétique.....	10
7.3 Bilan énergétique thermique.....	12
7.4 Bilan énergétique de la production d'énergie électrique	13
7.5 Énergie recyclée	14
8 Méthode de mesure.....	14
8.1 Généralités	14
8.2 Combustible	14
8.3 Fluide d'atomisation.....	15
8.4 Air de combustion et gaz d'échappement	15
8.5 Gaz d'atmosphère contrôlée	15
8.6 Produits et dispositifs/appareils pour la manutention des produits	16
8.7 Température de surface du four	16
8.8 Température de la paroi intérieure du four.....	16
8.9 Pression intérieure du four	16
8.10 Eau de refroidissement.....	16
8.11 Équipements auxiliaires électriques	17
8.12 Production d'utilités	17
8.13 Énergie recyclée	17
9 Calcul.....	17
9.1 Dispositions générales	17
9.2 Intrant énergétique total	17
9.3 Extrant énergétique total	18
9.4 Efficacité énergétique totale	21
10 Rapport d'évaluation de bilan énergétique.....	21
Annexe A (informative) Données de référence	22
Annexe B (informative) Rapport de bilan énergétique et d'efficacité d'un four de réchauffage pour acier — Exemple.....	24

Annexe C (informative) Estimation de l'incertitude de l'efficacité énergétique totale32
Bibliographie35

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13579-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013>

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 en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 13579-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 244, *Fours industriels et équipements associés*.

L'ISO 13579 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Fours industriels et équipements associés — Méthode de mesure du bilan énergétique et de calcul de l'efficacité*:

- *Partie 1: Méthode générale*
- *Partie 2: Fours de réchauffage pour acier*
- *Partie 3: Fours dormants de fusion pour l'aluminium*
- *Partie 4: Fours à atmosphère contrôlée ou active*

Introduction

Tous les calculs dans la présente partie de l'ISO 13579 sont fondés sur l'emplacement de l'équipement dans les conditions de référence.

NOTE Pour les équipements destinés à être installés au-dessus ou au-dessous du niveau de la mer, il est prévu que l'impact de l'altitude pour l'emplacement concerné soit calculé.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13579-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013>

Fours industriels et équipements associés — Méthode de mesure du bilan énergétique et de calcul de l'efficacité —

Partie 2: Fours de réchauffage pour acier

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13579 spécifie une méthode générale pour mesurer le bilan énergétique et calculer l'efficacité du processus impliquant les fours de réchauffage pour acier conçus par les fabricants de fours. La présente méthode générale comprend:

- les méthodes de mesure;
- les calculs (calcul général);
- le rapport d'évaluation du bilan énergétique et du calcul de l'efficacité.

La présente partie de l'ISO 13579 n'est pas applicable à toutes les efficacités liées au processus proprement dit en dehors des fours de réchauffage pour acier (par exemple dans un processus de laminage, le four de réchauffage est la seule partie couverte par la présente partie de l'ISO 13579).

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13574, *Fours industriels et équipements associés — Vocabulaire*

ISO 13579-1:2013, *Fours industriels et équipements associés — Méthode de mesure du bilan énergétique et de calcul de l'efficacité — Partie 1: Méthode générale*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13574 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 Termes relatifs au type d'énergie utilisée dans la présente partie de l'ISO 13579

3.1.1 Intrant énergétique total

**3.1.1.1
inquant énergétique total**

E_{inquant}

inquant énergétique total mesuré introduit dans la zone concernée par la mesure du bilan énergétique et qui est composé de l'énergie thermique équivalente et d'un autre inquant énergétique

3.1.2 Énergie combustible équivalente

**3.1.2.1
énergie combustible équivalente**

E_{fe}

cumul de l'énergie d'entrée composé du pouvoir calorifique du combustible, du pouvoir calorifique des déchets, du pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère et de l'énergie combustible équivalente de l'électricité

**3.1.2.2
pouvoir calorifique du combustible**

$E_{\text{h,combustible}}$

chaleur de combustion du combustible qui est consommé et utilisé pour chauffer des produits dans la zone de bilan énergétique

**3.1.2.3
pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère**

$E_{\text{fe,atm,cal}}$

pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère utilisé comme atmosphère contrôlée ou active

**3.1.2.4
énergie combustible équivalente de l'électricité**

$E_{\text{fe,él}}$

cumul de l'énergie combustible équivalente de l'électricité convertie à partir de chaque consommation d'énergie électrique dans la zone de bilan énergétique

3.1.3 Autre inquant énergétique

**3.1.3.1
autre inquant énergétique**

E_{autres}

énergie comprenant la chaleur sensible du combustible, la chaleur sensible de l'air de combustion ou d'un autre oxydant, la chaleur sensible du fluide d'atomisation pour le combustible liquide, la chaleur de réaction et la chaleur sensible de l'air d'infiltration

**3.1.3.2
chaleur de réaction**

$E_{\text{réact}}$

chaleur produite par la réaction d'oxydation de produits dans la zone de mesure du bilan énergétique

EXEMPLE Formation de calamine de produits en acier pendant la réaction d'oxydation.

**3.1.3.3
chaleur sensible de l'air d'infiltration**

$E_{\text{s,infiltr}}$

chaleur sensible de l'air qui s'infiltré dans le four par l'intermédiaire de l'orifice d'entrée/de sortie ou des interstices dans les systèmes de fonctionnement du four

NOTE 1 à l'article Ce terme peut être remplacé par «chaleur sensible de l'air faux».

3.1.4 Extrant énergétique total

3.1.4.1

extrant énergétique total

E_{extrant}

extrant énergétique mesuré total émis par ou consommé dans la zone de bilan énergétique, qui est composé de l'extrant énergétique thermique, de l'énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques, de l'énergie utilisée pour la production d'utilité et de la perte due à la production d'énergie électrique

3.1.5 Extrant énergétique thermique

3.1.5.1

extrant énergétique thermique

$E_{\text{extrant,therm}}$

cumul de l'énergie thermique émise à partir de la zone de bilan énergétique

NOTE 1 à l'article L'extrant énergétique thermique est composé de l'énergie définie en 3.1.5.2 à 3.1.5.12.

3.1.5.2

énergie efficace

E_{efficace}

enthalpie emmagasinée dans les produits dans la zone de mesure du bilan énergétique

3.1.5.3

perte due aux dispositifs

$E_{\text{l,dispositif}}$

enthalpie emmagasinée par les dispositifs de manutention des produits dans la zone de mesure du bilan énergétique

3.1.5.4

chaleur sensible de la substance oxydée

$E_{\text{l,oxyd}}$

chaleur sensible des substances ayant réagi avec l'oxygène, formées lors du processus thermique issu de la zone de mesure du bilan énergétique

3.1.5.5

chaleur sensible du gaz d'échappement

$E_{\text{échappement}}$

chaleur sensible du gaz d'échappement émis à partir de la zone de mesure du bilan énergétique

3.1.5.6

perte de chaleur accumulée par un four intermittent

$E_{\text{l,accumulée}}$

chaleur sensible emmagasinée par les réfractaires du four au cours d'un cycle de fonctionnement du four intermittent

3.1.5.7

perte due aux parois

$E_{\text{l,paroi}}$

énergie thermique émise par la surface des fours industriels par rayonnement et convection

3.1.5.8

perte de chaleur due au gaz dégagé par l'ouverture du four

$E_{\text{l,dégagé}}$

chaleur sensible du dégagement de gaz émis par l'ouverture du four

3.1.5.9

perte de chaleur par rayonnement par l'ouverture du four

$E_{l,ouverture}$

énergie thermique par rayonnement émise par l'ouverture du four

3.1.5.10

perte de chaleur émise par des parties installées à travers la paroi du four

$E_{l,parties}$

énergie thermique émise par des parties installées à travers la paroi du four

EXEMPLE Comme dans le cas d'une sole à rouleaux.

3.1.5.11

perte due à l'eau de refroidissement

$E_{l,cw}$

énergie thermique transférée par l'eau de refroidissement hors de la zone de mesure du bilan énergétique

3.1.5.12

autres pertes

$E_{l,autres}$

pertes d'énergie thermique non mesurées de la zone de bilan thermique

3.1.6 Énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques

3.1.6.1

énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques

E_{aux}

énergie utilisée dans les équipements auxiliaires électriques, qui est composée de l'énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques installés et de l'énergie utilisée pour le transfert de fluide

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013>

3.1.6.2

énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques installés

$E_{aux,installés}$

énergie totale cumulée utilisée dans les équipements auxiliaires électriques installés (par exemple ventilateurs, pompes) implantés dans la zone de bilan énergétique

3.1.6.3

énergie utilisée pour le transfert de fluide

$E_{aux,fluide}$

énergie cumulée pour le transfert de fluide, calculée à partir de la propriété du fluide

EXEMPLE Pour l'eau de refroidissement, le combustible, etc.

3.1.7 Énergie utilisée pour la production d'utilités

3.1.7.1

utilité

service autre que la fourniture de combustible et d'électricité dans la zone de bilan énergétique

EXEMPLE Oxygène, vapeur et gaz d'atmosphère.

3.1.7.2

énergie utilisée pour la production d'utilités

$E_{utilité}$

énergie cumulée pour la production des utilités utilisées dans la zone du bilan énergétique

3.1.8 Perte due à la production d'énergie électrique

3.1.8.1

perte due à la production d'énergie électrique

$E_{l,eg}$

perte d'énergie inhérente à la production d'énergie électrique qui est calculée à partir de l'énergie combustible équivalente et de l'énergie électrique consommée totale

3.1.9 Bilan énergétique thermique

3.1.9.1

apport d'énergie thermique à partir d'une source de chauffage électrique

énergie thermique entrant dans le processus à partir d'une source de chauffage électrique, telle qu'un équipement de chauffage électrique, émise dans la zone de bilan énergétique

3.1.9.2

chaleur de circulation

chaleur circulant dans un équipement ou un système installé dans la zone de bilan énergétique

3.1.10 Bilan énergétique de la production d'énergie électrique

3.1.10.1

énergie électrique consommée totale

$E_{e,totale}$

cumul de l'énergie électrique consommée dans la zone de bilan énergétique, égale à la somme de l'apport d'énergie thermique à partir d'une source de chauffage électrique, de l'énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques et de l'énergie électrique utilisée pour la production d'utilités

3.1.10.2

énergie utilisée pour la production d'utilités

$E_{e,utilités}$

cumul de l'énergie électrique consommée pour la production d'utilités (par exemple production d'oxygène) utilisée dans la zone de bilan énergétique

3.1.11 Énergie recyclée

3.1.11.1

énergie recyclée

$E_{ré}$

énergie récupérée à partir de l'énergie thermique perdue par la zone de bilan énergétique

EXEMPLE Énergie réutilisée dans une chaudière de récupération.

4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants s'appliquent.

NOTE Les tonnes utilisées sont des tonnes métriques.

Symbole	Signification	Unité
$c_{pm,p1}$	chaleur massique moyenne des produits entre T_{p1} et 273,15 K	kJ/(kg·K)
$c_{pm,p2}$	chaleur massique moyenne des produits entre T_{p2} et 273,15 K	kJ/(kg·K)
$c_{pm,oxyd}$	chaleur massique moyenne de la calamine entre T_{p2} et 273,15 K	kJ/(kg·K)
E_{aux}	énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques par tonne de produits	kJ/t

Symbole	Signification	Unité
$E_{aux,fluide}$	cumul de l'énergie utilisée pour le transfert de fluide par tonne de produits	kJ/t
$E_{aux,installés}$	cumul de l'énergie utilisée dans les équipements auxiliaires électriques installés par tonne de produits	kJ/t
$E_{efficace}$	énergie efficace par tonne de produits	kJ/t
$E_{échappement}$	chaleur sensible du gaz d'échappement par tonne de produits	kJ/t
e_{f0}	chaleur par formation de calamine par kilogramme de fer	kJ/kg
e_{FeO}	chaleur par formation de FeO par kilogramme de Fe	kJ/kg
$e_{Fe_2O_3}$	chaleur de formation de Fe_2O_3 par kilogramme de Fe	kJ/kg
$e_{Fe_3O_4}$	chaleur de formation de Fe_3O_4 par kilogramme de Fe	kJ/kg
E_{fe}	énergie combustible équivalente par tonne de produits	kJ/t
$E_{fe,él}$	énergie combustible équivalente de l'électricité par tonne de produits	kJ/t
$E_{h,combustible}$	pouvoir calorifique du combustible par tonne de produits	kJ/t
$E_{intranant}$	intranant énergétique total par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,dégagé}$	perte de chaleur due au gaz dégagé par l'ouverture du four par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,cw}$	perte due à l'eau de refroidissement par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,ég}$	perte d'énergie lors de la production d'énergie électrique	kJ/t
$E_{l,dispositif}$	perte due aux dispositifs par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,ouverture}$	perte de chaleur par rayonnement par l'ouverture du four par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,autres}$	autres pertes par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,parties}$	perte de chaleur émise par les parties du four installées à travers la paroi du four	kJ/t
$E_{l,accumulée}$	perte de chaleur accumulée par un four intermittent par tonne de produits	kJ/t
$e_{l,accumulée}$	perte de chaleur accumulée par un four intermittent par mètre carré de paroi du four	kJ/m ²
$E_{l,paroi}$	perte due aux parois par tonne de produits	kJ/t
E_{autres}	autre intrant énergétique par tonne de produits	kJ/t
E_{p1}	chaleur sensible (ou enthalpie) des produits au moment où les produits sont chargés dans la zone de bilan énergétique par tonne de produits	kJ/t
E_{p2}	chaleur sensible (ou enthalpie) des produits au moment où les produits sont extraits dans la zone de bilan énergétique par tonne de produits	kJ/t
$E_{réact}$	chaleur de réaction par tonne de produits	kJ/t
$E_{ré}$	énergie récupérée à partir de l'énergie thermique perdue par tonne de produits	kJ/t
$E_{s,air}$	chaleur sensible de l'air de combustion ou autre oxydant par tonne de produits	kJ/t
$E_{s,atomis}$	chaleur sensible du fluide d'atomisation par tonne de produits	kJ/t
$E_{s,combustible}$	chaleur sensible du combustible par tonne de produits	kJ/t
$E_{s,infiltr}$	chaleur sensible de l'air d'infiltration par tonne de produits	kJ/t
$E_{s,oxyd}$	chaleur sensible de la substance oxydée par tonne de produits	kJ/t
$E_{extrant,therm}$	énergie thermique (produite) par tonne de produits	kJ/t
$E_{utilité}$	énergie utilisée pour la production d'utilités par tonne de produits	kJ/t
$E_{u,oxy}$	énergie consommée pour la production d'oxygène par tonne de produits	kJ/t
$E_{u,vapeur}$	énergie consommée pour la production de vapeur par tonne de produits	kJ/t
M_{perte}	perte de masse par tonne de produits	kg/t
M_p	masse des produits	kg ou t
T_{p1}	température moyenne des produits au moment du chargement dans la zone de bilan énergétique	K
T_{p2}	température moyenne des produits au moment de l'extraction de la zone de bilan énergétique	K
η_1	efficacité énergétique totale	—
η_e	efficacité de la production électrique régionale	—

Symbole	Signification	Unité
σ_1	erreur absolue liée au thermocouple	°C
σ_2	erreur absolue liée au fil conducteur compensateur	°C
σ_3	erreur absolue liée au dispositif de sortie du thermocouple	°C
$w_{(\text{FeO})}$	fraction massique de l'oxyde de fer	—
$w_{(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$	fraction massique de Fe_2O_3	—
$w_{(\text{Fe}_3\text{O}_4)}$	fraction massique de Fe_3O_4	—
$w_{(\text{T.Fe})}$	fraction massique du fer contenu dans la calamine	—

5 Principes fondamentaux

5.1 Généralités

La zone de mesure du bilan énergétique doit être déterminée.

En principe, exclure les cylindres de tables de la zone du bilan énergétique.

NOTE Les Figures 1 et 2 illustrent des exemples de détermination de la zone de mesure du bilan énergétique pour un four de réchauffage pour acier.

Les aspects suivants doivent être inclus dans la mesure du bilan énergétique:

- a) intrant énergétique:
- énergie combustible équivalente, E_{fe} ;
 - autre intrant énergétique, E_{autres} : [ISO 13579-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbe24fbd-1b8e-47f4-91ec-98d2109c12c0/iso-13579-2-2013)
- b) extrant énergétique:
- extrant énergétique thermique, $E_{\text{extrant,therm}}$;
 - énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques, E_{aux} ;
 - énergie utilisée pour la production d'utilités, $E_{\text{utilités}}$;
 - perte due à la production d'énergie électrique, $E_{\text{I,eg}}$.

Déterminer l'intrant énergétique et l'extrant énergétique entrant et sortant de la zone de bilan énergétique, sur la base des données de mesure.

L'intrant énergétique total entrant dans la zone doit compenser l'extrant énergétique total sortant de la zone.

Le résultat de la mesure du bilan énergétique doit être exprimé de manière succincte en termes d'intrant énergétique et d'extrant énergétique dans une fiche de bilan énergétique contenant les informations nécessaires, telles que le récapitulatif des équipements, les conditions de mesure et les données de mesure.

Il est possible de créer des sous-catégories pour exprimer le bilan énergétique thermique et la production d'énergie électrique (voir 7.3 et 7.4).