NORME INTERNATIONALE

ISO 14644-16

Première édition
2019-05

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés —

Partie 16: Efficacité énergétique dans les salles propres et les dispositifs séparatifs

Cleanrooms and associated controlled environments —

Part 16: Energy efficiency in cleanrooms and separative devices

Numéro de référence
ISO 14644-16:2019(F)

© ISO 2019



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +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**
3.1 Termes généraux 1
3.2 Termes relatifs à l'installation 3
3.3 Termes relatifs à l'efficacité énergétique 4
3.4 Termes abrégés 5

4 Évaluation de la réduction d'énergie et processus de mise en œuvre **5**
4.1 Généralités 5
4.2 Salles propres nouvelles ou existantes 6
4.3 Comparaison de la performance énergétique 7
4.3.1 Généralités 7
4.3.2 Comparer la performance énergétique 7
4.3.3 Détermination de l'analyse de rentabilité 7
4.3.4 Surveillance et examen 7
4.4 Rénovation ou modernisation d'une salle propre existante 7
4.5 Processus pour des salles propres existantes 8
4.5.1 Sélection de l'équipe de projet 8
4.5.2 Examen des exigences de l'utilisateur et du périmètre du projet 8
4.5.3 Collecte des informations sur les critères de performance de la salle propre 9
4.6 Processus de conception/construction de nouvelles salles propres et de salles propres existantes en cours de rénovation 9
4.6.1 Examen des exigences de l'utilisateur et du périmètre du projet 9
4.6.2 Examen de la conception au regard de la performance énergétique 9
4.7 Analyse comparative des performances environnementales de la salle propre 9
4.8 Identification des opportunités de réduction d'énergie 10
4.9 Évaluation de l'impact des opportunités de réduction d'énergie 10
4.10 Sélection des opportunités de réduction d'énergie pour mise en œuvre 10
4.11 Mise en œuvre 11
4.12 Surveillance, examen et retour d'expérience 11
4.13 Mise hors service 11

5 Impact de la spécification relative aux exigences de l'utilisateur (URS) sur la consommation énergétique **11**
5.1 Principe 11
5.2 Niveaux de protection des tenues 12

6 Volume d'air et facteurs de compensation **12**
6.1 Soufflage d'air neuf 12
6.2 Débit d'air soufflé 12
6.3 Calcul de l'intensité de la source des émissions et du débit d'air pour les salles non unidirectionnelles 13
6.3.1 Détermination du débit d'air soufflé 13
6.3.2 Indice d'efficacité de la ventilation 13
6.3.3 Facteurs de compensation (C_f) 13
6.4 Mode opératoire flexible d'estimation du débit d'air dans des salles FANUD 14
6.4.1 Généralités 14
6.4.2 Étape de conception 15
6.4.3 Étape d'essais 15
6.4.4 Étape de fonctionnement 15
6.5 Réduction de la vitesse de l'air pour les systèmes à flux d'air unidirectionnel 15

7 Gestion de la puissance électrique: régime réduit, arrêt et temps de récupération **16**

© ISO 2019 – Tous droits réservés

7.1 Régime réduit ... 16
7.2 Arrêt ... 16
8 Régulation auto-adaptative ... 17
9 Apports de chauffage et de refroidissement ... 17
10 Sélection des ventilateurs et des filtres ... 17
10.1 Ventilateurs pour le transport de l'air ... 17
10.2 Sélection des filtres à air ... 18
11 Niveaux d'éclairage ... 18
12 Formation ... 18
13 Fonctionnement ... 19
14 Maintenance ... 20
15 Mise hors service ... 20
Annexe A (informative) **Intensité de la source des émissions: volume d'air et exemple pratique ... 21**
Annexe B (informative) **Opportunités d'économies d'énergie ... 27**
Annexe C (informative) **Évaluation d'impact ... 34**
Annexe D (informative) **Analyse comparative des performances: indicateurs de performance énergétique pour les salles propres ... 35**
Annexe E (informative) **Mesures utiles pour réduire autant que possible les pertes ou apports excessifs de chaleur et de refroidissement ... 41**
Annexe F (informative) **Exemple de réduction de zone critique ... 43**
Bibliographie ... 45

 © ISO 2019 – Tous droits réservés

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 209, *Salles propres et environnements maîtrisés apparentés*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 14644 se trouve sur le site web de l'ISO.

© ISO 2019 – Tous droits réservés

Introduction

Les salles propres et les environnements maîtrisés apparentés sont largement utilisés dans de nombreuses industries, telles que les sciences de la vie (incluant l'industrie pharmaceutique et les dispositifs médicaux), la micro-électronique, l'aérospatiale, l'industrie agroalimentaire, le nucléaire et les établissements de santé. Les dimensions d'exploitation vont de quelques dizaines à des milliers de mètres carrés, la plupart avec une conception et des caractéristiques de fonctionnement uniques basées sur leurs usages. Leur expansion a nécessité un développement et une évolution rapides pendant plusieurs décennies, reflétées par une demande croissante en énergie. Le présent document englobe les expériences et pratiques cumulées en matière de conception, d'exploitation et de maintenance de salles propres, formulées aux fins de réduire leur consommation énergétique et l'impact global de cette croissance spectaculaire.

Les utilisateurs sont également invités à consulter l'ISO 50001 concernant le management de l'énergie.

Malgré des dimensions et des usages très variables, la consommation énergétique des salles propres peut être plus de 10 fois supérieure à celle de bureaux de taille similaire. Une quantité considérable d'énergie est requise afin de fournir les volumes d'air filtré et conditionné suffisants pour atteindre des niveaux spécifiques de propreté de l'air. Les ventilateurs pour le transport de l'air peuvent représenter 35 % à 50 % de la consommation énergétique des systèmes de CVC des salles propres en raison de la puissance requise pour maîtriser les différentiels élevés de pression nécessaires au fonctionnement des filtres à haute efficacité et d'autres composants pour la circulation de l'air dans le système de la salle propre. La production de ce type d'air de haute qualité peut consommer jusqu'à 80 % de l'énergie totale utilisée dans un établissement industriel caractéristique.

Un surplus d'énergie est également nécessaire pour contrôler la température et l'humidité relative pour les procédés de la salle propre et de confort du personnel, ainsi que pour obtenir la pressurisation nécessaire dans l'espace de la salle propre. Il existe donc un important potentiel d'économie d'énergie par une conception rigoureuse dans l'installation des nouvelles salles propres et par la rénovation et la modernisation des installations existantes. Le présent document expose les mesures qui peuvent être prises pour introduire ces techniques et est applicable au spectre complet de la «technologie des salles propres», des salles propres aux dispositifs à air propre, incluant les isolateurs, les boîtes à gants et les mini-environnements, telle que décrite dans l'ISO 14644-7.[1] Le présent document s'appuie sur des retours d'expérience, la pratique et des essais corroborés par des calculs théoriques aux fins de la description claire et scientifique des effets des économies d'énergie.

Les méthodes et techniques d'économie d'énergie utilisées dans le présent document sont toutes d'ordre général et applicables à divers environnements et situations. Elles ne sont pas spécifiques aux procédés et excluent les processus de production associés tels que le traitement de l'eau, les fours, autoclaves et autres opérations de mise en contrainte. Leur application spécifique dépend des conditions réelles de fonctionnement de la salle propre telles que convenues entre le client, le fournisseur et les installateurs.

À chaque étape du cycle de vie de la salle propre, il existe des opportunités d'optimiser les performances du système pour réduire la consommation énergétique. Les mesures d'économies d'énergie mises en œuvre dès l'étape de conception obtiennent les résultats les plus efficaces pour les nouvelles salles propres, mais des économies d'énergie similaires peuvent également être atteintes pour celles déjà en activité. Les salles propres peuvent être utilisées individuellement ou en groupe, en fonction des conditions pratiques sur le site.

Lors de la conception, lorsqu'il n'y a qu'un minimum d'informations concernant la construction et le procédé complet, le principe de prudence peut imposer le surdimensionnement des systèmes et l'exigence de spécifications excessivement strictes. À ce stade, il est utile de réexaminer ces spécifications et les critères de conception pour l'efficacité énergétique.

Lors de la mise en service du système et de l'exécution des essais de performance, il est possible de régler celui-ci de sorte qu'il s'adapte aux conditions réelles de sa construction afin d'optimiser ses performances et de réduire autant que possible sa consommation énergétique.

 © ISO 2019 – Tous droits réservés

Au cours de la durée de vie de l'installation, il est possible et il convient d'utiliser l'analyse des données de suivi et de surveillance pour analyser plus avant les performances du système et réduire autant que possible sa consommation énergétique.

© ISO 2019 – Tous droits réservés

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés —

Partie 16: Efficacité énergétique dans les salles propres et les dispositifs séparatifs

1 Domaine d'application

Le présent document donne des lignes directrices et recommandations relatives à l'optimisation de la consommation énergétique et au maintien de l'efficacité énergétique dans les salles propres nouvelles et existantes, les zones propres et les dispositifs séparatifs. Il fournit des recommandations relatives à la conception, la construction, la mise en service et l'exploitation des salles propres.

Il couvre toutes les caractéristiques spécifiques aux salles propres et peut être utilisé dans différents domaines pour optimiser l'usage énergétique dans les industries électronique, aérospatiale, nucléaire, pharmaceutique, établissements de santé, des dispositifs médicaux et agroalimentaires, ainsi que dans d'autres applications à air propre.

Il intègre également le concept d'analyse comparative des performances pour l'évaluation des performances et la comparaison des efficacités énergétiques des salles propres, tout en maintenant les niveaux de performance aux exigences de l'ISO 14644[2][3].

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 50001, *Systèmes de management de l'énergie — Exigences et recommandations pour la mise en oeuvre*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 50001 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp;

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/.

3.1 Termes généraux

3.1.1
unité de traitement d'air
UTA
unité ou équipement, comprenant un ventilateur, un système de filtration, de chauffage, de refroidissement et de mélange d'air neuf et d'air recyclé, qui alimente une salle ou une installation en air traité

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.1.2
classification
méthode d'évaluation du niveau de propreté d'une *salle propre* (3.1.4), d'une *zone propre* (3.1.5), d'une zone maîtrisée ou d'un point défini à l'intérieur de ces volumes

Note 1 à l'article: Il convient que les niveaux soient exprimés en termes d'une classe ISO qui représente la concentration maximale admissible de particules par unité de volume d'air.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.4, modifiée — dans la définition, la partie après «zone propre» a été ajoutée.]

3.1.3
dispositif à air propre
équipement autonome traitant et distribuant de l'air propre en vue d'atteindre des conditions définies d'ambiance

Note 1 à l'article: Les dispositifs à air propre incluent certains *dispositifs séparatifs* (3.1.7) tels que définis dans l'ISO 14644-7[1] comme les postes à air propre, les enceintes de confinement, les boîtes à gants, les isolateurs et les mini-environnements.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.1]

3.1.4
salle propre
salle dans laquelle la concentration en nombre des particules en suspension dans l'air est maîtrisée et classée, et qui est construite et utilisée de façon à minimiser l'introduction, la production et la rétention des particules à l'intérieur de la pièce

Note 1 à l'article: La classe de propreté particulaire de l'air est spécifiée.

Note 2 à l'article: Le niveau des autres caractéristiques de propreté de l'air telles que les concentrations chimiques, viables ou nanométriques, ainsi que le niveau des concentrations particulaires, nanométriques, chimiques et viables des surfaces sont également spécifiés et maîtrisés en fonction de l'application.

Note 3 à l'article: D'autres paramètres physiques pertinents, par exemple la température, l'humidité, la pression, le flux d'air, les vibrations et les propriétés électrostatiques, peuvent être maîtrisés si requis.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.1, modifiée — la Note 2 à l'article et la Note 3 à l'article ont été modifiées.]

3.1.5
zone propre
espace défini dans lequel la concentration en nombre des particules en suspension dans l'air est maîtrisée et classée, et qui est construit et utilisé de façon à minimiser l'introduction, la production et la rétention de particules à l'intérieur de l'espace

Note 1 à l'article: La classe de propreté particulaire de l'air est spécifiée.

Note 2 à l'article: Le niveau des autres caractéristiques de propreté de l'air telles que les concentrations chimiques, viables ou nanométriques, ainsi que le niveau des concentrations particulaires, nanométriques, chimiques et viables des surfaces pourraient être aussi spécifiés et maîtrisés.

Note 3 à l'article: La zone propre peut être un espace défini à l'intérieur d'une *salle propre* (3.1.4), ou peut être concrétisée par un *dispositif séparatif* (3.1.7). Un tel dispositif peut être situé à l'intérieur d'une salle propre ou non.

Note 4 à l'article: D'autres paramètres physiques pertinents, par exemple la température, l'humidité, la pression, le flux d'air, les vibrations et les propriétés électrostatiques, peuvent être maîtrisés si requis.

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.1.2, modifiée — la Note 4 à l'article a été modifiée.]

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.1.6
préfiltre
filtre à air monté en amont d'un autre filtre afin de réduire la charge sur celui-ci

[SOURCE: ISO 14644-4:2001, 3.8]

3.1.7
dispositif séparatif
équipement utilisant des moyens structurels et dynamiques pour créer des niveaux assurés de séparation entre l'intérieur et l'extérieur d'un volume défini

Note 1 à l'article: L'équipement peut être utilisé comme une *zone propre* (3.1.5).

Note 2 à l'article: Des exemples de dispositifs séparatifs spécifiques à l'industrie sont les postes à air propre, les enceintes de confinement, les boîtes à gants, les isolateurs et les mini-environnements.

[SOURCE: ISO 14644-7:2004, 3.17, modifiée — la Note 1 à l'article a été remplacée et l'ancienne Note 1 à l'article a été renumérotée en conséquence.]

3.2 Termes relatifs à l'installation

3.2.1
régulation auto-adaptative
capacité du système à modifier automatiquement ses propres paramètres de fonctionnement pour atteindre les meilleures performances possible dans différents modes de fonctionnement tout au long de l'année

3.2.2
taux de renouvellement de l'air
taux de renouvellement d'un volume d'air exprimé par unité de temps et calculé en divisant le volume d'air soufflé pendant cette unité de temps par le volume de la *salle propre* (3.1.4) ou de la *zone propre* (3.1.5)

[SOURCE: ISO 14644-3:2005, 3.4.1, modifiée — dans la définition, «de l'espace» a été remplacé par «de la salle propre ou de la zone propre».]

3.2.3
diffuseur
dispositif placé sur un point d'entrée d'air pour améliorer la répartition de l'air entrant avec l'air ambiant

Note 1 à l'article: Les grilles à mailles ou les crépines ne sont pas considérées comme des diffuseurs.

3.2.4
flux d'air non unidirectionnel
FANUD
régime de distribution d'air où l'air soufflé dans la *zone propre* (3.1.5) se mélange à l'air déjà présent au moyen de l'induction

[SOURCE: ISO 14644-4:2001, 3.6]

3.2.5
efficacité d'élimination des contaminants
EEC
rapport de la concentration particulaire mesurée dans l'air extrait/repris à la moyenne de la concentration particulaire dans la salle, en ignorant les particules entrant dans l'air filtré

[SOURCE: REHVA Guidebook No. 2]

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.2.6
débit volumique d'air
débit d'air soufflé
volume d'air soufflé à l'intérieur d'une installation à partir de filtres terminaux ou de conduits de ventilation par unité de temps

[SOURCE: ISO 14644-3:2005, 3.4.5, modifiée — «débit volumique d'air» a été ajouté comme terme principal.]

3.2.7
efficacité du renouvellement de l'air
ERA
rapport entre le taux de récupération à un ou plusieurs emplacements d'une *salle propre* (3.1.4) et le taux de récupération global de la salle propre suite à un événement de contamination

Note 1 à l'article: Le taux de récupération est défini et mesuré conformément à l'ISO 14644-3[6].

3.2.8
régime réduit
réduction maîtrisée de la vitesse du flux d'air dans des *salles propres* (3.1.4) et des *dispositifs à air propre* (3.1.3) *à flux d'air unidirectionnel* (3.2.9) ou des débits d'air dans des salles propres *à flux d'air non unidirectionnel (FANUD)* (3.2.4) dans le but d'économiser de l'énergie au cours des périodes pendant lesquelles la salle propre n'est pas en activité

3.2.9
flux d'air unidirectionnel
FAUD
flux d'air maîtrisé traversant l'ensemble d'un plan de coupe d'une *zone propre* (3.1.5) possédant une vitesse régulière et des filets à peu près parallèles

Note 1 à l'article: Cette configuration d'écoulement de l'air a pour effet l'évacuation directe des particules de la zone propre.

[SOURCE: ISO 14644-4:2001, 3.11]

3.2.10
émission
quantité de contaminants qui est rejetée dans l'air de la *salle propre* (3.1.4) à partir d'objets

3.2.11
intensité de la source des émissions
taux décrivant le nombre de particules ou d'unités formant colonie émises par un objet par unité de temps

Note 1 à l'article: Une source de contamination peut être une personne, un équipement ou un objet.

3.2.12
particule porteuse de microbes
particule qui transporte un microorganisme, habituellement disséminée dans l'air ambiant par le personnel en tant que cellule de peau ou fragment de cellule de peau transportant un ou plusieurs microbes cutanés

3.3 Termes relatifs à l'efficacité énergétique

3.3.1
analyse comparative des performances
évaluation comparative et/ou analyse de pratiques opérationnelles similaires

3.3.2
coût énergétique
coûts financiers totaux de l'énergie consommée associés à la zone étudiée

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.3.3
puissance électrique
travail ou énergie transférée divisé par le temps

Note 1 à l'article: L'unité SI de la puissance électrique est le watt (W) ou le joule par seconde (J/s).

3.4 Termes abrégés

CFD modélisation numérique dynamique des fluides (Computational Fluid Dynamics)

SME système de management environnemental

UMF unité motorisée de filtration

SSE santé, sécurité et environnement

CVC chauffage, ventilation et climatisation

HR humidité relative

PSV puissance spécifique du ventilateur

URS spécification relative aux exigences de l'utilisateur (User Requirement Specification)

EV efficacité de la ventilation

4 Évaluation de la réduction d'énergie et processus de mise en œuvre

4.1 Généralités

La consommation énergétique des salles propres, zones propres et dispositifs séparatifs peut être réduite selon 4.2 à 4.13, suivant le processus indiqué à la Figure 1.

La Figure 1 résume le processus qui peut être utilisé pour une salle propre caractéristique, incluant son système de flux d'air, tel qu'indiqué à la Figure 2. Elle couvre les salles propres existantes en activité, les salles propres existantes en cours de modification et les salles propres nouvellement construites en phase de conception.

© ISO 2019 – Tous droits réservés