

**Machines de production efficaces dans la  
consommation d'énergie**

**Aides à la planification pour  
l'industrie MEM**

**Monitoring énergétique**

# Monitoring énergétique

## 1. Introduction

Les entreprises investissent dans des mesures servant à améliorer l'efficacité dès qu'elles estiment pouvoir en tirer un bénéfice économique, sachant que sur le long terme les prix de l'énergie auront tendance à augmenter. Pour bien des entreprises il n'est pas possible d'exploiter l'essentiel du potentiel d'amélioration à l'aide d'une seule mesure, ce qui représente une difficulté fondamentale pour la planification et la réalisation de mesures. Ce sont plutôt plusieurs mesures mineures qui dans l'ensemble conduisent au but. Souvent ces mesures mineures ne sont précisément pas rentables. Il est donc indispensable d'avoir des connaissances détaillées des différents consommateurs d'énergie et de leur comportement pour reconnaître et appliquer des mesures raisonnables et rentables. Pour cela, un **processus d'amélioration continue (PAC)** est utile.

Le monitoring sert de fonction d'observation du PAC. La personne ou instance ayant le contrôle du monitoring doit pouvoir agir en fonction des données reçues afin de pouvoir établir ou maintenir l'état du système désiré. La roue de Deming (figure 1) est une représentation très répandue du PAC. La plupart des entreprises se trouve en permanence dans un processus d'amélioration semblable. Les réflexions qui suivent peuvent être transposées à chaque PAC analogue. L'essentiel est que le monitoring soit considéré comme un élément de ce processus.

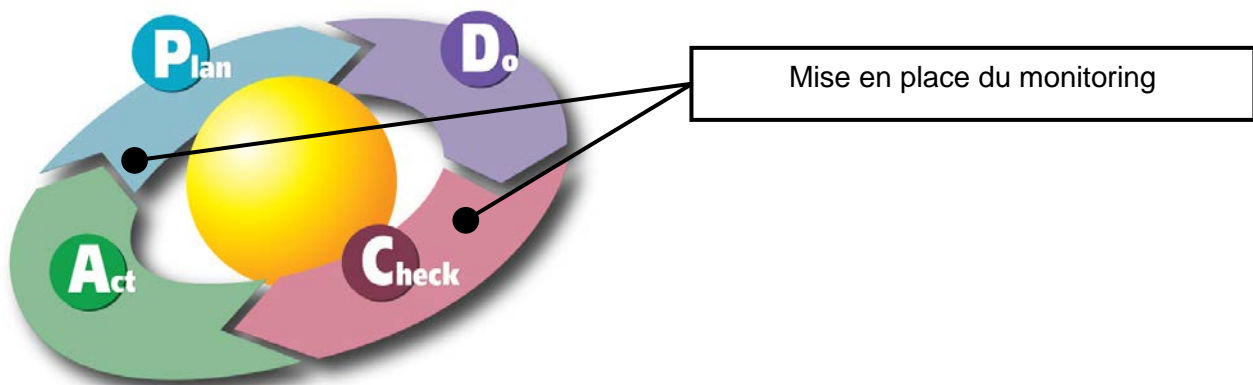


Figure 1: emploi du monitoring dans la roue de Deming

La Figure 1 représente les étapes de planification soutenues par un monitoring. Il s'agit d'une part de saisir et d'évaluer la situation. Il est possible de définir des mesures («plan») en fonction du contexte et de l'importance des différentes consommations. Après la réalisation («do»), l'efficacité des mesures («check») doit être contrôlée et, si nécessaire, des mesures de correction («act») doivent être entreprises. Le monitoring est en priorité utilisé dans les phases «plan» et «check» et permet d'assurer que les bonnes mesures soient prises et que les objectifs fixés soient réalisés.

## 2. Notions et normes

Selon ISO 9'000:2005 (3.2.15) l'**efficacité** est définie comme «le rapport entre le résultat obtenu et les ressources employées». Donc, un calcul de l'efficacité exige que tant le résultat que les ressources employées soient quantifiés – en d'autres termes, mesurés, calculés ou évalués.

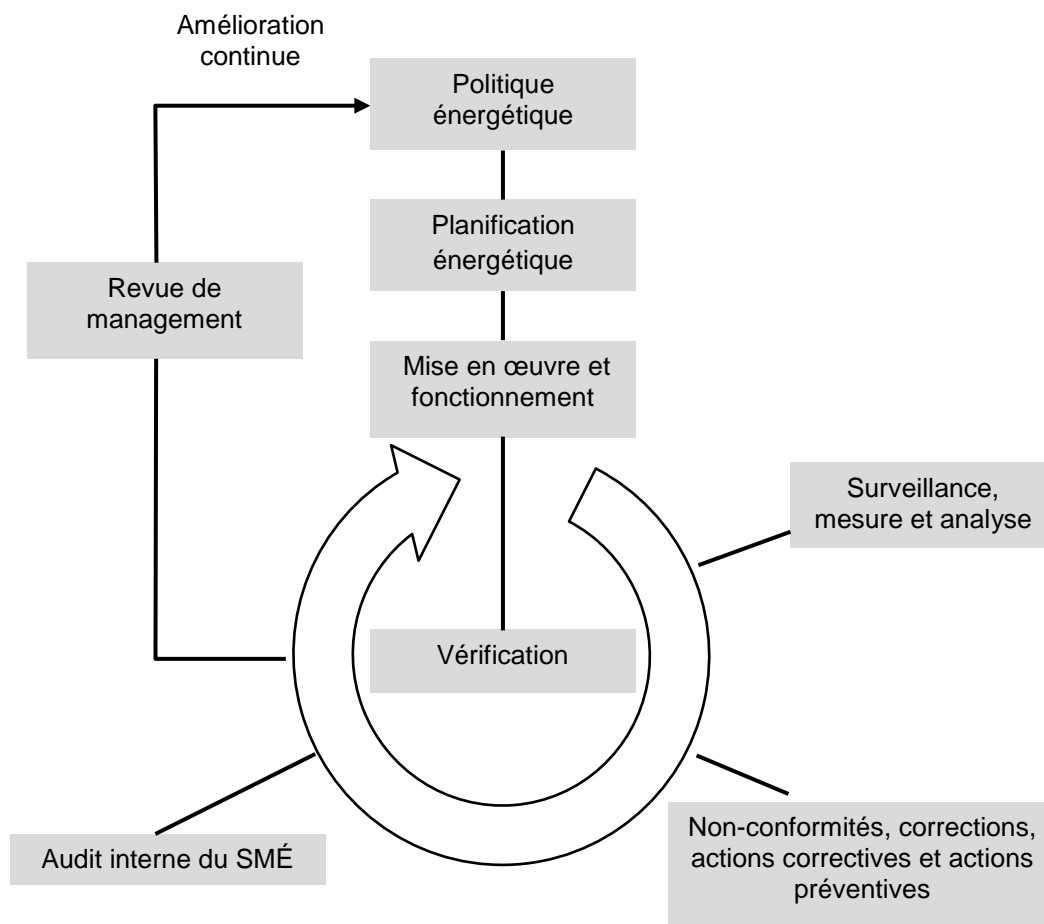
La norme ISO 50'001:2011 « Systèmes de management de l'énergie – exigences et recommandations de mise en œuvre » constitue un **cadre de référence** approprié. A la base de la philosophie de la famille des normes ISO 9'000 et ISO 14'000 et en rapport direct avec la roue de Deming susmentionnée, elle sert de guide d'application à l'entreprise pour structurer un processus d'amélioration continue (PAC) et ainsi progresser dans le sens des objectifs d'efficacité fixés:

- **Plan** (planification): élaboration d'une analyse énergétique et détermination d'une base de départ énergétique, de données sur les performances énergétiques, d'objectifs énergétiques stratégiques et opérationnels et de plans d'action nécessaires pour améliorer la performance énergétique en accord avec les règles de l'organisation;
- **Do** (introduction/application): introduction des plans d'action dans la gestion de l'énergie;
- **Check** (contrôle): surveillance et analyse des processus et des paramètres essentiels des activités déterminant la performance énergétique, sans s'éloigner de la politique énergétique et des objectifs stratégiques. Documentation des résultats;
- **Act** (amélioration): engagement de mesures servant à améliorer continuellement la performance énergétique et le système de management de l'énergie (SMÉ).

Les notions clés utilisées sont:

- **SMÉ**: système de management de l'énergie  
Ensemble des éléments liés directement ou interagissant servant à mettre en place une politique énergétique et des objectifs énergétiques stratégiques, ainsi que des processus et procédés permettant la réalisation de ces objectifs stratégiques
- **IPÉ** : indicateur de performance énergétique  
valeur quantitative ou indicateurs de la performance énergétique définie par l'organisation

La Figure 2 présente le système de management de l'énergie sous forme d'un diagramme.



**Figure 2:** système de management de l'énergie selon ISO 50'001:2011

La norme ISO 50'001:2011 ne fixe pas le type de données sur la performance énergétique. Elle stipule notamment en la matière: «Les IPÉ peuvent revêtir la forme d'un paramètre simple, d'un ratio simple ou d'un modèle complexe. Les IPÉ peuvent inclure la consommation énergétique par période, la consommation énergétique par unité de production et des modèles à plusieurs variables. L'organisme peut choisir des IPÉ

qui informent sur la performance énergétique associée à son fonctionnement (...) ». Nous nous attendons à ce que dans les années à venir les idées concernant les données sur la performance énergétique soient concrétisées ou du moins que certaines IPÉ soient normalisées. Jusque-là, chacun est libre de déterminer des IPÉ appropriées.

### 3. Elaboration d'un monitoring

Chaque entreprise possède des instruments pouvant servir à un monitoring énergétique. L'exemple le plus simple est le compteur électrique qui sert de base pour le calcul des coûts de l'électricité. Les entreprises aux coûts d'énergie élevés (10% des frais d'exploitation ou plus), ne peuvent être sensibilisées qu'au moyen des coûts. Elles analysent les raisons à l'aide d'une saisie de données détaillée et entreprennent des mesures correspondantes. Dans la plupart des entreprises cependant, les coûts de l'énergie ne représentent qu'un faible pourcentage des frais d'entreprise. Pour elles, les systèmes de suivi existants sont plutôt destinés à surveiller la disponibilité ou la sécurité.

Les entreprises désirant établir ou améliorer leurs systèmes de management de l'énergie sur la base d'un système existant, rencontrent deux difficultés:

1) La **structure des données** ne correspond pas aux exigences de la boucle de régulation.

Normalement, les données sont saisies en fonction d'une vision territoriale, par exemple pour un site, un immeuble, une partie d'immeuble ou une installation d'approvisionnement. En règle générale, les unités recensées ne correspondent pas à celles désirées pour la boucle de régulation. Il est donc indispensable de laisser de côté cette vision territoriale et d'adopter une vision tenant compte des produits ou des secteurs:

- Une **vision orientée produits** est raisonnable dans les entreprises dont les produits parcourent un processus de fabrication constant. Dans ce cas, le cercle de règles fondamental et le suivi peuvent être élaborés tout au long de la chaîne contribuant à la création de valeur. Souvent ce ne sont que certaines étapes du processus de fabrication qui consomment beaucoup d'énergie. On peut donc limiter le monitoring à ces étapes.
- Une **vision orientée secteurs** est raisonnable dans les entreprises dont les produits parcourent des processus et des étapes de production très différents. Dans ce cas il est raisonnable d'effectuer un monitoring dans les secteurs à forte consommation d'énergie. Dans une entreprise de finition mécanique, il peut s'agir par exemple des secteurs de la fabrication de composants, des ateliers de trempe, de montage, de la recherche ou de l'administration. En général, l'intensité énergétique de ces secteurs est très variée: pour quelques-uns, les coûts énergétiques sont élevés et pour d'autres moins. Si les objectifs de l'entreprise se limitent aux différents secteurs, le besoin d'agir va varier en fonction de la consommation d'énergie.

2) **L'intégration de données dans une banque de données** demande de surmonter certains obstacles techniques.

Un monitoring énergétique n'est pas un système isolé et doit faire partie des données d'une entreprise. Chaque entreprise recense ses données d'exploitation. Ces données d'exploitation doivent comprendre les données énergétiques. Il est important de tenir compte de la **qualité et de la fréquence des données**. Dans la pratique, les données énergétiques sont saisies en intervalles variant d'une minute à une heure. Une valeur typique est de 15 minutes. Pour des raisons de protection des données, il vaut mieux transférer les valeurs énergétiques – donc l'état actuel du compteur – que les données sur la performance. En cas d'une panne au niveau de l'archivage des données, seul l'historique et non la somme (donc l'énergie) sera touchée. Par unité de mesure, il est possible d'enregistrer d'autres paramètres comme par exemple les valeurs de pointe ou les informations sur la qualité du réseau (puissance réactive pour l'électricité, niveau de pression de l'air comprimée). Ces données doivent alimenter les données d'entreprises via des interfaces appropriées.

De plus, la question est de savoir si l'objectif consiste à mettre en place un **système de mesurage ponctuel ou une installation permanente**. Afin de pouvoir définir les premiers repères qui permettront d'agir, il est

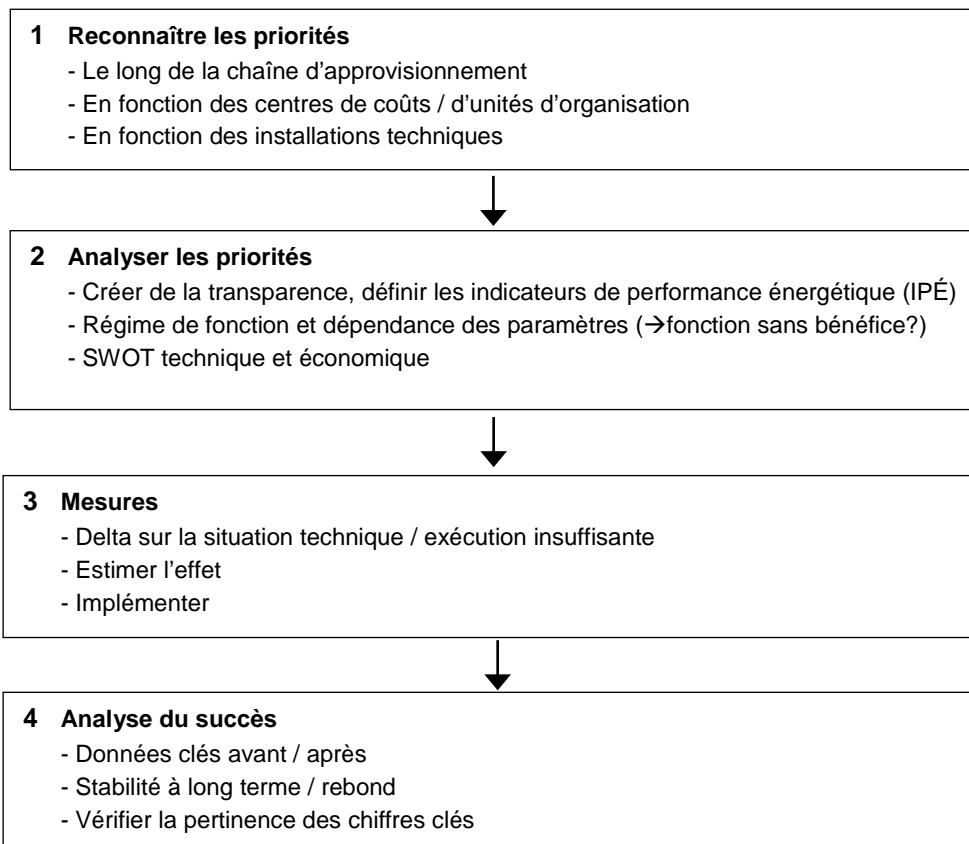
possible d'entreprendre de façon relativement simple et avec précision des mesurages ponctuelles de la consommation d'électricité à l'aide d'instruments mobiles. Lorsqu'il est question d'entreprendre des mesurages sur une longue période pour estimer les effets de l'état et du degré opérationnel, du genre de la mise en contribution, etc., alors les solutions mobiles arrivent rapidement à leur limite. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des systèmes de mesurage fixes. Pour mesurer la performance électrique, il existe aujourd'hui des solutions fiables ne coûtant pas plus de CHF 1'000.-. Des mesures du débit de gaz et liquides sont plus compliquées, particulièrement sur des installations fixes à débit élevé, étant donné qu'il faut dans ce cas séparer les conduites pendant le mesurage. Dans ces cas, il peut être plus utile d'opérer à l'aide d'estimations et d'intégrer les points de mesure correspondants après avoir déterminé les priorités. Ces appareils de mesure sont plus chers que ceux utilisés pour mesurer la performance électrique et les coûts d'installation sont également plus élevés. Lors de la construction d'une nouvelle installation, il est possible de prévoir à l'avance les points de mesure sans les équiper, de manière à pouvoir simplement le faire plus tard en cas de besoin.

#### 4. Manière générale de procéder

De manière générale, il est préférable de prévoir et de réaliser un suivi dans le cadre d'un processus d'amélioration continu. Si cela n'est pas possible ou pas prévu, alors le processus suivant peut être appliqué. Un suivi énergétique structuré de cette façon pourra plus tard facilement être intégré dans un processus d'amélioration.

Les différentes étapes de planification et de mise en œuvre sont expliquées ci-dessous.

##### Monitoring – Procédure générale



## 4.1 Reconnaître les priorités

Un suivi destiné à accompagner des mesures d'optimisation n'est profitable que pour des grands consommateurs d'énergie. Il est possible de reconnaître les consommateurs importants tout au long de la chaîne de création de valeur ou en fonction des secteurs. Il est parfaitement possible de recenser les données énergétiques des unités grands consommateurs d'énergie tout au long de la chaîne de création de valeur ou par secteurs, notamment lorsqu'il s'agit de nouveaux investissements.

## 4.2 Analyser les priorités

Les priorités identifiées doivent être analysées. Le scénario idéal prévoit de fixer un indicateur déterminant directement la consommation d'énergie ou l'efficacité énergétique. Une attention toute particulière est accordée aux différents modes d'exploitation et aux effets d'autres paramètres d'exploitation comme par exemple aux produits fabriqués, au programme sélectionné ou également aux influences de l'environnement comme la température. Si les modes d'exploitation ne générant pas de valeur ajoutée prennent une part importante de l'ensemble du cycle de production, alors il existe un potentiel d'optimisation de l'exploitation sans bénéfice (BON : Betrieb ohne Nutzen) (**remarque**: des informations complémentaires sur les façons d'éviter les BON sont décrites dans l'aide à la planification « Eviter une exploitation sans bénéfice »).

Dans ce cas, un monitoring peut constituer pour les responsables sur place un instrument déterminant. Si la consommation d'énergie ne dépend que faiblement des biens de production, alors il est possible de déterminer un chiffre fiable à l'aide d'un mesurage de la consommation. Si par contre une dépendance évidente aux produits fabriqués est constatée, Alors il faudra ventiler les données obtenues lors du mesurage selon différents paramètres liés aux produits (matériaux brut, l'importance du lot...), ceci afin d'obtenir des corrélations claires entre types de produits et consommation d'énergie.

Finalement, il sera possible de définir en termes techniques et économiques les qualités et le potentiel de développement des unités monitorées, par exemple à l'aide d'une analyse SWOT. L'analyse SWOT est issue des sciences stratégiques et peut parfaitement être appliquée pour des décisions concernant des unités techniques. Il suffit de lister séparément les deux éléments internes «qualités» (Strengths) et «faiblesses» (Weaknesses), ainsi que les influences externes comme par exemple «chances» (Opportunities) ou «menaces» (Threats), pour obtenir une évaluation détaillée. Les informations ainsi obtenues permettent de mieux exploiter le potentiel et de reconnaître assez tôt les risques éventuels d'une modification.

## 4.3 Mesures

Une consommation d'énergie non optimale peut avoir différentes raisons: par exemple un mode d'exploitation déficient, une mauvaise adaptation ou une mise en œuvre déficiente, ou encore un retard technologique. Par conséquent, en partant d'une approche purement opérationnelle, donc de l'optimisation du mode d'exploitation en passant par des modifications sur les produits fabriqués jusqu'à des investissements dans des moyens de production, l'étendue est large pour des mesures d'amélioration. Selon le secteur et le genre d'optimisation, le monitoring va profiter à une instance différente. Au besoin, des optimisations opérationnelles peuvent être entreprises directement sur l'installation. En cas d'investissement dans une installation efficace en termes de consommation d'énergie, la direction de l'entreprise sera responsable d'en mesurer l'efficacité et de constater si les attentes ont été remplies.

## 4.4 Analyse des résultats

Après la réalisation de mesures, il faudra, après un certain temps, effectuer une analyse des résultats. L'évaluation des améliorations obtenues se fera en fonction des données avant/après. Afin d'assurer des résultats durables, il faudra les analyser sur le long terme. Il est bien possible qu'après un certain temps les données commencent de nouveau à se détériorer. Ceci peut être la conséquence de l'usure et d'un entretien insuffisant ou d'un changement dans l'exploitation qui occasionne de nouveau une exploitation inefficace. Il est également possible qu'une croissance du volume conduise à une augmentation de la consommation d'énergie, bien que l'efficacité ait été améliorée. Cet effet est appelé « rebond ». Finalement, il faudra aussi analyser périodiquement la pertinence des données, afin de pouvoir, si nécessaire, les adapter.

## 5. Approches pour la réalisation

### 5.1 Entités engagées dans le processus de fabrication

Les différentes entités suivantes sont engagées dans un **processus de fabrication industriel typique** :

- **AVOR / définition du processus**: les plans opérationnels et les programmes NC servant à la finition automatisée des pièces, sont élaborés lors de la préparation des travaux. Par cela, le processus est en grande partie déjà défini.
- **PPS / planification de la production** : la planification de la production est décisive pour la grandeur des lots, l'attribution des pièces aux machines et autres questions liées au déroulement opérationnel.
- **Direction de la production**: elle est déterminante pour l'exploitation, la remise en état ou le remplacement de machines, pour les investissements prévus ou futurs. Elle détermine aussi les locaux, leur infrastructure et a connaissance de leurs caractéristiques.
- **Opérateur et régleur des machines**: les personnes travaillant sur les machines ont le contrôle direct sur les actions de la machine.
- **Entretien des machines**: le personnel de maintenance entretient les machines, les répare après des interruptions imprévues et est en mesure, si la situation l'exige, d'effectuer des remises en état. Ce personnel connaît parfaitement l'état des machines.

Les boucles de régulation peuvent être complètement différentes pour chaque entité. Il n'est pratiquement pas possible d'établir une série de données. Les premières fonctions « AVOR/définition du processus » sont dominées par des critères techniques et les fonctions « PPS/planification de la production » par des critères logistiques. C'est à ce moment que sont fixées les contraintes pour le développement de la ligne de production, sans cependant connaître en détail les conséquences du point de vue de l'efficacité énergétique. Cela est par contre plus aisé en cours de production, que ce soit au niveau de la direction ou directement sur la machine. La difficulté pour ces acteurs est qu'ils n'ont pratiquement pas de possibilité pour influencer les décisions AVOR et PPS prises préalablement et qu'ils sont obligés de réaliser les processus dans les conditions données. Afin de pouvoir intégrer les informations dans le prochain cycle d'amélioration, il faudra introduire une boucle de régulation globale. Celui-ci peut être lié au produit ou à l'unité d'organisation supérieure aux secteurs. Comparé aux instances mentionnées, le service d'entretien des machines est moins dépendant: il peut définir lui-même ses interventions et ne doit pour cela que tenir compte des exigences du plan de fabrication pour éviter des conflits avec les objectifs de la production.

Le Tableau 1 présente les tâches et les possibilités d'intervention des différents acteurs sur le développement d'une ligne de production.

**Tableau 1 : Tâches fondamentales et possibilités d'intervention des acteurs sur le développement d'une ligne de production**

	<b>Tâche fondamentale</b>	<b>Possibilités d'intervention au niveau énergétique</b>	<b>Exemples de données énergétiques</b>
<b>AVOR / définition du processus</b>	Fixer les processus de fabrication sur les machines	Choix du type de machine pour la pièce à fabriquer, dimensionnement du processus	- Energie de fabrication spécifique - Rapport entre temps d'exploitation principal et secondaire
<b>PPS / planification de la production</b>	Dimensionner de façon optimale les pièces sur les machines	Fixer la grandeur des lots; priorités du déroulement	- Temps d'exploitation secondaire prévus - Rapport entre temps d'exploitation principal et secondaire - Temps de chauffe
<b>Direction de la production</b>	Contrôle et développement de la production	Remplacement et remise en état des machines, augmentation des capacités, adaptation des machines à la taille et à l'infrastructure de l'atelier (et vice-versa); Elaboration de règles pour les autres personnes engagées	- Part des coûts de l'énergie - Degré opérationnel - Rapport entre puissance frigorifique et puissance globale - Puissance absorbée lors d'interruptions de production
<b>Opérateur et régleur des machines</b>	Réalisation opérative du processus de fabrication	Réglage de l'état des machines en périodes non-productives; Proposition de modification pour la définition des processus	- Consommation d'énergie en temps d'exploitation secondaires
<b>Entretien des machines</b>	Assurer la disponibilité des machines	Identification et réparation de pannes; propositions pour le rééquipement ou le remplacement de machines	- Consommation d'énergie en mode standard - Puissance absorbée lors d'interruptions de production

## 5.2 Identification d'une exploitation sans bénéfice (BON)

En périodes non-productives («fonctionnel» ou «arrêt») une machines de production n'obtient pas de résultat et n'est donc en aucun cas efficace. Des raisons techniques, par exemple une phase de démarrage d'installations complexes ou une stabilisation thermique, conduisent en pratique à des modes d'exploitation sans bénéfices, mais nécessaires. Dans de telles situations, la consommation de ressources devrait être la plus basse possible. Cela peut être atteint à l'aide de mesures organisationnelles ou techniques. Un monitoring devrait dans tous les cas en prouver le succès et l'assurer. Au niveau des mesures organisationnelles, le monitoring sert également d'instrument pour influencer le comportement des utilisateurs: l'affichage de la puissance ou énergie absorbée momentanément pendant des périodes contrôlables, peut sensibiliser les personnes engagées à la consommation d'énergie et les motiver à agir en conséquence.

La puissance absorbée en modes d'exploitation «fonctionnel» ou «arrêt» ne devrait pas dépasser une valeur seuil, voir même dans le meilleur des cas être nulle. Etant donné que les modes d'exploitation sont saisis par des systèmes de saisie des données d'exploitation, il est relativement facile de vérifier si la puissance absorbée correspond effectivement à la valeur de réglage. Dans la pratique cependant, il peut être plus difficile d'éviter une exploitation sans bénéfice que cela ne semble. De nombreuses entreprises absorbent de la puissance même en état d'arrêt, par exemple via des modules annexes, des modules mal programmés ou même en raison de purge d'air à des fins de protection contre la pollution ou l'humidité. Souvent, les utilisateurs ne sont pas conscients de la présence de ces consommateurs cachés. Un monitoring énergétique permet de déceler de tels consommateurs et d'améliorer ainsi l'efficacité globale.

**Tableau 2:** puissance absorbée ou qualité des composants d'une machine de production optimisée en fonction des critères BON

	<b>Exemple</b>	<b>Situation: Production</b>	<b>Situation: Fonctionnel</b>	<b>Situation: Arrêt</b>
<b>Processus</b>	Broches tournantes	Efficience maximale	Arrêt	Arrêt
<b>Fonction dépendante du processus</b>	Pompe à lubrifiant frigorifique	Réglage en fonction du besoin	Arrêt	Arrêt
<b>Fonction d'approvisionnement</b>	Alimentation 24V; pression hydraulique	Puissance absorbée minimale	Puissance absorbée minimale	Arrêt
<b>Objectif du monitoring</b>	Energie électrique	Sans objectif	Valeur seuil déterminée	Zéro

Dans un premier temps, un monitoring aiguise la conscience pour la consommation d'énergie et aide à prendre les bonnes décisions pour des mesures opérationnelles servant à obtenir les premières améliorations. Il est alors possible d'utiliser ces enseignements lors des procédés d'investissements pour le rééquipement ou le remplacement de machines étant donné que des solutions d'ordre technique sont supérieures à long terme aux mesures purement opérationnelles.

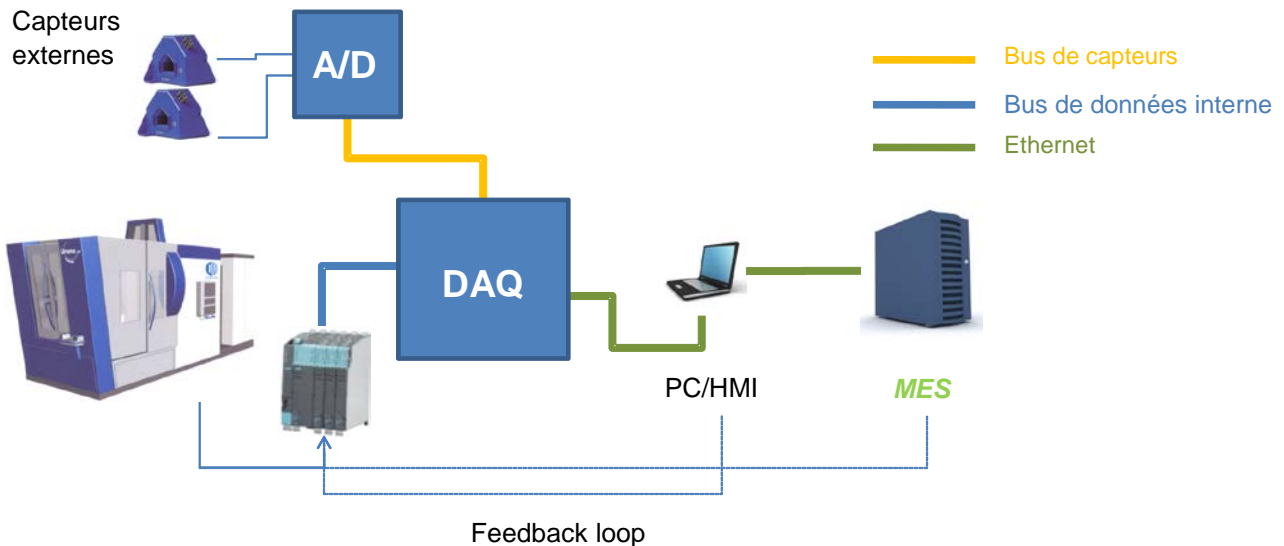
## 5.3 Objectifs combinés du monitoring

Nous constatons que ce sont avant tout les entreprises grands consommateurs d'énergie qui appliquent un monitoring servant uniquement à l'amélioration de l'efficacité énergétique. Sont considérées comme grands consommateurs d'énergie les entreprises affichant une part des coûts énergétiques supérieure à 5 ou même 10%. Les entreprises dont la part des coûts énergétiques est faible devraient appliquer un monitoring servant à atteindre différents objectifs pour justifier la charge de travail. Nous avons déjà parlé dans ce contexte de compléter les données opérationnelles par des chiffres sur l'énergie.

Un autre exemple est de lier des systèmes servant à optimiser et contrôler les processus en recensant des données énergétiques sur des machines-outils qui sont aujourd'hui pratiquement toutes équipées d'ordinateurs de commande performants. Un tel système est déjà utilisé de manière polyvalente pour le contrôle des processus et peut aussi être employé pour le monitoring énergétique. Il est particulièrement inté-

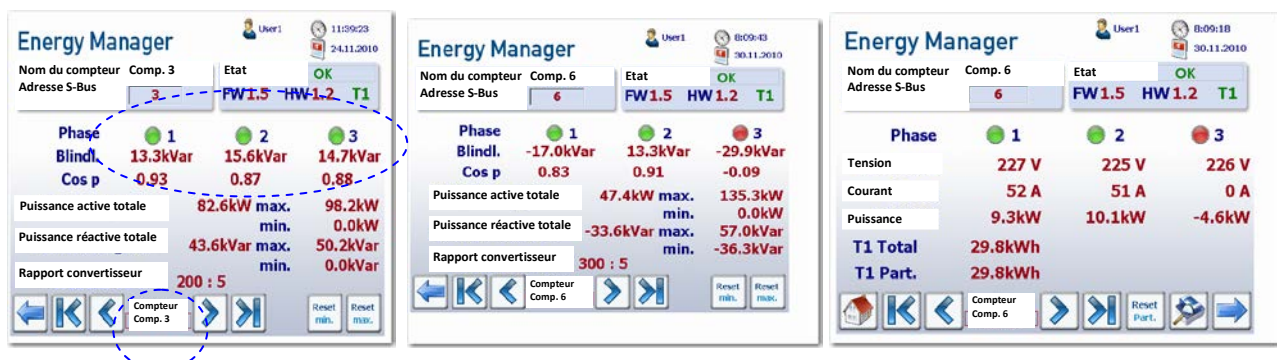


ressant qu'un tel système de commande comprenne déjà certains chiffres d'importance pour la statistique énergétique et qu'il est possible, à l'aide de capteurs externes ou en analysant des informations d'état et de modèles, de les simuler.



**Figure 3:** Structure d'un système de monitoring à la base d'un système de commande d'une machine (figure: IWF ETHZ)

Le mesurage de la consommation d'électricité révèle aussi la **qualité du soutirage d'électricité**, en particulier la part du courant réactif. Un **exemple du site de Johnson Electric** (Morat, Suisse) est parfaitement représentatif. La société a installé des compteurs d'énergie pour surveiller six compresseurs à air comprimée dont on devinait un important potentiel d'amélioration en raison de la puissance de raccordement élevée. Peu de temps après la mise en service des compteurs d'énergie, le responsable de l'énergie a remarqué une panne au niveau de la troisième phase du compresseur n° 6, cf. figure 4. Selon les déclarations de l'électricien d'exploitation, la puissance de ce compresseur n'est pas très élevée et il n'est employé qu'en tant qu'unité de réserve. De plus, il est le plus ancien des six compresseurs. Une phase défectueuse entraîne une forte diminution du rendement et une part élevée de courant réactif qui contraint fortement le réseau. Une révision mécanique n'ayant pas apporté d'amélioration, il s'est avéré qu'une carte défectueuse au niveau du système de pilotage électronique était à l'origine de la panne. Elle a été remplacée.

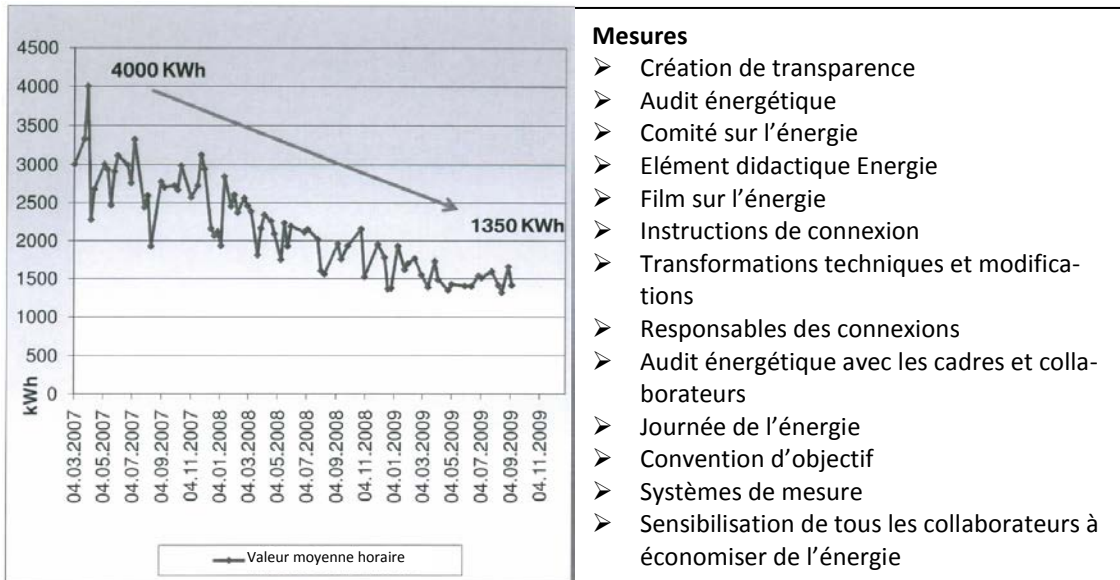


**Figure 4:** Etat d'exploitation correct du compresseur n° 3 (à gauche) et panne d'installation sur compresseur n° 6 (au milieu et à droite) décelée grâce au monitoring énergétique

## 5.4 Rôle du monitoring dans le cadre d'un programme détaillé

Il existe plusieurs preuves du succès de l'amélioration de l'efficacité énergétique obtenue grâce à un monitoring.

La **production des éléments de suspension et de propulsion chez BMW Group**, est le premier exemple d'un programme couronné de succès (présenté par A. Sextl, Symposium METAV Düsseldorf, 2010). Figure 5 présente à gauche la diminution de la charge de base.

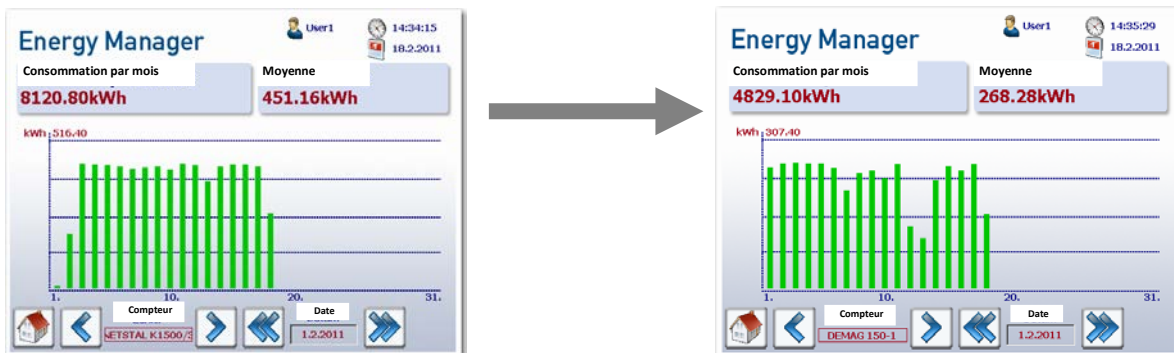


**Figure 5:** Diminution de la charge de base dans la production d'éléments de suspension et de propulsion chez BMW Group

L'axe de temps étendu sur deux ans démontre que le développement et la réalisation d'un tel programme exige une vision à moyen et à long terme. L'évolution de la charge de base met en évidence que ce ne sont pas des mesures importantes et isolées qui ont été réalisées, mais toute une série de petites étapes. L'évolution de la consommation est superposée par les fluctuations conjoncturelles et logistiques habituelles. La tendance cependant est univoque.

Les mesures menant globalement à l'objectif sont listées sur la droite. L'installation de systèmes de mesurage fut une mesure clé pour obtenir la transparence nécessaire et pour contrôler l'efficacité des différents processus d'amélioration continue lancés. Des mesures opérationnelles servant à changer les comportements ont été combinées avec des modifications techniques.

Le deuxième exemple vient de la **société Johnson Electric** (Morat, Suisse), qui fabrique des **pièces en matière plastique pour l'industrie automobile à l'aide de 40 machines d'injection sous pression**. En raison de l'expansion continue, le transformateur principal a atteint sa charge critique. Afin d'éviter un investissement coûteux, une diminution de la consommation d'électricité a été envisagée. Il a été possible à l'aide d'un simple monitoring énergétique d'identifier les possibilités pour améliorer l'efficacité. La consommation d'électricité des différentes machines de production a été saisie et comparée. Ceci a permis de reconnaître que les machines d'injection à pression hydraulique consomment le double d'électricité que les machines à moteur électrique, et ceci pour le même travail. Il a donc été décidé de remplacer les machines actuelles par des machines efficaces en terme de consommation d'énergie. L'économie moyenne s'est montée à 250kWh par machine et par jour. Au total, pour les 40 machines, cela correspond à environ 2 millions de kWh par année (voir Figure 6).



**Figure 6:** Diminution de la consommation d'énergie à l'aide de machines plus efficaces en terme de consommation d'énergie chez Johnson Electric

## 6. Informations supplémentaires

Vous trouverez des informations supplémentaires sur l'efficacité énergétique et l'utilisation de la chaleur résiduelle sur les sites suivants :

- Suisseénergie, [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch) (entreprises)
- Office fédéral de l'énergie OFEN, [www.ofen.admin.ch](http://www.ofen.admin.ch) (Thèmes/efficacité énergétique)
- Swissmem, [www.swissmem.ch/fr](http://www.swissmem.ch/fr) (Thèmes/énergie & environnement)
- Agence de l'énergie pour l'économie AEnEC, [www.aenec.ch](http://www.aenec.ch)

## 7. Organisations et entreprises participantes

Equipe du projet:

Sonja Studer, Swissmem (responsable générale du projet)

Rainer Züst, Züst Engineering AG (chef de projet)

Lukas Weiss, inspire AG, EPF Zürich

Daniel Felix, ergonomie & technologie (e&t) GmbH

Entreprises:

ABB Turbo Systems AG (Christian Zott), Bühler AG (Fritz Langenegger, Roland Zwingli), Bystronic (Adolf Lauper), ESCO SA (Pierre-Louis. Piguët), Grundfos Pumpen AG (Peter Egger), Helbling Technik AG (Guido Brunecker), Rollomatic SA (Pierre Pahud), Saia-Burgess (Patrick Marti), Sulzer Pumpen (Sabine Sulzer), TRUMPF Maschinen AG (Thomas Bewer)

Ce projet a été soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'énergie OFEN.