

Principes de base pour l'exploitation optimale des installations complexes



Équipe de projet "installations techniques complexes"

J.-M. Chuard, Enerconom AG, Bern

Dr. A. Jaecklin, Gerling Consulting Gruppe AG, Zürich

H. Jöri, Institut für angewandte Psychologie (IAP), Zürich

R. Messmer, K.M. Marketing, Winterthur

H.P. Nützi, Office fédéral de l'énergie OFEN, Bern

V. Prochaska, Axima Refrigeration AG, Winterthur

E. Schadegg, Gruenberg & Partner AG, Zürich

Prof. Dr. H.R. Schalcher, pom+ Consulting AG, Zürich

Traduction

Valérie Girardot, Gerling Consulting Gruppe GmbH, Köln

Jean-Claude Coutaz, Sigma Ingénieurs SA, Sion

Rédaction 2ème édition

J.-M. Chuard, Enerconom AG, Bern

Berne, décembre 2002

© OFEN, Office fédéral de l'énergie, Berne

Reproduction autorisée par extraits avec la réserve de mentionner les sources.

SuisseEnergie

OFEN, Office fédéral de l'énergie, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen

Adresse postale: CH-3003 Bern

Tél. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 – office@bfe.admin.ch – www.suisseenergie.ch

BBL-EDMZ Numéro de commande 805.220.1f

Indice

1.	Principes de base	4
1.1	Définition de l'exploitation optimale d'installations complexes (EOc)	4
1.2	Exigences requises vis-à-vis d'installations optimisée	4
1.3	Les parties prenantes	5
1.4	Activités inhérentes à l'EOc	5
1.5	Délimitation	6
1.5.1	Le cycle de vie	6
1.5.2	Équipements techniques concernés	7
1.5.3	Types de bâtiments	7
1.5.4	Délimitation de la mise en service	7
1.6	Le fil conducteur qui conduit de l'installation à l'EOc	8
1.6.1	Réfection	8
1.7	Rentabilité	8
2.	Systématique dans le cadre d'une EOc	9
2.1	Conditions préalables pour l'EOc	9
2.2	Démarrage de l'EOc	9
3.	Catalogue de mesures	12
4.	Mesures par domaine	14

1. Principes de base

1.1 Définition de l'exploitation optimale d'installations complexes (EOc)

L'exploitation optimale d'installations complexes (EOc) désigne l'ensemble des actions et mesures pendant le cycle de vie des installations technique du bâtiment ayant pour objectif de les exploiter avec le minimum de ressources naturelles en tenant compte de leur rentabilité, les conditions négociées (garanties) devant être respectées.

1.2 Exigences requises vis-à-vis d'installations optimisées

L'EOc vise à la satisfaction optimale des exigences les plus diverses émanant du propriétaire, de l'exploitant, de l'utilisateur, et de la société. Une préoccupation de premier plan est à cet égard

- de pouvoir ménager autant que possible notre rapport aux ressources naturelles (énergie et environnement)
- le respect des conditions économiques.

Ces exigences posées vis-à-vis des installations optimisées se manifestent sous la forme d'objectifs et de conditions-cadre, généralement valable pour l'ensemble du cycle de vie de l'installation. Les conditions-cadre se traduisent par des seuils légaux ou des clauses contractuelles / conditions-client.

Les objectifs doivent être compris comme des orientations pouvant être concrétisées. La liste d'objectifs présentée en annexe 1 et des critères correspondants donne des indications sur les exigences envisageables en matière d'installations optimisées. On distinguera les quatre domaines fonction, coûts, énergie et environnement. Les critères doivent être utilisés par les responsables comme indication sur les différents aspects qui peuvent être importants et qu'il convient de considérer pour l'exploitation optimisée d'installations dans leur cycle de vie respectif.

Bien évidemment, il n'est pas possible de satisfaire simultanément à l'ensemble de ces critères, étant donné qu'ils sont dépendants les uns des autres et souvent opposés. Il est donc indispensable, pour chaque cas, de pondérer les différents objectifs en fonction de leur importance.

1.3 Les parties prenantes

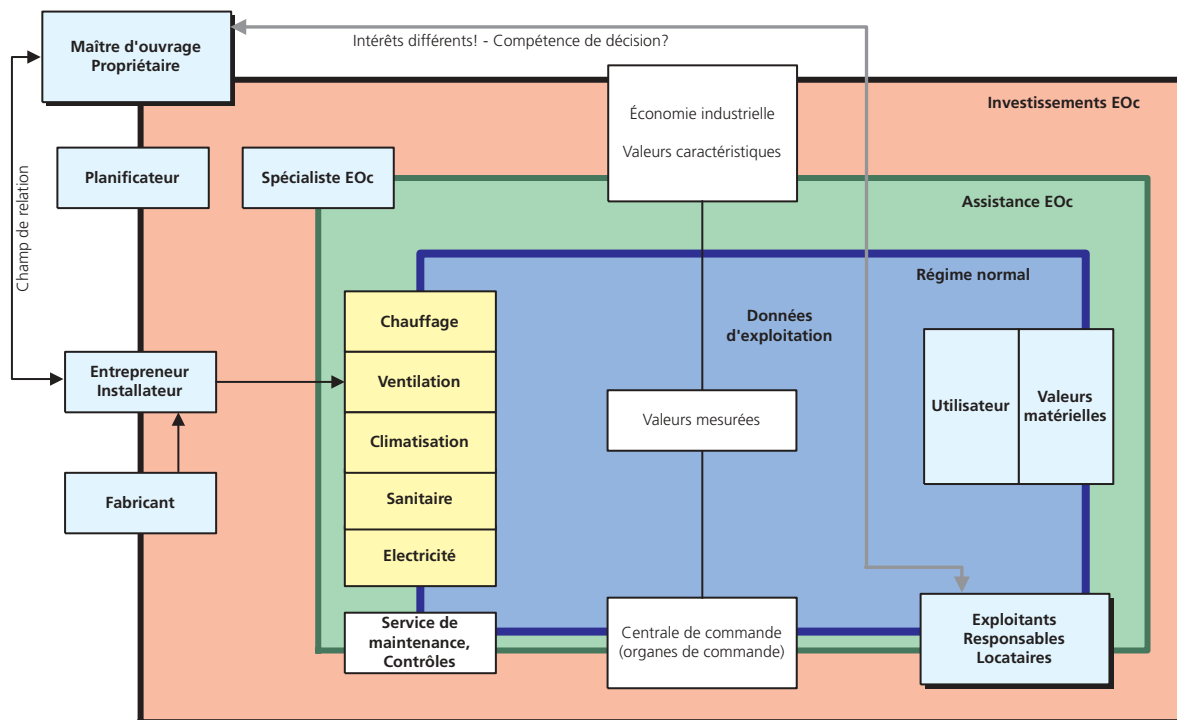


Figure 1: Le modèle EOC à 3 niveaux illustre les interrelations entre les sphères d'intérêt ainsi que les "circuits" relevant de la procédure EO.

Légende:

circuit intérieur	exploitation normale / Facility management
circuit intermédiaire	support EOC / Facility Services
circuit extérieur	EOC avec investissements

1.4 Activités inhérentes à l'EOC

Les activités suivantes interviennent dans la mise en œuvre de l'EOC:

- Maintenance → Respect de la valeur théorique (cible) via notamment
 - les contrôles
 - le nettoyage
 - le remplacement
- Inspection → Constat et évaluation de la situation actuelle par
 - l'étude
 - les mesures
 - l'évaluation / le jugement
- Mise en état → Reproduction de la situation théorique

Plusieurs normes et directives traitent de la thématique de l'exploitation, de l'entretien, du remplacement donc de l'optimisation d'installations techniques. Malheureusement, celles-ci se contredisent tant par leurs définitions de terminologie que par leurs attributions. Toutefois, le présent document n'a pas pour objectif de rechercher une harmonisation dans ce domaine.

Les principales bases sont les suivantes:

- SN 113 001 / -1 / -2 / -3 / -4
 - Directive SWKI 95-2
 - SIA 469
 - EN 12170
 - DIN 31051
 - VDMA 24176
 - VDI 3801
- Maintenance des installations
Maintenance des installations de ventilation
Conservation des ouvrages de construction
Installations de chauffage dans les bâtiments
Directives d'exploitation, maintenance et utilisation
Conservation
Terminologie et mesures
Inspection des équipements aérauliques et autres
équipements dans les bâtiments
Exploitation d'installations de ventilation.

1.5 Délimitation

1.5.1 Le cycle de vie

Chaque installation technique du bâtiment est soumise à un cycle de vie. Celui-ci se groupe en

- phase 1 = nouvelle installation, construction
- phase 2+4 = exploitation
- phase 3 = remplacement
- phase 5 = mise hors service, démontage.

Après la phase 3, le cycle des phases exploitation et remplacement se répète jusqu'à la mise hors service et le démontage.

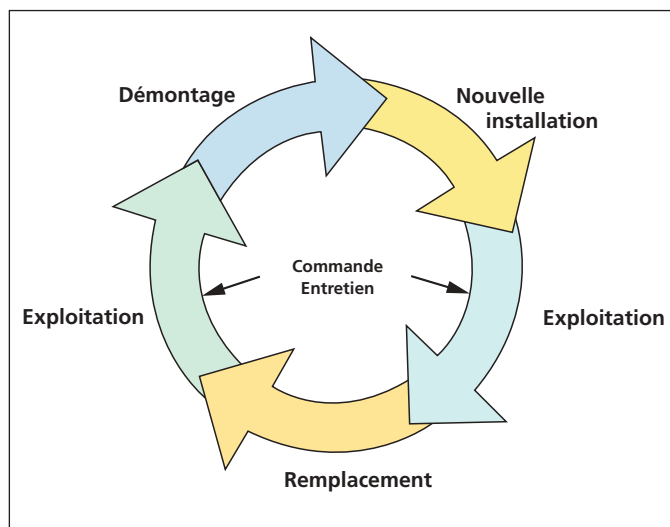


Figure 2: Cycle de vie d'une installation technique du bâtiment.

Ce sont les phases 1 et 3 qui décident, de quelle manière une installation technique s'apprête à une optimisation (commande, interface pour la commande, concept de mesure, documentation). Le résultat réalisé d'une optimisation se décide qu'en phase 2.

Ce document traite les thèmes suivants:

- Les processus de l'exploitation et de l'entretien
- Les processus pour augmenter l'efficacité énergétique.

Ne sont pas traités:

- Les processus de la planification, de la mise en marche et de la réception des installations nouvelles et remplacées
- Les processus de résorption des dysfonctionnements et de réparation
- Mesure et relevé de données énergétiques
- Évaluation générale des installations en dehors du champ de l'EO (par ex. valeur des installations, corrosion)
- Processus de production.

1.5.2 Équipements techniques concernés

L'EOc concerne les installations techniques suivantes:

- installations de chauffage
- installations de climatisation et ventilation
- installations de pompes à chaleur et refroidissement
- installations sanitaires
- installations électriques
- mesure, commande, régulation, MCR.

1.5.3 Types de bâtiments

En première ligne sont concernés les bâtiments ayant des installations techniques complexes:

- grand complexe résidentiel resp. agglomération
- bâtiment administratif
- groupe scolaire de grande taille
- centre ou bâtiment commercial
- hôtel et établissement gastronomique et touristique
- hôpitaux
- bâtiment industriels et artisanal
- l'alimentation en chaleur et en froid d'installations liées aux processus de fabrication
- centre sportif.

1.5.4 Délimitation de la mise en service

La mise en service d'une installation complexe concerne d'abord l'installation elle-même (dans le cadre du contrat d'ouvrage). L'interdépendance de l'ensemble des systèmes, incl. les interfaces, ne peut avoir lieu qu'après mise en service de l'ensemble des installations particulières. Une mise en service d'ensemble (intégrale) est la plupart du temps rendue impossible par défaut d'attribution claire des mandats. Cette position, de même que l'organisation et la réalisation de tests intégrés, contribuent fondamentalement à assurer la qualité et l'exploitation rationnelle de l'énergie dans le cadre de la gestion d'immeuble.

L'EOc présuppose que la mise en service, la réception et le relevé des défauts d'exécution des travaux relativement à chaque installation aient été complètement et correctement menés à terme. Le contrôle de l'utilisation des ressources en énergie ne peut avoir lieu qu'à la condition de disposer des résultats d'exploitation sur une période au moins égale à une année. La consommation effective constitue un élément de base en vue d'une comparaison des valeurs prévus et de la consommation réel et en vue de l'appréciation de la qualité du système. En fonction des résultats ou des écarts aux objectifs fixés (par ex. valeurs caractéristiques), on peut déterminer le besoin ou le potentiel d'optimisation de l'exploitation.

1.6 Le fil conducteur qui conduit de l'installation à l'EOc

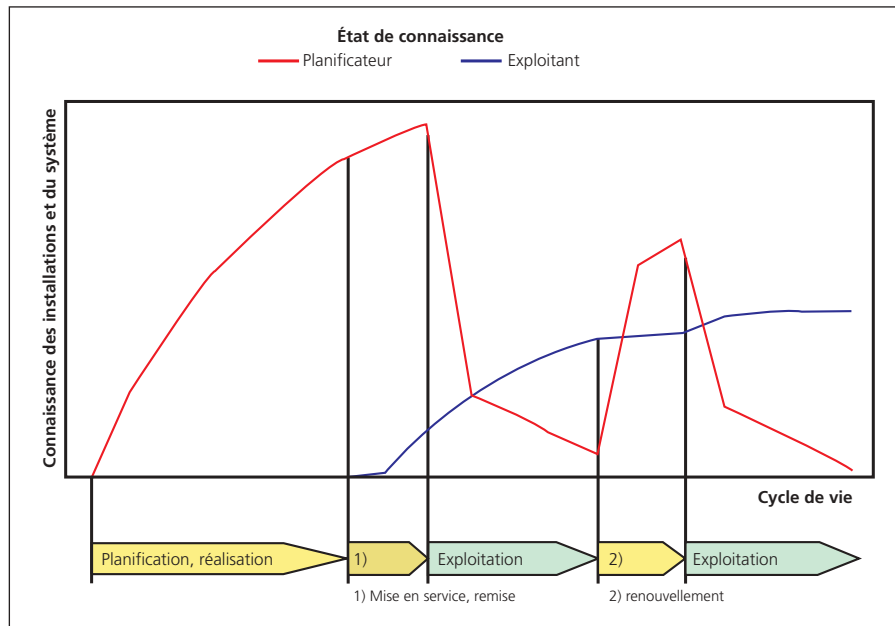


Figure 3: État de connaissance des installations et du système dans le cycle de vie d'une installation

1.6.1 Réfection

Les réfections d'installations techniques qui entraînent un renouvellement significatif de parties d'installation ou du système d'installations n'entrent pas dans le cadre de l'optimisation d'exploitation, mais font partie d'une réfection ou de l'entretien. Les mesures EOC seront toujours justifiées dans le cadre des limites économique et écologique.

Les travaux de réfection / remplacement de parties d'installations qui s'inscrivent dans le cadre de travaux d'assainissement doivent tenir compte des informations sortantes de l'EOc. Ils peuvent permettre des économies significatives sur la consommation d'énergie.

1.7 Rentabilité

Chaque nouvelle installation complexe constitue plus ou moins un prototype. En phase de définition de projet, plusieurs hypothèses vont être émises concernant l'utilisation future. Après les finitions, la nouvelle installation va être mise en service, ce qui ne garantit en rien qu'elle sera, ou même pourra être exploitée de manière optimale. De plus, toutes les influences parvenant de l'utilisateur ne se manifestent qu'au début de l'exploitation. Tous ces facteurs impliquent en règle générale un réglage fin au début de l'exploitation des installations.

L'EOc a comme objectif d'accroître la rentabilité de l'investissement réalisé et, en même temps, de diminuer les dépenses d'exploitation.

Les mesures d'optimisation proposées sont généralement intéressantes pour le client. Les durées d'amortissement de certaines mesures sont de l'ordre de 1 à 3 années. En plus du gain financier, la mise en œuvre de mesures d'optimisation répond aux arguments suivants:

- Meilleure protection de l'environnement par la réduction de la consommation d'énergie
- Augmentation de la durée de vie des installations
- La nécessité d'investissements de remplacement est retardée en raison de l'allongement de la durée de vie des installations.

Divers exemples tirés de la pratique montrent qu'une EOC bien réalisée constitue une option économiquement intéressante pour le client. Ce dernier décide lui-même de la grandeur de l'investissement ainsi que de sa réalisation. Cette décision fixe donc directement l'importance et la méthode appliquée pour l'EOC. La base de cette décision doit être une appréciation du risque à prendre, que l'exploitation des installations ne se fasse pas au point optimisé, c'est-à-dire que l'efficacité énergétique n'est pas optimale ce qui résulterait en frais d'exploitation plus élevés.

2. Systématique dans le cadre d'une EOC

2.1 Conditions préalables pour l'EOC

Afin de pouvoir réaliser une EOC, les conditions de base doivent être remplies, à savoir:

- Les principaux problèmes ayant trait au fonctionnement de l'installation doivent être résolus
- Le concept d'installation doit être représenté sous forme d'un schéma de principe
- La documentation doit être complète
- Le service et l'entretien fonctionnent sans problème (le processus et les responsabilités sont réglés)
- Les indices de consommation énergétique sont relevés pour l'ensemble des vecteurs énergétiques (indicateurs énergétiques pour la comparaison avec des bâtiments similaires).

Si ces conditions sont remplies, alors l'EOC peut être menée selon le schéma figurant sur les deux pages suivantes.

2.2 Démarrage de l'EOC

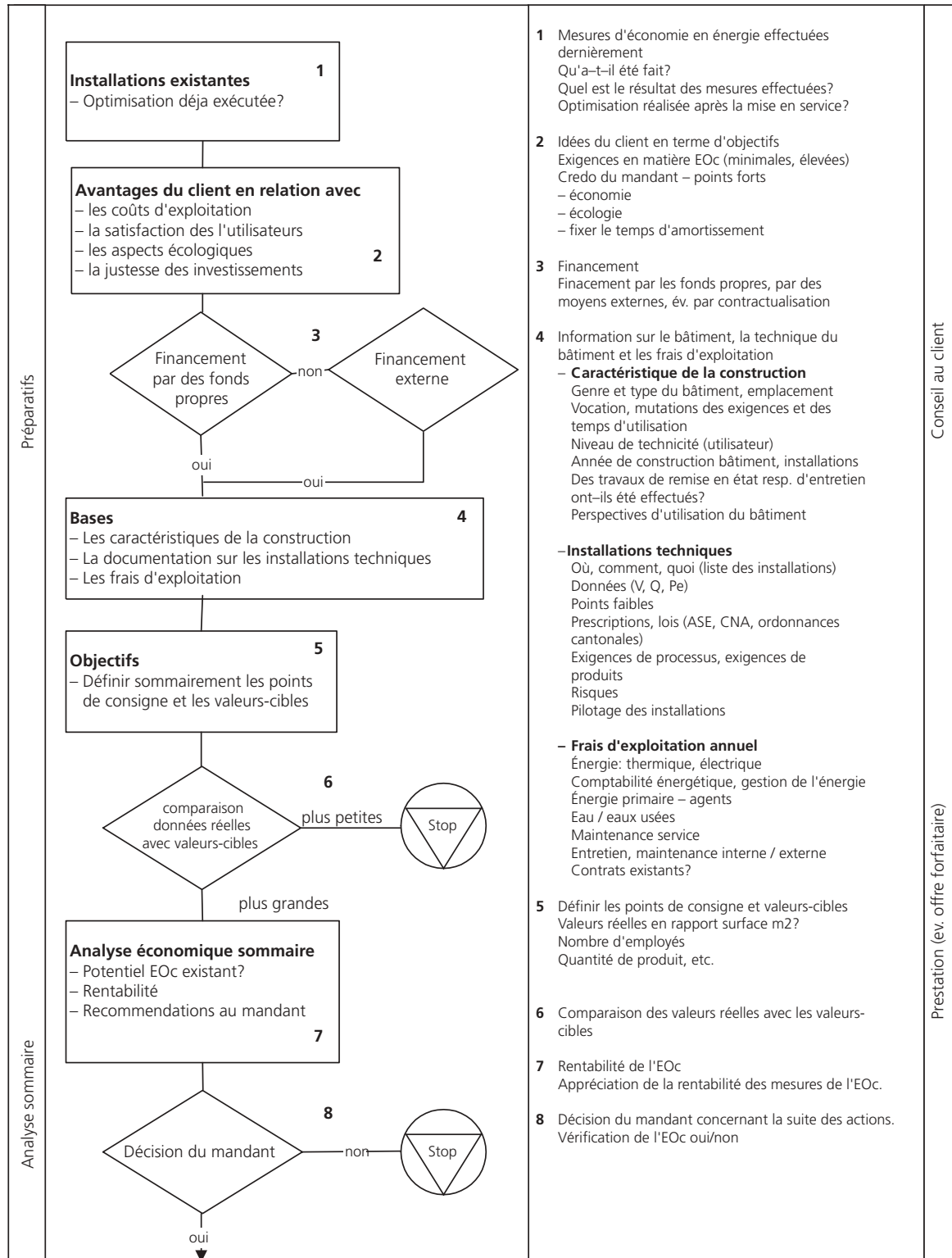
Les expériences de réalisation de l'EOC ont montré qu'une "entrée en douceur" a le plus de chances de réussir. Elle s'adresse à l'aptitude qu'ont les responsables techniques de prendre des risques et des décisions.

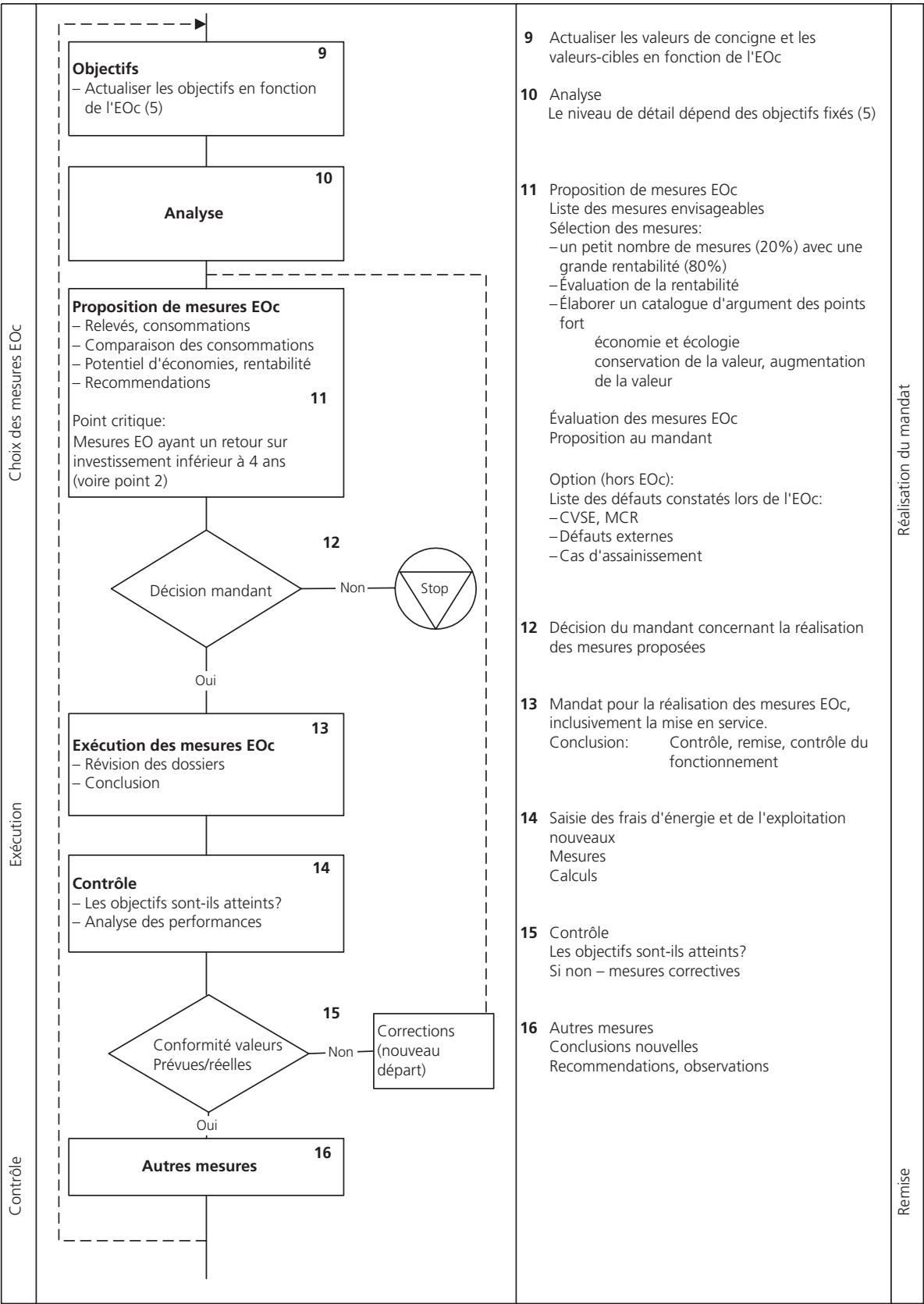
L'objectif de "l'entrée en douceur" est d'aider les responsables techniques à résoudre les problèmes en attente et à proposer des mesures d'optimisation appropriées. Les dépenses initiales liées au conseil et à la réalisation des premières mesures (avec priorité d'exploitation) doivent être amorties en l'espace d'une année. La compétence décisionnelle pour cette phase doit être du responsable technique.

Actions possibles:

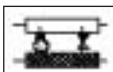
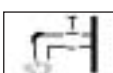
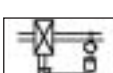
- Visite de l'installation par un spécialiste EOC avec le personnel d'exploitation responsable (avec questionnaire préparé à l'avance), recherche de points faibles et discussion avec les utilisateurs
- Définition de solutions aux problèmes les plus urgents
- Étude de la consommation d'énergie, élaboration d'indicateurs énergétiques
- Évaluation de la consommation d'énergie, comparaison avec des objets similaires (consommation de chaleur, froid, électricité, eau)
- Contrôle global du concept
- Contrôle de la tarification énergétique
- Réalisation immédiate de mesures d'exploitation, notamment celles signalées avec ++++ dans la présente documentation ci-après
- Mise en œuvre immédiate de mesures simples
- Mise en évidence de potentiels d'économies.

Principe de base: Une EOC est une évaluation et une mise en œuvre par étapes de mesures individuelles.
Le schéma de déroulement suivant représente une solution possible.





3. Catalogue de mesures

1	Besoins, utilisateur	
2	Installations de chauffage	
3	Installations de refroidissement	
4	Pompes à chaleur	
5	Installations spéciales (récupération de chaleur, ...)	
6	Installations de ventilation	
7	Installations sanitaires	
8	Installations électriques	
9	Systèmes combinés / en réseau	
10	MCR	

Commentaires sur le catalogue de mesures

A l'intendance des mandataires ou spécialistes:

En premier lieu, procéder à un inventaire et à un contrôle critique des exigences et des besoins. Redéfinir les buts des installations, leur fonctionnement et leur exploitation.

Il est recommandé d'appliquer toutes les mesures d'optimisation possibles avant d'effectuer un quelconque travail d'entretien ou d'assainissement. Souvent un appareil est remplacé par son semblable alors que l'optimisation demande de revoir ses caractéristiques.

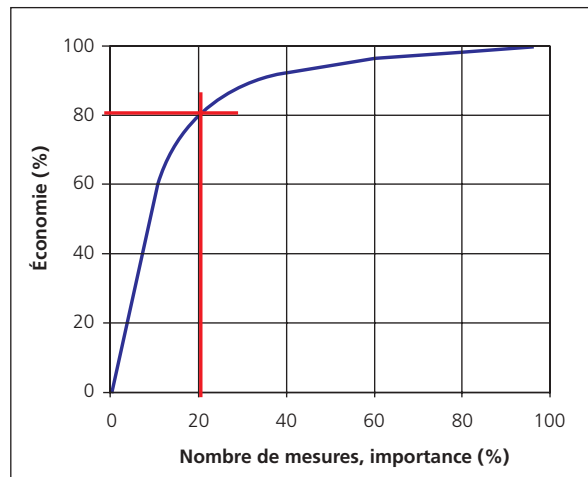
Chaque chapitre doit être considéré de manière autonome. Le document se répète donc à plusieurs reprises.

Sélection des mesures d'optimisation:

L'objectif de l'optimisation: avec seulement 20% des mesures obtenir le 80% des économies. Le potentiel d'économies énoncé dans le catalogue de mesures doit être considéré comme une grandeur relative. La grandeur absolue dépend du système, de l'exploitation et de l'utilisation.

Légende du potentiel d'économies:

- + petit
- ++ moyen
- +++ important
- ++++ très important (première priorité)



4. Mesures par domaine

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
1.	Besoins (inventaire)			
1.1	Généralités	→ Adapter les valeurs d'air ambiant à l'utilisation → Inciter régulièrement les utilisateurs à agir de manière indépendante et dans le respect de l'environnement → Instruction / formation complémentaire du personnel technique	+++ ++ ++	
1.2	Comportement	→ Information sur l'utilisation correcte des vannes thermostatiques et des organes de réglage (par ex. courbes de température) → Ouverture/fermeture des stores en fonction des conditions extérieures, déclenchement de l'éclairage (également durant le week-end) → Meilleure utilisation de la lumière naturelle → Fermer les fenêtres lorsque l'installation de climatisation fonctionne, le cas échéant coupure automatique de l'installation par contact de fenêtre → Débrancher les appareils inutiles → Habit adapté à la saison → Promouvoir la responsabilité individuelle (la personne seule dans son bureau) → Information sur les coûts actuels de l'énergie (sensibiliser l'utilisateur aux économies d'énergie)	+++ +++ ++ +++ +++ + + +++	
1.3	Agrément d'utilisation	→ Valeurs théoriques de confort, température et humidité (été / hiver) → Refroidissement → Chauffage → Ventilation mécanique / renouvellement d'air → Durées de fonctionnement → Immissions et émissions (qualité de l'air, bruit)	++++ ++ ++ ++ ++++ +	
1.4	Exploitation des installations	→ Temps de fonctionnement → Inventaire des charges (calorifiques, frigorifiques) → ev. couper le chauffage statique par basses températures → Contrôler l'efficacité du système (niveaux de rendement) → Maintenance et entretien corrects des installations	++++ ++ ++ + ++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
1.5	Exigences de processus	→ Valeurs de consigne de la température (en été / en hiver) → Valeurs de l'humidité (en été / en hiver) → Refroidissement → Chauffage → Renouvellement d'air → Teneur en polluants (valeurs-limite MAK) → Temps de fonctionnement → Comportements à la pression	++++ ++++ ++ ++ ++ + ++++ +	
1.6	Comptabilité énergétique	→ Effectuer une comptabilité énergétique (consommation, statistiques)	++++	
1.7	Organisation de l'exploitation	→ Tenir compte des changements d'utilisation → Tenir compte des changements de processus → En déduire des changements organisationnels, en tenir compte	++ ++ ++	
1.8	Lois, prescriptions, directives	→ Valeurs MAK → Taux spécifiques concernant l'air → Qualité de l'air, pureté de l'air, humidité de l'air → OPair → Respecter les lois et normes → Observer les prescriptions et recommandations → Puissance installée au m²		
2.	Installations de chauffage			
2.1	Généralités			
2.1.1	Instruction aux exploitants et utilisateurs	→ Explications du fonctionnement et mise à disposition des documents de l'installation	+++	
2.1.2	Réduire les besoins	→ Contrôle des valeurs de consigne / limites de chauffage → Contrôle du besoin calorifique global (production) → Débranchement des consommateurs inutiles → Pouvoir isoler à l'aide de vannes certains secteurs	++++ ++ ++++ ++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
2.1.3	Valeurs caractéristiques/ valeurs comparatives	→ Déterminer le rendement annuel → Contrôle du dimensionnement à l'aide de la consommation annuelle ou de la durée de fonctionnement des brûleurs	+ +	
2.1.4	Optimisation des heures d'exploitation	→ Abaissement de la température ambiante (jour/nuit) → Arrêt de la seconde chaudière - dès que cela est possible → Tenir compte des durées d'utilisation pour les systèmes à commande par horloge	+++ +++ ++	
2.1.5	Contrôle des fonctions de commande et de régulation	→ Contrôle et adaptation des valeurs de consigne en fonction des besoins effectifs (courbe de chauffage, abaissements, limite de chauffage, éviter de faire marcher simultanément le chauffage et le refroidissement) → Contrôler les températures de consigne de la chaudière → Arrêt des pompes (fonction "eco", horloge) → Contrôle de l'accumulateur → Majoration du différentiel de commutation sur la chaudière → Contrôler les cycles de commutation → Optimiser le différentiel d'abaissement (K)	++++ ++ ++ +++ ++	
2.2	Hydraulique			
2.2.1	Réduire les débits	→ Contrôler l'équilibrage hydraulique → Mesurer la différence de température des groupes et si possible l'augmenter → Adapter les températures par des essais (déterminer la température de départ la plus basse possible) → Contrôler la perte de pression des échangeurs, tenir une fiche de contrôle, constater le niveau d'encrassement, mesurer Δp → Contrôler le dimensionnement des pompes (év. choisir une dimension inférieure) → En cas de débit constant, étudier la possibilité de le faire varier → Contrôle de fuites éventuelles sur les installations → Éviter de faire circuler de l'eau à travers une chaudière qui n'est pas utilisé → Contrôler la commutation et le fonctionnement de l'accumulateur → Empêcher la circulation à thermosiphon (gravitation) et les circulations parasite	++ ++ ++ +++ ++ ++ + ++ ++ +	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
2.3	Chauffage / Combustion			
2.3.1	Brûleur	→ Adapter la puissance du brûleur (gicleurs, impulsions, temps de fonctionnement) → Régler correctement la combustion (contrôler le rapport de service du brûleur) → Optimiser l'apport d'air frais pour l'aération de la chaufferie (quantité d'air, arrivée d'air)	++ +++ +	
2.3.2	Contrôler la température des gaz de combustion	→ Contrôle de la suie sur les chaudières à mazout (1 mm de suie entraîne une augmentation de la température des gaz de combustion de 20 - 50 K soit augmentation des pertes de gaz de combustion de 1–3 %) → Contrôler l'efficacité de la combustion → Contrôle des gaz brûlés selon l'OPair	+++ +++ ++	
2.4	Production de chaleur			
2.4.1	Chaudière	→ Nettoyage régulier de la chaudière → Adapter la chaudière aux besoins (observer les prescriptions du fournisseur) → Revêtir de chamotte (argile réfractaire) une chambre de combustion trop importante → S'agissant d'installations à plusieurs chaudières, ne faire fonctionner que celles qui sont nécessaires	++ ++ + +++	
2.4.2	Abaissement de la température des gaz de combustion	→ Déterminer les valeurs les plus basses possibles par des essais (considérer: architecture de la chaudière, conduit de fumée, puissance de la chaudière, comportement au démarrage) → Installer des turbulateurs dans la chaudière (pas de réduction de puissance) → Pour une chaudière à condensation avec une température à l'entrée la plus basse possible	++ + +	
2.5	Isolation thermique	→ Contrôler l'isolation thermique des installations, y compris les tuyauteries, et isoler les parties qui en sont dépourvues → Réduire les pertes par une isolation supplémentaire (conduites, appareils, robinetterie) → Isolation complémentaire de la chaudière → Capot d'isolation contre la chaleur et le bruit sur le brûleur	+++ ++ ++ +	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
3.	Installations de froid			
3.1	Généralités			
3.1.1	Instruction aux exploitants et utilisateurs	→ Explication du fonctionnement et mise à disposition des documents concernant l'installation	+	
3.1.2	Réduire le besoin	→ Contrôle de la consommation, débranchement des consommateurs inutiles → Contrôle des besoins pour des températures extérieures basses (limite de froid) → Réduction des besoins frigorifiques de l'installation de climatisation par le biais du refroidissement adiabatique (laveur d'air), réglage du taux d'humidité relative en fonction de la température extérieure	++++ ++ ++	
3.1.3	Valeurs caractéristiques	→ Déterminer le coefficient de performance annuel moyen (calcul + mesure)	+	
3.1.4	Contrôle des temps de fonctionnement	→ Adaptation des temps de fonctionnement de l'installation de froid aux besoins des consommateurs (minimum absolu) / adaptation de l'horloge de commande → Contrôle des tarifs de l'électricité → Adapter le chargement de l'accumulateur en fonction de la demande (température extérieure)	++++ ++ ++	
3.1.5	Contrôle des fonctions de commande et de régulation	→ Contrôle des valeurs de consignes, év. adaptation aux besoins effectifs → Contrôler la fonction de commande "libération de froid". Libération de froid en fonction de la température extérieure, choix d'une "valeur de commutation" plus élevée → Contrôle de rendement de l'accumulateur / Contrôle de l'équilibrage hydraulique → Contrôle de la régulation en comportement dynamique	++++ ++++ ++ ++	
3.1.6	Réduction des débits	→ Mesurer la différence de température sur les consommateurs, l'augmenter dans la mesure du possible, en général. > 6K → Utiliser le débit variable → Adapter le température d'appareil à celle du réseau → Contrôler le degré d'efficacité, l'indice de performance	++ ++ ++++ +++	
3.1.7	Installations de refroidissement dans les établissements commerciaux	→ Étudier la récupération de la chaleur (par ex. pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire)	+++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
3.2	Évaporation			
3.2.1	Adaptation de la température de l'eau glacée	→ S'efforcer d'avoir des températures aussi élevées que possible → Ajustement des valeurs de consigne en fonction des régimes de fonctionnement (été/hiver)	++++ ++++	
3.2.2	Contrôle de la température d'évaporation	→ Rechercher un différentiel de température le plus petit possible entre la sortie de l'évaporation et la température d'évaporation	+	
3.2.3	Contrôle de la perte de pression côté eau	→ Contrôle du débit et de l'encrassement	+	
3.2.4	Contrôle de la pompe de refroidissement	→ Contrôle du dimensionnement, choisir éventuellement une plus petite → Contrôle du fonctionnement de l'accumulateur	+	
3.2.5	Vérifier le dégivrage de l'évaporateur	→ Consommation énergétique pour le dégivrage de l'évaporateur	+++	
3.3	Compresseur			
3.3.1	Contrôler l'indice de performance	→ Contrôler le fonctionnement surtout à charge partielle	+	
3.3.2	Optimisation du rendement général	→ Renoncer si possible au by-pass des gaz chauds → Contrôler la fréquence marche (en/hors) → Contrôler l'étagement de la régulation de puissance, év. bloquer les régimes inférieurs → Contrôler le fonctionnement de la valeur de consigne → Évaluer la pose d'une soupape d'expansion à régulation électronique	+++ ++ ++ ++ +++	
3.4	Condenseur (refroidi à l'eau)			
3.4.1	Contrôle de la température de sortie	→ Rechercher un différentiel de température le plus petit possible entre la sortie du condenseur et la température de condensation → Rechercher la température de condensation la plus basse possible → Faire fonctionner l'installation de froid avec des pressions de condensation variables (dans la mesure du possible)	++ ++	
3.4.2	Contrôle de la perte de pression côté eau	→ Contrôle du débit et de l'encrassement	++	
3.4.3	Étudier le sous-refroidissement	→ Contrôler le sous-refroidissement des réfrigérants (eau, air)	++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
3.5	Refroidissement par le retour			
3.5.1	Adaptation de la température de refroidissement	→ Choisir la température de refroidissement la plus basse possible → Ajuster la température de consigne en fonction de la température extérieure → Examiner la température d'entrée sur le refroidisseur	++++ ++++ +	
3.5.2	Contrôle du débit	→ Contrôle du différentiel de température aller/retour, viser des valeurs > 6K → Contrôle de la pompe, choix d'un régime inférieur	+ ++	
3.5.3	Contrôle du rendement/puissance absorbée	→ Maintenir les pertes de pression eau et air à un niveau bas (nettoyage du filtre, remplacement) → Ev. majorer le différentiel de température de retour froid (par exemple 7 au lieu de 6K) → Maintenir une température aussi basse que possible à la sortie de l'échangeur → Surveiller l'encrassement, au besoin nettoyer → Contrôler, resp. régler correctement la valeur de mise en route /coupure du chauffage du bassin → Contrôler la commutation en parallèle, c'est-à-dire optimiser la commutation par niveaux ou l'exploitation en parallèle en fonction du rapport puissance absorbée/puissance frigorifique (plus grande surface) → Tester le réglage de puissance des tours de refroidissement sur la bonne séquence, soit 1) clapet OUVERT, 2) pompe EN MARCHE, 3) ventilateur niveau 1, 4) ventilateur niveau 2 → Contrôler le réglage de puissance du système de retour de refroidissement à sec réfrigération de retour à sec, par ex. l'ensemble des ventilateurs, tout d'abord niveau 1 → Contrôler et év. corriger la valeur d'enclenchement (température) du ventilateur de retour refroidissement. La réfrigération de retour nécessite jusqu'à 50 % de l'électricité de l'installation de refroidissement	++ + + + + +++ +++ ++ ++	
3.5.4	Contrôle du débouillage	→ Contrôler et év. corriger la quantité de boues → Contrôler la compatibilité des agents de débouillage avec la protection de l'environnement → Contrôler la conductance	+ + +	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
3.6 3.6.1	Free-Cooling Contrôle fonction / performance	→ Adapter la température de consigne aux besoins effectifs → Contrôler le niveau d'efficacité (rendement net) → Optimiser le point de commutation → Considération écologique, comparer le Free-Cooling avec l'utilisation d'une pompe à chaleur ou d'une récupération de chaleur	++ ++ +++ +++	
3.7 3.7.1	Récupération de chaleur Contrôle fonction/besoin	→ Adapter l'installation avec récupération de chaleur aux besoins effectifs → Contrôler la fonction de l'accumulateur → Adapter la température des utilisateurs à celle de la récupération de chaleur → Contrôler la fonction du désurchauffeur (si existant)	++ ++ +++ ++	
3.8 3.8.1	Réseau frigorigène Contrôle d'isolation thermique	→ Au besoin, isolation complémentaire des conduites, de l'accumulateur et de la robinetterie → En cas d'isolation insuffisante (formation de condensation), augmenter la capacité d'isolation ou poser une nouvelle isolation	+ +	
3.9 3.9.1	Système hydraulique Contrôle de fonctionnalité	→ Contrôler le système des raccordements hydrauliques → Contrôler l'exploitation de l'accumulateur	++ +	
3.9.2	Contrôle du dimensionnement de la robinetterie et des composants	→ Contrôle du dimensionnement à utilisation effective, adaptation au besoin / mise à la bonne dimension → Contrôler voire optimiser le rendement des pompes	++ ++	
3.9.3	Distribution	→ Contrôler le réseau de distribution et adapter si nécessaire la puissance des pompes	++	
	Voir aussi chapitre 4			

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
4.	Installations de pompes à chaleur			
4.1	Généralités			
4.1.1	Instruction des exploitants et utilisateurs	→ Explication du fonctionnement et mise à disposition des documents concernant l'installation	++	
4.1.2	Minimisation des besoins	→ Contrôle de la consommation, débranchement des consommateurs inutiles → Contrôle des valeurs de consignes / des limites de chauffage → Débranchement des consommateurs inutiles	++++ ++	
4.1.3	Valeurs caractéristiques	→ Détermination de l'indice annuel de performance (calcul + mesure)	+	
4.1.4	Contrôle des temps de fonctionnement	→ Adaptation des temps de fonctionnement de la pompe à chaleur aux besoins des consommateurs (minimum absolu) / adaptation du dispositif de commutation	++++	
4.1.5	Contrôle des fonctions de commande et de régulation	→ Contrôle des valeurs de consigne, adaptation aux besoins → Contrôler la fonction "libération de la pompe à chaleur". Dans le cas où la libération s'opère en fonction de la température extérieure, opter pour une "valeur de commutation" plus basse → Contrôler le fonctionnement et le raccordement hydraulique → Optimiser le fonctionnement de l'accumulateur en relation avec les tarifs électriques	++ ++ ++ ++++	
4.1.6	Réduire les débits	→ Avoir une différence de température des consommateurs supérieure à 6 K → Variation du débit (vannes à deux)	++ ++	
4.2	Évaporateur			
4.2.1	Améliorer l'exploitation des sources de chaleur	→ Viser un haut niveau de température	++	
4.2.2	Contrôle de la température d'évaporation	→ Viser un différentiel de température le plus faible possible entre le caloporteur et la température d'évaporation	+	
4.2.3	Contrôle de la perte de pression côté air	→ Remplacement du filtre, nettoyage de l'échangeur de chaleur	++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
4.2.4	Contrôle de la perte de pression côté eau	→ Contrôle du débit et de l'encrassement pendant l'exploitation	+	
4.2.5	Contrôle de la pompe du circuit de refroidissement	→ Contrôle du dimensionnement, év. choisir une dimension plus petite	+	
4.2.6	Contrôle de la commutation du ventilateur	→ Réglage du régime	+++	
4.2.7	Contrôle fonctionnel de la pompe à chaleur avec l'air comme source de chaleur	→ Contrôle de l'encrassement du système d'évaporation / du filtre → Contrôle de fonctionnement du dégivrage → Optimiser la commutation du ventilateur → Contrôler la quantité d'air → Contrôler l'aspiration d'air → Nettoyer la grille pare-pluie	+ +++ +++	
4.2.8	Contrôle du réfrigérant	→ Contrôle de concentration (viscosité → consommation électrique du moteur de compression)	++	
4.3	Compresseur			
4.3.1	Veiller à l'indice de performance	→ Contrôler particulièrement en exploitation à charge partielle	+	
4.3.2	Optimisation du rendement global	→ Éviter autant que possible les by-pass de gaz chaud, éviter l'exploitation à charge partielle → Contrôler la fréquence de mise en route / arrêt → Contrôler les étages de la régulation de puissance, év. bloquer les bas niveaux de charge → Contrôler la régulation du débit → Contrôle régulation/fonction de la soupape d'expansion → Étudier la pose d'une soupape d'expansion à régulation électronique	+++ +++ ++ + ++ +++	
4.4	Condenseur			
4.4.1	Adaptation de la température du caloporteur	→ Viser des températures aussi basses que possible → Ajustement des valeurs de consignes pour différents modes d'exploitation (été / hiver)	++++ ++++	
4.4.2	Contrôle de la température de sortie	→ Rechercher un différentiel de température le plus petit possible entre la sortie du condenseur et la température de condensation	+	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
4.4.3	Contrôle de la perte de pression côté eau	→ Contrôle du débit et de l'encrassement pendant l'exploitation	++	
4.4.4	Contrôle du réfrigérant	→ Contrôle de concentration (viscosité → consommation électrique du système de compression)	++	
4.5	Température de condensation			
4.5.1	Température de condensation adaptée	→ Opter pour température de condensation faible → Ajuster la température de condensation en fonction de la température extérieure → Contrôle des températures minimales pour chaque groupe de consommateurs, év. abaissement de la température de condensation	+++ +++ ++	
4.5.2	Contrôle de du débit	→ Contrôler le différentiel de température aller/retour, viser des valeurs > 9K → Contrôler le dimensionnement de la pompe	+ +	
4.6	Émission de chaleur			
4.6.1	Contrôle rendement/puissance absorbée	→ Éventuellement majorer le différentiel de température (par exemple 12 au lieu de 10K) → Maintenir les pertes de pression côté eau et air au niveau le plus bas possible (désencrassement, échange du filtre) → Contrôle du débit de l'encrassement → Contrôler la commutation en parallèle	++ ++ ++ +++	
4.7	Système hydraulique			
4.7.1	Contrôle de fonctionnalité	→ Contrôler le système des raccordements hydrauliques → Contrôler le fonctionnement de l'accumulateur	++ +	
4.7.2	Contrôle du dimensionnement de la robinetterie et des composants	→ Contrôle du dimensionnement à utilisation effective, adaptation au besoin / mise à la bonne dimension → Contrôler / optimiser le rendement des pompes	+ +	
4.7.3	Contrôle de l'intégration au système hydraulique	→ Ev. intégration de nouvelles connaissances	++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
5.	Installations spéciales			
5.1	Systèmes de récupération de chaleur			
5.1.1	Généralités	→ Contrôle du taux annuel d'utilisation → Contrôle des dépenses annuelles d'énergie (y compris côté air) → Contrôle des fonctions de régulation	++ ++ ++	
5.1.2	Ventilation: apport d'air recyclé	→ Contrôle de la position des clapets → Accroissement de la part d'air recyclé (prendre en compte la qualité de l'eau)	++ +++	
5.1.3	Ventilation: échangeur de chaleur à plaques	→ Mesure des températures, contrôle du rendement → Contrôle des séquences → Contrôle de l'encrassement	++++ +++ +++	
5.1.4	Ventilation: échangeur de chaleur rotatif sans échange d'humidité	→ Mesure des températures, contrôle du rendement → Contrôle des séquences → Contrôle de l'encrassement → Examen des fuites → Contrôle de la fonction à l'arrêt	++++ +++ +++ ++ ++	
5.1.5	Ventilation: échangeur de chaleur rotatif avec échangeur d'humidité	→ Mesure des températures, contrôle de performance → Mesure de l'humidité, contrôle de performance → Contrôle des séquences → Contrôle de l'encrassement → Examen des fuites → Contrôle de la fonction à l'arrêt	++++ ++ +++ +++ ++ ++	
5.1.6	Refroidissement d'air adiabatique	→ Installation possible à moindre coût?	++	
5.1.7	Hydraulique: circuits combinés. Système de récupération de chaleur	→ Mesure des températures, contrôle du rendement → Contrôle des séquences → Contrôle de l'encrassement → Contrôle du débit	++++ +++ ++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
5.1.8	Divers: tube chauffant	→ Mesure des températures, contrôle du rendement → Contrôle des séquences → Contrôle de l'encrassement	++++ +++ ++	
5.2	Free-Cooling			
5.2.1	Généralités	→ Contrôle du taux annuel d'utilisation → Contrôle des dépenses annuelles d'énergie (y compris côté air) → Contrôle des fonctions de régulation	++ ++ ++	
5.2.2	Système	→ Mesure des températures, contrôle de performance (dépenses-gain) → Comparaison exploitation pompe à chaleur / free-cooling	++++	
5.3	Plafonds froids			
5.3.1	Exploitation optimale des plafonds froids	→ Exploitation du refroidissement nocturne autant que possible (s'agissant de plafonds ouverts) → Contrôles de la valeur de consigne de la température ambiante / faire varier la température d'eau de refroidissement en fonction de la température extérieure	+++ ++	
5.4	Installations à capteurs solaires			
5.4.1	Maximiser le rendement	→ Contrôle des statistiques, mesures de rendement et des consommations, effectuer éventuellement de nouvelles mesures → Contrôle du site (ombrage éventuel dû à des arbres ou à de nouveaux bâtiments) → Maintenir propre la surface des capteurs (dénéigement, pente) → Adaptation de la température d'exploitation en fonction des consommateurs (aussi basse que possible) → Contrôle du dispositif d'expansion → Contrôle de la circulation (absence d'air dans le système)	++ ++ +++ +++ ++ ++	
5.4.2	Contrôle du fluide	→ Contrôle de la concentration d'antigel (viscosité → consommation électrique des pompes) → Le rendement est-il normal ? → Est-ce que la pompe se met en route et s'arrête en des différences de températures souhaitée ?	++ ++ ++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
5.4.3	Valeurs caractéristiques	→ Détermination du rendement calorifique annuel net	++	
5.4.4	Contrôle des fonctions de commande et de régulation	→ Contrôle des valeurs théoriques et des fonctions, adaptation si besoin est → Contrôle de l'emplacement des capteurs → Commutation des pompes → Contrôle de la commutation sur la chaudière	++ ++ ++ ++	
5.4.5	Exploitation de l'accumulateur	→ Niveaux des températures	++	
5.4.6	Isolation thermique	→ Contrôler l'isolation thermique des installations et isoler les parties qui ne le sont pas → Accroître la capacité d'isolation (conduites, accumulateur)	++ +	
5.5	Photovoltaïque			
5.5.1	Généralités	→ Contrôler l'efficacité du convertisseur → Contrôler les circuits électriques → Maintenir propre la surface des cellules → Comparaison des pronostics avec rendement effectif	+++ + +	
5.6	Groupes chaleur-force	→ Optimisation des groupes chaleur-force selon les recommandations du fournisseur → Contrôle des temps de fonctionnement → Contrôle des cycles de commutation → Contrôle des valeurs des rejets gazeux → Contrôle des températures du système → Contrôle des commutations en série → Étudier l'utilisation de la chaleur perdue → Couverture des pointes électriques → Rendement de l'accumulateur en considérant le temps de fonctionnement et les dépenses d'électricité → Contrôle des prix de revient du courant → Contrôle des prix de revient de la chaleur	+++ +++ +++ + ++ ++ +++ ++ ++ +++ +++	
5.7	Systèmes d'accumulation de glace	→ Contrôle de fonction → Optimisation du rendement de l'accumulation	++ +++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
6.	Installations aérauliques			
6.1	Généralités			
6.1.1	Instruction des exploitants et utilisateurs	→ Explication du fonctionnement et mise à disposition des documents concernant l'installation (existe-t-il des manuels d'utilisation, complets et valables?)	+	
6.1.2	Minimiser les besoins	→ Contrôler la nécessité de ventiler → Étudier un fonctionnement en alternance des installations → Intégrer l'utilisation de la lumière naturelle dans le concept d'exploitation → Réduire au minimum les charges internes et externes → Contrôler l'efficacité des systèmes de protection solaire → Optimiser les automatismes de protection solaire quant à l'utilisation de la lumière naturelle et aux besoins en froid	++++ ++ ++ +++ ++++	
6.1.3	Optimisation des temps de fonctionnement des installations	→ Régler les temps de fonctionnement des installations en fonction des besoins journaliers → Prévoir un canal d'horloge de commutation par installation (ne pas piloter simultanément plusieurs installations différentes) → Tenir compte de l'effet d'accumulation afin de pouvoir éventuellement couper suffisamment tôt d'autres installations → Étudier le recours à des détecteurs de présence → Contrôler l'efficacité du fonctionnement nocturne (si existant)	++++ +++ +++ ++	
6.1.4	Optimisation des débits d'air	→ Réduire la proportion d'air extérieur au minimum → Étudier le recours à des capteurs pour la mesure et la qualité de l'air → Adapter la quantité d'air pulsé (réduction du débit) → Étudier la possibilité d'avoir de débits variables ou des moteurs à plusieurs vitesses → Différentiel de température plus grand entre l'arrivée et l'évacuation d'air → Exploiter la capacité frigorifique de l'air extérieur (commutation offre - demande) → Optimiser le système de pulsion d'air	++ ++ ++++ +++ +++ +++ ++	
6.1.5	Débits d'air	→ Bilans concernant les quantités d'air, fonction des clapets, by-pass de récupération de la chaleur, fuites, dépression, surpression	++++	
6.1.6	Contrôle des températures	→ Différentiel de température, courbes de température air extérieur (air pulsé, air ambiant, air évacué)	++++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
6.2	Fonction de commande et de régulation			
6.2.1	Préchauffage	→ En cas de régulation instable, contrôler le dimensionnement des vannes et les caractéristiques du préchauffeur	+++	
6.2.2	Post-chauffage	→ En cas de régulation instable, contrôler le dimensionnement des vannes et les caractéristiques du post-chauffage. Inventorier le besoin du post-chauffage	+++	
6.2.3	Refroidissement de l'air	→ En cas de régulation instable, contrôler le dimensionnement des vannes et des caractéristiques du refroidisseur d'air	+++	
6.2.4	Humidification	→ Maintenir les valeurs de consigne d'humidification aussi faibles que possible. Inventorier les besoins. → En période de transition, augmenter la valeur de consigne d'humidité relative (utilisation du refroidissement adiabatique) → Contrôler la fonction et le niveau d'efficacité → Débrancher si possible les humidificateurs électriques à vapeur	++++ ++++ ++ +++	
6.2.5	Refroidissement d'air adiabatique	→ Utilisation d'un laveur d'air pour le refroidissement adiabatique → Contrôler les valeurs théoriques d'humidité dans les pièces	++ ++	
6.2.6	Déshumidification	→ Désactiver chaque fois que c'est possible la régulation du système de déshumidification → Pas de limite supérieure d'humidité relative	++ ++	
6.2.7	Récupération de la chaleur	→ Voir chapitre 5.1	+	
6.2.8	Contrôle des séquences air de roulement évacué/air extérieur/préchauffage/post-chauffage/refroidissement de l'air / récupération de la chaleur	→ Ajustage logique des différentes séquences de régulation (simulation de charge)	++	
6.2.9	Commutation de protection contre le gel	→ Contrôle fonction / valeurs de consigne → Point de commutation de la pompe interne	+ +	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
6.2.10	Commutation de démarrage	→ Contrôle fonction / valeurs de consigne	+	
6.2.11	Régulation du point de rosée	→ Remettre en question la régulation du point de rosée. Faire varier la valeur de consigne en fonction de la température extérieure	+++	
6.2.12	Refroidissement nocturne	→ Contrôler l'efficacité du refroidissement nocturne → Contrôler les valeurs théoriques de fonctionnement en refroidissement nocturne → Contrôler l'aptitude du système en matière de refroidissement nocturne, RAVEL 724.397.32.53	+++ ++ ++	
6.2.13	Régulation de la pression (installations VAV)	→ Contrôler les commandes / entraînements de ventilateurs avec un convertisseur de fréquences → Remplacer les réglages par clapet par des convertisseurs de fréquences → Adapter la valeur de consigne à la valeur minimale nécessaire effective → Contrôler l'emplacement des sources de pression → Exploiter l'arrivée et l'évacuation de l'air avec des circuits de régulation séparés → Contrôler les grandeurs caractéristiques des convertisseurs de fréquence	+++ +++ ++ + ++ ++	
6.3	Éléments d'installations			
6.3.1	Humidificateurs électriques à vapeur	→ N'exploiter que les installations d'humidification absolument nécessaires → Minimiser les pertes à l'arrêt → En l'absence de besoin, mettre le commutateur principal en position "off" → Contrôler la fonctionnalité → Contrôler le débouage et les intervalles de décantage	++++ ++ +++ ++ ++	
6.3.2	Systèmes d'humidification laveurs d'air Humidificateurs à nattes Humidificateurs à ultrasons Générateurs de vapeur froide, etc.	→ Contrôles du débouage → Traitement d'eau sur les générateurs de vapeur froide (humidificateurs à ultrasons) ? → En cas de variation du débit d'air, contrôler l'efficacité du ventilateur et du moteur	++ ++ +++	
6.3.3	Ventilateurs	→ Réduire les résistances particulières → Étudier le recours à un dispositif d'entraînement par courroie plate	+ ++	
6.3.4	Récupération de chaleur	→ Prévoir le by-pass de celui-ci lorsqu'il n'y pas de chaleur à récupérer	+	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
6.3.5	Réseau de gaines	→ Contrôler le réseau aéraulique et suppression des points faibles (résistances locales, fuites)	+	
6.3.6	Grilles pare-pluie	→ Nettoyer	+	
6.3.7	Filtres	→ Vérifier que la qualité de filtre corresponde aux exigences → Tenir compte de la perte maximale de pression (remplacement du filtre)	++ ++	
6.3.8	Échangeurs de chaleur (refroidissement air, préchauffage, post-chauffage)	→ Contrôler l'encrassement	++	
6.3.9	Appareils de refroidissement de l'air de roulement	→ Veiller aux séquences de régulation refroidissement, chauffage, humidification, déshumidification → Sélection des ventilateurs, voir 6.2.3	++ +	
6.4	Systèmes			
6.4.1	Ventilation mixte	→ Veiller à une disposition optimale des bouches d'air (la température minimale de pulsion dépend du modèle choisi)	+	
6.4.2	Ventilation-source	→ La température de pulsion doit toujours être inférieure à celle de l'air ambiant → Tenir compte de l'emplacement des sondes de température ambiante env. 1.1 m au-dessus du sol	++ +	
6.4.3	Refroidissement par le plafond sans ventilation			
6.4.4	Refroidissement par le plafond avec ventilation-source	→ Prendre garde au dépassement du point de rosée de l'air pulsée	+	
6.4.5	Refroidissement pour l'informatique	→ Écart de température le plus grand possible → Flux d'air de haut en bas (15°/35°C)	++ +	
6.4.6	Ventilation des garages	→ Réduction du débit d'air (directive VSHL 90-1), év. avec capteur CO	+++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
6.4.7	Restauration	→ Contrôler le débit d'air, capteurs d'air mixte	+++	
6.4.8	Auditorium	→ Ventilation réglée en fonction du besoin, avec capteurs pour la qualité de l'air	+++	
6.4.9	Refroidissement de l'air de roulement	→ Arrêt automatique des installations d'air de roulement par un thermostat d'ambiance	++++	
6.4.10	Installations d'évacuation d'air	→ Contrôle des débits d'air → Arrêt des installations d'évacuation d'air dans les WC qui présentent des tuyauteries bouchées → Piloter les installations d'évacuation d'air des WC à l'aide des interrupteurs de lumière ou des détecteurs de présence ou d'une minuterie	+++ ++++ +++	
7.	Installations sanitaires			
7.1	Généralités			
7.1.1	Minimiser les besoins	→ Contrôler la consommation → Démontez les appareils inutiles ou rarement utilisés, y compris les conduites (en particulier en cas de longues conduites de circulation) → Mise en place de mesures d'économie → Vérifier la nécessité de chaque point de soutirage	++ ++ ++	
7.1.2	Valeurs caractéristiques/comparatives	→ Déterminer les consommations → Comparaison de celles-ci avec des mesures et avec des objets similaires ou analogues	++ ++	
7.1.3	Minimiser les pertes d'eau	→ Rendre étanche la robinetterie → Réviser les vannes de sécurité non étanches → Remplacer les joints du réservoir de WC, le remplacer par un urinoir	++ ++ ++	
7.1.4	Minimiser les pertes thermiques de l'eau chaude	→ Isolation complémentaire des conduites, de la robinetterie, des pompes et du distributeur → Contrôle du débit d'eau de circulation	+++ +++	Voir Conduites Voir Circulation

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
7.1.5	Étudier des mesures d'économie d'eau	→ Équiper les urinoirs d'un automatisme d'approche → Équiper les grosses installations de douche, comme les installations sportives et militaires, de robinetterie avec limitation de durée (impulsion), par exemple 90 secondes, év. utiliser des mitigeurs à 1 voie → Dans le domaine public, équiper la robinetterie de vannes mécaniques à fermeture automatique (également livrables en exécution "anti- vandale") → Poser des limiteurs de débit sur les douches et batteries de lavabos → Poser des chasses d'eau de WC avec sélecteur de débit d'eau → Mettre des pierres dans les chasses d'eau pour réduire le tirant d'eau (ou mieux, installer de nouvelles chasses d'eau)	++ +++ ++	
7.1.5	Contrôler les installations d'augmentation de la pression	→ Contrôle de pression, des temps de fonctionnement	++	
7.2	Chauffe-eau			
7.2.1	Généralités	→ En premier lieu contrôle du différentiel de température → Emplacement du chauffe-eau, choix du principe centralisé/décentralisé → Contrôle de l'isolation → Contrôle de la température de l'eau chaude max. 60 °C, attention aux légionelloses (hôpitaux, établissements de soins) → Contrôle de performance (par ex. en cas d'entartrage du registre et de l'échangeur à plaques) → Contrôle du circuit de charge et du maintien à haute température → Contrôles généraux de fonction → Mode de réchauffement de l'eau (différencier été/hiver) → Contrôle d'entartrage	+++ ++	
7.2.2	Contrôle des fonctions de commande et régulation	→ Contrôle des fonctions de commande été-hiver-libération → Contrôle de fonction marche / arrêt	++++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
7.3	Eau chaude			
7.3.1	Circulation	→ Étudier dans quelle mesure il est possible de renoncer à une circulation → Contrôler le dimensionnement du circulateur et du débit. Éventuellement réduire le débit → Contrôler la consommation électrique du circulateur → Pilotage du circulateur selon horloge	++++ ++ ++ ++	
7.3.2	Chauffage d'appoint	→ Étudier dans quelle mesure il est possible de renoncer à une circulation → Pilotage du chauffage d'appoint à l'aide d'une horloge (seulement pour les établissements commerciaux et scolaires) → Utilisation de bandes chauffantes auto-régulées	+++ ++	
7.3.3	Conduites	→ Isolation complémentaire du système de distribution d'eau chaude → Contrôle du système de distribution en matière énergétique (prises d'eau, réseau)	+++ +++	
7.4	Contrôle du système d'irrigation	→ Utiliser des installations d'irrigation ayant de systèmes économes, par ex. systèmes goutte à goutte	+	
7.5	Contrôle des bassins de natation	→ Contrôler l'apport en eau → Récupération de chaleur (SIA 385) → Contrôler le revêtement du bassin (SIA 385) → Optimiser le débit d'eau et l'intervalle de rinçage des filtres	+++ +++ ++ ++	
7.6	Contrôle des étangs et bassins d'ornement	→ Transformation en systèmes avec récirculation	+++	
7.7	Contrôle des temps de fonctionnement des fontaines	→ Équipement des fontaines avec des dispositifs de limitation (horloge) de débit	++	
7.8	Contrôle du fonctionnement des laveurs d'air et des tours de refroidissement	→ Contrôle des périodes de fonctionnement et des débits d'eau (indicateurs de flux et pilotage horaire) → Contrôle des valeurs de débouage et des quantités des produits (pilotage par valeur de consigne) → Éliminer si possible les refroidissements directs	+ ++ +	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
7.9	Contrôle des pompes d'eaux usées	→ Contrôle des périodes de fonctionnement et des débits d'eau (indicateurs de flux et pilotage horaire)	+	
7.10	Contrôle des installations à air comprimé	→ Minimiser les pertes de réseau	+++	
7.11	Installations créant le vide	→ Fixer les valeurs de consigne de pression au minimum	++	
8.	Installations électriques			
8.1	Généralités			
8.1.1	Minimiser les besoins	→ Contrôler la consommation → Couper les consommateurs inutiles → Étudier le remplacement d'appareils anciens par de nouveaux à meilleur rendement	++ ++++ +++	
8.1.2	Contrôle des temps de fonctionnement	→ Réduire les temps de fonctionnement aux besoins effectifs des utilisateurs/ consommateurs (minimum absolu) / adapter l'horloge de commande → Adapter l'horloge de commande / le temps de fonctionnement à la saison en cours	++++ ++	
8.2	Éclairage			
8.2.1	Contrôle des temps de fonctionnement de l'éclairage	→ Adapter la puissance d'éclairage en fonction des exigences du moment → Adapter l'horloge de commande / le temps de fonctionnement à la saison en cours → Installer des détecteurs de présence → Changer la répartition des zones	++++ ++ + ++	
8.2.2	Contrôle de l'intensité de l'éclairage	→ Adapter l'intensité de l'éclairage aux exigences du moment → Réduire l'éclairage des locaux annexes au minimum nécessaire → Étudier l'utilisation de l'éclairage localisé (lumière de table)	++ + ++	
8.2.3	Remplacement de composants d'éclairage	→ Remplacer les lampes à incandescence par des lampes économes en énergie → S'agissant de lampes fluorescentes, utiliser des régulateurs de puissance (self ou ballast inductif) à faibles pertes	+++ ++	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
8.3	Eau chaude			
8.3.1	Chauffage électrique	→ Contrôler les besoins → Limiter la température à 60 °C max.	+++ +++	
8.4	Équipements de bureau			
8.4.1	Contrôle des temps de fonctionnement des équipements de bureau	→ Réduire les temps de fonctionnement des appareils au minimum → Réduire les temps de fonctionnement des appareils aux besoins de chaque utilisateur → Ev. poser des horloges de commande → Contrôler et év. corriger les horloges de commande existantes → Utiliser des commutateurs économes en énergie (par ex. Ecomen)	++ + + + ++	
8.4.2	Comportement des utilisateurs	→ Agir sur le comportement des utilisateurs (responsabilisation)	+++	
8.5	Gestion de l'énergie			
8.5.1	Optimisation des dépenses	→ Réduction des pointes électriques par une gestion de l'énergie → Utiliser pour cela le courant de secours contre les pointes	+++ +	
8.6	Moteurs électriques			
8.6.1	Optimiser l'emploi du convertisseur de fréquence	→ Contrôler le bon dimensionnement → Contrôler les réglages du convertisseur de fréquence → Contrôler la mise au point des valeurs de consigne	+++ +++	
8.6.2	Remplacement de moteurs électriques	→ Dimensionnement selon besoins effectifs → Ev. utiliser des moteurs à 2 vitesses → Étudier le recours à convertisseur de fréquence	++ ++ +++	
8.6.3	Pompes/ventilateurs	→ Contrôler la consommation électrique des pompes et ventilateurs, voir CVCS	++	
8.7	Divers			
8.7.1	Compensation du courant réactif	→ Contrôler le réglage → Contact d'alarme quand la valeur théorique n'est pas atteinte pendant une grande période (par ex. 5 heures)	+	

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
8.7.2	Alimentation sans coupure	→ L'installation d'alimentation sans coupure est-elle vraiment nécessaire? Étudier la consommation propre de l'installation, év. couper certains modules	+++	
8.7.3	Distribution d'énergie (électricité)	→ Contrôler la consommation électrique des composants (par ex. fusibles)	+	
8.7.4	Transformateurs	→ Récupération de la chaleur	+	
8.7.5	Appareils de charge	→ Remplacer les appareils à mauvais rendement	+	
8.7.6	Horloges de commande	→ Horloges de commande avec commutation automatique été / hiver	++	
9.	Systèmes combinés			
9.1	Inventaire des besoins (été / hiver)	→ Contrôle des températures, rendements, et humidité → Adaptation des valeurs de consigne en fonction du confort → Temps d'occupation - fonctionnement → Abaisser la température ambiante en hiver → Augmenter la température ambiante en été		
9.2	Consommation d'énergie par les équipements de bureau et de l'éclairage	→ Réduction des charges internes (ceci diminue les besoins de la ventilation, du chauffage, du froid)		
9.3	Optimisation de l'éclairage	→ Étudier les possibilités de commutation en fonction de la lumière du jour		
9.4	Amélioration de la récupération chaleur-froid	→ Exploiter le refroidissement nocturne quand c'est justifié → Meilleure utilisation du Free-Cooling (= limite d'utilisation plus élevée) → Optimisation/contrôle de la récupération de chaleur		
9.5	Réduction du débit d'air	→ Débits plus faibles, commutation en fonction des besoins, év. augmentation du différentiel de température d'air ou adaptation de l'arrivée d'air		

No.	Mesure	Descriptif (activité)	Potentiel d'économie	Remarque
9.6	Optimisation de la production de chaleur/froid et de l'alimentation électrique	→ Adaptation des températures des sources d'énergie: réduire le chauffage, augmenter le refroidissement, év. augmenter le différentiel de température → Libérer la machine de refroidissement à partir de températures extérieures élevées (par exemple de 13 à 18 °C)		
9.7	Réduction de la consommation d'eau	→ Réduire la consommation d'eau dans les installations sanitaires		
10.	Technique de mesure, de commande, de régulation MCR	→ Les mesures d'optimisation MCR sont décrites dans les différents chapitres y relatifs → L'automatisation intégrale des bâtiments (AdB) est un moyen adéquat d'optimisation des installations techniques. L'enregistrement sur longue période – de la consommation d'énergie – des températures – de l'humidité, etc., permet de mieux analyser les points faibles et d'optimiser les installations. → Utiliser la technique de commande existante comme instrument en vue de l'EO	+++ ++++	

Annexe 1: EXIGENCES REQUISES POUR INSTALLATIONS À EXPLOITATION OPTIMISÉE

Domaine	Objectifs	Critères	Description
Fonction	Aisance d'utilisation	Exigences des utilisateurs	Respect des exigences définies par les utilisateurs quelles que soient les circonstances prévisibles, et moyennant une utilisation minimale des ressources naturelles
		Exigences des exploitants	Respect des exigences définies par les exploitants quelles que soient les circonstances prévisibles, et moyennant une utilisation minimale des ressources naturelles
		Mesurabilité (concept de mesure)	S'assurer en permanence de la mesure et de la saisie des données nécessaires à la régulation (réglage) et à l'optimisation de l'installation
		Aptitude de commande	S'assurer de l'aptitude optimale de commande et régulation des installations
		Ergonomie d'utilisation	Garantir une ergonomie conviviale d'utilisation optimale de l'installation (simplicité, transparence, etc.)
		Facilité d'entretien	Garantir une facilité d'entretien optimale de l'installation
	Sécurité	Disponibilité	S'assurer en permanence de la disponibilité des sources d'énergie de première nécessité (électricité, chaleur, froid etc.)
		Sécurité des personnes	Sécurité maximale des personnes (personnel, visiteurs, tiers) vis-à-vis des risques spécifiques d'exploitation inhérents à l'installation
		Sécurité des biens matériels	Sécurité maximale des biens matériels (équipements, dossiers de travail etc.) vis-à-vis des risques spécifiques d'exploitation inhérents à l'installation
		Sécurité incendie	Sécurité maximale contre le risque d'incendie inhérent à l'exploitation de l'installation
		Sécurité contre les explosions	Sécurité maximale contre le risque d'explosion inhérent à l'exploitation de l'installation

Domaine	Objectifs	Critères	Description
Fonction	Sécurité (suite)	Sécurité contre les inondations	Sécurité maximale contre le risque d'inondation inhérent à l'exploitation de l'installation
		Sécurité contre les gaz	Sécurité maximale contre le risque lié au gaz, inhérent à l'exploitation de l'installation
		Sécurité sismique	Sécurité maximale des personnes et des biens contre le risque sismique
		Sécurité d'alimentation	S'assurer en permanence de l'alimentation en énergie primaire absolument nécessaire à l'exploitation
		Sabotage	Sécurité maximale contre le risque lié aux actes de sabotage
		Fausses manipulations	Résorption du risque de fausses manipulations et de leurs conséquences en termes de défaillance et endommagement de l'installation
		Prescriptions légales	Respect de l'ensemble des prescriptions légales concernant l'installation et son exploitation
	Durabilité	Durée de vie	Durée de vie maximale de l'installation et de ses composants
		Intervalle de maintenance	Intervalle maximal de maintenance de l'installation et de ses composants dans le respect des prescriptions légales
		Intervalle de réfection	Intervalle maximal de réfection de l'installation et de ses composants dans le respect des prescriptions légales
		Disponibilité en cas de remplacement	S'assurer de la disponibilité des pièces de rechange et des composants d'installation pendant la durée de vie prévue
Coûts	Investissements	Coût des installations	Coûts minimaux des installations
		Dépenses de raccordement	Dépenses minimales de raccordement
		Honoraires	Honoraires minimaux

Domaine	Objectifs	Critères	Description
Coûts (suite)	Investissements (suite)	Agréments, taxes et ass.	Dépenses minimales d'agrément et taxes
	Dépenses d'exploitation	Dépenses d'énergie	Dépenses minimales d'énergie
		Consommations diverses	Coûts minimaux liés aux consommations diverses
		Coûts d'élimination	Coûts minimaux d'élimination dans le respect des prescriptions légales
		Frais de personnel	Frais minimaux de personnel d'exploitation et entretien
		Frais d'administration	Frais d'administration minimaux liés à l'exploitation et à l'entretien
	Dépenses d'entretien	Frais d'inspection	Frais d'inspection minimaux des installations ayant pour but de s'assurer du bon fonctionnement et de la détection précoce des points faibles.
		Frais de maintenance	Frais minimaux de maintenance de l'installation
		Frais de réfection	Frais minimaux de réfection de l'installation
		Coûts d'élimination	Coûts minimaux d'élimination des parties d'installations devenues inutilisables
		Autres coûts	Autres dépenses minimales
	Charges externes	Énergie	Charges externes minimales d'énergie
		Matériel	Charges externes minimales de matériel
	Désinvestissements	Coûts de reconstruction	Coûts de reconstruction minimaux liés à la démolition de l'installation
		Recettes sur liquidation	Recettes sur liquidation maximales de l'installation
		Coût d'élimination	Coûts d'élimination maximaux liés à la démolition de l'installation

Domaine	Objectifs	Critères	Description
Énergie	Approvisionnement	Électricité	Approvisionnement maximal en électricité
		Mazout	Approvisionnement maximal en mazout
		Gaz naturel	Approvisionnement minimal en gaz naturel
		Combustibles solides (charbon, bois etc.)	Approvisionnement minimal en combustibles solides
		Chaleur à distance	Approvisionnement maximal en chaleur à distance
		Énergies alternatives	Approvisionnement maximal en énergies alternatives
		Eau	Approvisionnement minimal en eau
		Air	Approvisionnement minimal en air
	Consommation	Éclairage	Consommation minimale en énergie d'éclairage
		Chaleur	Consommation minimale en chaleur
		Ventilation	Consommation minimale en énergie de ventilation
		Humidification	Consommation minimale en énergie d'humidification
		Refroidissement	Consommation minimale en énergie de refroidissement
		Froid technique	Consommation minimale en énergie de froid technique
		Matériels	Consommation minimale en énergie pour le fonctionnement des matériels
		Eau potable	Consommation minimale en eau potable
		Eau non potable	Consommation minimale en eau non potable
		Équipements d'exploitation	Consommation minimale en énergie des équipements d'exploitation
	Niveau d'efficacité	Taux annuel d'utilisation	Taux annuel d'utilisation maximale des installations
		Temps de fonctionnement	Optimisation des temps de fonctionnement des installations

Domaine	Objectifs	Critères	Description
Énergie (suite)	Niveau d'efficacité (suite)	Durée annuelle de travail, etc. Récupération d'énergie	Optimisation des indicateurs et grandeurs pertinents Récupération maximale d'énergie
	Énergie grise	Énergie grise	Énergie minimale de production des matières premières, matériaux, composants d'appareils, installations, etc. (= énergie grise)
Environnement	Émissions	Monoxyde de carbone (CO)	Émissions minimales de CO liées à l'exploitation de l'installation (respecter les seuils conformément à la directive OPAir)
		Dioxyde de carbone (CO ₂)	Émissions minimales de CO ₂ liées à l'exploitation de l'installation
		Oxyde d'azote (NO _x)	Émissions minimales de NO _x liées à l'exploitation de l'installation (respecter les seuils conformément à la directive OPAir)
		Oxyde de soufre (SO _x)	Émissions minimales de SO _x liées à l'exploitation de l'installation (respecter les seuils conformément à la directive OPAir)
		Ammoniac	Émissions minimales d'ammoniac liées à l'exploitation de l'installation (respecter les seuils conformément à la directive OPAir)
		Suie, matières solides	Émissions minimales de suie et matières solides liées à l'exploitation de l'installation (au min. respecter les seuils conformément à la directive OPAir)
		Toxyde	Émissions minimales de toxyde liées à l'exploitation de l'installation
		Hydrocarbures halogénés	Émissions minimales d'hydrocarbures halogénés liées à l'exploitation de l'installation
	Immissions	Bruit	Immissions minimales de bruit liées à l'exploitation de l'installation
		Vibrations	Vibrations minimales liées à l'exploitation de l'installation
		Secousses	Secousses liées à l'exploitation de l'installation

Annexe 2: TERMINOLOGIE ET ABRÉVIATIONS

Terminologie

Il existe différentes définitions pour les termes employés dans le domaine de la conservation des ouvrages de construction. Outre la norme SIA 469 d'autres normes et directives telles que SWKI 95-2, SN 113001, VDI 3108 ou encore EN 12170 traitent de ce thème. Elles se différencient les unes des autres. Pour simplifier, nous avons pris comme base la terminologie employée dans la norme SIA 469 de juin 1997.

Conservation, conservation des ouvrages

Toutes les activités et mesures qui visent à sauvegarder l'état ainsi que les valeurs matérielles et immatérielles d'un ouvrage de construction.

Surveillance

Constat et pondération d'un état de marche avec propositions pour la suite.

Observation

Vérification du bon fonctionnement par le biais de contrôles simples et réguliers.

Inspection

Constat et pondération d'un état de marche par le biais d'investigations simples et ciblées, généralement visuelles.

Mesure de contrôle

Surveillance de paramètres définis, par le biais de mesures.

Entretien

Préservation ou restauration de l'ouvrage sans modification fondamentale des exigences de départ.

Maintenance

Préservation de la capacité fonctionnelle par le biais de mesures simples et régulières.

Réfection

Rétablissement de la sécurité et de la capacité fonctionnelle pour une durée déterminée.

Modification

Intervention pratiquée sur l'ouvrage visant à l'adapter à de nouvelles exigences.

Renouvellement

Adaptation aux exigences du moment, la plupart du temps sans interventions fondamentales sur l'ouvrage.

Transformation

Adaptation aux exigences actuelles ou futures avec interventions fondamentales sur l'ouvrage.

Extension

Complément d'ouvrage par l'adjonction de parties nouvelles importantes.

Contrôle fonctionnel / de fonction

Contrôle ciblé du fonctionnement d'installations techniques et autres parties d'ouvrage.

Exploitant

Assure la totalité des activités: depuis la prise en charge jusqu'à la revue des travaux. (L'exploitant assure le fonctionnement des installations. Il surveille l'exploitation et le bon fonctionnement des installations. Il fait en sorte que les dérangements et déficits éventuels puissent être résorbés de manière professionnelle et dans un délai raisonnable).

Contrôle ("check") EO

Contrôle ciblé d'une installation ou d'un système au niveau de l'utilisation efficace de l'énergie. Il s'agit en premier plan de mesures qui, sans pour autant impliquer des investissements significatifs, peuvent conduire aux économies les plus importantes.

Spécialiste EO

Le spécialiste de l'optimisation de l'exploitation dispose de connaissances approfondies sur les installations et le système; il est en mesure d'analyser et induire des changements dans l'exploitation d'une installation.

Indice énergétique

Au sens strict, on entend par indice énergétique un ratio caractérisant la consommation spécifique en énergie (consommation en énergie finale ou de transformation) d'une exploitation, d'un système ou d'un processus.

Fabricant

Fabrique les éléments d'installations.

Utilisateur

Personne qui utilise un local, un bâtiment ou un système d'installation dans des conditions-cadre données.

Planificateur (= ingénieur)

Le planificateur définit la technique du bâtiment en fonction des besoins du client. Il planifie et calcule tout ce qui a trait à la technique du bâtiment, surveille les travaux d'installation, supervise la mise en service et est responsable pour la remise de l'ouvrage au client.

Entrepreneur (= installateur)

Assemble l'installation à partir des différents éléments sur la base d'un cahier des charges élaboré par le planificateur ou l'installateur lui-même. Met en service les installations sous la supervision du planificateur.

Administrateur

Assume la responsabilité de l'établissement du budget et du décompte des frais d'exploitation. Il surveille et assure leur exécution. Sa prestation peut être étendue à l'acquisition de l'énergie, au décompte des dépenses de chauffage etc.

Abréviations

EO	Exploitation optimale
EOc	Exploitation optimale d'installations complexe
CF	Convertisseur de fréquence
AdB	Automatismes de bâtiment
CVCSE	Chauffage, ventilation, climatisation, sanitaires, électricité
TB	Technique de bâtiment
MES	Mise en service
MAK	Valeur maximale de concentration sur le lieu de travail
IA	Installation aéraulique ou de ventilation
ASE	Association Suisse des Électriciens
TCC	Technique de commande centrale
EC	Échangeur de chaleur