



Mesure standardisée IK-03

Systèmes de refroidissement dans les centres de calcul

Documentation

Identifiant de la mesure

IK-03

Version

2.0 (11.2025)

Version	Modifications par rapport à la version précédente
1.0	Première version
2.0	Calcul des économies comptabilisables en kWh Diverses adaptations textuelles



1 Avant-propos

Lors de la session d'automne 2023, le Parlement a fixé aux fournisseurs d'électricité, dans la loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables, une nouvelle obligation à mettre en œuvre des mesures visant à accroître l'efficacité électrique. L'article 46b de la loi sur l'énergie (RS 730.0; LEne) dispose que les fournisseurs d'électricité doivent mettre en œuvre des mesures visant à accroître l'efficacité énergétique des appareils, installations ou véhicules électriques existants chez les consommateurs finaux suisses, ou acquérir des preuves des mesures prises si elles sont mises en œuvre par des tiers. L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) fournit chaque année une liste des mesures standardisées et des économies d'électricité comptabilisables à l'aide de ces mesures. Les mesures non comprises dans la liste susmentionnée sont soumises à l'OFEN pour approbation en tant que mesures non standardisées.

Pour chaque mesure standardisée, l'OFEN met à disposition un protocole d'économie à l'aide duquel les fournisseurs d'électricité peuvent annoncer les mesures mises en œuvre. La documentation fournie présente en détail la méthode servant à déterminer les économies d'électricité comptabilisables. La méthode décrite ci-après vise à estimer les économies d'électricité cumulées (énergie finale) pouvant être atteintes sur la durée d'impact par la mise en œuvre de la présente mesure d'efficacité électrique. Elle se fonde sur un calcul *ex ante* et fait usage d'hypothèses et de facteurs définis sur la base de normes en vigueur, d'études de marché, de la littérature scientifique et d'expertises.

La documentation s'adresse aux fournisseurs d'électricité, aux responsables de la mise en œuvre des mesures visant à accroître l'efficacité énergétique et à toutes les personnes s'intéressant aux économies d'électricité dans le cadre des gains d'efficacité visés à l'article 46b LEne.

2 Objectif

L'objectif du présent document est d'estimer de manière forfaitaire les économies d'électricité découlant de l'optimisation du fonctionnement de systèmes de refroidissement et de ventilation (ci-après systèmes de refroidissement) dans les centres de calcul.

3 Symboles, termes et unités

Lettres latines

Symbole	Notion	Unité
E	Consommation électrique annuelle	kWh/a
$\dot{E}$	Puissance électrique absorbée	kW
ΔE_{eco}	Économies d'électricité cumulées	kWh
f	Facteur	-
n	Nombre	-
N_s	Durée d'impact standard	a
$\dot{Q}$	Puissance de refroidissement	kW
t_{on}	Heures d'exploitation annuelles	h/a
$\dot{V}$	Débit volumique	m ³ /s
ΔP_0	Pression différentielle globale	Pa

Lettres grecques

Symbole	Notion	Unité
$\Delta\theta$	Écart de température	K
$\rho \cdot c_p$	Capacité thermique spécifique de l'air	kWh/(m ³ ·K)
τ	Taux de charge	-
η	Rendement	-

Indices



x État (existant, après assainissement)

4 Description du calcul ex ante

4.1 Économies d'électricité comptabilisables

Les économies d'électricité comptabilisables de la mesure ΔE_{eco} correspondent à la différence entre l'actuelle (état actuel) E_{alt} et la nouvelle consommation électrique annuelle (état après assainissement) E_{neu} , cumulées sur la durée d'impact standard N_s .

Afin de tenir compte du taux naturel de renouvellement et d'optimisation des appareils et des installations, qui entraîne une baisse de la consommation indépendamment des obligations légales, un coefficient de réduction f_{eco} de 0.75 est appliqué aux économies d'électricité comptabilisables.

$$\Delta E_{eco} = (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$

ΔE_{eco}	Économies d'électricité cumulées, en kWh
E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état actuel, en kWh/a
E_{neu}	Consommation électrique annuelle de l'état assaini, en kWh/a
f_{eco}	Facteur de réduction
N_s	Durée d'impact standard, en années

4.2 Consommation électrique annuelle Optimisation des redondances de RCA

La plupart des centres de calcul et salles de serveurs sont équipés de manière redondante afin de garantir le fonctionnement. Les appareils redondants (p. ex. refroidisseurs à circulation d'air) restent généralement en standby et ne sont pas exploités en temps normal. Si ces appareils sont aussi exploités, cela permet de faire fonctionner certains appareils à charge partielle et, partant, de manière plus efficace.

La puissance de refroidissement moyenne $\dot{Q}_x$ et le débit d'air moyen $\dot{V}_x$ des refroidisseurs à circulation d'air (RCA) peuvent être calculés sur la base du nombre d'appareils en exploitation normale n_x et du besoin de refroidissement $\dot{Q}$. L'indice x désigne l'état actuel (*alt*) ou l'état après assainissement (*neu*).

$$\dot{Q} = n_x \cdot \dot{Q}_x = n_x \cdot \rho \cdot c_p \cdot \dot{V}_x \cdot \Delta\theta$$

$\dot{Q}$	Besoin de refroidissement du centre de calcul, en kW
$\dot{Q}_x$	Puissance de refroidissement moyenne, en kW
n_x	Nombre d'appareils en exploitation normale, en unités
$\rho \cdot c_p$	Capacité thermique spécifique de l'air
$\dot{V}_x$	Débit volumique moyen, en m ³ /s
$\Delta\theta$	Écart de température (aller et retour) de l'air, en K

Le débit d'air moyen peut être exprimé sur la base d'un taux de charge τ_x et du débit d'air nominal.

$$\dot{V}_x = \tau_x \cdot \dot{V}_0$$

$\dot{V}_0$	Débit d'air nominal, en m ³ /s
$\dot{V}_x$	Débit volumique moyen, en m ³ /s
τ_x	Taux de charge

Comme pour les autres systèmes à ventilateurs, la puissance électrique absorbée $\dot{E}_x$ des RCA est variable et correspond au degré de charge porté à la puissance 2.5 [1]. La puissance électrique absorbée nominale $\dot{E}_0$ peut être exprimée sur la base du débit volumique $\dot{V}_0$, de la pression différentielle globale ΔP_0 et du rendement global η_0 .



$$\dot{E}_x = \dot{E}_0 \cdot \left(\frac{\dot{V}_x}{\dot{V}_0} \right)^{2.5} = \frac{\dot{V}_0 \cdot \Delta P_0}{1000 \cdot \eta_0} \cdot (\tau_x)^{2.5}$$

$\dot{E}_0$	Puissance électrique absorbée nominale, en kW
$\dot{E}_x$	Puissance électrique absorbée, en kW
$\dot{V}_0$	Débit volumique nominal, en m ³ /s
$\dot{V}_x$	Débit volumique moyen, en m ³ /s
ΔP_0	Pression différentielle globale, en Pa
η_0	Rendement
τ_x	Taux de charge

Enfin, il est possible de calculer la consommation électrique annuelle au moyen des heures d'exploitation annuelles et du nombre d'appareils en exploitation normale.

$$E_x = n_x \cdot \dot{E}_x \cdot t_{on}$$

E_x	Consommation électrique annuelle, en kWh/a
$\dot{E}_x$	Puissance électrique absorbée, en kW
n_x	Nombre d'appareils en exploitation normale, en unités
t_{on}	Heures d'exploitation annuelles, en h/a

Consommation électrique annuelle Optimisation de la température de l'air

La norme internationale actuelle ASHRAE 90.4-2022 recommande une température de 27°C pour l'air entrant et admet jusqu'à 32°C [2]. Cela présuppose toutefois une optimisation des racks (séparation des allées chaudes et froides). Une meilleure circulation de l'air permet au système d'avoir des températures plus élevées et d'utiliser plus de refroidissement libre ou, au moins, d'accroître l'efficacité du refroidissement (consommation électrique des appareils de refroidissement et des aérorefroidisseurs). C'est particulièrement le cas des systèmes disposant d'un Free-Cooling. L'augmentation des températures du système permet d'augmenter dans la même mesure les températures de l'eau froide du système. Cela permet d'accroître la part de Free-Cooling et de réduire les heures de fonctionnement de l'appareil de refroidissement. Cela vaut pour l'exploitation en série et l'exploitation mixte. Pour les installations fonctionnement purement avec des appareils de refroidissement, la part de Free-Cooling n'augmente pas, mais le COP est amélioré, ce qui diminue la consommation électrique. La méthode de calcul exacte est décrite en détail dans la documentation KA-02 [3].

5 Variables d'entrée

Optimisation des redondances de RCA

- La puissance électrique nominale des RCA (*nombre entier > 0*)
- Le taux de charge avant et après la mise en œuvre (*pourcentage*)
- Le nombre de RCA en exploitation avant et après la mise en œuvre (*nombre entier > 0*)

Optimisation de la température de l'air

- Les variables d'entrée figurent dans la documentation KA-02 [3].

6 Hypothèses et données

Général

- i. Les heures d'exploitation annuelles s'élèvent à 8'760 h/a.

Optimisation des redondances de RCA

- i. La durée d'impact standard N_s de la mesure est de 3 ans.



- ii. Les RCA (exploitation normale et appareils redondants) ont la même puissance de refroidissement nominale.

Optimisation de la température de l'air

- i. La durée d'impact standard N_s de la mesure est de 5 ans.
- ii. L'optimisation des racks (séparation des allées chaudes et froides) a été effectuée ou est mise en œuvre simultanément.
- iii. Les autres hypothèses figurent dans la documentation KA-02 [3].

7 Résultats

Les économies d'électricité comptabilisables pour chaque mesure d'optimisation sont calculées sur la base des variables d'entrée susmentionnées compte tenu des hypothèses et données présentées. La liste de monitoring IK-03 ou l'outil Excel *CalcuCool*, accessibles au public, sont utilisés.

8 Exemple

Scénario A : intégration dans l'exploitation normale des 2 RCA de secours dans un centre de calcul de 400 kW qui a 8 RCA en exploitation normale.

Puissance informatique installée	Puissance électrique nominale	Charge actuelle	Économies d'électricité comptabilisables
	[kW]	[-]	[kWh]
Centre de calcul 50 – 500 kW	2	0,80	51'350
Somme			51'350

9 Sources

- [1] *Ersatz eines Lüftungsmonoblock*, Programme PEIK, Berne, 2019.
- [2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2022: Energy Standard for Data Centers, ASHRAE Standard Project Committee 90.4, 2023.
- [3] *Documentation de la mesure standardisée KA-02*, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, 2024.