

---

---

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

Partie 4:  
**Fours à atmosphère contrôlée ou active**

*Industrial furnaces and associated processing equipment — Method of  
measuring energy balance and calculating efficiency —  
Part 4. Furnaces with protective or reactive atmosphere*

[ISO 13579-4:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013>



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

[ISO 13579-4:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013>



**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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	v
Introduction.....	vi
<b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions .....</b>	<b>1</b>
<b>3.1</b> <b>Termes relatifs au type d'énergie utilisé dans la présente partie de l'ISO 13579.....</b>	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Symboles.....</b>	<b>5</b>
<b>5</b> <b>Principes fondamentaux.....</b>	<b>7</b>
<b>5.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>7</b>
<b>5.2</b> <b>Diagramme de flux d'énergie .....</b>	<b>10</b>
<b>5.3</b> <b>Outil de surveillance et d'évaluation de la production de chaleur industrielle .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b> <b>Conditions fondamentales de mesure et de calcul .....</b>	<b>10</b>
<b>6.1</b> <b>État du four .....</b>	<b>10</b>
<b>6.2</b> <b>Durée de la mesure .....</b>	<b>10</b>
<b>6.3</b> <b>Unité de consommation spécifique d'énergie.....</b>	<b>10</b>
<b>6.4</b> <b>Conditions de référence .....</b>	<b>10</b>
<b>6.5</b> <b>Unité de volume de gaz.....</b>	<b>10</b>
<b>6.6</b> <b>Combustible.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b> <b>Type d'énergie utilisé dans la présente partie de l'ISO 13579.....</b>	<b>10</b>
<b>7.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>10</b>
<b>7.2</b> <b>Bilan énergétique .....</b>	<b>10</b>
<b>7.3</b> <b>Bilan énergétique thermique.....</b>	<b>13</b>
<b>7.4</b> <b>Bilan énergétique de la production d'énergie électrique.....</b>	<b>14</b>
<b>7.5</b> <b>Énergie recyclée .....</b>	<b>14</b>
<b>8</b> <b>Méthode de mesure.....</b>	<b>15</b>
<b>8.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>15</b>
<b>8.2</b> <b>Combustible.....</b>	<b>15</b>
<b>8.3</b> <b>Air de combustion et gaz d'échappement .....</b>	<b>15</b>
<b>8.4</b> <b>Gaz d'atmosphère contrôlée .....</b>	<b>17</b>
<b>8.5</b> <b>Produits .....</b>	<b>17</b>
<b>8.6</b> <b>Température de surface du four .....</b>	<b>17</b>
<b>8.7</b> <b>Température de la paroi intérieure du four.....</b>	<b>17</b>
<b>8.8</b> <b>Pression intérieure du four.....</b>	<b>17</b>
<b>8.9</b> <b>Eau de refroidissement.....</b>	<b>17</b>
<b>8.10</b> <b>Équipements auxiliaires électriques .....</b>	<b>18</b>
<b>8.11</b> <b>Production d'utilités .....</b>	<b>18</b>
<b>8.12</b> <b>Énergie recyclée .....</b>	<b>18</b>
<b>9</b> <b>Calcul .....</b>	<b>18</b>
<b>9.1</b> <b>Dispositions générales .....</b>	<b>18</b>
<b>9.2</b> <b>Intrant énergétique total .....</b>	<b>18</b>
<b>9.3</b> <b>Extrant énergétique total .....</b>	<b>19</b>
<b>9.4</b> <b>Efficacité énergétique totale .....</b>	<b>21</b>
<b>10</b> <b>Rapport d'évaluation de bilan énergétique.....</b>	<b>22</b>
<b>Annexe A (informative) Données de référence .....</b>	<b>23</b>
<b>Annexe B (informative) Rapport de bilan énergétique et d'efficacité d'un four de cémentation à passage (processus complet) — Exemple .....</b>	<b>25</b>

<b>Annexe C (informative) Rapport de mesure du bilan énergétique et de calcul de l'efficacité énergétique d'un four de cémentation à passage — Exemple .....</b>	<b>34</b>
<b>Annexe D (informative) Estimation de l'incertitude de l'efficacité énergétique totale .....</b>	<b>43</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>47</b>

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

[ISO 13579-4:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013>

## 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 13579-4 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 de calculer l'impact de l'altitude pour l'emplacement concerné.

# iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13579-4:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013>

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

## Partie 4: Fours à atmosphère contrôlée ou active

### 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 à atmosphère contrôlée ou active conçus par les fabricants de fours. La présente méthode générale comprend:

- les méthodes de mesure;
- les calculs (calcul général);
- le rapport d'évaluation.

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

La présente partie de l'ISO 13579 n'est pas applicable à toutes les efficacités liées au processus proprement dit en dehors des fours à atmosphère contrôlée ou active.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fd318ab8-5f0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013>

### 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 utilisé dans la présente partie de l'ISO 13579

#### 3.1.1 Intrant énergétique total

##### 3.1.1.1

##### **intrant énergétique total**

$E_{\text{intranant}}$

intrant 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 intrant énergétique

#### 3.1.2 Énergie combustible équivalente

##### 3.1.2.1

##### **énergie combustible équivalente**

$E_{\text{fe}}$

cumul de l'énergie d'entrée comprenant le pouvoir calorifique du combustible, le pouvoir calorifique des déchets, le pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère et 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**

$E_{\text{fe,él}}$

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 intrant énergétique

##### 3.1.3.1

##### **autre intrant énergétique**

$E_{\text{autres}}$

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

$E_{\text{extrant}}$

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

$E_{\text{efficace}}$

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 des gaz d'échappement

$E_{\text{échappement}}$

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

#### 3.1.5.5

##### 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

#### 3.1.5.6

##### perte de chaleur sensible du gaz d'atmosphère

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

chaleur sensible emmagasinée par le gaz d'atmosphère du procédé thermique à travers la zone de bilan thermique

#### 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 à l'échappement de gaz par l'ouverture du four

$E_{\text{l,gaz dégagé}}$

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/fd318ab8-5fd0e-4637-9529-961872e02c35/iso-13579-4-2013>

**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**

$E_{utilités}$

énergie cumulée pour la production des utilités utilisées dans la zone de 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 totale consommée

$E_{e,totale}$

cumul de l'énergie électrique consommée dans la zone de bilan énergétique et 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 électrique 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 1 Les tonnes utilisées sont des tonnes métriques.

NOTE 2 Pour l'unité de volume de gaz, voir 6.5.

Symbole	Signification	Unité
$c_{pm,p2}$	chaleur massique moyenne des produits entre $T_{p2}$ et 273,15 K	kJ/(kg·K)
$c_{pm,ps}$	chaleur massique moyenne des produits entre $T_s$ et 273,15 K	kJ/(kg·K)
$E_{aux}$	énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques par tonne de produits	kJ/t
$E_{aux,fluide}$	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 des gaz d'échappement par tonne de produits	kJ/t
$E_{fe}$	énergie combustible équivalente 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
$E_{l,soufflante}$	perte de chaleur due à l'échappement de gaz 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
$E_{l,eg}$	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 des parties à travers la paroi du four	kJ/t
$E_{l,accumulée}$	perte de chaleur accumulée par le four intermittent par tonne de produits	kJ/t
$E_{l,paroi}$	perte due aux parois par tonne de produits	kJ/t
$E_{autres}$	autre intrant énergétique par tonne de produits	kJ/t
$E_{p2}$	chaleur sensible (ou enthalpie) des produits au moment où les produits sont extraits de la zone de bilan thermique 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 d'un autre oxydant par tonne de produits	kJ/t
$E_{s,atm}$	perte de chaleur sensible du gaz d'atmosphère 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 (sortie) par tonne de produits	kJ/t
$E_{utilités}$	énergie utilisée pour la production d'utilités par tonne de produits	kJ/t
$E_{u,atm,prod}$	énergie utilisée pour la production de gaz d'atmosphère par tonne de produits	kJ/t
$E_{u,atm,cal}$	pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère 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
$M_{perte}$	masse de perte par tonne de produits	kg/t
$M_p$	masse de produits	kg ou t
$T_{p1}$	température moyenne des produits au moment du chargement dans la zone de bilan énergétique	K

Symbole	Signification	Unité
$T_{p2}$	température moyenne des produits au moment de l'extraction dans la zone de bilan énergétique	K
$\eta_1$	efficacité énergétique totale	—
$\eta_e$	production régionale d'énergie efficace	—
$\sigma_1$	erreur absolue du thermocouple	°C
$\sigma_2$	erreur absolue du fil conducteur compensateur	°C
$\sigma_3$	erreur absolue du dispositif de sortie du thermocouple	°C

## 5 Principes fondamentaux

### 5.1 Généralités

La zone de mesure du bilan énergétique doit être déterminée.

NOTE Les Figures 1 et 2 illustrent des exemples de détermination de la zone de mesure du bilan énergétique pour un four à atmosphère contrôlée ou active.

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

a) intrant énergétique;

— énergie combustible équivalente,  $E_{fe}$ ;

— autre intrant énergétique,  $E_{autres}$ ;

b) extrant énergétique;

— extrant énergétique thermique,  $E_{extrant,therm}$ ;

— énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques,  $E_{aux}$ ;

— énergie utilisée pour la production d'utilités,  $E_{utilités}$ ;

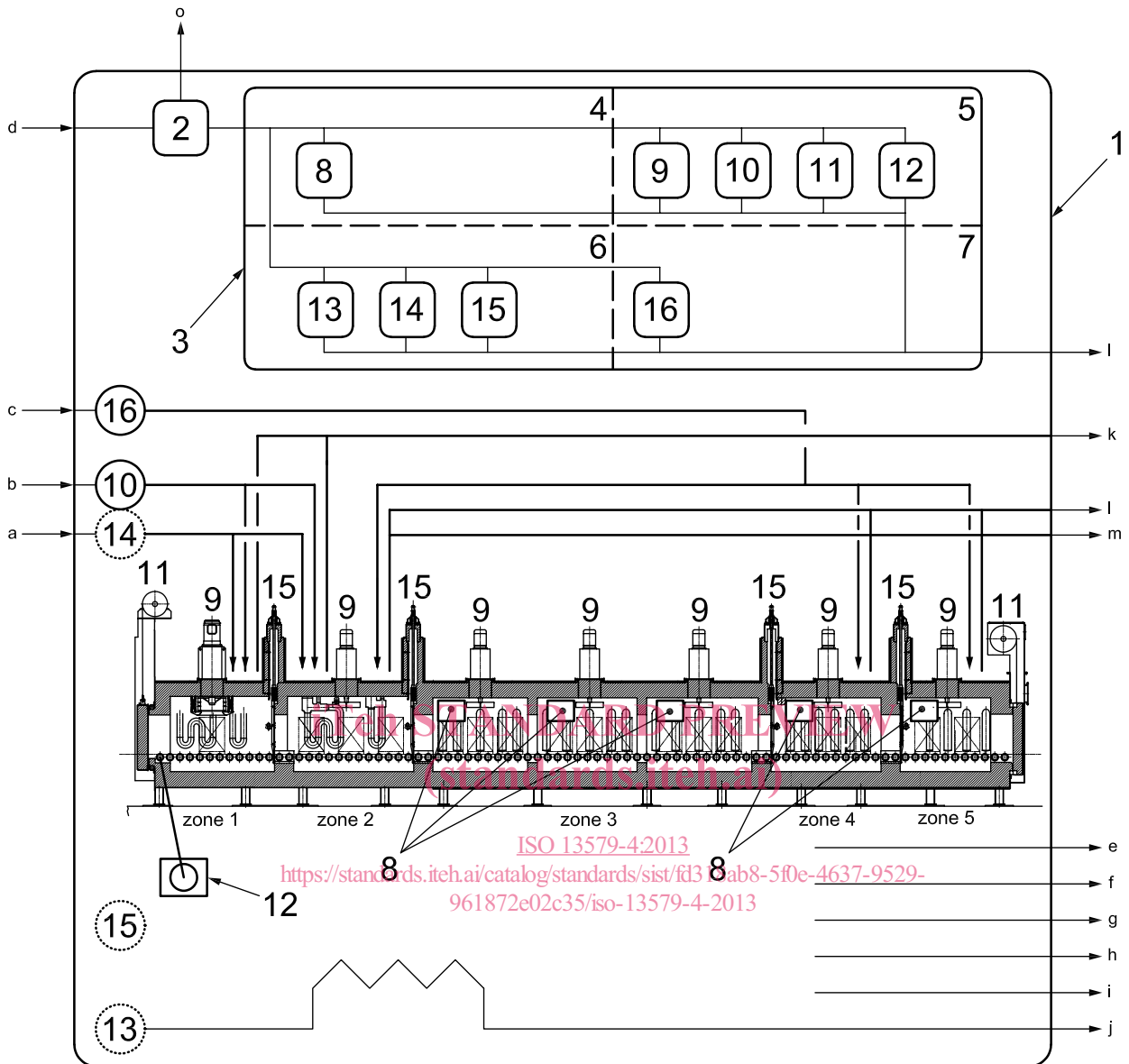
— perte due à la production d'énergie électrique,  $E_{l,eg}$ .

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.

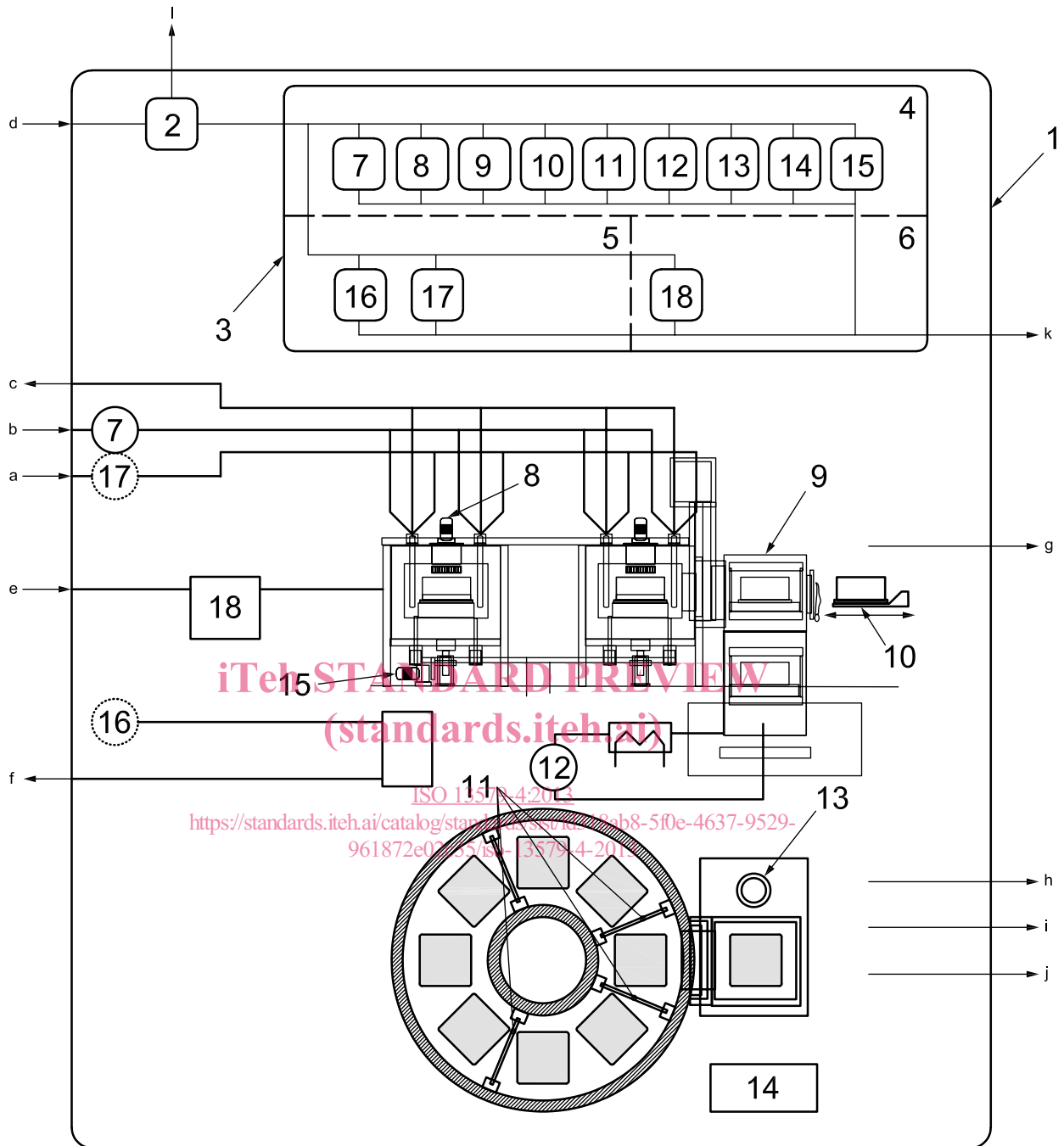
Il est possible de créer des sous-catégories pour exprimer le bilan énergétique thermique et la production d'énergie électrique (voir 7.3 et 7.4).



**Légende**

- |                                                        |                                                                   |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1 zone de bilan énergétique                            | a Chaleur sensible du combustible.                                |
| 2 production d'énergie                                 | b Chaleur sensible de l'air de combustion.                        |
| 3 équipements auxiliaires électriques                  | c Pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère.          |
| 4 équipement de chauffage électrique                   | d Énergie combustible équivalente de l'électricité.               |
| 5 équipements auxiliaires électriques installés        | e Énergie efficace.                                               |
| 6 équipement pour le transfert de fluide               | f Perte due aux parois.                                           |
| 7 équipement pour la production d'utilités             | g Perte de chaleur par rayonnement par l'ouverture du four.       |
| 8 réchauffeur électrique                               | h Perte de chaleur par des parties à travers la paroi du four.    |
| 9 ventilateur RC                                       | i Perte due aux dispositifs.                                      |
| 10 soufflante de combustion                            | j Perte due à l'eau de refroidissement.                           |
| 11 moteur (porte)                                      | k Chaleur sensible des gaz d'échappement.                         |
| 12 moteur (entraînement de sole à rouleaux)            | l Pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère.          |
| 13 pompe à eau de refroidissement                      | m Perte de chaleur sensible du gaz d'atmosphère.                  |
| 14 équipements de transfert de combustible             | n Énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques. |
| 15 compresseur et vérin pneumatique pour porte interne | o Perte due à la production d'énergie électrique.                 |
| 16 générateur de gaz d'atmosphère                      |                                                                   |

**Figure 1 — Exemple de détermination de la zone de mesure du bilan énergétique — Four de cémentation à passage**



### Légende

- |                                                          |                                                                     |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1 zone de bilan énergétique                              | 10 chargement et déchargement                                       |
| 2 production d'énergie                                   | 11 porte intermédiaire                                              |
| 3 équipements auxiliaires électriques                    | 12 pompe à huile                                                    |
| 4 équipements auxiliaires électriques installés          | 13 agitateur d'huile                                                |
| 5 équipement pour le transfert de fluide                 | 14 unité de commande                                                |
| 6 équipement pour la production d'utilités               | 15 dispositif d'entraînement de sole tournante                      |
| 7 ventilateur d'air de combustion                        | 16 pompe à eau de refroidissement                                   |
| 8 ventilateur de recirculation                           | 17 équipement pour le transfert de fluide                           |
| 9 dispositif d'entraînement d'élévateur                  | 18 générateur de gaz d'atmosphère                                   |
| a Chaleur sensible du combustible.                       | g Pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère.            |
| b Chaleur sensible de l'air de combustion.               | h Énergie efficace.                                                 |
| c Chaleur sensible des gaz d'échappement.                | i Perte de chaleur par le four (par exemple, perte due aux parois). |
| d Énergie combustible équivalente de l'électricité.      | j Perte de chaleur sensible de gaz de procédé.                      |
| e Pouvoir calorifique du gaz source du gaz d'atmosphère. | k Énergie consommée dans les équipements auxiliaires électriques.   |
| f Perte due à l'eau de refroidissement.                  | l Perte due à la production d'énergie électrique.                   |

**Figure 2 — Exemple de détermination de la zone de bilan énergétique — Four à sole tournante**