



Mesure standardisée DL-02

Optimisation des réseaux d'air comprimé

Documentation

Identifiant de la mesure

DL-02

Version

1.0 (11.2024)



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 (LEne ; RS 730.0) 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 obtenir une estimation globale des économies d'électricité cumulées (énergie finale) pouvant être atteintes sur la durée d'impact par la mise en œuvre d'une mesure donnée visant à accroître l'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, d'écrits scientifiques 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 de calculer les économies d'électricité réalisées en optimisant l'exploitation d'un réseau d'air comprimé.

3 Symboles, termes et unités

Lettres latines

Symbole	Terme	Unité
E	Consommation électrique annuelle	kWh/a
ΔE_{eco}	Économies d'électricité comptabilisables	MWh
n	Nombre	-
N_s	Durée d'impact standard	a
f	Facteur	-
\dot{E}	Puissance électrique nominale (moteur)	kW
L	Débit de fuite	l/min
Δp	Différence de pression de service	bar
t	Heures de pleine charge	h/a

4 Description du calcul *ex ante*

4.1 Économies d'électricité comptabilisables

Les économies d'électricité comptabilisables ΔE_{eco} pouvant être atteintes par la mesure sont déterminées par la différence entre la consommation d'électricité actuelle (état actuel) E_{alt} et la nouvelle consommation d'électricité (état après assainissement) E_{neu} 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 d'énergie indépendamment du respect des



engagements prévus par la loi, un coefficient de réduction f_{eco} de 0.75 est appliqué aux économies d'énergie comptabilisables.

$$\Delta E_{eco} = 0.001 \cdot (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$

ΔE_{eco}	Économies d'électricité comptabilisables, en MWh
E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état existant, en kWh/a
E_{neu}	Consommation électrique annuelle de l'état après assainissement, en kWh/a
f_{eco}	Facteur de réduction
N_s	Durée d'impact standard, en années

4.2 Consommation électrique annuelle

Dans le domaine de l'air comprimé, les mesures d'optimisation sont réparties en deux catégories : fuites et exploitation des réseaux. Ces catégories sont elles-mêmes divisées en sous-catégories : analyse et approche forfaitaire pour les fuites, délestage et réduction de la pression pour l'exploitation des réseaux.

Besoins en
électricité
inconnus

$$E_{alt} = \dot{E}_m \cdot t$$

Besoins en
électricité connus

$$E_{alt} = \text{valeur connue issue du système de commande / point de mesure}$$

\dot{E}_m	Puissance électrique nominale du moteur, en kW
E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état existant, en kWh/a
t	Heures de pleine charge, en heures par année

4.2.1 Optimisation des fuites

Il est possible de calculer les économies relatives obtenues par la réduction des fuites en se fondant soit sur une analyse des fuites (*analyse*), soit sur une base forfaitaire (*forfait*).

Approche
forfaitaire

$$E_{neu} = E_{alt} \cdot (1 - (n \cdot f_{eco,lk}))$$

Approche
analytique

$$E_{neu} = E_{alt} - (L \cdot \frac{\dot{E}_{spez}}{1000} \cdot t)$$

E_{neu}	Consommation électrique annuelle de l'état après assainissement, en kWh/a
E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état existant, en kWh/a
$f_{eco,lk}$	Facteur d'économie
L	Débit de fuite, en l/min
n	Nombre de fuites éliminées
t	Heures de pleine charge, en heures par année
\dot{E}_{spez}	Puissance électrique spécifique, en kW/m ³ /min

4.2.2 Optimisation du réseau

Le calcul des économies relatives obtenues par la réduction de la pression de service se fonde sur la réduction de la pression Δp et sur un facteur d'économie constant $f_{eco,dp}$.

Réduction de la
pression de
service

$$E_{neu} = E_{alt} \cdot (1 - (\Delta p \cdot f_{eco,dp}))$$

E_{neu}	Consommation électrique annuelle de l'état après assainissement, en kWh/a
-----------	---



E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état existant, en kWh/a
$f_{eco,dp}$	Facteur d'économie
Δp	Réduction de la pression de service, en bars

4.2.3 Délestage

Les économies relatives générées par l'arrêt périodique du réseau d'air comprimé (p. ex. lorsque l'exploitation est interrompue) sont calculées sur la base de la durée de l'arrêt, de la part du réseau arrêtée et d'un facteur d'économie constant $f_{eco,ab}$.

Délestage	$E_{neu} = E_{alt} \cdot n_{\%} \cdot \frac{t_n}{8760} \cdot f_{eco,ab}$
E_{neu}	Consommation électrique annuelle de l'état après assainissement, en kWh/a
E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état existant, en kWh/a
$f_{eco,ab}$	Facteur d'économie
$n_{\%}$	Part délestée, en pour cent
t_n	Nombre d'heures de délestage, en h/a

5 Variables d'entrée

Généralités

- Puissance du moteur (*nombre entier*)
- Heures de pleine charge (*nombre entier*)
- Consommation électrique annuelle de l'état existant (*nombre entier*)

Optimisation des fuites

- Débit de fuite (*nombre entier*)
- Nombre de fuites éliminées (*nombre entier*)

Optimisation du réseau

- Réduction de la pression (*nombre décimal*)

Délestage

- Part délestée (*pourcentage*)
- Nombre d'heures de délestage (*nombre entier*)

6 Hypothèses et données

Généralités

- Il est nécessaire, en présence de plusieurs compresseurs, d'additionner leurs puissances. Le calcul ne doit pas tenir compte des compresseurs redondants.
- Si la consommation électrique annuelle de l'installation n'est pas connue, il est possible d'estimer les heures de pleine charge conformément au tableau 1.
- La consommation annuelle d'électricité, qui est déterminée au moyen d'une mesure séparée de l'installation d'air comprimé ou d'un système de commande en amont, doit porter sur une période minimale de 12 mois.
- La durée d'utilisation standard de la mesure N_s est de 3 ans.
- Les facteurs d'économie f_{eco} ont été estimés en tenant compte d'une éventuelle combinaison de mesures. Il est donc possible de cumuler les mesures susmentionnées.
- Les mesures cumulées sont plafonnées à 20 %.



Tableau 1 Estimation des heures de pleine charge du compresseur

Système d'air comprimé existant	Compresseur unique	Système multi-compresseur
1 équipe, régime pleine charge/à vide	2'500 h/a	1'500 h/a
2 équipes, régime pleine charge/à vide	5'000 h/a	3'500 h/a
3 équipes, régime pleine charge/à vide	6'500 h/a	4'500 h/a
1 équipes, régime avec CF	2'000 h/a	1'500 h/a
2 équipes, régime avec CF	4'000 h/a	3'000 h/a
3 équipes, régime avec CF	6'000 h/a	5'000 h/a

Optimisation des fuites : approche forfaitaire

- Les points de fuite potentiels sont les points de raccordement des vannes, les éléments de raccordement et les pistolets à air comprimé, ainsi que les joints et les raccords de tuyauterie.
- Pour chaque fuite éliminée, il est possible d'augmenter le facteur d'économie $f_{eco,lk}$ de 0.2 %.
- Le facteur d'économie $f_{eco,lk}$ est plafonné à 3 %.

Optimisation des fuites : analyse

- Cette mesure unique est plafonnée à 20 % d'économies.
- L'appareil de mesure des fuites doit indiquer le débit de fuite en l/min. Alternativement, le débit de fuite indiqué peut être converti en l/min.
- Pour calculer l'économie annuelle en fonction du volume de fuite, il est nécessaire d'établir un lien avec la puissance de l'installation. Pour simplifier, il est possible d'utiliser la puissance spécifique \dot{E}_{spez} dans le Tableau 2 en fonction de la pression. Les valeurs sont valables pour une plage de pression de 4 à 15 bars et pour une plage de puissance des compresseurs de 5 à 160 kW.

Tableau 2 Estimation de la puissance spécifique sur la base de la pression de service

Pression de service [bars]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
\dot{E}_{spez}	5.12	5.56	5.81	6.13	6.48	6.94	7.32	7.73	8.18	8.88	9.56	10.1

Optimisation du réseau

- Réduire la pression de fonctionnement de 1 bar permet de réaliser des économies d'énergie de 6 % [1,2]. Le facteur d'économie $f_{eco.dp}$ est donc de 6 %.
- Cette mesure unique est plafonnée à 20 % d'économies.

Délestage

- Les pertes dues à des fuites sur l'ensemble du réseau d'air comprimé atteignent environ 15 % [1,2]. Le facteur d'économie de cette mesure est donc de $f_{eco,ab}$ 15 %.
- Le délestage peut être manuel ou automatique en paramétrant l'horaire et peut porter sur l'ensemble du réseau ou sur une partie seulement. Sa durée doit également être indiquée en heures par année.

7 Résultats

Compte tenu des hypothèses et des données présentées, les économies d'électricité imputables à l'optimisation de l'exploitation sont calculées comme suit :



Mesure	Facteur d'économie f_{eco}
	[%]
Optimisation des fuites : <i>approche forfaitaire</i>	0.2 % par fuite, maximum 3 %
Optimisation des fuites : <i>Analyse des fuites</i>	Selon analyse, max 20 %
Réduction de la pression de service	6 % par bar, max 20 %
Délestage	15 %

8 Exemple

Scénario A : Une analyse de fuite effectuée sur un réseau d'air comprimé de 8 bars permet de découvrir et d'éliminer un débit de fuite de 250 l/min. La puissance électrique spécifique est de 6.48 kW/m³/min (tableau 2). Les heures de pleine charge s'élèvent à 6'000 h (tableau 1).

Mesure	Consommation électrique annuelle (existante)	Économies permises par le rapport de fuites	Économies d'électricité comptabilisables
	[kWh/a]	[kWh/a]	[MWh]
Optimisation des fuites <i>Analyse</i>	150'000	9'720	21.9

Scénario B : 25 fuites potentielles de l'exploitation sont éliminées. Le taux de fuite serait donc de 5 %. Le maximum imputable est toutefois de 3 %.

Mesure	Consommation électrique annuelle (existante)	Facteur d'économie	Économies d'électricité comptabilisables
	[kWh/a]	[%]	[MWh]
Optimisation des fuites <i>Approche forfaitaire</i>	150'000	3	10,1

Scénario C : La pression de service d'un réseau d'air comprimé est réduite de 2 bars.

Mesure	Consommation électrique annuelle (existante)	Facteur d'économie	Économies d'électricité comptabilisables
	[kWh/a]	[%]	[MWh]
Réduction de la pression de service	300'000	12	81

Scénario D : Le compresseur est désormais coupé le week-end et la nuit au moyen d'une minuterie. 100% du réseau est déconnecté, soit 3'500 h/a.

Mesure	Consommation électrique annuelle (existante)	Facteur d'économie	Économies d'électricité comptabilisables
	[kWh/a]	[%]	[MWh]
Délestage	300'000	15	40.5



9 Sources

- [1] R. Gloor, *Druckluft*: Ratgeber für Anwender und Energieberater zur Effizienzsteigerung in Druckluftsystemen, Independently published, 2021.
- [2] SuisseEnergie, *Guide d'optimisation en matière d'air comprimé*, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2015.