

Une information, un conseil, un avis ?

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

[www.motor-challenge.fr](http://www.motor-challenge.fr)

Votre contact :

Avec le soutien de

Intelligent Energy  Europe

**ADEME**



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
2, square La Fayette - BP 90406 - 49004 Angers cedex 01  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

LE PROGRAMME EUROPÉEN MOTOR CHALLENGE  
Une initiative soutenue par la Commission européenne

7000 ex - Nov. 2006

Imprimé avec des encres végétales sur du papier recyclé - Création : @ Atmosphère 02 41 66 83 38

SYSTÈMES D'AIR  
COMPRIMÉ

SYSTÈMES DE  
PRODUCTION DE  
FROID

SYSTÈMES DE  
POMPAGE

SYSTÈMES DE  
VENTILATION

SYSTÈMES  
D'ENTRAÎNEMENT  
PAR MOTEURS  
ÉLECTRIQUES

RÉSEAU DE  
DISTRIBUTION  
ÉLECTRIQUE  
INDUSTRIELLE



Programme Motor Challenge

# Guide technique

## Les solutions pour optimiser vos systèmes motorisés



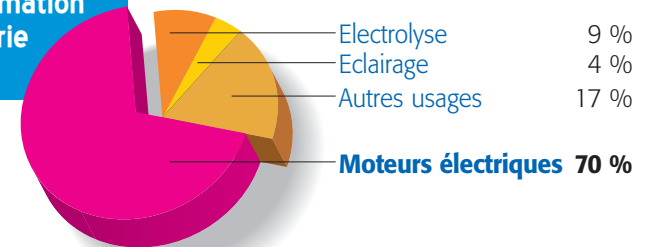
LABEL MOTOR CHALLENGE  
Economies d'énergie pour systèmes motorisés



Ce programme, orienté spécifiquement vers l'utilisation performante de l'électricité dans l'industrie, concerne tous les systèmes à moteurs électriques, pour lesquels il a été démontré qu'il existe un potentiel significatif d'économies d'énergie. De nombreux

exemples en France et en Europe montrent qu'en moyenne, **30 % de l'électricité consommée** -notamment par les systèmes de pompage, de compression d'air ou frigorifique et de ventilation - **peut être économisée**.

### Répartition de la consommation d'électricité dans l'industrie en France



## Pourquoi ce guide ?

**L**es systèmes à moteurs électriques représentent les 2/3 de la consommation d'électricité de l'industrie, en France comme en Europe : soient 90 TWh annuels sur les 120 TWh consommés annuellement en France.

Le programme européen Motor Challenge a été lancé pour soutenir l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur de l'industrie sur les systèmes à moteurs électriques.

Les systèmes concernés par ce programme sont :

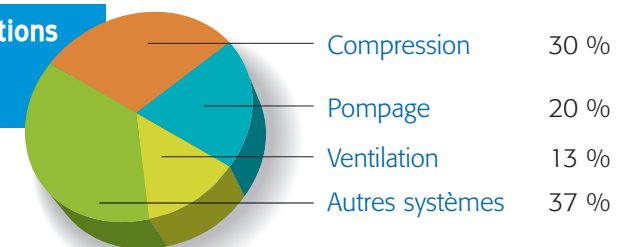
- Les systèmes d'air comprimé
- Les systèmes de production de froid
- Les systèmes de pompage
- Les systèmes de ventilation
- Les systèmes d'entraînement par moteurs électriques
- Le réseau de distribution électrique industrielle

Un Label, décerné par la Commission européenne, est attribué aux entreprises qui s'engagent dans une démarche volontaire d'économies d'énergie après rédaction d'un plan d'actions annuel.

A ce jour, **23 pays européens participent au programme Motor Challenge** avec la présence d'un Point de Contact National dans chacun d'eux : l'ADEME en France. Toute entreprise souhaitant s'engager dans une

démarche d'économie d'énergie sur ses systèmes motorisés peut intégrer le réseau des partenaires Motor Challenge. Un label « Motor Challenge », décerné par la Commission européenne, récompensera cet engagement.

### Répartition des consommations des systèmes motorisés



Pour inciter les entreprises volontaires à s'engager dans ce programme, l'ADEME les accompagne dans leur démarche.

Elle peut **soutenir la réalisation d'un état des lieux et la mise en place d'un plan d'actions d'économies d'énergie** :

soutien à la réalisation de diagnostics et études de faisabilité.

L'ADEME, relais de la Commission européenne pour la France, accompagne les entreprises vers l'obtention du label Motor Challenge dont elle développe la promotion.

## Sommaire

Ce guide technique présente les 6 systèmes du programme Motor Challenge, fréquemment rencontrés en milieu industriel. Pour chaque système, les enjeux énergétiques sont exposés, ainsi que les principales pistes d'amélioration énergétique à envisager autour d'un schéma représentatif d'une installation industrielle. Enfin, sont listées, pour chacune des pistes, les actions concrètes permettant des gains énergétiques importants, à court ou moyen terme. Elles s'organisent autour des 5 items suivants : la production, le réseau, l'utilisation, le contrôle et la maintenance. Ces actions ne sont pas limitatives et les gains possibles seront fonction des installations déjà existantes et des améliorations apportées.

Pourquoi ce guide ? .....	p. 2 & 3
Le système d'air comprimé .....	p. 4 & 5
Le système de production de froid .....	p. 6 & 7
Les systèmes de pompage .....	p. 8 & 9
Les systèmes de ventilation .....	p. 10 & 11
Les systèmes d'entraînement par moteurs électriques .....	p. 12 & 13
Le réseau de distribution électrique industrielle .....	p. 14 & 15



Roland Bourguier/ADDFE

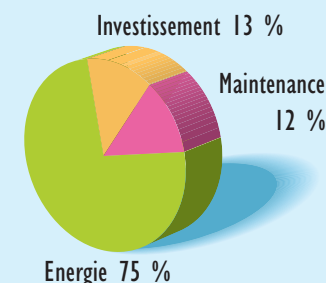
L'air comprimé occupe une place très importante dans l'industrie en France. Il représente environ 11 % de la consommation électrique, soit quelques 12 TWh consommé par an<sup>(1)</sup>. Une étude, menée sur 5 ans avec 6 000 heures d'exploitation d'un système d'air comprimé, attribue 75 % des coûts au poste "Energie"... Le rendement d'un système d'air comprimé est de seulement 10 % dans les cas les plus courants. L'air comprimé est un vecteur énergétique à contrôler car il est cher (0,6 à 3 centimes d'Euros le Nm<sup>3</sup>) et possède un potentiel d'amélioration important autour de 25 % de gain énergétique envisageable en moyenne.

## Les systèmes d'air comprimé

Pistes de réflexion

◇ PRODUCTION	○ RESEAU	▷ UTILISATION	+ CONTROLE	□ MAINTENANCE
Adoption d'un système de compression plus performant	Diminution des pertes de charge sur le réseau (Un réseau performant autorise une perte de charge maximum de 0,5 bar de bout en bout)	Limitation des gaspillages	Contrôle de la production avec ajustement aux besoins	Maintenance régulière
Optimisation des conditions de production	Optimisation de la capacité des réservoirs d'air et de leur emplacement sur le réseau		Prise de mesures régulières	Réduction des fuites
Diminution de la consommation d'énergie liée à la qualité de l'air (filtrage-séchage)				
Ajustement de la pression d'air au besoin minimum				

### Répartition des coûts de l'air comprimé



- Augmenter le diamètre des tuyaux
- Diminuer la longueur du réseau
- Boucler le réseau
- Limiter les coudes, les changements de direction ou de section
- Réparer les fuites régulièrement  
*15 à 50 % de la production d'air passe dans les fuites*

12 %

20 %

- ◆ Mettre en place un système avec plusieurs pressions (systèmes ou réseaux multi-pressions), séparés ou liés (avec utilisation de surpresseurs locaux)  
*Passer de 7 bar à 6 bar permet un gain de 8 % d'énergie en moyenne*

- ◆ Installer un récupérateur de chaleur : valorisation dans le procédé ou chauffage des locaux

60 %

- + Installer par exemple une régulation de la production d'air comprimé par compresseur à vitesse variable ou une régulation contrôlant le fonctionnement de l'ensemble des compresseurs en fonction du besoin  
*15 % de gain moyen avec une régulation (de 5 à 35 %)*

Alimentation électrique + contrôle commande

Aspiration d'air

- ◆ Abaisser la température d'entrée de l'air  
*1 % de gain de consommation tous les 3 degrés*

7 %

- ◆ Remplacer les compresseurs par de nouvelle(s) et meilleure(s) machine(s), ayant une consommation d'énergie spécifique plus faible (plus d'étage de compression par exemple), mieux adaptée(s) aux besoins du système

- Utiliser des purgeurs de condensats « sans perte d'air »

*Un réseau performant autorise une perte de charge maximum de 0,5 bar de bout en bout*

- ◆ Sécher et filtrer l'air au juste besoin

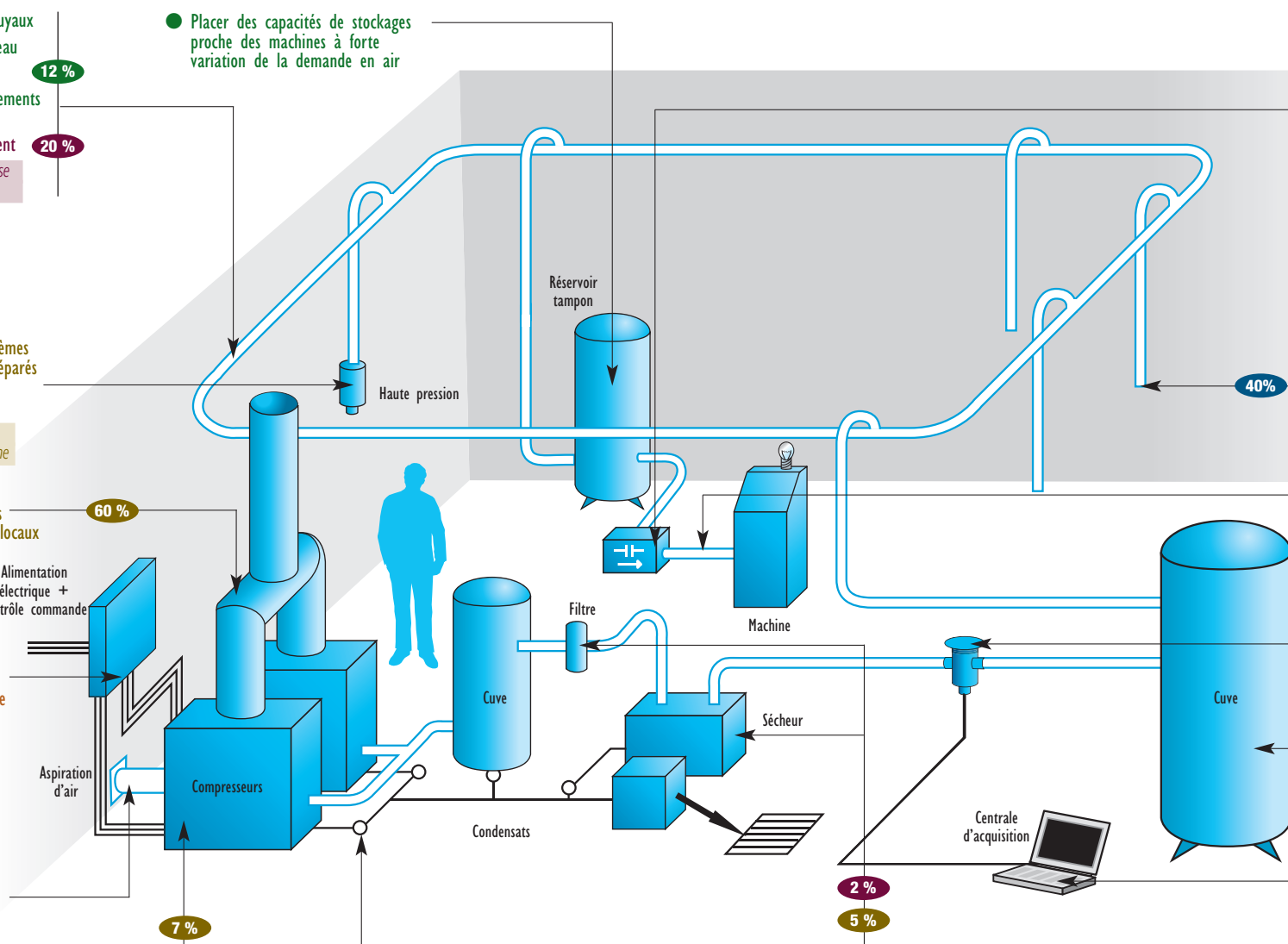
*Trop sécher ou filtrer trop fin surconsomme inutilement*

- Optimiser et vérifier les régulateurs de pression, les filtres, les lubrificateurs, les sècheurs et les purgeurs de condensats

2 %

5 %

- Placer des capacités de stockages proche des machines à forte variation de la demande en air



- Diviser le réseau en zones avec des contrôles de pression ou des vannes d'isolement appropriées. Fermer les zones du réseau non utilisées

- ▶ Ne pas alimenter les machines en air comprimé lorsqu'elles ne fonctionnent pas (coupure du réseau par une simple électrovanne)

- Couper le réseau des machines hors utilisation (par électrovanne automatique par exemple)

- ▶ Préférer pour le nettoyage l'utilisation d'aspirateurs moins consommateur en énergie que les soufflettes

- Remplacer les matériels générateurs de fuites (flexibles par exemple)

- + Installer du matériel de contrôle : débitmètre et compteurs d'air, compteur électrique, manomètres...

- Bien dimensionner les capacités de stockage pour permettre le fonctionnement à un rendement plus optimal des compresseurs et éviter des démarrages-arrêts intempestifs

- + Effectuer des relevés réguliers avec un suivi (indicateurs par exemple)



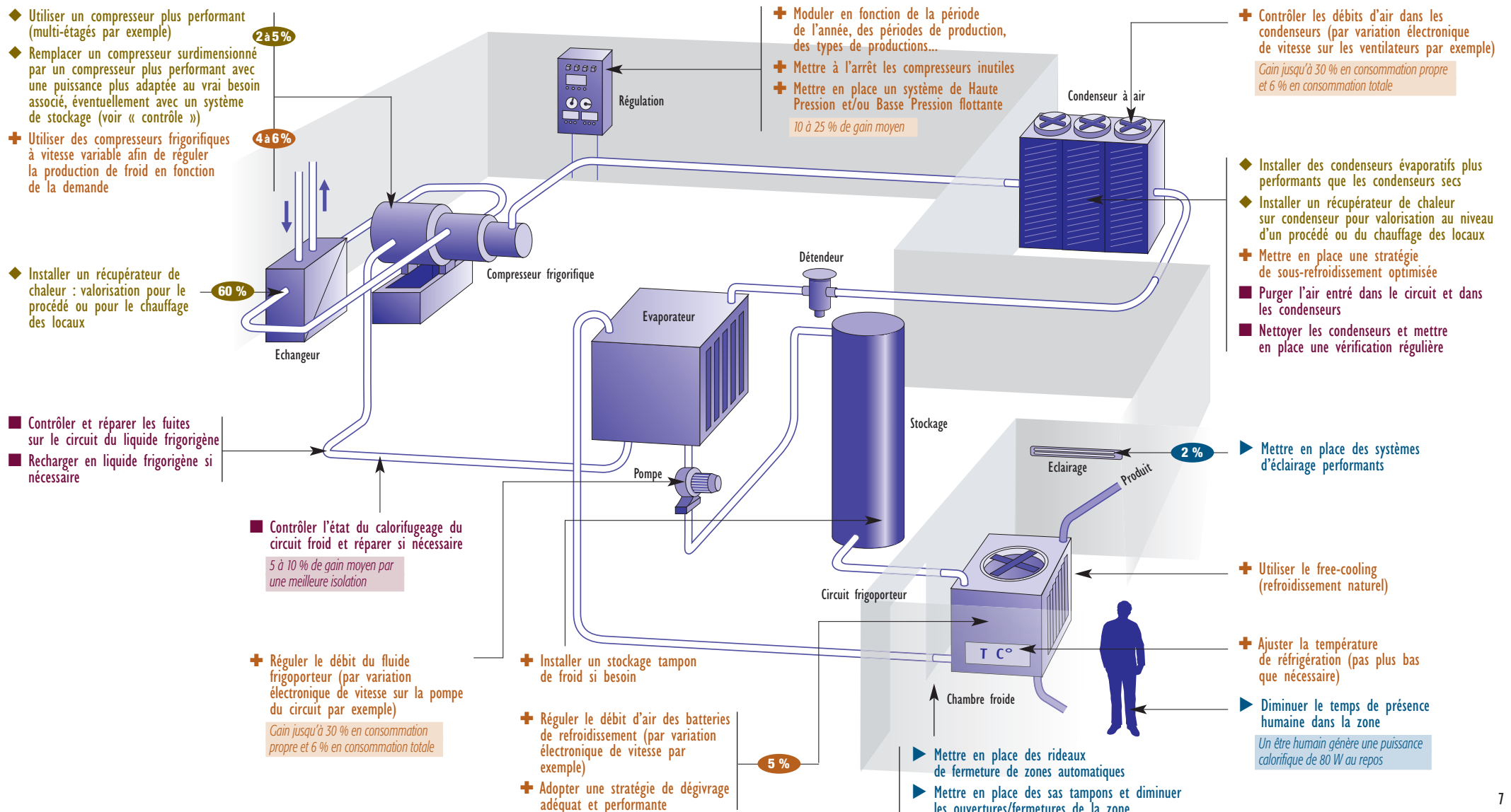
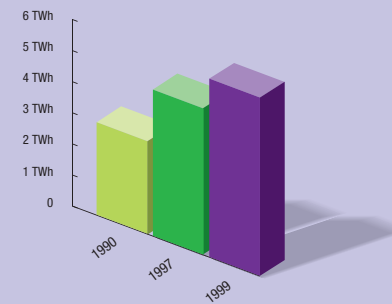
Le froid industriel représente 4 % de la consommation d'électricité dans l'industrie française et près de 7 % de la consommation nationale d'électricité. C'est une consommation en évolution croissante dans l'industrie car elle est passée de 3 TWh en 1990 à 4,7 TWh en 1999. Le secteur des industries agro-alimentaires consomme à lui seul 57 % de l'électricité consacrée au froid industriel. Le gisement d'économies d'énergie dans le domaine du froid industriel est supérieur à 0,9 TWh (soit 200 ktep) c'est à dire près de 20 % de gain possible en moyenne.

## Les systèmes de production de froid

Pistes de réflexion

◇ PRODUCTION	○ RESEAU	▷ UTILISATION	+ CONTROLE	□ MAINTENANCE
Utilisation d'un compresseur frigorifique plus performant	Calorifugeage du réseau de distribution du froid	Diminution des entrées de chaleur dans la zone d'utilisation du froid	Contrôle de la production de froid au niveau du compresseur en fonction du besoin	Optimisation de la maintenance des circuits
Utilisation de condenseurs/évaporateurs plus performants			Optimisation du rendement énergétique de l'installation en fonction des conditions extérieures et des besoins	
Récupération et utilisation de la chaleur dissipée par les compresseurs			Optimisation du stockage du froid	
			Contrôle de la régulation des différents débits	
			Optimisation du fonctionnement des batteries froides	

### Consommation d'énergie pour la production de froid dans l'industrie en France





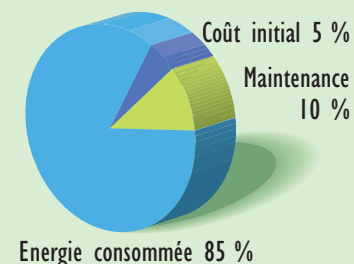
Les systèmes de pompage représentent environ 20 % de la consommation électrique de l'industrie en France et 25 % de la consommation d'électricité dans le monde. Des études ont montré que des économies d'énergie importantes pouvaient être atteintes par l'utilisation de matériels plus performants et de systèmes de contrôle adéquats permettant d'économiser jusqu'à 40 % de l'énergie et ce, pour une durée de vie moyenne de 15 à 20 ans. Les deux grandes familles de pompe sont les pompes centrifuges et les pompes volumétriques. Les pompes centrifuges, avec 73 % du marché, représentent un grand potentiel d'économies d'énergie car on estime que 75 % des systèmes de pompage sont surdimensionnés, la plupart de plus de 20 %.

## Les systèmes de pompage

Pistes de réflexion

◇ PRODUCTION	○ RESEAU	▷ UTILISATION	+ CONTROLE	□ MAINTENANCE
Utilisation de pompes plus performantes pour l'usage considéré	Diminution des pertes de charge sur le réseau	Diminution de matière pompée	Optimisation de la régulation du pompage pour éviter le gaspillage (adéquation au besoin)	Diminution des fuites sur le réseau
Utilisation d'un moteur et d'un système d'entraînement plus performant pour l'usage considéré			Installation de matériels de mesure, de comptage et relevage réguliers des données	Maintenance régulière des pompes et du système d'entraînement afin de conserver un rendement maximal

### Coût global typique d'une pompe



■ Réparer les fuites

● Installer du matériel de mesure pour contrôler la perte de charge

■ Restaurer périodiquement les tolérances internes des pompes

■ Appliquer un film interne de réduction de frottements dans la pompe

3 à 5 % de gains moyens

+ Utiliser plusieurs pompes en parallèle, mises en route en fonction du besoin

◆ Remplacer ou modifier les pompes surdimensionnées

◆ Usiner ou changer le diamètre des roues des pompes centrifuges

◆ Utiliser des pompes de meilleur rendement

+ Installer des compteurs volumétriques ou électriques, des débitmètres...

+ Effectuer des relevés réguliers avec un suivi (par l'utilisation d'indicateurs par exemple)

◆ Remplacer les moteurs de pompes surdimensionnés par des moteurs mieux dimensionnés et à haut rendement : label « EFF 1 »

Rendement supérieur de 2 à 5 %

■ Fermer les parties du circuit non utilisées

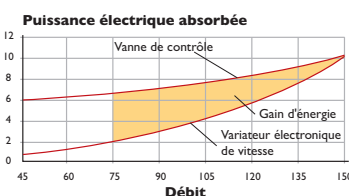
■ Effectuer des purges d'air régulières

◆ Utiliser une petite pompe de surpression pour des besoins spécifiques

● Augmenter la section des tuyaux et éviter les coudes et changements de direction intempestifs

● Diminuer la longueur du réseau

+ Utiliser des variateurs électroniques de vitesse pour les moteurs électriques des pompes (afin de réguler le débit) plutôt que par des vannes



+ Mettre à l'arrêt les pompes inutiles

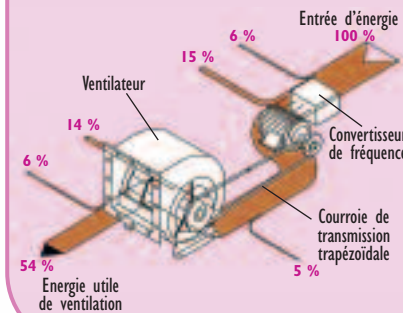
▶ Ne pas pomper pour rien !

# Les systèmes de ventilation

Pistes de réflexion

◇ PRODUCTION	○ RESEAU	▷ UTILISATION	+ CONTROLE	□ MAINTENANCE
Utilisation de ventilateurs plus performants pour l'usage considéré	Diminution des pertes de charge sur le réseau et des problèmes d'équilibrage du réseau aéraulique	Optimisation de la stratégie de ventilation et donc des systèmes de ventilation employés	Optimisation du contrôle et de la régulation de la ventilation pour éviter le gaspillage	Diminution des fuites sur le réseau aéraulique
Utilisation de moteurs et d'un système d'entraînement plus performant pour l'usage considéré	Récupération d'énergie sur l'air extrait		Installation de matériels de mesure, de comptage et relevage réguliers des données	Maintenance régulière des filtres et des canalisations

## Bilan des pertes d'énergie dans un système de ventilation

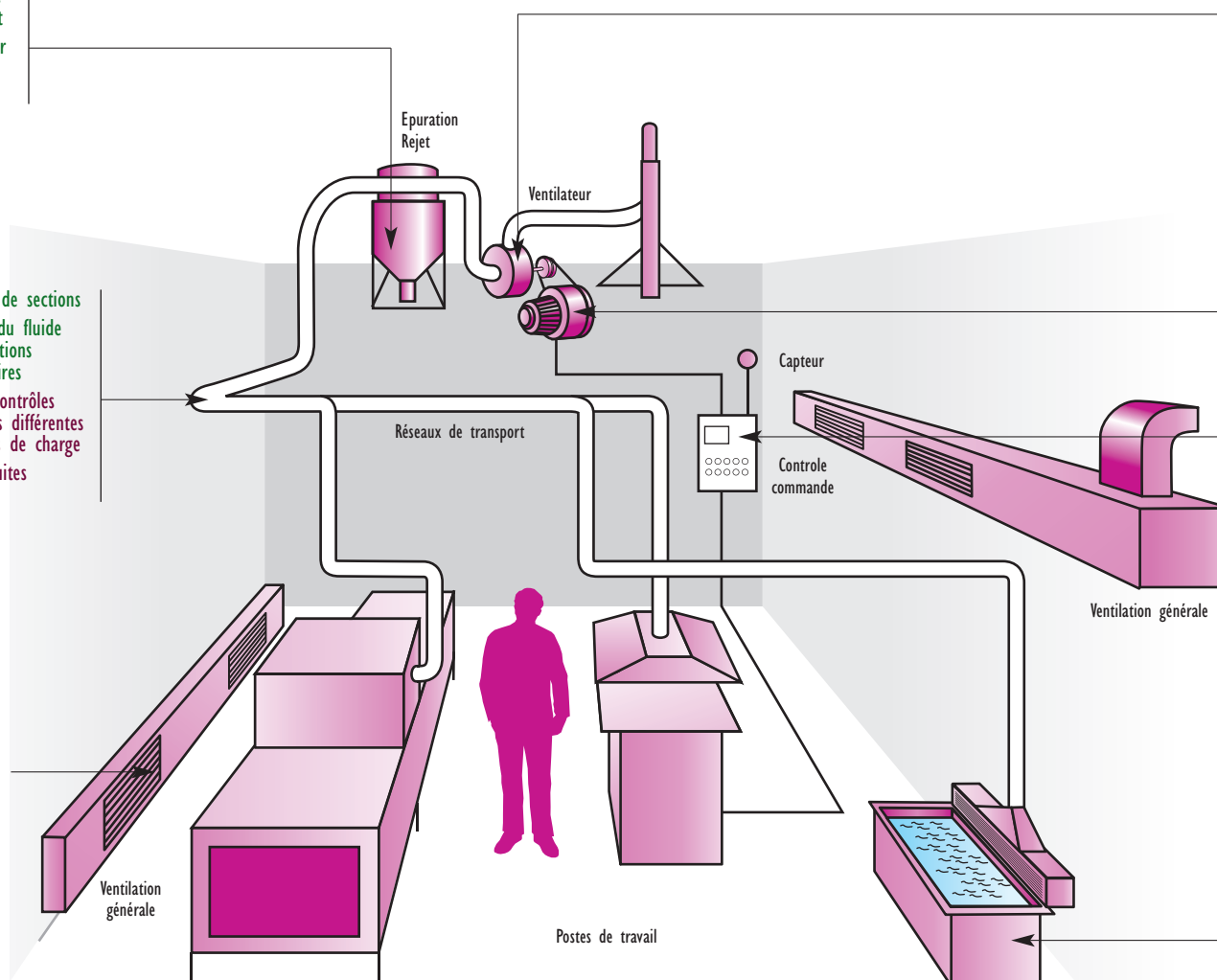


- Utiliser un épurateur d'air afin de recycler une partie de l'air extrait
- Utiliser un récupérateur de chaleur (échangeur) sur l'air extrait

Des exemples jusqu'à 60 % de gain

- Eviter les coudes et changements de sections
- Augmenter la section de passage du fluide dans le réseau et préférer les sections circulaires aux sections rectangulaires
- Equilibrer le réseau aéraulique : contrôles de pression et des débits dans les différentes branches et équilibrage des pertes de charge
- Nettoyer et dépolluer les conduites aérauliques et les filtres

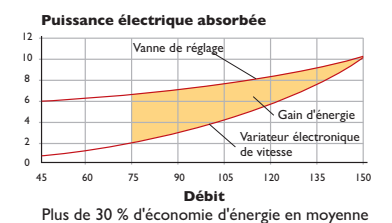
- ▶ Etudier la mise en place d'un système de ventilation par déplacement en remplacement d'un système de ventilation par mélange



- ◆ Utiliser des ventilateurs avec un rendement maximal
- ◆ Remplacer les ventilateurs surdimensionnés

- ◆ Remplacer les moteurs de ventilateurs surdimensionnés par des moteurs plus appropriés et à haut rendement : label « EFF 1 »
- ◆ Utiliser un système d'entraînement du ventilateur plus performant : accouplement direct à l'arbre moteur, suppression des courroies trapézoïdales

- ▶ N'aspirer que le minimum d'air requis
- + Mettre à l'arrêt des ventilateurs inutiles
- + Utiliser des variateurs électroniques de vitesse pour les moteurs électriques des ventilateurs



- + Installer du matériel de mesure : compteurs électriques, débitmètres...
- + Effectuer des relevés réguliers avec un suivi (par l'utilisation d'indicateurs par exemple)

- ▶ Utiliser des captages spécifiques pour les pollutions localisées à la place d'un système de ventilation générale

Des exemples jusqu'à 55 % de gain



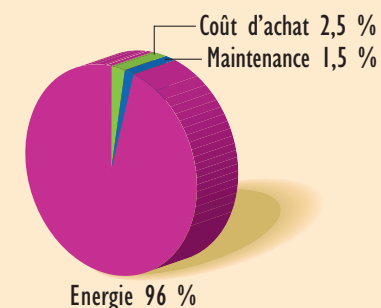
Les moteurs électriques représentent, en Europe, l'une des principales sources de consommation d'électricité : 70 % pour l'industrie et 33 % de la consommation totale du tertiaire. 96 % du coût de fonctionnement d'un moteur au cours de son cycle de vie concerne sa consommation énergétique (2,5 % son achat et 1,5 % sa maintenance). Lors de l'achat d'un moteur, il est donc essentiel de tenir compte de cette consommation énergétique et de chercher à la minimiser. Ainsi, pour gérer un parc de moteurs le plus économiquement possible, il convient de prendre en compte les paramètres suivants : le rendement du moteur, son dimensionnement, les pertes de transmission en aval, la maintenance (réparation et rebobinage) ainsi que l'utilisation de systèmes de contrôle tels que la Variation Electronique de Vitesse (VEV).

## Les systèmes d'entraînement par moteurs électriques

Pistes de réflexion

◇ PRODUCTION	○ RESEAU	▷ UTILISATION	+ CONTROLE	□ MAINTENANCE
Utilisation de moteurs et d'un système d'entraînement plus performant pour l'usage considéré	Amélioration des transmissions		Optimisation du contrôle et de la régulation de l'entraînement (adéquation au besoin)	Maintenance régulière et de qualité du moteur, conforme aux spécifications du constructeur
			Installation de matériel de mesure, de comptage et relevage régulier des données	Maintenance régulière du système d'entraînement pour assurer un rendement maximal

### Coût global de l'utilisation d'un moteur électrique



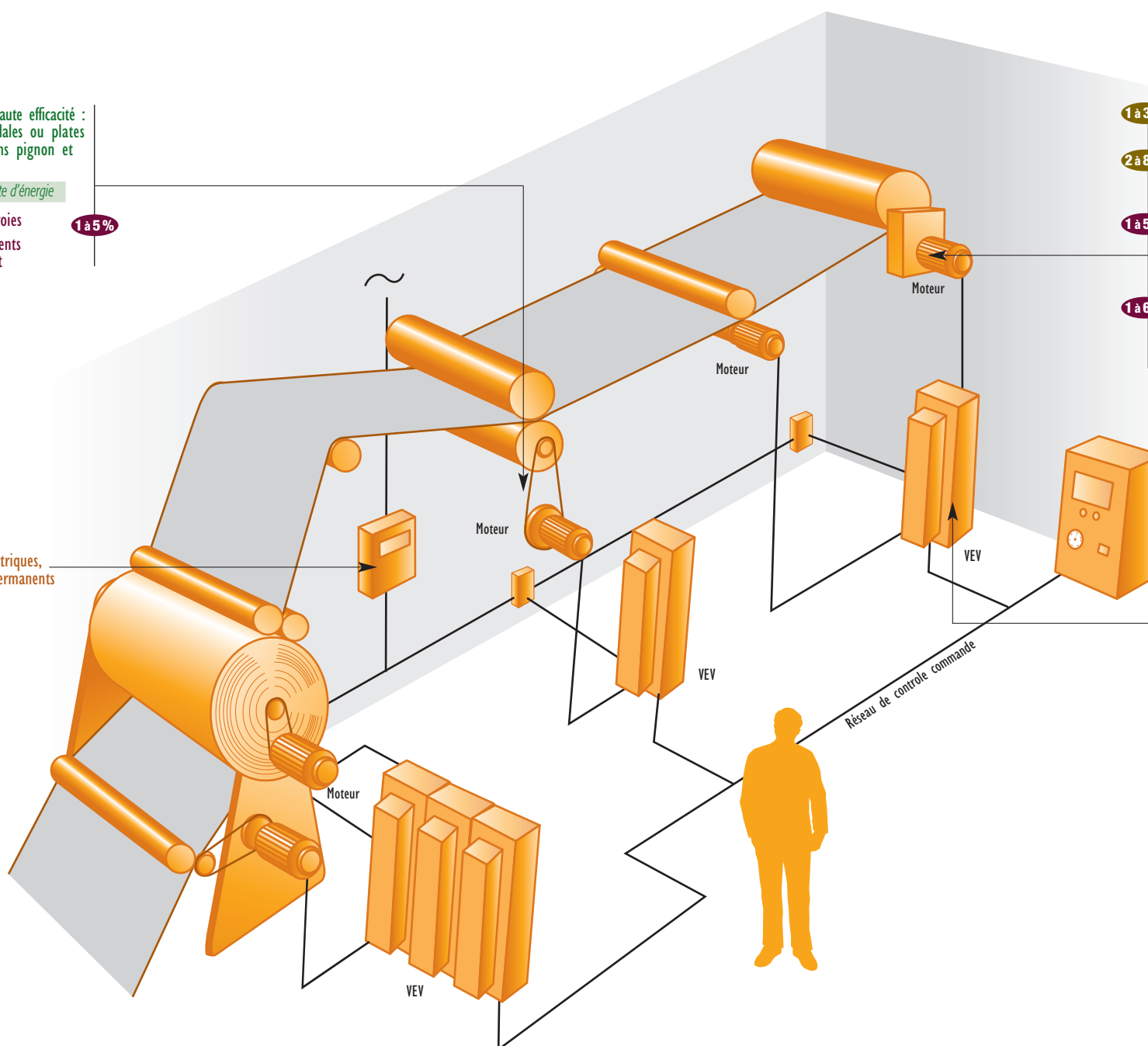
- Utiliser des transmissions à haute efficacité : éviter les courroies trapézoïdales ou plates non crantées, les associations pignon et vis sans fin

*Des exemples jusqu'à 45 % de perte d'énergie*

- Ajuster la tension des courroies
- Ajuster et caler les alignements des systèmes d'entraînement

1 à 5 %

- + Installer des compteurs électriques, soient périodiques, soient permanents



- 1 à 3% ◆ Utiliser des moteurs non surdimensionnés

- 2 à 8% ◆ Utiliser des moteurs à hauts rendements (Label "EFF 1")

- 1 à 5% ■ Lubrifier les paliers régulièrement conformément aux spécifications « constructeurs »

- 1 à 6% ■ Eviter de rebobiner un moteur, le rendement diminuant souvent après, ou alors veiller à l'agrément du rebobineur par le constructeur du moteur

- + Utiliser la Variation Electronique de Vitesse (VEV) afin de régler finement la vitesse de rotation en fonction du besoin

*10 à 50 % de gain en fonction des applications*



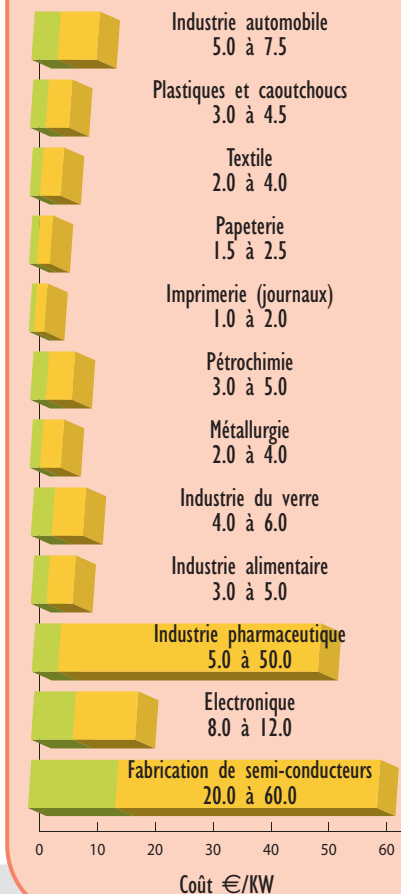
La distribution électrique en entreprise répond à plusieurs objectifs : le bon fonctionnement des procédés industriels, la sécurité des personnes, la non détérioration du matériel, ainsi que la préservation de la stabilité, de la continuité et de la qualité de l'alimentation électrique du réseau. Ainsi, ne pas contrôler la qualité de son réseau c'est s'exposer à la facturation de la puissance réactive, c'est détériorer plus rapidement le câblage, les systèmes de protection et les actionneurs, c'est consommer plus d'énergie parfois de 5 à 10 % (dissipation dans les câbles, transformateurs...), enfin c'est s'exposer à des coûts de non qualité de production ou encore de non production.

## Les réseaux de distribution électrique industrielle

Pistes de réflexion

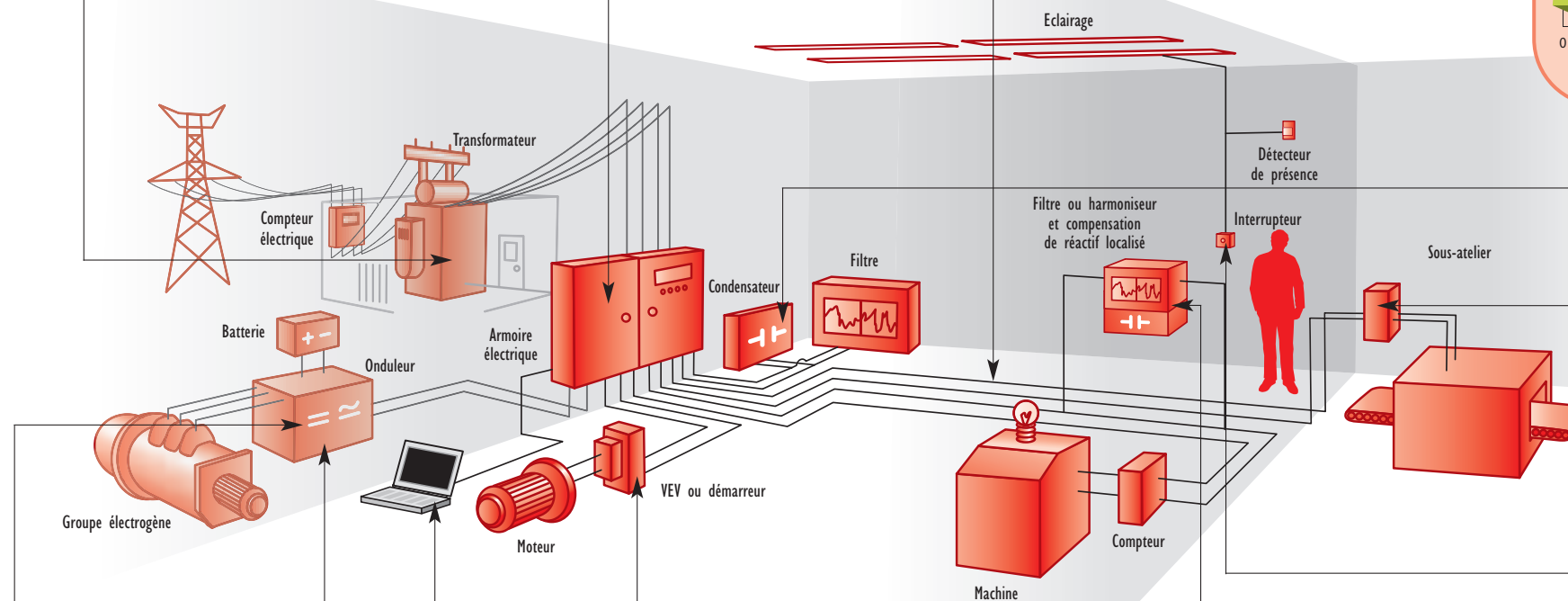
◇ PRODUCTION	○ RESEAU	▷ UTILISATION	+ CONTROLE	□ MAINTENANCE
Diminution des pertes d'énergie dans le(s) transformateur(s)	Diminution des pertes d'énergie sur le réseau	Consommation raisonnable de l'énergie électrique	Amélioration de la qualité de l'alimentation électrique	Optimisation de la maintenance du circuit
		Surveillance des charges polluantes sur le réseau : création d'harmoniques, absorption ou émission de courant réactif, pic d'intensité...	Amélioration du facteur de puissance (cos Phi) du site afin de diminuer le courant réactif sur le réseau	
			Diminution du taux d'harmonique sur le réseau	
			Installation de matériels de mesure, de comptage et relevage réguliers des données	

Variation du coût d'une interruption momentanée de fourniture d'électricité (€/kW demandé)



- ◆ Utiliser un/des transformateur(s) avec un haut rendement : pertes minimales en charge et à vide
- ◆ Dimensionner le/les transformateur(s) en adéquation avec l'utilisation
- ◆ Détecter les points chauds des câbles et des armoires (par thermographie infra-rouge)
- ◆ Resserrer les jeux de barres
- ◆ Nettoyer les traversées et les connexions (pour limiter les risques de corrosion ou de rouille)
- Remplacer les anciens TGBT - Tableaux Généraux Basse Tension (années 1980) par de nouveaux tableaux (années 2000) dont la longueur a été réduite de 40 %
- Choisir des éléments des TGBT faiblement consommateurs permettant d'éviter une climatisation du local : contacteurs-disjoncteurs standards (20 W) / performants (7 W)

- Diminuer les pertes par effet Joule grâce à un dimensionnement plus important des conducteurs



+ Baisser le niveau de coupures ou des creux de tension : installer une alimentation sans interruption (ASI), un compensateur automatique en temps réel, un régulateur électronique dynamique de la tension...

▶ Mise en place d'un système de gestion de l'énergie (GTC) ou de management de l'énergie électrique

▶ Installer des démarreurs sur les moteurs électriques

▶ Installer des compensations de réactif proche des sources  
▶ Installer des filtres à harmoniques proches des sources très polluantes

+ Utiliser des blocs de condensateurs à commande électromécaniques ou électroniques

+ Installer des compteurs d'énergie locaux (par service, atelier, étage) Les comportements individuels changent suivant le mode d'affectation des charges

▶ Arrêter les équipements électriques lorsqu'ils ne sont pas nécessaires

● Remplacer les anciens onduleurs par de nouveaux  
Des exemples de rendement meilleur jusqu'à 15 %