

Consommation d'électricité et automatisation



Collection

A propos de cette brochure

L'automatisation est indispensable à notre économie et subit, en tant que secteur de la rationalisation, une évolution continue. (En règle générale, l'automatisation se développe beaucoup plus rapidement que le processus lui-même).

Les composants de l'automatisation «automatisent» le processus industriel, ce qui est souvent assimilé, par erreur, à une substitution du travail humain. L'optimisation de l'ensemble du processus est en tout cas l'objectif prioritaire: elle englobe également la fourniture de matériaux et d'énergie en vue de la production. L'automatisation influence notablement cette fourniture et doit, par conséquent, respecter les exigences de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des matériaux.

Les postulats de l'utilisation rationnelle de l'énergie peuvent être réalisés à tous les niveaux de l'automatisation et avec une intensité très variable. Depuis le cahier des charges, qui s'adresse aux auteurs d'un concept d'automatisation, jusqu'à la pose (après coup) d'une simple sonde, qui détecte et annonce une modification de processus, une infinité de mesures sont imaginables et réalisables. La présente brochure a pour but d'apporter des suggestions dans ce domaine et de montrer des voies pour la mise en pratique. L'automatisation, telle que RAVEL la conçoit, économise du matériel et de l'énergie – et améliore le processus.

Cet ouvrage est une version résumée du texte L'automatisation et RAVEL (724.335 d) et s'adresse aux cadres de tous niveaux ayant affaire à des processus industriels et artisanaux.

Impressum

Editeur: Office fédéral des questions conjoncturelles, Belpstrasse 53, 3003 Berne

Secrétariat RAVEL: % Amstein + Walthert AG, Leutschenbachstrasse 45, 8050 Zurich, tél. 01/305 91 11, fax 01/305 92 14

Domaine RAVEL automatisation: Georg Züblin, 9500 Wil

Auteurs:

Georg Züblin, EPS AG für Elektronische Prozesssteuerungen, 9500 Wil, tél. 073/20 31 91, fax 073/22 13 87

Othmar Humm, journaliste spécialisé dans les domaines techniques et énergétiques, Gubelstrasse 59, 8050 Zurich, tél. 01/312 09 09, fax 01/312 05 40

Adaptation française: Dr Jean-Philippe Borel, ingénieur-conseil, 1096 Cully, tél. et fax 021/799 32 44

Diffusion: OCFIM, 3000 Berne, fax 031/992 00 23. Numéro de commande 724.338 f

Composition et mise en pages: Education Design, Sepp Steibli, Berne

Copyright: Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, juillet 1995

Reproduction d'extraits autorisée avec mention de la source

Table des matières

7 points importants	2
L'électricité dans l'industrie	4
40 000 GWh pour la production industrielle	
Automatisation et consommation d'électricité	6
Arguments et préjugés	
Analyse énergétique	8
Les 5 étapes de l'analyse énergétique	
Moyens et concepts de l'automatisation	10
Stratégies d'économies	16
Informations complémentaires	23

7 points importants

Consommation d'électricité et automatisation : 7 points importants

1 Mesurer la consommation

La saisie de la consommation d'énergie constitue la base et en même temps le point de départ de tout travail systématique d'amélioration. A partir des valeurs de consommation, on peut tirer des indices – par exemple des kWh par pièce ou par lot – et les interpréter. Un simple tableau ou une courbe de charge font déjà apparaître des relations. L'objectif poursuivi est de mieux connaître l'installation.

2 Eliminer les périodes de fonctionnement à vide

Beaucoup de composants ou d'étapes de processus sont en activité, mais sans utilité aucune. Par des enclenchements et déclenchements ciblés, il est possible de réduire les coûts d'énergie et d'entretien, et de prolonger la durée de vie des installations. Mais à une condition: que le «fonctionnement à vide» – sous-occupation ou fin du processus – soit reconnu et que la remise en marche ait lieu sans heurt dans toutes les conditions de fonctionnement. Une mesure allant dans le même sens consiste à répartir la production sur plusieurs unités.

3 Adapter la puissance

En adaptant la puissance au besoin momentané réel, on accède à un important potentiel d'économies. Ceci est particulièrement valable dans le cas d'entraînements et de corps de chauffe non régulés.

4 Réduire les marges de sécurité

Les marges de sécurité peuvent, du moins partiellement, être remplacées par un contrôle fiable, respectivement par une surveillance automatique. Attendu que les coefficients de sécurité se justifient en partie les uns par rapport aux autres, et par là même s'accroissent démesurément dans une sorte de spirale, d'importantes économies sont possibles.

5 Réduire les rebuts

Si l'on considère les besoins en personnel, en temps, en matériel et en énergie, les rebuts sont en tous points équivalents à la production normale. L'argent dépensé en réglages, contrôles de qualité intégrés et mesures de tendances en vue de la réduction des rebuts est sans aucun doute très bien placé.

6 Réguler de façon optimale

Les exigences complexes nécessitent parfois des solutions complexes, la boucle d'asservissement classique isolée ne suffit en tout cas plus dans toutes les situations. D'une manière générale, les régulateurs convenant le mieux sont ceux qui traitent simultanément plusieurs valeurs effectives et de réglages, tels que des régulateurs à champ caractéristiques ou le Fuzzy-Control.

7 Répartir les charges

La gestion intégrée des charges visant à éviter les pointes assure, à cause des tarifs de pointes élevées, des rapports coûts-bénéfices bons à très bons. Dans le cas où une production totalement automatisée rend possible un décalage du processus – ou d'une partie de celui-ci – vers des périodes de tarifs favorables, les économies escomptées seront doubles.

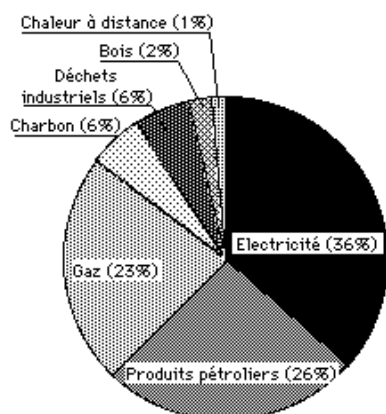
L'électricité dans l'industrie

40 000 GWh pour la production industrielle

Les entreprises industrielles suisses consomment 31% de l'ensemble des besoins nationaux, qui s'élèvent à 51 000 GWh d'électricité: elles en consomment donc 15 000 GWh. 26 000 GWh sont consommés dans l'industrie sous forme d'autres vecteurs énergétiques. Avec en tout 41 000 GWh, l'industrie contribue pour 18% à la consommation suisse d'énergie, qui s'élève à 230 000 GWh.

Agents énergétiques	Consommation	Part	Tendance
Electricité	14 900 GWh	36.3%	→
Produits pétroliers	10 800 GWh	26.3%	▲
Gaz	9 300 GWh	22.7%	▼
Charbon	2 300 GWh	5.6%	↓
Déchets industriels	2 300 GWh	5.6%	↑
Bois	800 GWh	2.0%	→
Chaleur à distance	600 GWh	1.5%	→
Energie consommée	41 000 GWh	100.0%	↗

Tableau 1: Consommation d'énergie des entreprises industrielles de Suisse par agents énergétiques, en 1992, valeurs arrondies.



Graphique: Consommation d'énergie des entreprises industrielles de Suisse par agents énergétiques, en 1992.

Source: Statistique énergétique globale

Les parts des différentes branches

La plus grosse part de la consommation industrielle d'électricité est consommée par l'industrie des machines et du travail des métaux, c'est-à-dire environ un tiers. L'industrie chimique et pharmaceutique en reçoivent 20% et l'industrie de l'aluminium et du papier chacune 13%. Ces cinq branches consomment quatre cinquièmes des besoins de l'industrie en électricité.

Prestations de services énergétiques pour la production industrielle

- Entraînements pour l'usinage mécanique (usinage par enlèvement de matière, pressage, laminage, broyage)
- Usinage par apport de chaleur (moulage par injection, extrusion, séchage, production de fibres synthétiques)
- Procédés électrochimiques (électrolyse, fours à métaux)
- Climatisation, ventilation (industrie chimique, tabac, électronique)
- Refroidissement (compresseurs, pompes de liquides de refroidissement, pompes à chaleur, éléments Peltier)
- Transport de matériaux, produits semi-finis et biens industriels (pompes, moteurs de transport, ventilateurs, grues, équipements de stockage)
- Auxiliaires des processus industriels (compresseurs, pompes à vide, dispositifs d'aspiration, installations de nettoyage)

- Installations de protection de l'environnement (filtres, installations de purification des fumées, installation d'épuration des eaux)
- Chauffage des locaux, éclairages, bureaux et appareils de bureaux
- Commandes, régulations, systèmes de commande

Font également partie, au sens large du terme, de la consommation d'énergie, les dépenses d'énergie pour les infrastructures, comme les routes et réseaux de télécommunications, ainsi que l'énergie grise contenue dans les matières, matériaux et produits semi-finis consommés. La part prise par l'énergie grise est plus importante que ce qu'on imagine généralement (voir encadré). Le plus souvent, plusieurs vecteurs énergétiques sont mis à contribution dans un processus ou une entreprise industrielle. Qu'il s'agisse de mazout, de gaz ou de bois convertis en chaleur ou en travail mécanique, l'électricité est présente dans toutes les transformations énergétiques et dans toutes les activités industrielles.

Energie grise

Dans la production de biens industriels, il faut compter avec une dépense d'énergie moyenne de 1,5 à 2 kWh par franc de valeur produite ou de valeur créée. Exemple: une voiture de classe moyenne d'une valeur de 30 000 francs a, d'après cette donnée, consommé avant le premier trajet 50 000 kWh d'énergie – ce qui correspond à une prestation de circulation de 50 000 km. Naturellement, cette règle empirique vaut aussi pour les produits semi-finis et les matériaux: les déchets «détruisent» beaucoup d'énergie grise, qui n'est que peu ou pas du tout récupérée.

Automatisation et consommation d'électricité

L'automatisation en elle-même n'économise pas d'énergie. Mais, grâce à elle, on peut économiser de l'énergie.

Arguments et préjugés

L'automatisation n'a aucune influence sur la consommation d'énergie

La dépense d'énergie du processus automatisé est trop faible.

→ C'est très rarement le cas dans les processus industriels.

Les rendements des composants d'un processus ne sont pas dépendants de la commande.

→ La consommation d'énergie ne dépend pas uniquement du rendement, mais aussi du taux d'utilisation et d'autres facteurs du processus.

L'automatisation n'utilise pas les potentiels d'économies.

→ C'est souvent le cas, mais on peut l'améliorer.

L'automatisation n'a qu'une influence négative sur la consommation d'énergie

On automatise des séquences qui étaient à l'origine effectuées à la main.

→ La consommation spécifique peut – grâce à un débit optimisé, resp. plus élevé – être malgré tout plus faible.

La commande ne fonctionne pas sans perturbations et provoque des temps d'arrêt et des rebuts.

→ De telles anomalies peuvent être supprimées.

L'automatisation a une influence positive sur la consommation d'énergie

La consommation globale d'énergie est très légèrement supérieure, mais le débit est plus élevé pour une infrastructure identique, ainsi la consommation spécifique d'énergie est plus faible.

→ Le processus est optimisé par une commande intelligente.

Physique

La consommation d'électricité correspond au produit de la puissance par la durée de service (ou heures à pleine charge). La démarche la plus simple en vue de la réalisation d'économies d'électricité est donc: réduire la puissance ou la durée de service – ou les deux! L'automatisation adapte la puissance demandée aux conditions momentanées et optimise la durée de service des composants de l'installation.

L'automatisation a des effets secondaires positifs

L'économie d'électricité n'est le plus souvent pas la raison invoquée pour une automatisation des séquences, mais c'est plutôt une réduction de l'investissement en personnel et en matériel, ainsi qu'un raccourcissement des temps de passage. Ces efforts ne provoquent en général qu'une faible réduction de la consommation d'électricité. Il en va de même pour les mesures prises dans le but d'économiser l'énergie: il s'ensuit en règle générale une réduction des coûts de personnel, de matériel et d'entretien. Dans les installations réalisées ou automatisées après coup durant ces 10 dernières années, l'énergie n'a pas été gaspillée, ne serait-ce que pour des raisons d'exploitation. Toutefois le potentiel en soi élevé de l'automatisation pour économiser l'électricité n'est le plus souvent pas utilisé. Les économies d'électricité en tant que critère ne font même pas partie des cahiers des charges courants dans la construction d'installations. Le même défaut peut être constaté dans la littérature spécialisée: contrairement aux applications de l'énergie thermique, on ne dispose que de peu d'informations sur le thème *l'automatisation de la consommation d'énergie électrique*.

Analyse énergétique

Les 5 étapes de l'analyse énergétique

1. Formuler des objectifs
2. Délimiter un secteur
3. Effectuer des mesures
4. Interpréter les résultats
5. Valoriser les conclusions

Points importants en rapport avec l'analyse énergétique

- Analyser sans perdre de vue le processus
- Evaluer un petit nombre de grandeurs
- Mesurer en fonction d'objectifs définis
- Tirer les conséquences
- Prendre en considération les aspects psychologiques

Les 5 étapes de l'analyse énergétique

1^{re} étape: formuler les objectifs

La formulation des objectifs définit l'ampleur et la précision d'une analyse énergétique. Voici quelques exemples typiques d'une analyse énergétique:

- Topographie de la consommation d'énergie: où perd-on de l'énergie et combien?
- Localisation des points faibles: dans quels endroits les pertes d'énergie sont-elles supérieures à la moyenne? (Les points faibles énergétiques coïncident très souvent avec ceux de l'organisation et de l'exploitation)
- Evaluation des processus, installations et composants (par exemple par attribution de classes de qualité).
- Quantifier l'efficacité énergétique: en résulte-t-il des indices en forme de consommation spécifique d'électricité? (kWh ou MJ par pièce ou par kg)
- Améliorer le taux d'utilisation: où peut-on augmenter le débit en réduisant simultanément les durées de passage ou de service?
- Répartition des coûts énergétiques: quelle part des coûts d'énergie peut être attribuée à des produits isolés ou à des centres de coûts?

2^e étape: délimiter le domaine d'analyse

Dans cette étape, il s'agit de délimiter le domaine à analyser en se servant des critères suivants:

- Domaines différenciés selon leur localisation (constructions, étages, sites)
- Domaines différenciés en fonction de critères d'organisation (centres de profit, divisions, secteurs de produits)
- Secteurs différenciés par processus – à la rigueur à forte consommation d'énergie
- Secteurs différenciés par agents énergétiques (électricité, pétrole, gaz naturel, bois, etc.)
- Secteurs différenciés en fonction du niveau de l'énergie utilisée (énergie finale livrée, énergie investie, énergie utile)

3^e étape: effectuer des mesures

Naturellement, l'importance des mesures à effectuer est adaptée aux objectifs déjà définis et au domaine concerné. En principe, les points de mesure doivent se trouver aussi près que possible du processus ou du consommateur. Les expériences faites montrent que, généralement, les mesures effectuées sont trop complètes ou même totalement superflues, parce que des données fiables provenant d'autres sources sont disponibles. Dans la mesure du possible, la saisie des données de mesure doit être automatisée.

4^e étape: interpréter les données

Il est important de disposer d'une bonne vue d'ensemble au moment d'effectuer une interprétation des données de consommation d'énergie. Suivant le cas, cette représentation systématique est effectuée sur un tableau ou un graphique. La comparaison de courbes de charge (valeurs des puissances représentées en fonction du temps) est très instructive en vue de la réalisation de corrélations. La relation entre consommation d'énergie et prestation de service énergétique doit être plausible. Exemple: la courbe de charge d'un compresseur à air comprimé présente également durant le week-end – c'est-à-dire durant une période sans production – des pointes de consommation. Le système d'air comprimé a donc des fuites et consomme périodiquement du courant, sans utilisation réelle.

Les diagrammes de Sankey, bien que très pratiques, présentent le désavantage de ne pas faire apparaître la dynamique de la consommation d'énergie, ainsi que le niveau de qualité et la valeur financière du vecteur énergétique. Une prudence particulière est recommandée dans la documentation et l'évaluation d'amplificateurs électrothermiques (appareils effectuant une mise en valeur de rejets de chaleur et de récupération de chaleur, ainsi que les pompes à chaleur), étant donné que ces appareils «facturent» du courant par le compteur, et qu'ils fournissent également de la chaleur.

5^e étape: mettre en valeur les résultats acquis

Cette analyse n'a de sens que si les résultats acquis sont également mis en valeur, ce qui n'est pas toujours le cas. Habituellement, on tire de l'évaluation des résultats un catalogue de mesures à prendre. Celles-ci doivent être classées en fonctions de critères coût-bénéfice. Ces critères ne doivent pas être uniquement comptables, mais également d'ordre écologique, parce que les mesures sélectionnées de cette manière apportent aussi des avantages indirects. Lorsqu'on effectuera une liste et une évaluation des mesures, il sera préférable de prendre en considération différents niveaux et domaines opérationnels: le degré d'acceptation et ainsi les chances de succès des mesures d'économies d'énergie en seront améliorées.

Moyens et concepts de l'automatisation

Eléments d'installations *Parmi les éléments d'installations, on trouve des moteurs, des éléments de positionnement, des clapets, des soupapes, des lampes, mais aussi – pour assurer le signal en retour – des commutateurs, des éléments et circuits de sécurité ainsi que des capteurs de toutes sortes.*

- Le dimensionnement correct de ces éléments ainsi que le soutien de la commande par des capteurs ont une influence prépondérante sur la demande d'électricité.
- Exemple: un clapet mû par l'air comprimé doit fermer complètement en fin de course et ne pas fuir durant un temps prolongé.

Capteurs *Des capteurs sont indispensables pour assurer de nombreuses mesures d'économie d'énergie.*

- Les capteurs ou détecteurs
 - enclenchent et déclenchent avec précision les entraînements et appareils
 - détectent la fin des processus
 - contrôlent le processus et réduisent les marges de sécurité et les rebuts
 - sont les seuls à rendre possible des régulations optimales.

Interface vers l'installation *L'interface constitue une charnière entre la commande et l'installation – la liaison doit fonctionner dans les deux sens. Les interfaces fonctionnent également en tant qu'éléments de protection, par le fait qu'une séparation galvanique ou une protection CEM y est incluse.*

- Les démarreurs électroniques autorisent un démarrage progressif des entraînements. Ainsi, il est possible de recourir à de plus petits moteurs (charge continue plutôt que charge au démarrage), et qui fonctionnent durant toute la durée d'enclenchement avec un meilleur rendement.
- La régulation de la vitesse des moteurs économise de l'électricité. Les disjoncteurs (et armoires à disjoncteurs) produisent beaucoup de chaleur: ventiler au lieu de climatiser économise de l'électricité.
- La commande électronique des disjoncteurs en combinaison avec une mesure du courant appelé par le moteur permet d'effectuer une saisie de la consommation.

Electronique de proximité *Les systèmes électroniques de proximité assurent des tâches en un point précis du processus, directement sur place.*

- Ces éléments sont particulièrement précieux car, par ce moyen, il est possible d'optimiser les processus à relativement faible coût.
- Exemples: balances, commandes de machines, appareils d'analyse.

Les régulateurs prennent le plus souvent, comme par le passé, la forme de cartes enfichables et d'appareils compacts (unités discrètes). Lorsque les régulateurs ne travaillent pas de façon optimale ou sont mal réglés, ceci peut avoir de très grandes conséquences sur la consommation d'électricité.

- Effectuer le réglage du régulateur ou éventuellement le changer.
- Exemple: parce que le thermostat d'une chaudière à vapeur électrique était dérégulé, l'apport de courant n'était interrompu qu'après l'ouverture d'une soupape de surpression. De ce fait, une grande quantité de vapeur s'échappait.
- L'exemple cité de la chaudière à vapeur fait apparaître un point faible supplémentaire: un pressostat aurait été dans ce cas une sonde plus appropriée, car en dessus du point d'ébullition la pression augmente très fortement – également sur la base de faibles variations de température.

Simple régulateurs

Des systèmes de régulation programmables travaillent aussi avec des paramètres dépendant de l'état du système – donc changeants – car les régulateurs peuvent être pré-réglés en fonction de données d'exploitation.

La régulation par point de fonctionnement – comme variante de la régulation optimisante – recherche par approximations successives le point de travail optimal (également: régulateur adaptatif ou à apprentissage).

Dans les systèmes de réglage programmables, les états et leurs conséquences sur le plan du réglage peuvent être combinés (lorsque état A et état B, alors caractéristique X, sinon caractéristique Y, etc.).

- Il faut absolument établir et utiliser les indications de réglage de régulations programmables de façon adaptée au processus.
- Utiliser la Fuzzy-Logic: la technique appliquée dans les caméras et photocopieurs apporte en utilisation industrielle de grands avantages. Des outils adéquats existent sur le marché, qui permettent le recours à la Fuzzy-Logic avec des moyens relativement simples.

Systèmes de régulation programmables

Les commandes numériques permettent le déplacement coordonné dans les trois dimensions de l'espace. L'utilisation la plus fréquente de la commande numérique a lieu dans le domaine de l'usinage par enlèvement de copeaux dans l'industrie des métaux et du bois.

- Les produits élaborés par commande numérique nécessitent moins d'étapes de fabrication avec des durées d'arrêts et de changements d'outils plus courts.
- L'effet de la commande numérique peut être renforcé par la combinaison de systèmes CAD et CIM.

Contrôle numérique (CNC)

Les commandes d'appareils et de machines optimisent les différentes composantes d'une installation de façon adaptée au processus. Dans de nombreux cas, une synchronisation comportant des interventions à l'extérieur de la composante doit être effectuée.

- La synchronisation d'une machine avec des éléments extérieurs présente une forte liaison avec la consommation d'électricité. Des machines ou appareils qui doivent attendre une consigne consomment pendant ce temps inutilement de l'énergie. Une commande réalisée adroitement réduit le temps d'attente ou le rend superflu.

Commandes d'appareils et de machines

- Automate programmable industriel (API)** *L'automate programmable est l'application la plus importante de l'automatisation industrielle proche du processus, spécialement pour des solutions sur mesure et de petites séries. Les entrées sont interrogées à un rythme rapide – en général quelques dixièmes de seconde par cycle – puis combinées logiquement ensemble et transférées au processus, resp. à la commande.*
- Des stratégies d'utilisation rationnelle de l'électricité peuvent être implémentées dans des automates programmables.
 - La consommation propre d'une unité d'automate programmable et de ses périphériques est très petite, comparée à celle des composants commandés.
 - Un automate programmable peut démarrer et fonctionner sans problème après une panne de courant, si bien qu'un apport supplémentaire de sécurité par une installation ASC n'a pas de sens.
 - Des automates programmables capables de saisir à chaque instant la puissance appelée par les consommateurs branchés sont disponibles sur le marché – une méthode simple pour intégrer la saisie de la consommation.
- Systèmes de commande** *Les systèmes de commande doivent comporter des équipements de saisie, stockage et traitement de données relatives à l'énergie – en relation avec les données concernant la production.*
- Partout où des données relatives à la production sont saisies, l'option de l'acquisition des données énergétiques doit être examinée.
 - L'important est que la saisie des données relatives à l'énergie – en combinaison avec les données opérationnelles – soit fixée dans le cahier des charges, resp. dans le contrat d'entreprise.
 - Le dépouillement des données peut toujours faire l'objet d'une amélioration ultérieure, ce qui est moins évident pour la saisie des données.
- Systèmes de commande principaux** *A ce niveau supérieur de commande, des fonctions sont perçues, telles que les tâches de planification et les collectes de données à long terme, et qui n'ont rien à faire avec l'exploitation quotidienne de l'installation.*
- Pour la direction technique d'entreprise, ces systèmes de commande constituent une source compacte d'informations, dont on peut tirer des indices clairs concernant les tendances saisonnières et les évolutions du marché. Ces indices représentent la base pour la définition de mesures stratégiques d'économies d'énergie.
- Systèmes de planification et de gestion** *Les systèmes de planification de production, de stockage et de gestion du matériel ne sont pas des éléments de l'automatisation industrielle, mais des instruments de la conduite d'entreprise, sans liaison directe aux processus.*
- Des systèmes visant à améliorer le débit dans la production industrielle ont, pour la plupart, – comme «effet secondaire» – une utilisation plus rationnelle de l'énergie. C'est pourquoi ces systèmes sont également intéressants du point de vue de la consommation d'énergie.
 - La saisie des données opérationnelles fournit de précieux services, dans la mesure où les données énergétiques sont également incluses.

La production flexible permet de fabriquer, par variation des paramètres, différents produits sur une même chaîne d'assemblage. D'une part, la production flexible présente d'immenses avantages sur le plan de la production, d'autre part il existe le danger que l'adaptation du processus aux différents modèles produits n'aille pas assez loin et qu'il en résulte des périodes mortes et d'attente.

- Des études montrent que, dans de nombreuses séquences de la production flexible, il subsiste un important potentiel d'économies, et qui pourrait être résorbé par des pré réglages optimisés.

Production flexible

L'application du Just in Time dans la production correspond à la livraison «juste à temps» de la marchandise ou à son intégration dans le processus. Des «stockages intermédiaires» de matériels, de produits semi-finis et de produits finis tendent à disparaître.

- JIT a en général une influence positive sur la consommation d'énergie d'une production. Des pannes et une application trop peu conséquente des principes du JIT peuvent cependant conduire à une hausse relative de consommation.

Just in Time (JIT)

La Lean Production est notamment désignée comme une production «sobre» – tout ce qui est superflu est supprimé. La Lean Production ne conduit pas forcément à une consommation inférieure ou supérieure: ce sont les circonstances respectives locales ou du processus qui sont décisives.

- Les investissements dans cette sorte de production devraient autant que possible prendre en considération les postulats de l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Lean Production

La production intégrée (CIM) n'est pas une technique, mais beaucoup plus une stratégie, qui dépend de différentes techniques. La valeur de la CIM dans la production industrielle est avant tout dépendante de son application conséquente sur tous les plans.

- CIM comporte aussi le danger d'installations supplémentaires, à la rigueur inutiles: ne pas maximiser l'informatique, mais les bénéfices.

Computer Integrated Manufacturing (CIM)

CAQ intègre le contrôle de qualité dans le déroulement automatisé de l'exploitation ou de la séquence de processus. Il ne faut donc pas mesurer le rebut, mais l'empêcher, telle est la devise.

- Empêcher le rebut est un moyen très efficace d'économiser l'énergie.
- Il y a une grande quantité d'énergie grise dans les matériaux, les produits semi-finis et les produits finis, mais également dans le rebut.

Computer Aided Quality control (CAQ)

CAD apporte un soutien, grâce à l'informatique, à la construction et à la conception de produits et d'installations.

- Un CAD efficace empêche les surdimensionnements et la complexité inutile, et diminue ainsi la quantité de matériel et d'usinage.

Computer Aided Design (CAD)

Saisie des données opérationnelles (SDO)

Traditionnellement, la SDO sert aussi à la saisie de données d'occupation des machines, afin d'optimiser la planification de production.

- L'occupation des machines et les temps d'arrêt influencent très fortement la consommation spécifique d'énergie.
- La SDO doit aussi comporter des données énergétiques, afin d'optimiser la consommation d'énergie.

Système de planification de production (SPP)

Le SPP est un lien entre la planification, l'administration et la production.

- Le SPP améliore l'utilisation d'une installation et l'identification de problèmes d'organisation. Les deux économisent l'énergie.

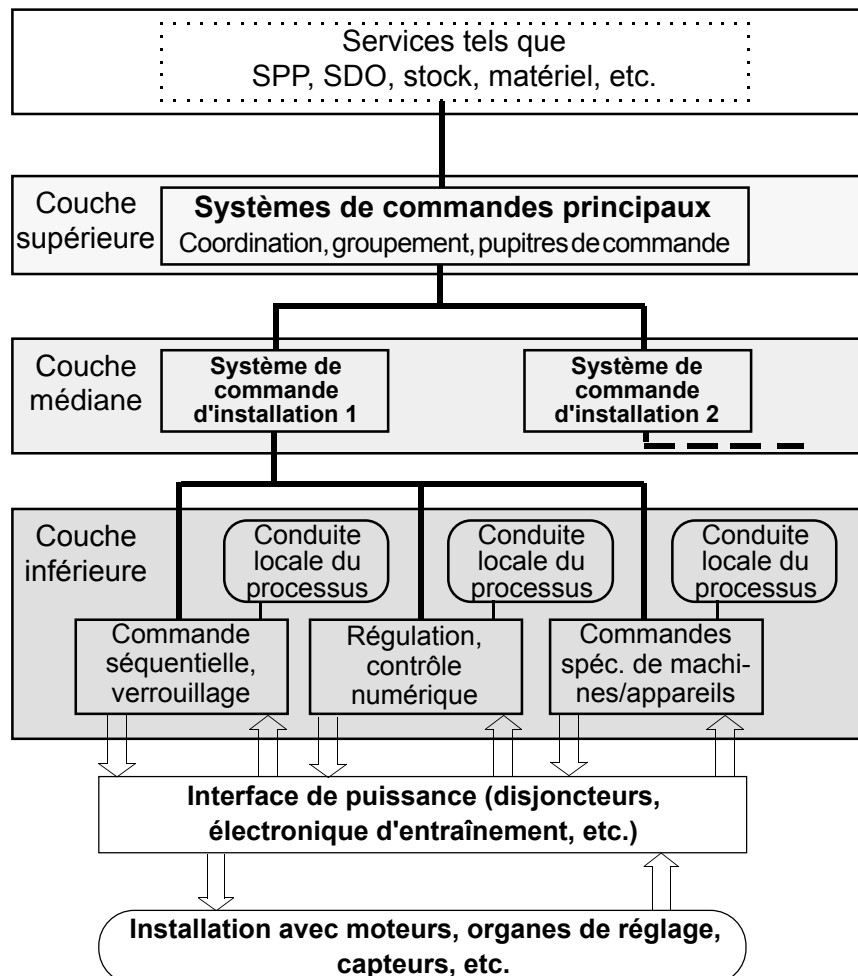
Réseaux

La représentation de processus automatisés sous la forme de réseaux assure une vue d'ensemble et souligne l'aspect d'intégration de chaque élément séparé.

- Une commande doit, dans toutes ses parties, du capteur au calculateur, suivre le postulat des économies d'énergie.

Modèle à couches

Les représentations en modèle à couches sont beaucoup plus structurées que les réseaux. Les modèles à couches conviennent mieux à l'automatisation, parce que leurs éléments sont partie intégrante d'une structure hiérarchique.



Modèle à couches d'une automatisation

- Le mode de conduite et son emprise sur la demande d'électricité d'un processus varie d'une couche à l'autre.
- Couche inférieure: amélioration de l'efficacité directement sur le processus, c'est-à-dire par adaptation des appareils, machines et commandes séquentielles eux-mêmes.
- Couche intermédiaire: par le fait que l'on dispose d'une grande quantité de données – données opérationnelles et d'énergie – l'emprise est assurée en priorité par une coordination améliorée.
- Couche supérieure: sur ce plan, des indices caractéristiques de l'installation peuvent être déterminés et les stratégies développées.

Apporter l'information correcte à son destinataire ne relève pas seulement de la capacité de transmission. Aujourd'hui, le transfert de données n'est pas une question technique: il nécessite avant tout la définition des besoins et du flux de l'information.

Communication

- Le transfert des données spécifiquement énergétiques du bas vers le haut est une condition essentielle pour réaliser des économies d'énergie.

Le cahier des charges formule des exigences difficiles, sans pour autant indiquer de solution.

Cahier des charges

- Les informations du domaine de la technique énergétique font partie du cahier des charges.

Structure d'un cahier des charges

1. Objectif
2. Fixation de la mission
3. Concepts, exigences de qualité, fiabilité
4. Structure de la mission (modèle par couches)
5. Commande, états de fonctionnement
6. Missions de chacune des couches
7. Missions de détail
8. Cas de dérangements
9. Informations de technique énergétique

Les solutions d'automatisation doivent utiliser, dans la mesure du possible, des éléments semblables. La diversité des appareils crée des problèmes. D'un autre côté, chaque appareil doit remplir les fonctions exigées.

Concept de système

- Un compromis doit être trouvé entre variété d'appareils et correspondance optimale, entre exigence et capacité.

Stratégies d'économies

Le geste simple *Une mesure simple, mais le plus souvent productive, est constituée par des gestes simples, qui économisent de l'électricité sans investissement, sans perte de production et sans travail supplémentaire.*

- Enclencher ou déclencher les appareils inutilisés à la main ou par une simple minuterie (p. ex. compresseurs, ventilateurs, éclairage).

Réduire la puissance *La consommation d'énergie peut être diminuée par réduction de la puissance installée ou momentanée. Cette opération recèle un très gros potentiel d'économies d'énergie.*

- Vérifier les réserves de puissance (dimensionnement correct).
- Utiliser des entraînements et appareils présentant un bon rendement.
- Répartir la puissance sur plusieurs appareils, mis en marche d'après les besoins («en cascade», par ex. ventilateurs).
- Utiliser des paramètres de processus optimisés (p. ex. adapter la température au matériau et à la forme pour le moulage par injection ou pour l'extrusion).

Réduire la durée de fonctionnement *Si l'on raccourcit la durée de fonctionnement, la consommation d'énergie baisse d'autant. La durée de fonctionnement peut être efficacement réduite en éliminant les temps morts et d'attente.*

- Un automate d'usinage moderne peut fabriquer une pièce compliquée en trois heures, sans remonter les pièces, là où auparavant il fallait 47 différentes opérations d'usinage et un temps de passage total de quatre jours et demi (avec stockage intermédiaire).
- Veiller à ce que les opérations de mélange, brassage, rinçage, chauffage et refroidissement se terminent automatiquement et ne pas attendre jusqu'au prochain passage du personnel.

Prise en considération de la globalité *La prise en considération de la globalité d'un processus est une condition pour qu'interviennent des mesures conduisant à un bilan énergétique positif. En particulier, la proportion d'énergie grise ainsi que les consommations d'énergie «cachées» doivent être comptabilisées.*

- Pour réaliser une prise en considération globale, il faut tenir compte de tous les vecteurs énergétiques ainsi que de l'énergie grise contenue dans les produits semi-finis et les matériaux.

Saisie de la consommation *La saisie intégrée des données de puissance et de consommation rend possible un dépouillement continu prenant en considération d'autres variables de production, telles que le nombre de pièces, les réglages de production, etc.*

- La disponibilité de données en temps réel rend possible une gestion automatique de l'énergie.
- A un niveau plus élevé, il est possible de transférer, au moyen d'outils informatiques, des données brutes dans des statistiques et bilans (base pour des optimisations).

L'enclenchement et le déclenchement de consommateurs, entraînements et chaînes entières de processus utilisés seulement à temps partiel économisent de l'énergie.

- Il faut donc rendre automatique les enclenchements et déclenchements, en faisant reconnaître à l'aide d'un capteur une sous ou non-occupation.
- La commande doit mettre en service et à l'arrêt certains éléments de processus d'une manière progressive. Exemple: les bagages des passagers du transport aérien sont transportés par des tapis roulants de l'avion ou du véhicule de livraison vers un carrousel de déchargement de remise aux passagers. Le tapis roulant et le carrousel sont mis en fonctionnement en même temps, malgré le fait que les bagages se trouvent encore durant plusieurs minutes sur le tapis roulant de 500 mètre de long avant d'arriver sur le carrousel. Un enclenchement échelonné de la bande transporteuse et du carrousel serait donc possible par des moyens extrêmement simples.

Déclencher les consommateurs inutiles

La reconnaissance (automatique) de la fin d'un processus sur la base de caractéristiques de produits ou de matériaux économise du temps, du matériel et de l'énergie.

- Exemple: dans les étages d'épuration biologique de stations d'épuration des eaux, un ventilateur veille à l'apport suffisant d'oxygène. Ces ventilateurs fonctionnent souvent sans interruption. Une commande déclenche la machinerie, dès qu'une sonde indique que les bactéries disposent de suffisamment d'oxygène.

Reconnaître la fin du processus

Le taux d'occupation des installations a une influence majeure sur leur rendement, et par conséquent sur leur consommation d'énergie.

- Partition de la production en plusieurs petites unités de production au lieu d'une seule grande chaîne de production.
- Adapter le mode de production au procédé et non pas au cycle travail-repos de l'homme. L'automatisation aide à atteindre cet objectif, sans solliciter davantage l'homme.
- Ce qui est aussi prometteur, c'est la répartition de la production en fonction d'exigences plus ou moins élevées, sur deux périodes, par exemple de jour et de nuit.
- Le pré réglage automatique d'unités de production en cas de changement fréquent de produit économise du temps, du matériel et de l'énergie.

Optimiser l'occupation temporelle

Il n'en reste pas moins que la plupart des entraînements industriels ne sont pas réglables.

- La régulation de la vitesse des entraînements en fonction de besoins variables ne pose aujourd'hui plus aucun problème.
- La régulation de la vitesse doit être automatique, sans quoi on court le risque que les valeurs de consigne restent au maximum et que l'électronique ne serve à rien.
- Dans des procédés couplés, la vitesse doit pouvoir être réglée sans exception (axe électronique).
- Une simple commutation entre deux étages de puissance ou deux entraînements de puissances différentes suffit dans de nombreux cas.

Mieux adapter la puissance

Réduction des marges de sécurité *De nombreux processus sont conduits avec des marges de sécurité généreuses, provoquant toujours une surconsommation de matériel et d'énergie.*

- Une surveillance durable et fiable de processus assure de bons produits avec de faibles marges de sécurité.
- Une surveillance de processus rationnelle n'est possible qu'avec les moyens de l'automatisation.
- La mesure de paramètres importants du processus et leur utilisation directe dans la commande et la régulation fournissent une contribution appréciable au contrôle de processus.

Réduction des rebuts *Les rebuts entraînent toujours une perte d'énergie (l'énergie investie durant l'usinage effectué et l'énergie grise du matériel de départ ou des produits semi-finis).*

- En introduisant préalablement les paramètres dans le processus, on peut réduire les pertes de démarrage. Exemple: dans le cas d'une machine imprimant un quotidien, le rebut occasionné dans la phase de démarrage peut être réduit de 4000 à 500 exemplaires en pré réglant l'apport de couleur.

Régulations optimales *Pour de nombreuses applications, la boucle d'asservissement classique est insuffisante, parce que de nombreuses valeurs de mesure doivent être traitées et de nombreuses valeurs de réglages mises à disposition.*

- Exemple: un certain nombre de locaux de fabrication doivent être climatisés par plusieurs installations fonctionnant en parallèle. Des études ont montré que ces installations de climatisation se concurrencent partiellement, voire même se compensent dans leur action (une installation humidifie, une autre déshumidifie). Cet inconvénient a été éliminé au moyen d'une régulation principale.

Placement des capteurs *Pour une bonne régulation, il est très important de bien choisir et placer les capteurs et organes de réglage.*

- Exemple: les systèmes modernes de chauffage disposent de régulateurs électroniques efficaces. Mais, dans les cas où la sonde est placée sur la façade nord du bâtiment – au lieu de l'être du côté du soleil matinal –, la régulation «ignore» les rayons de soleil matinaux et laisse le chauffage en service. Pour les chauffages par le sol avec une inertie relativement élevée, cet effet est particulièrement marqué.

Combattre les causes plutôt que les symptômes *Combattre les symptômes plutôt que les causes coûte de l'argent et consomme beaucoup d'énergie.*

- Exemple: une commande comportant plusieurs armoires de commutation est placée dans un local, sous un toit non isolé. La chaleur produite augmente la température du local, jusqu'à ce que la commande ne fonctionne plus correctement, à cause de la température trop élevée. La solution habituelle – une climatisation – triple les pertes.
- Placer les commandes de façon que la ventilation naturelle suffise. Si ce n'est pas le cas, ventiler le local sous contrôle thermostatique au lieu de climatiser.

Il ne suffit pas d'économiser l'énergie, il faut aussi minimiser la puissance.

- Des pointes de puissances peuvent être coupées au moyen d'un démarrage progressif ou retardé de différents composants ou de chaînes d'entraînement complètes.
- Pour beaucoup d'entreprises, le délestage momentané de consommateurs pas forcément indispensables est une mesure utile.
- Les processus à haute consommation d'énergie totalement automatisés peuvent être déplacés vers les périodes de bas tarif.
Exemple: dans un moulin, les opérations de mélange et de remplissage peuvent être exécutées de façon totalement automatisée durant la nuit. Ces travaux démarrent dès le passage au tarif de nuit.

Gestion intégrée de la charge

Toute stratégie d'économies appliquée est réduite à néant par une automatisation insuffisamment fiable.

- Les modes d'emploi et prescriptions d'entretien peu clairs réduisent la fiabilité.
- L'instruction insuffisante du personnel produit un effet boomerang.
- Un entretien insuffisant de l'installation n'est pas payant.
- Des capteurs, sondes, etc., nécessitent un contrôle et un ajustement réguliers. Des installations régulées, mais incorrectement ajustées, fonctionnent moins bien que des installations non régulées!

Influence de l'entretien

Des systèmes de contrôle énergétique (SCE) assurent l'enclenchement et le déclenchement coordonné des consommateurs commutables sous certaines conditions. De cette façon, une gestion de la charge est assurée. Les SCE vont cependant beaucoup plus loin, en ce sens que, sur la base d'analyses de consommation, des mesures de réduction de la consommation peuvent être évaluées et réalisées.

- Presque chaque entreprise peut être rééquipée après coup d'un SCE.
- Les SCE conviennent bien avant tout là où un grand nombre de consommateurs doivent être enclenchés de façon séquentielle.
- Les SCE ne travaillent pas en parallèle avec les systèmes de commande, mais agissent à un niveau supérieur.
- Pour certains consommateurs, de banales horloges de commande suffisent.
- De simples SCE pour un petit nombre de consommateurs coûtent moins de 1000 francs.

Système de contrôle énergétique (SCE)

Par stratégies Off-line, on comprend des mesures situées en dehors des systèmes de commandes proprement dit.

- La peur de pertes de qualité empêche de nombreux responsables d'entreprises d'appliquer des innovations contribuant à économiser l'énergie. Des données fiables peuvent contribuer à faire disparaître cette insécurité.

Exemple: dans des filatures de coton, on a pu prouver, sur la base de différentes données acquises concernant la qualité, que les locaux de production ne doivent pas forcément être climatisés dans les étroites limites habituelles. Cette constatation a provoqué une énorme économie d'électricité.

Stratégies Off-line

Rentabilité	<p><i>RAVEL, une économie d'argent, guide pratique pour les calculs de rentabilité (Achat: OCFIM, 3000 Berne, numéro de commande 724.397.42.01 f), constitue une introduction très pratique à ce thème.</i></p> <p>La dynamique des coûts d'électricité est un argument de poids dans les considérations de rentabilité. Il faut admettre que le renchérissement constant de l'électricité de ces dernières années va se poursuivre à l'avenir.</p>
Augmentation de la consommation par l'automatisation	<p><i>De nombreuses installations ont aussi besoin, après automatisation, de plus de courant électrique qu'auparavant. Ceci signifie que les stratégies d'économies présentées dans cette brochure n'ont pas été mises en pratique lors de la planification.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> → L'utilisation rationnelle de l'électricité doit faire partie des objectifs du projet. → Il ne vaut pas la peine d'automatiser des opérations effectués de façon espacées et manuellement.
Augmentation des coûts par l'automatisation	<p><i>L'automatisation coûte de l'argent, d'une part lors des investissements, d'autre part durant la vie de l'installation.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> → La rentabilité de mesures d'économies d'électricité ne dépend pas uniquement des économies. En règle générale, des améliorations dans la production y sont liées.
Rééquipement d'installations existantes	<p><i>Le succès de mesures d'économies d'énergie dépend de leur profondeur d'action; et c'est justement lors de rééquipements que les mesures ne sont souvent pas suffisamment radicales.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> → L'application d'un système de contrôle énergétique doit être évaluée pour chaque partie d'installation consommant de l'énergie. → De nouveaux systèmes devraient être conçus dès le début de façon ouverte, afin de faciliter des rééquipements et agrandissements ultérieurs.
Conduite de projet	<p><i>La façon d'assurer la conduite d'un projet est décisive pour son succès.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> → Les objectifs d'utilisation rationnelle de l'énergie doivent être fixés par le chef de projet et soutenus au travers de toutes les phases.
Audits	<p><i>Différents objectifs partiels d'un projet peuvent être vérifiés au moyen d'audits. Dans un audit, des personnes extérieures au projet posent des questions aux responsables. A cette occasion, des questions « illogiques » ou non conventionnelles seront autorisées, voire même encouragées.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> → Des audits permettent de faire apparaître les problèmes à temps.
Plan par phases	<p><i>Les plans par phases ont une signification importante pour les questions d'économies d'électricité, car seule une organisation rigoureuse garantit également l'application d'objectifs comportant des économies d'énergie.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> → Le tableau ci-contre montre un plan par phases. → Un contrôle continu durant et après chacune des phases fait apparaître assez tôt les éventuels problèmes.

Plan par phases

Phase principale	Phase partielle	Activité	Résultat
Ouverture du dossier		Esquisser les tâches Récouter les idées Localiser les problèmes <i>Faire la liste des formes d'énergies et des alternatives possibles.</i>	Esquisse de projet
Préparation	Préétude	Définir des objectifs Etablir un concept Evaluer les moyens nécessaires <i>Prévoir la consommation d'énergie</i>	Concept grossier <i>Analyse énergétique</i>
	Projet	Planifier le projet qui/quand/quoi et comment?	Planification grossière
	Achèvement	Définir des objectifs de projet obligatoires <i>Valeurs limites de la consommation d'énergie</i>	Contrat, commande, mandat interne
Analyse	Analyse du problème	Définir les tâches <i>Prendre en considération les aspects énergétiques!</i>	Cahier des charges
	Analyse du système	Esquisser des solutions	Solutions
	Vérification	Optimiser la définition des tâches, la solution et les moyens nécessaires	Solution qui satisfait au cahier des charges, y compris aux objectifs énergétiques
Ebauche	Concept	Décrire l'exécution	Concept
	Spécification	Décrire et structurer les fonctions et données. Planifier les tests et moyens nécessaires à cet objectif <i>Planifier la mesure de la consommation d'énergie!</i>	Exécution définitive
	Planification fine	Retravailler le projet (sur la base des dernières constatations)	Organisation de projet définie
Implémentation		Réaliser les développements définis	Systemes, en tout cas modules prêts au test

Plan par phases (suite)

Phase principale	Phase partielle	Activité	Résultat
Test	Test du système	Assembler et tester les modules selon plan	Mises à jour des interfaces
	Réception en usine	Tester formellement toutes les composantes et, dans la mesure du possible, l'ensemble du système <i>Vérifier les mesures d'économies d'énergie!</i>	Protocole de réception en usine
Mise en service	Installation	Brancher la machine ou l'installation à sa place ou dans un environnement de test adéquat	
	Test	Tester l'installation conformément au plan, également en conditions de production <i>Mesurer la consommation d'énergie!</i>	
	Réception	Effectuer formellement la réception de l'installation <i>Vérifier les objectifs de consommation d'énergie!</i>	Cahier des charges vérifié, décharge des exécutants du projet
Achèvement		Critique du projet et calculation finale	Expériences consignées
Suivi		Supprimer les défauts, Tuning des procédures	Installation ou appareil optimisé

Informations complémentaires

Numéro de commande

Automation und RAVEL 724.335 d
Industrielle Automation: Projekte rationeller planen
und realisieren, 100 Seiten

Sparen mit Automation 724.397.43.51 d
Beispiele, 50 Seiten

Manuel de l'industrie RAVEL 724.370 f
Notions et données d'économie énergétique
Dossier de feuilles isolées

RAVEL, une économie d'argent
Guide pratique pour les calculs de rentabilité 724.397.42.01 f

Saisie des données de consommations d'énergie, 724.371.0 f
2 brochures et bon de commande pour disquette

Les deux brochures peuvent également être
obtenues séparément
(avec un bon de commande pour une disquette):

Saisie des données de consommations d'énergie, 724.371.1 f
Brochure 1: Manuel pour entreprises industrielles
et artisanales, 32 pages

Saisie des données de consommations d'énergie, 724.371.2 f
Brochure 2: Instructions pour le préposé
à l'énergie, 64 pages

Analyse de la consommation d'énergie 724.318 f

Messen von Leistungen und Energien in der Industrie 724.377 d

Tous les documents cités peuvent être obtenus en indiquant
le numéro de commande auprès de:
OCFIM, 3000 Berne, Fax: 031 992 00 23

L'énergie assure le fonctionnement de notre économie, l'automatisation lui donne son dynamisme. Elle constitue l'épine dorsale des processus de l'industrie et de l'artisanat. Mais l'automatisation détermine également de façon durable le rapport entre entrée et sortie, entre coût et bénéfice. L'électricité y constitue un facteur parmi beaucoup d'autres – mais un facteur important. Les concepts et éléments de l'automatisation doivent, plus que jamais, être étudiés et réalisés suivant les critères de l'utilisation rationnelle de l'énergie – ce qui améliorera le processus tout en diminuant les coûts. RAVEL