



Philippe BREM, Responsable Produits Vitesse Variable BT - ABB France

Variateurs de vitesse : avantages et bénéfices

Club Automation : Journée Actionneurs 29 Novembre 2012

club
AUTOMATION

Variateurs de vitesse : avantages et bénéfices

Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- Variation de vitesse : principe
- Les nombreuses fonctions d'un variateur
- Les multiples applications de la variation de vitesse
- Avantages et bénéfices de la variation de vitesse
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

Variateurs de vitesse : avantages et bénéfices

Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- Variation de vitesse : principe
- Les nombreuses fonctions d'un variateur
- Les multiples applications de la variation de vitesse
- Avantages et bénéfices de la variation de vitesse
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

Variateurs de vitesse

Exemples de variables de process à réguler

- Débit, pression, température, niveau – ex : pompes, ventilateurs



- Vitesse de rotation – ex : convoyeurs



- Traction –ex : treuils



Variateurs de vitesse

Les différentes technologies de régulation d'une variable de process

- Moteurs multivitesse
- Régulation mécanique :
 - Poulies/courroies
 - Reducteurs/multiplicateurs



- Régulation hydraulique :
 - Coupleurs hydrauliques

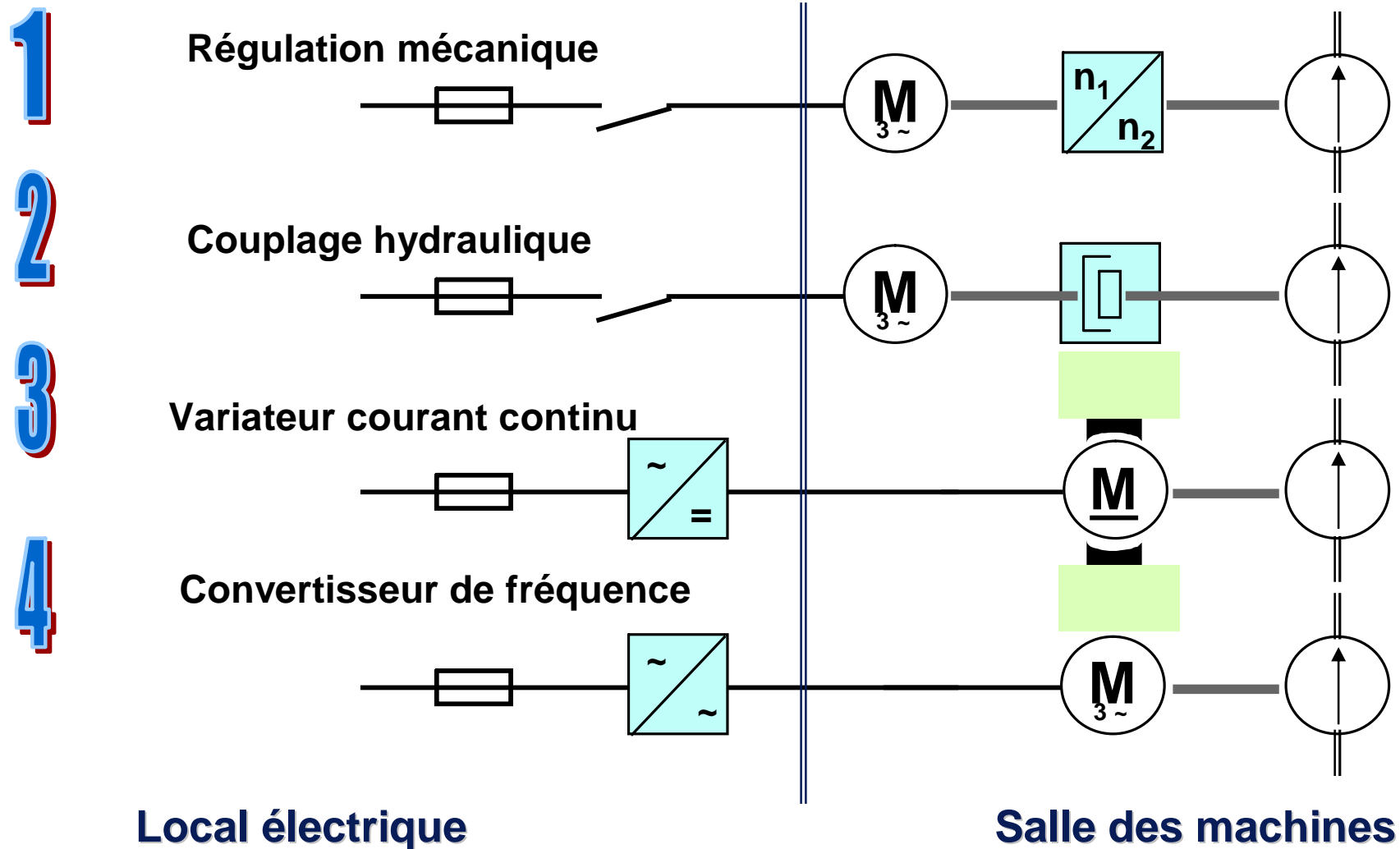


- Variateur de vitesse



Variateurs de vitesse

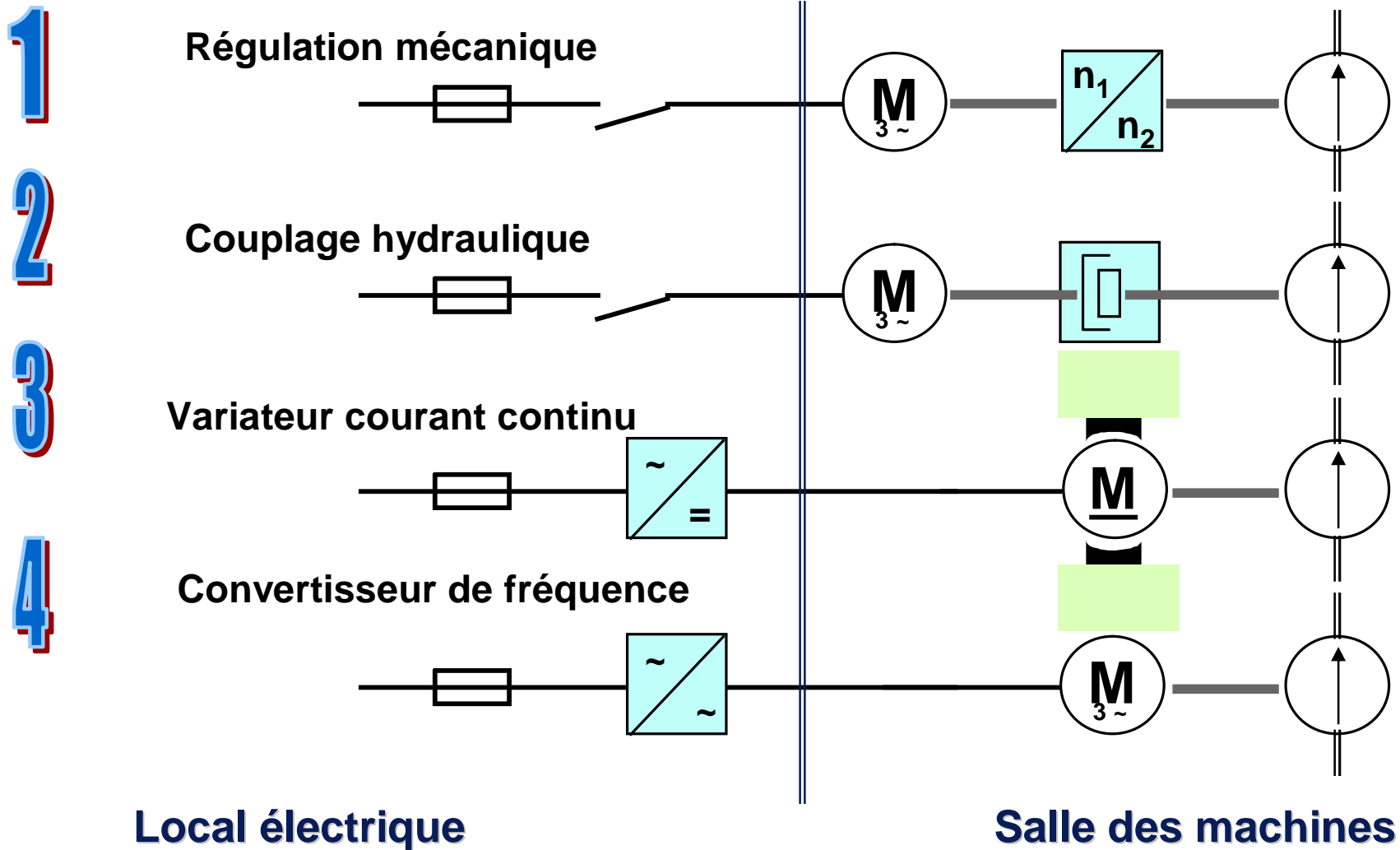
Vitesse fixe ou variable?



Quelle est la différence fondamentale entre 1 et 2 d'une part,
et 3 et 4 d'autre part?

Variateurs de vitesse

Vitesse fixe ou variable?



1 et 2 : le moteur tourne à vitesse fixe

3 et 4 : le moteur tourne à vitesse variable

A charge variable, Vitesse variable

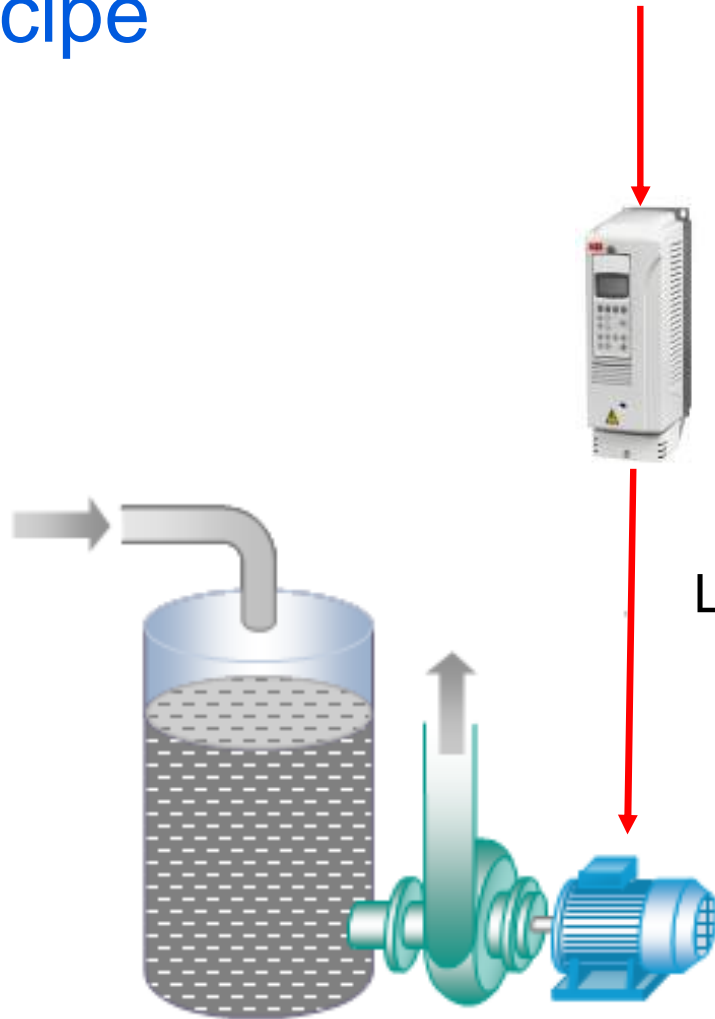
Variateurs de vitesse : avantages et bénéfices

Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- **Variation de vitesse : principe**
- Les nombreuses fonctions d'un variateur
- Les multiples applications de la variation de vitesse
- Avantages et bénéfices de la variation de vitesse
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

Variateurs de vitesse

Principe



Le variateur absorbe de l'énergie électrique sur le réseau d'alimentation

Le variateur transfère l'énergie électrique au moteur électrique

Le moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique sous forme d'un couple au bout d'arbre

Le couple fourni par le bout d'arbre du moteur entraîne la machine en rotation

Variateurs de vitesse : avantages et bénéfices

Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- Variation de vitesse : principe
- **Les nombreuses fonctions d'un variateur**
- Les multiples applications de la variation de vitesse
- Avantages et bénéfices de la variation de vitesse
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

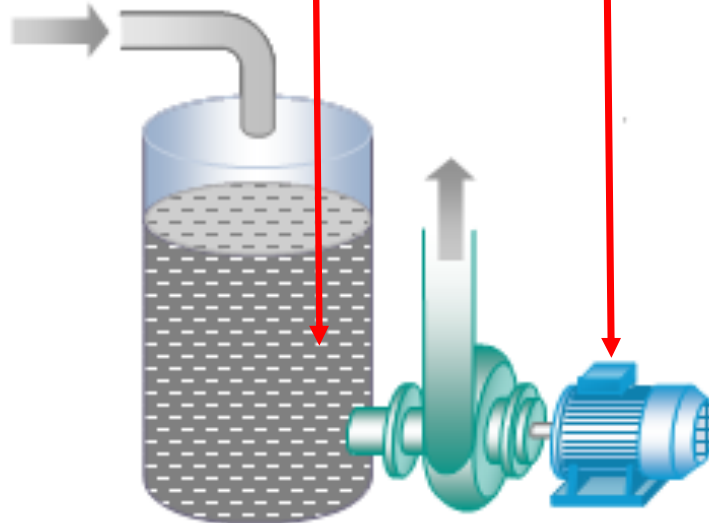
Variateurs de vitesse

Fonctions de base

Interface utilisateur/rice



Interface procédé



Protections :

- Du réseau
- Contre les agressions du réseau

Commande et protection du moteur

Variateurs de vitesse

Fonctions de base : commande du moteur

- Variateurs de fréquence pour différents types de moteur à courant alternatif :
 - Asynchrones à cage
 - Servo-moteurs asynchrones
 - Synchrones à aimants permanents
 - Reluctance variable



- Mais aussi variateurs courant continu pour moteurs à courant continu :



Variateurs de vitesse

Fonctions de base : commande du moteur

- Variateurs de fréquence basse tension de 220V mono à 690V tri :



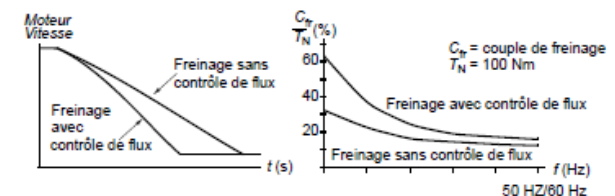
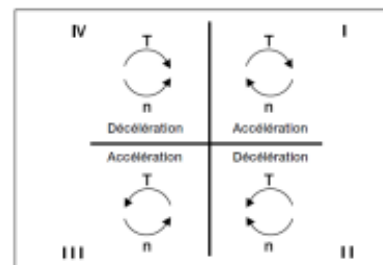
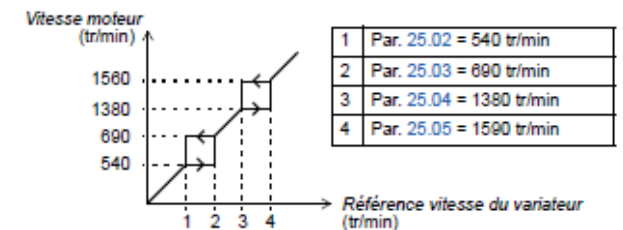
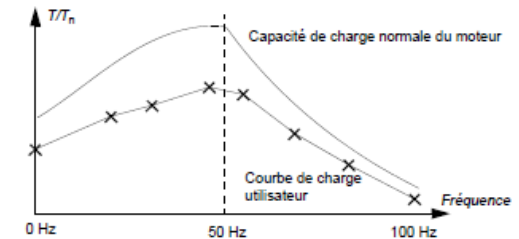
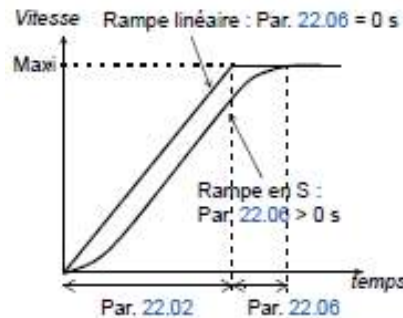
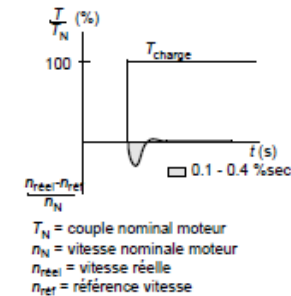
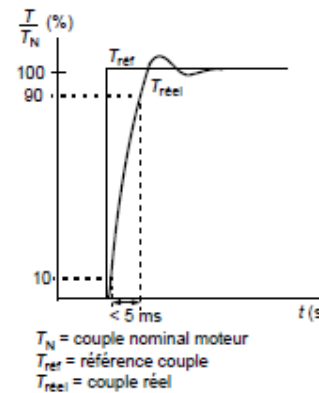
- Mais aussi variateurs de fréquence moyenne tension de 2,3kV à 10kV:



Variateurs de vitesse

Commande du moteur

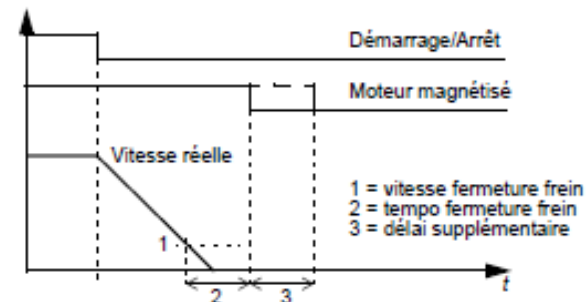
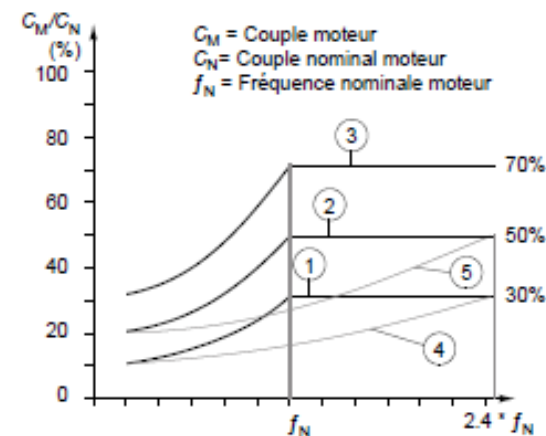
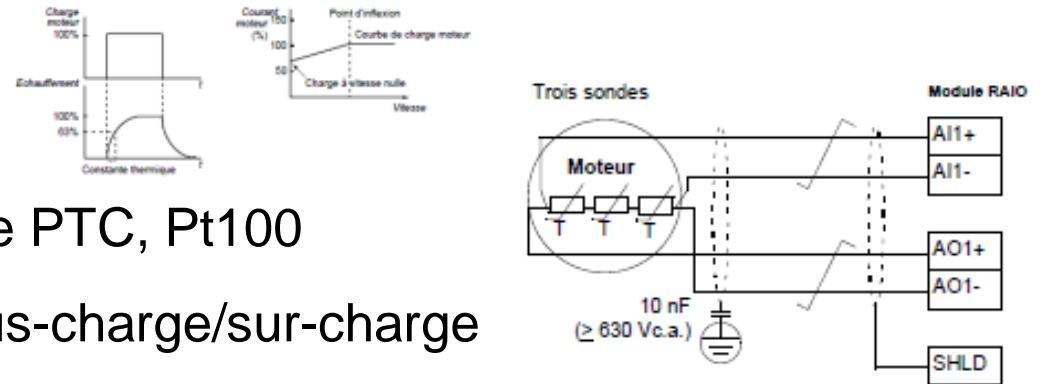
- Régulation de vitesse
- Régulation de couple
- Rampes d'accélération/décélération
- Courbes de charge utilisateur
- Surcouple (boost)
- Sauts de fréquence
- Compensation de RI
- Reprise au vol
- Freinage par le flux
- Optimisation du flux
- Freinage électrique avec hacheur et résistance
- Fonctionnement 4 quadrants



Variateurs de vitesse

Protection du moteur

- Surintensité
- Echauffement
- Gestion de sondes de température PTC, Pt100
- Limites de charge, de couple : sous-charge/sur-charge
- Protection contre le blocage du rotor
- Pilotage de frein mécanique
- Perte de phase
- ATEX
- Pré-réglées ou paramétrables



Variateurs de vitesse

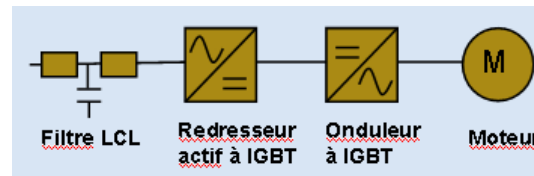
Auto-protection du variateur

- Surtension
- Sous-tension
- Echauffement
- Limites de charge, de couple : sous-charge/sur-charge
- Court-circuit
- Perte de référence
- Perte de phase
- Défaut de terre
- Pré-réglées ou paramétrables
- Protections contre l'environnement :
 - Projections de liquides, de solides
 - Gaz corrosifs
 - Vibrations
 - Température ambiante

Variateurs de vitesse

Fonctionnalités réseau

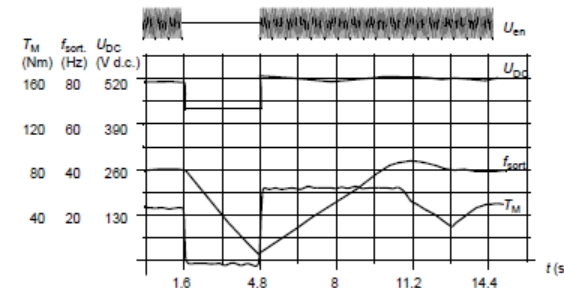
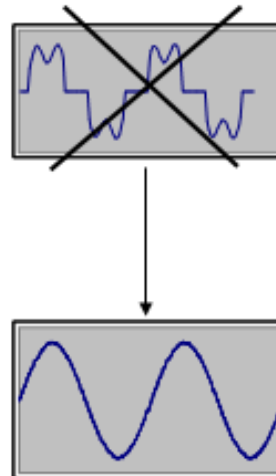
- Gestion du réseau :
 - Réinjection sur le réseau
 - Génération de puissance réactive
 - Gestion des pertes réseau



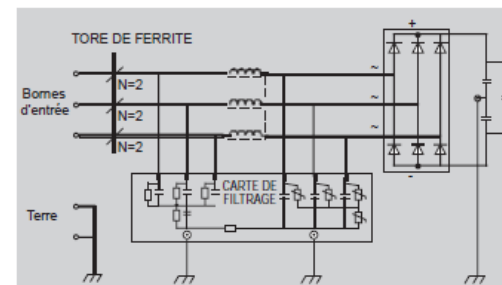
$$\cos(30) = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Une référence positive de 30° signifie une charge capacitive
 Une référence négative de 30° signifie une charge inductive
 P = valeur du signal 01.09 POWER

- Protection du réseau contre :
 - Les harmoniques



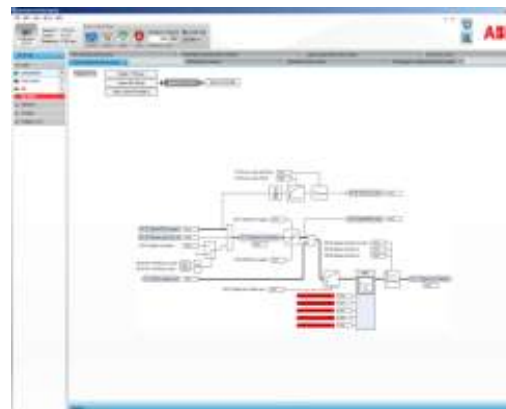
- Les perturbations électromagnétiques



Variateurs de vitesse

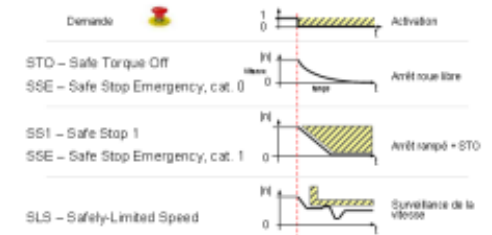
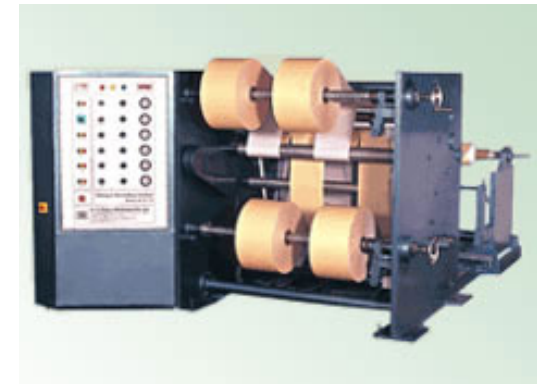
Interface utilisateur

- Micro-console
- Assistants de mise en service
- Outils logiciels PC pour configuration, mise en service, exploitation, maintenance
- Génération d'alarmes et de défauts
- Paramétrages
- Registres de données, d'évènements, de défauts
- Visualisations et enregistrements de signaux
- Personnalisations des réglages et des vues



Variateurs de vitesse Interfaces procédé

- Entrées/sorties câblées
- Connexion à de nombreux bus de terrain
- Connexion à un PC
- Applicatifs spécifiques, par ex :
 - Fonctions HVAC
 - Maître/esclave
 - Dérouleuse/enrouleuse
 - Levage
 - Pompes en cascade
- Sécurité fonctionnelle
- Surveillance à distance
- Programmation de séquences
- Programmation adaptative
- Produits entièrement personnalisés pour clients spécifiques



Variateurs de vitesse : avantages et bénéfices

Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- Variation de vitesse : principe
- Les nombreuses fonctions d'un variateur
- **Les multiples applications de la variation de vitesse**
- Avantages et bénéfices de la variation de vitesse
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

Variateurs de vitesse

Applications

- De la plus petite machine...

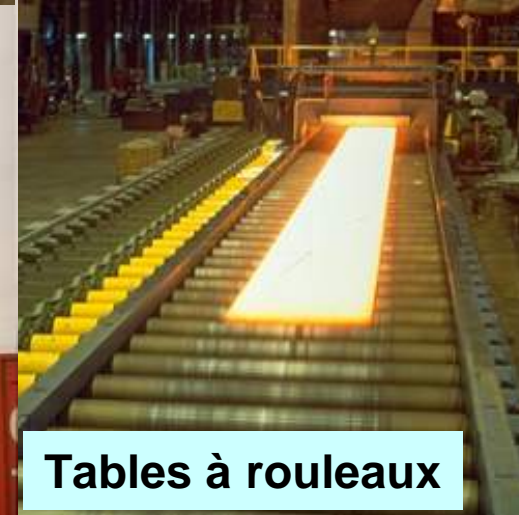
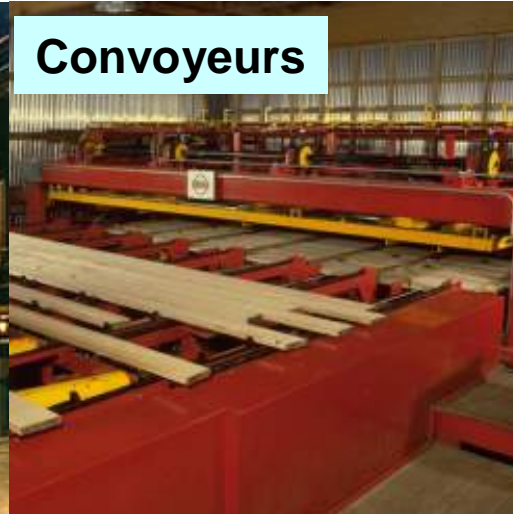


- ...à la plus grosse



Variateurs de vitesse

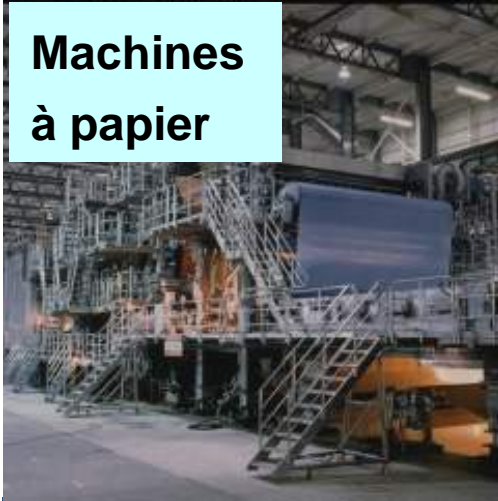
Quelques applications



Variateurs de vitesse

Quelques applications

**Machines
à papier**



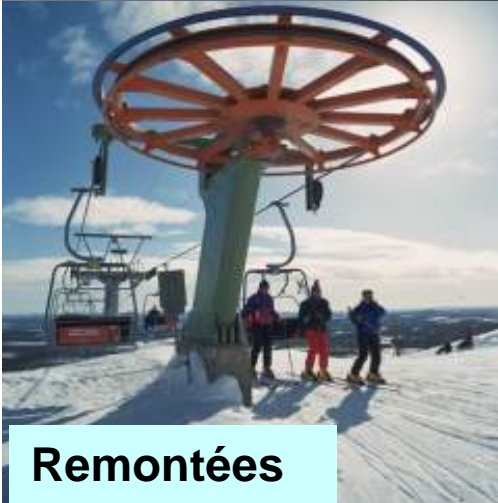
**Pompes
submersibles**



Tambours



**Remontées
mécaniques**



Centrifugeuses



Propulseurs



Variateurs de vitesse

Quelques secteurs d'applications



Chimie



Ciment



Métal



Papier



Marine



Pétrochimie



Agro-alimentaire



Plastique



Caoutchouc

Energies
renouvelables



Bâtiments

Variateurs de vitesse

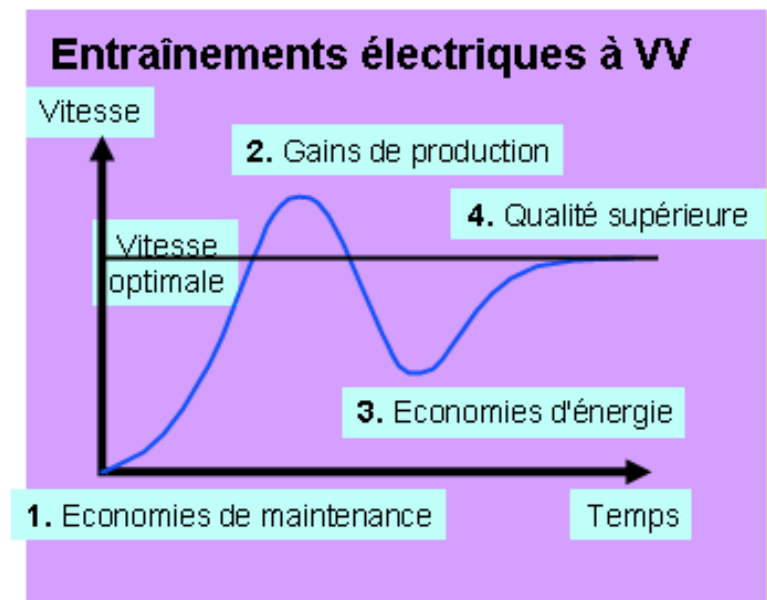
Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- Variation de vitesse : principe
- Les nombreuses fonctions d'un variateur
- Les multiples applications de la variation de vitesse
- **Avantages et bénéfices de la variation de vitesse**
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

Variateurs de vitesse

Avantages et bénéfices

- Economies d'énergie
 - raccourcissement des retours sur investissement
 - réduction des coûts d'exploitation
 - réduction de l'empreinte carbone
- Précision, souplesse, répétabilité, intelligence embarquée
 - amélioration de la qualité
 - augmentation de la productivité
 - réduction de l'usure du matériel
 - réduction des coûts de maintenance
 - réduction des coûts d'exploitation
- Confort
 - amélioration des conditions de travail
 - réduction des coûts de maintenance
 - réduction des coûts d'exploitation



Pourquoi se concentrer sur les moteurs électriques?

65%

Potentiel d'économies d'énergie

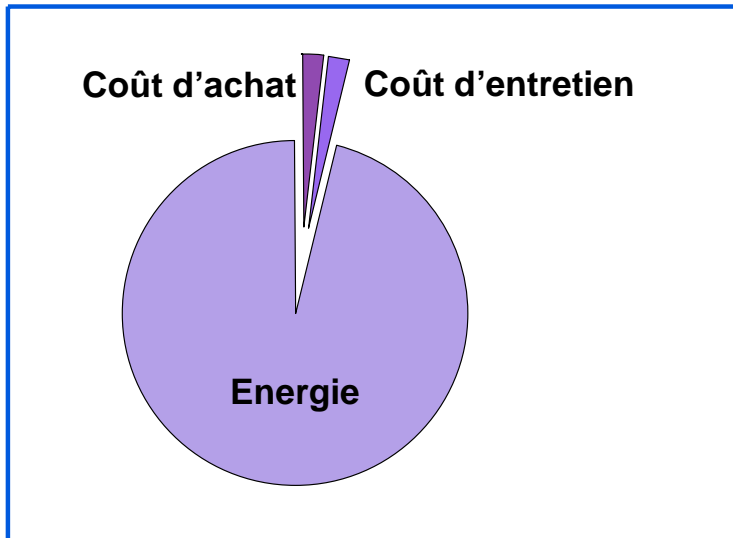


- Environ 40% de l'énergie sont consommés par les industries
- Les 2/3 de cette énergie sont utilisés par des moteurs électriques.
- Les variateurs de fréquence régulent la vitesse de rotation des moteurs
- Par exemple, dans les applications de ventilation et de pompage, les variateurs permettent l'ajustement précis du débit d'air ou de liquide à la demande.
- Dans ces applications, la consommation énergétique peut être réduite de 30 à 50%.
- Pourtant, moins de 20% des moteurs sont entraînés par un variateur de vitesse.

Pourquoi se concentrer sur les moteurs électriques?

99%

Coût du cycle de vie d'un moteur électrique



- La consommation énergétique d'un moteur électrique représente 99% de son coût total sur toute sa durée de vie
- Le prix d'achat d'un moteur ne représente donc que 1% de son coût total sur toute sa durée de vie
 - Ce qui correspond à 8/12 semaines de sa consommation électrique totale
- Les variateurs pouvant ajuster et optimiser la vitesse de rotation du moteur, sa consommation énergétique peut être réduite de 50% dans certaines applications.

Base installée de moteurs

Répartition des moteurs dans une usine typique

Puissance kW	% de la base installée	% de l'énergie consommée
0.75 - 4	58.8	4.8
>4.0 - 15	26.4	10.4
>15 - 37	14.8%	84.4%
>37 - 75		
>75 - 160		
>160 - 355		
>355 - 700		
>700		

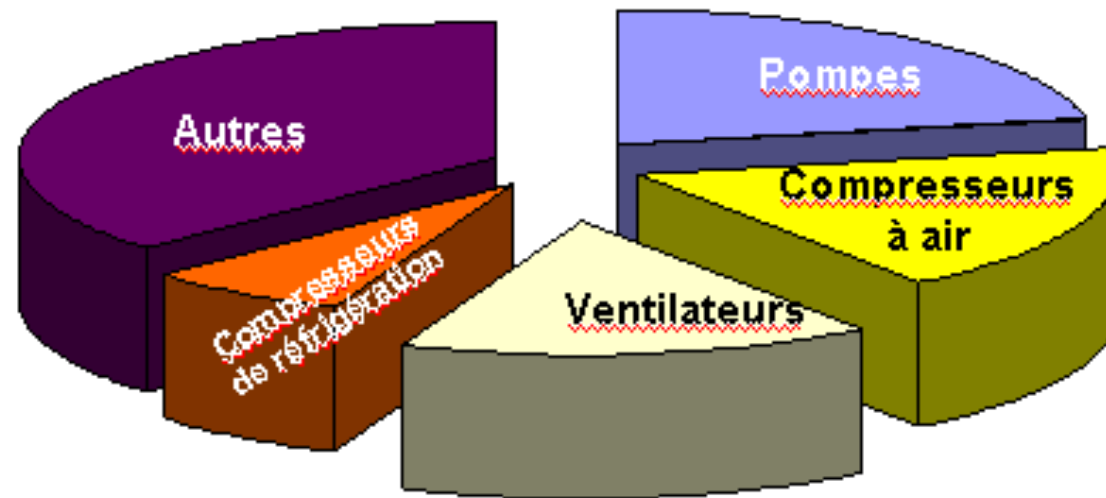
Source: United States Industrial moteur Systems Market Opportunities Assessment, December 1998

Pourquoi se concentrer sur les ventilateurs et les pompes?

50%

Les machines entraînées

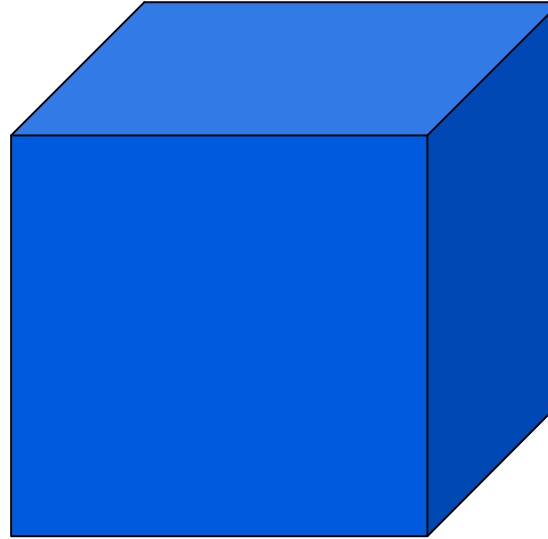
- Les pompes sont les plus gros consommateurs d'énergie dans la Communauté Européenne



Applications prioritaires

- Couple variable ou quadratique :
- Fonctionnement suivant la loi du **CUBE**
- Principalement:
 - Pompes centrifuges
 - Ventilateurs

La loi du cube



$$Y = kX^3$$

La loi du cube

- Petit exercice :
- Données : Un moteur d'entraînement de ventilateur doit délivrer une puissance utile de 100kW à plein débit
- Question : Quelle puissance utile doit délivrer le moteur lorsque le ventilateur tourne à mi-vitesse?
- Réponse : tout le monde a trouvé 12,5kW ?
- Explication :
 - Puissance à pleine vitesse = $100 = kN_n^3$
 - Puissance cherchée à mi-vitesse = $P_? = k(N_n/2)^3 = kN_n^3 \times (1/2)^3$
 - D'où $P_? = 100 \times (1/2)^3 = 100/8 = 12,5$

La loi du cube

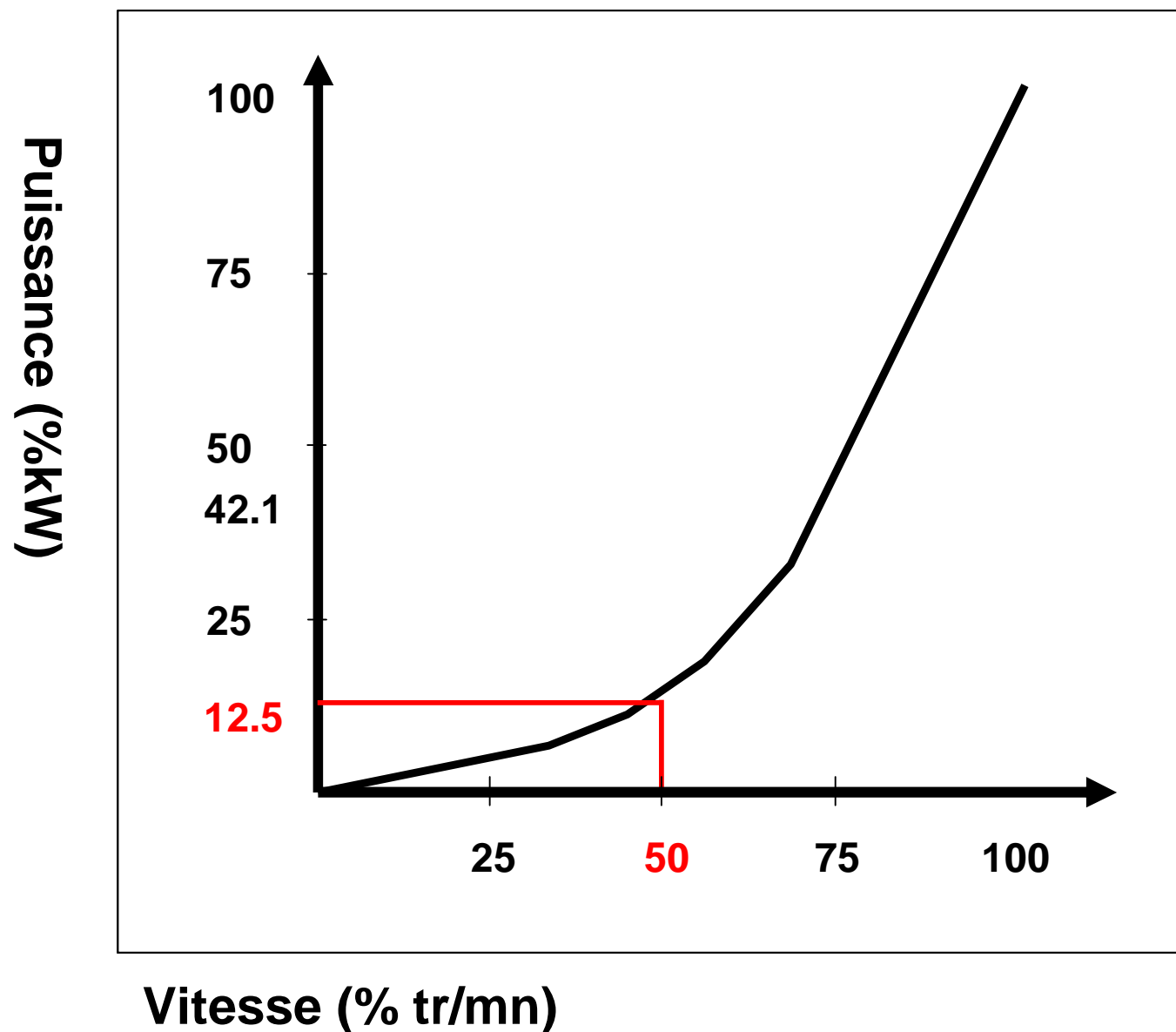


- Les ventilateurs et les pompes centrifuges sont de loin les machines les plus répandues, elles offrent le plus gros potentiel d'économies d'énergie
- Les économies découlent du fait que la puissance décroît avec la vitesse et que les machines centrifuges suivent la loi du cube
- A mi-vitesse, le débit est aussi moitié
- Mais la puissance n'est plus qu'1/8
- Exemple pour une machine de 45kW:

Vitesse (tr/mn)	Vitesse (%)	Débit (m ³ /h)	Puissance (kW)	Puissance (%)
1800	100	100	45,00	100,00
1620	90	90	32,81	72,90
1260	70	70	15,44	34,30
900	50	50	5,63	12,50

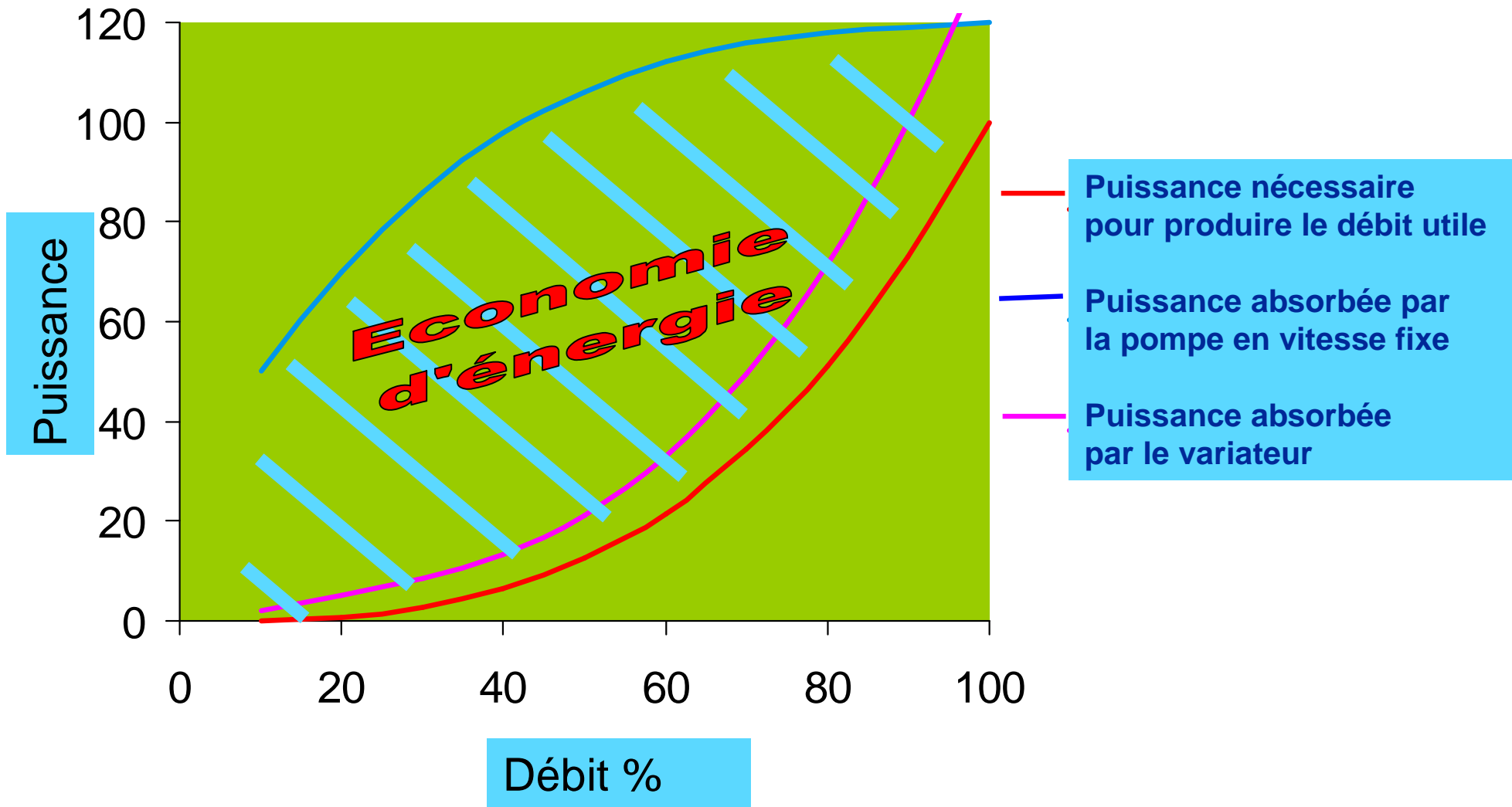
Economiser l'énergie en faisant varier la vitesse

Courbe puissance/vitesse d'une machine à couple quadratique



La Puissance est proportionnelle à $(Vitesse)^3$

Vitesse fixe comparée à Vitesse variable



Exemple : ventilateur 300kW dans une cimenterie

FanSave 4.4.2 Economies d'énergie pour ventilateur Langage Français

Données ventilation

Type: Centrifuge Type de pales: Inclinaison avant

Débit nominal: 80,00 m³/s = 288000 m³/h

Pression à débit: 3000 Pa Rendement: 90%

Transmission

Rendement: 100,0 %

Control actuelle

Régul. ventelles en sortie

Données moteur et réseau

Tension d'alimentation: 400 V 380/400/415 V

Unités de mesure

Métrique US

Calculs réalisé par: BREM

Référence client: LAFARGE

Référence ventilateur: MOLDAVIA

Régulation avec un variateur type: ACS800

ACS800-02-0400-3 Copier

Données économiques

Unité monétaire: EUR

Tarif énergie: 0,10 EUR/kWh

Coût d'investissement: 26 000 EUR

Taux d'intérêt: 4,0 %

Durée de vie: 10,0 Années

Résultats d'économies

Economie annuelle: 25 182 EUR

Retour sur investissement: 1,0 Années

Rendement économique: 178 252 EUR ?

Données économiques (détails)

Coût d'investissement: 26 000 EUR

Taux d'intérêt: 4,0 %

Durée de vie: 10,0 Années

Economie annuelle: 25 182 EUR

Retour sur investissement: 1,0 Années

Rendement économique: 178 252 EUR ?

Consommation d'énergie

Graph showing Power consumption (kW) and Flow rate (m³/s) over time. The x-axis represents time from 16 to 80. The y-axis represents Power consumption from 0,0 to 300,0 kW. Two lines are plotted: Régul. ventelles en sortie (grey) and Variateur CA (blue). The Variateur CA line shows a significant increase in power consumption as flow rate increases, while the Régul. ventelles en sortie line remains relatively flat.

Par défaut

100%

0 h 50% du débit

0 h 40% du débit

0 h 30% du débit

0 h 20% du débit

Buttons: Taille plein écran, Sauvegarde résultats, Imprimer, Sortie programme

Efficacité énergétique : contexte

- Sans actions appropriées, on prévoit que la consommation mondiale d'énergie doublera entre 2010 et 2050
- A moyen ou long terme, les prix de l'énergie vont augmenter
- Une croissance non maîtrisée de l'énergie fossile accélérera les changements climatiques



Efficacité énergétique

Une approche gagnant-gagnant



- La demande énergétique et les prix de l'énergie augmentent
- L'Efficacité énergétique est une question fondamentale aussi bien au niveau national qu'international
- C'est une exigence globale
- **Pour les utilisateurs** l'Efficacité énergétique est une opportunité multiple
 - Réduction des coûts
 - Contribution au développement durable
 - Image publique positive pour l'engagement environnemental
- **Pour ABB** l'Efficacité énergétique est
 - Un point-clé de notre mission
 - Une contribution au développement durable

Variateurs de vitesse

Sommaire

- Les différentes technologies de régulation d'une variable de process
- Variation de vitesse : principe
- Les nombreuses fonctions d'un variateur
- Les multiples applications de la variation de vitesse
- Avantages et bénéfices de la variation de vitesse
 - Avec un éclairage particulier sur les économies d'énergie
- Vers l'avenir

Variateurs de vitesse

Vers l'avenir

- Pas de rupture technologique majeure en vue
- Evolutions probables :
 - Economies d'énergie
 - Passage en vitesse variable des « auxiliaires » : ventilateurs, pompes, compresseurs
 - Fonctions évoluées d'efficacité énergétique
 - Résolution des problématiques d'harmoniques : variateurs “propres”
 - Convivialité, facilité de mise en oeuvre, d'exploitation, de maintenance
 - Intelligence embarquée, connectivité accrue avec le process, fonctions “métier”
 - Bus de terrain : Ethernet?
 - Sécurité fonctionnelle
 - Universalité : pour tous types de moteurs et d'applications
- A peine 20% des moteurs électriques sont entraînés par des variateurs
- La vitesse variable a encore de beaux jours devant elle !

Power and productivity
for a better world™

