

## Variateurs de fréquence et transmission mécanique

- Introduction
- Systèmes de transmission mécanique
- Les économies à l'aide des variateurs de fréquence

D. Vrancken  
S. Charlier  
F. De Costa

# Introduction



- ABM – TECNA

S. Charlier

- Spécialisation : Mécanique industrielle, études, conceptions, installation, dépannages, maintenance et manutention.
- Partenaire ABB Moteurs



- DTA

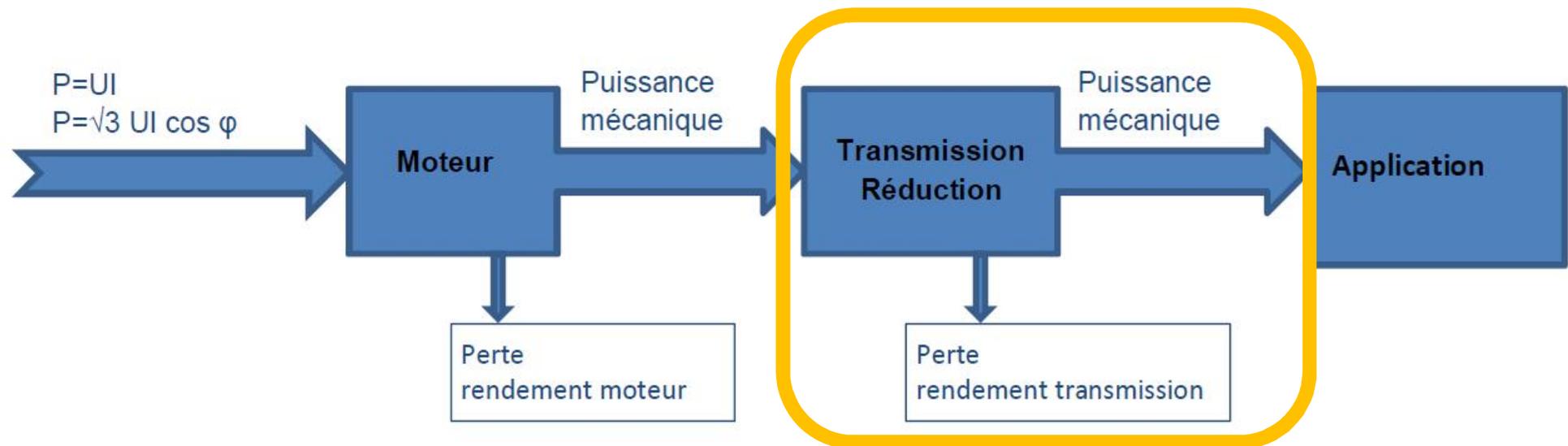
F. De Costa

- Spécialisation : Electricité industrielle, étude, conception, installation, mise en service, automatisation, dépannages.
- Partenaire ABB Drives



# Les techniques d'auto-diagnostic pour économiser l'énergie dans l'Industrie

Introduction aux différents systèmes de transmission





## Introduction | Définition

### Qu'est ce qu'une transmission ?

Une **TRANSMISSION** est un *dispositif mécanique* permettant de transmettre un *mouvement* d'une pièce à une autre.



## Introduction | Fonction

### Que cherche-t-on dans une transmission ?

Cet élément de la chaîne d' **ENERGIE** a pour fonction l'adaptation du *couple* et de la *vitesse* entre l'organe moteur et l'organe entraîné.



### *Rapport de réduction*

= pertes par frottement

= diminution du rendement



## Introduction | Formules

### 1) Couple :

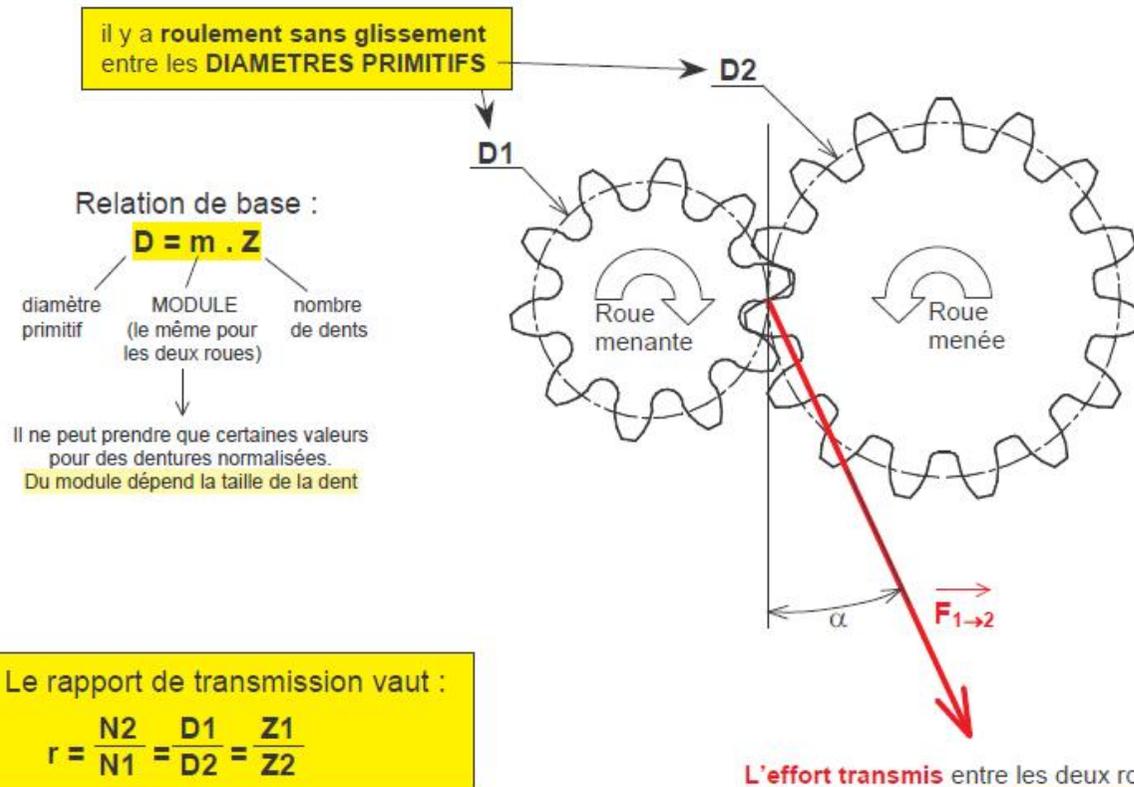
$$C_2 = \frac{C_1}{r * n}$$

### 2) Puissance :

$$P = \frac{C * V}{9550}$$

### 3) Rendement :

$$n = \frac{P_2}{P_1}$$



L'effort transmis entre les deux roues dentées est équivalent à une force appliquée au point de tangence des diamètres primitifs, inclinée de l'angle de pression  $\alpha$  par rapport à la tangente.



## Les différents types de transmission | Courroies & Chaines

Type		Couple	Rendement	Avantages	Inconvénients
<b>POULIES - COURROIES</b>	Plate	Très faible	<b>50-94%</b>	Fusible Pas de lubrification Transmission souple => pas de vibrations et donc peu de bruit	Glissement de 1% min Tension sur les paliers Maintenance élevée et durée de vie limitée Alignement des poulies
	Trapézoïdale	Faible à moyen	<b>70-95 %</b>	Idem courroie plate	Idem courroie plate
	Synchrone ou crantée	Moyen	<b>&lt;98%</b>	Vitesse plus élevée Pas de frottement Pas de glissement Réduction des charges sur paliers	Pour le synchronisme Maintenance & Contrôle
<b>PIGNONS - CHAÎNES</b>		Elevé	<b>&lt;97%</b>	Tension importante possible Vitesse plus lente Plus résistant à l'usure	Peu souple + lourd (masse) .=> diminution rendement Bruyant Lubrification Allongement 2 a 3% Fonction de la T° Energivore



## Les différents types de transmission | Accouplements

		Type	Puissance	Avantages	Inconvénients
<b>ACCOUPLLEMENTS</b>	Elastique	Pneu	Faible à forte	Désalignement	Perte de rendement Vibrations dans l'élément entraîné
	Semi-Elastique	Etoile	Faible à moyenne	Souple et compact	
		Tampons ou Broches			
	Flexible mais rigide en torsion	Lamelles	Faible à moyenne		
	Flexible non élastique à denture	Denture bombée	Faible à moyenne	Vitesse élevée	
	Rigide et compacte	Manchon	Faible à moyenne		
Hydraulique	Huile	Moyenne à forte	Souplesse au démarrage	2 à 6% de glissement ==> perte mécanique et thermique	



## Les différents types de transmission | Réducteurs

Type	Rendement	Puissance Max (kW)	Couple Max (Nm)	Plage de vitesse en sortie (tr/min)		i min
Coaxial (D/Z)	<b>93 a 98 %</b>	200	20000	0.05	1085	1.36
Arbre parallèle (FD/FZ)		200	34000	0.05	738	2
Couple conique (K)		200	20000	0.05	403	3.75
Roue et Vis sans fin (C)	<b>50 a 96 %</b>	9.2	1590	0.21	149	10



## Les différents types de transmission | Réducteurs

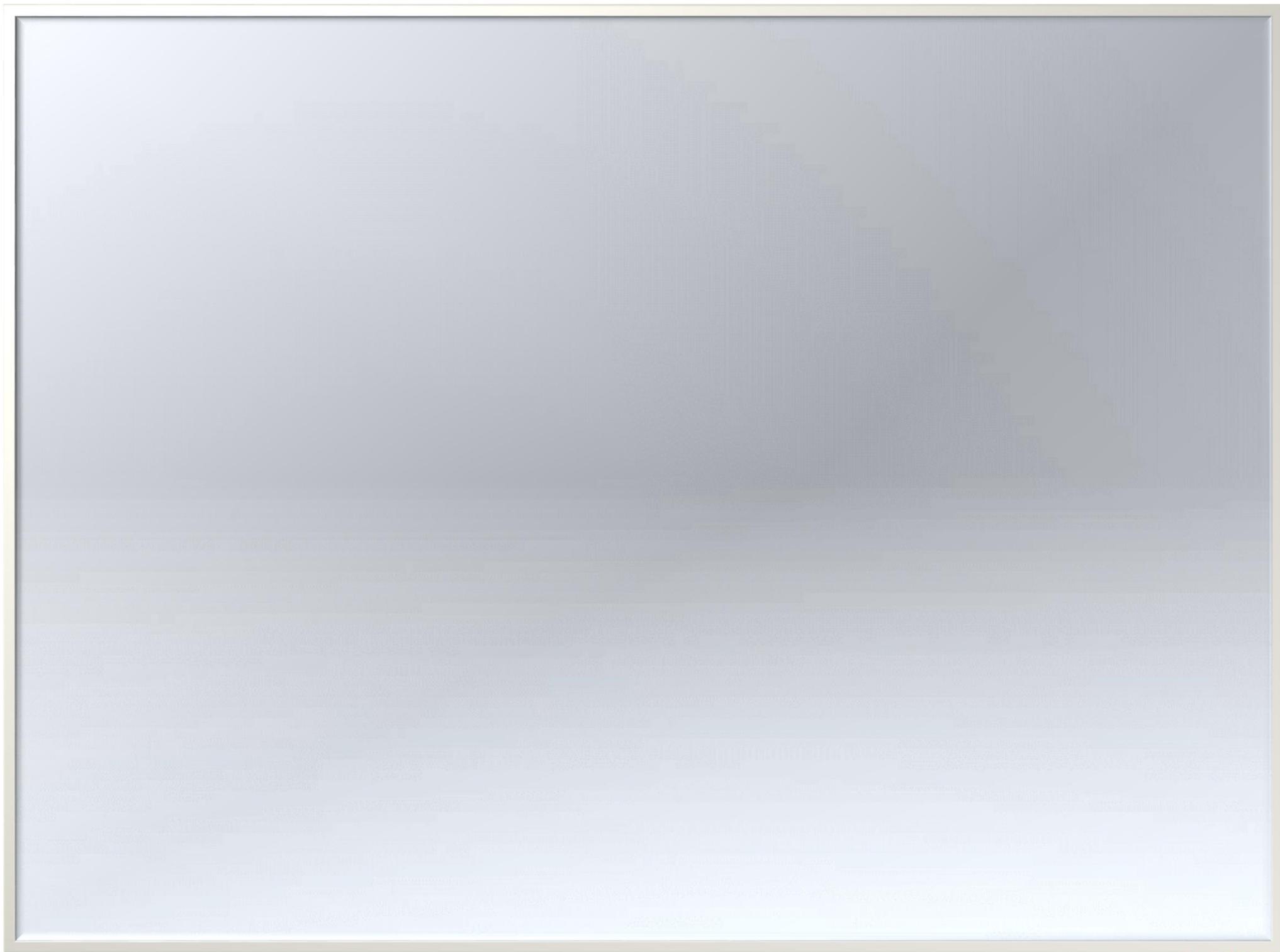
### *Les facteurs influençant le rendement :*

- 1) La friction entre les pièces en mouvement et en particulier les engrenages mais aussi les roulements et les joints. L'ordre de grandeur est une perte de rendement de 2% par train. La qualité d'usinage des dentures joue un rôle important.
- 2) La vitesse d'entrée qui aura un impact sur le rapport de réduction nécessaire et donc le nombre de trains.
- 3) La position de montage du réducteur. Une position verticale impose le premier train complètement immergé.
- 4) La qualité de l'huile de lubrification et du barbotage (mélange huile/air)



Evaluations énergétiques , F. De Costa – 29 janvier 2015

# Les économies avec les variateurs de fréquences ...



# Les économies avec les variateurs de fréquence

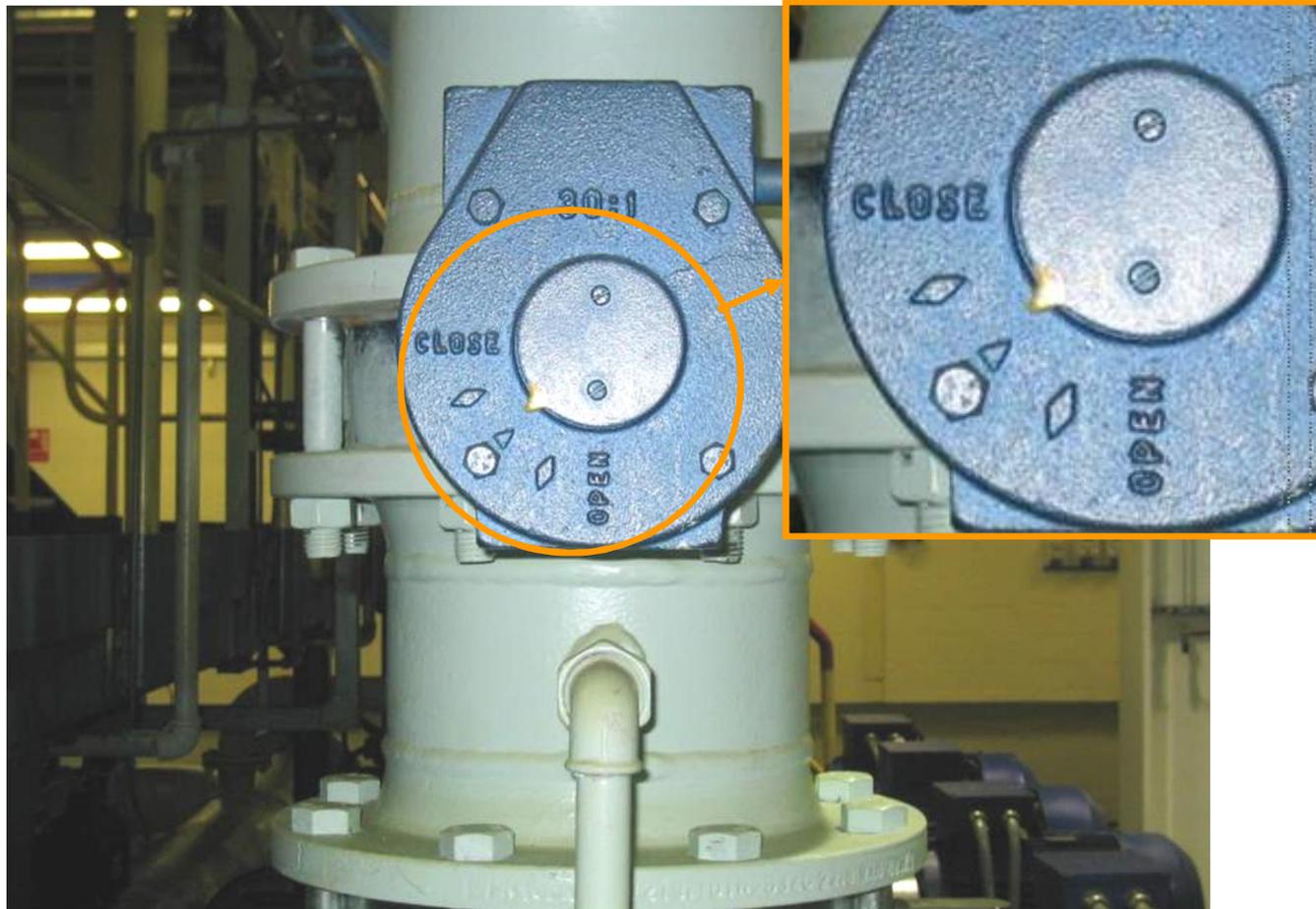
## QUESTION – Dans cette situation, que faites-vous ?



- A. Enlever le pied de l'accélérateur et ralentir ?
- B. Maintenir le pied sur l'accélérateur et contrôler votre vitesse en freinant ?

# Les économies avec les variateurs de fréquence

## L'industrie utilise la méthode du frein !!



- Alors pourquoi l'industrie continue-t-elle à utiliser la méthode "Plein gaz et freinage" ?

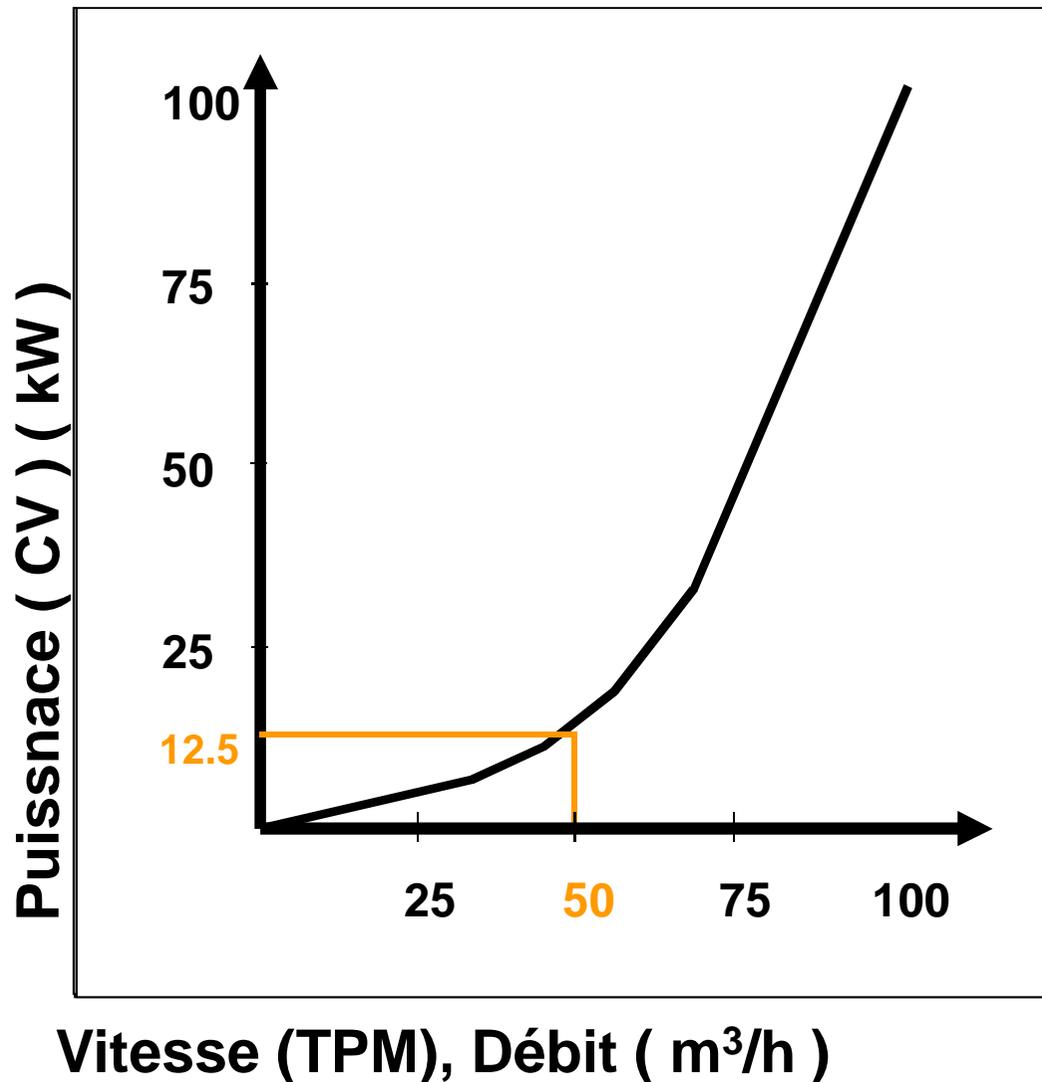
# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Applications types

- Les “drives” économisent l'énergie en faisant varier la vitesse des charges
- Il existe 2 types de charges
  - **Les charges à couple variable** – La puissance varie au **cube** de la vitesse
    - Pompes centrifuges
    - Ventilateurs centrifuges
    - Ventilateurs de tours de refroidissement
  - **Les charges à couple constant** – La puissance varie **linéairement** avec la vitesse
    - Convoyeurs
    - Extrudeuses
    - Compresseurs à vis
    - Pompes volumétriques, pompes à vide
    - Centrales hydrauliques
    - Presses excentriques

# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Charges à couple variable

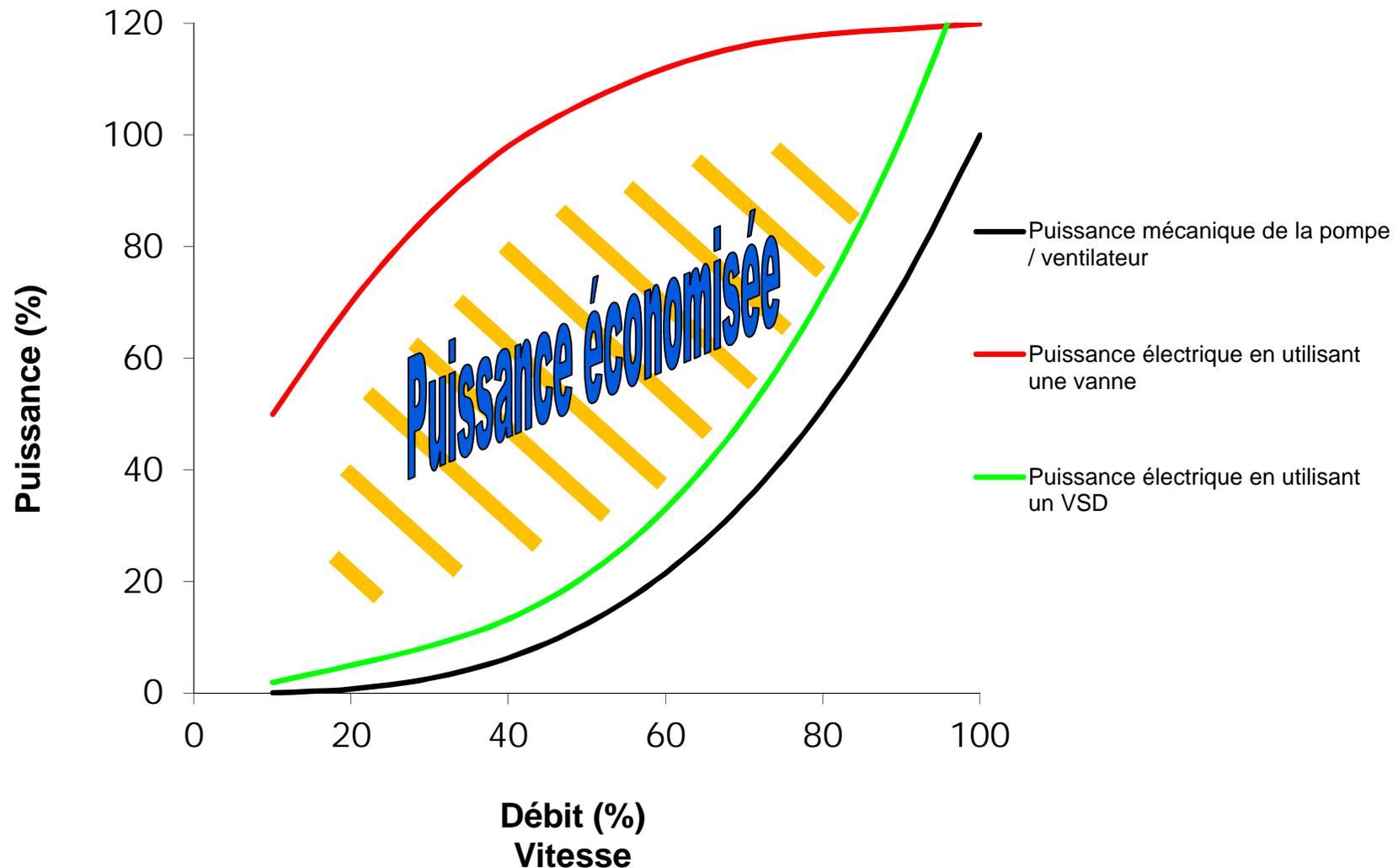


Puissance est proportionnelle à  $(\text{vitesse})^3$

# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Charges à couple variables – pompes et ventilateurs

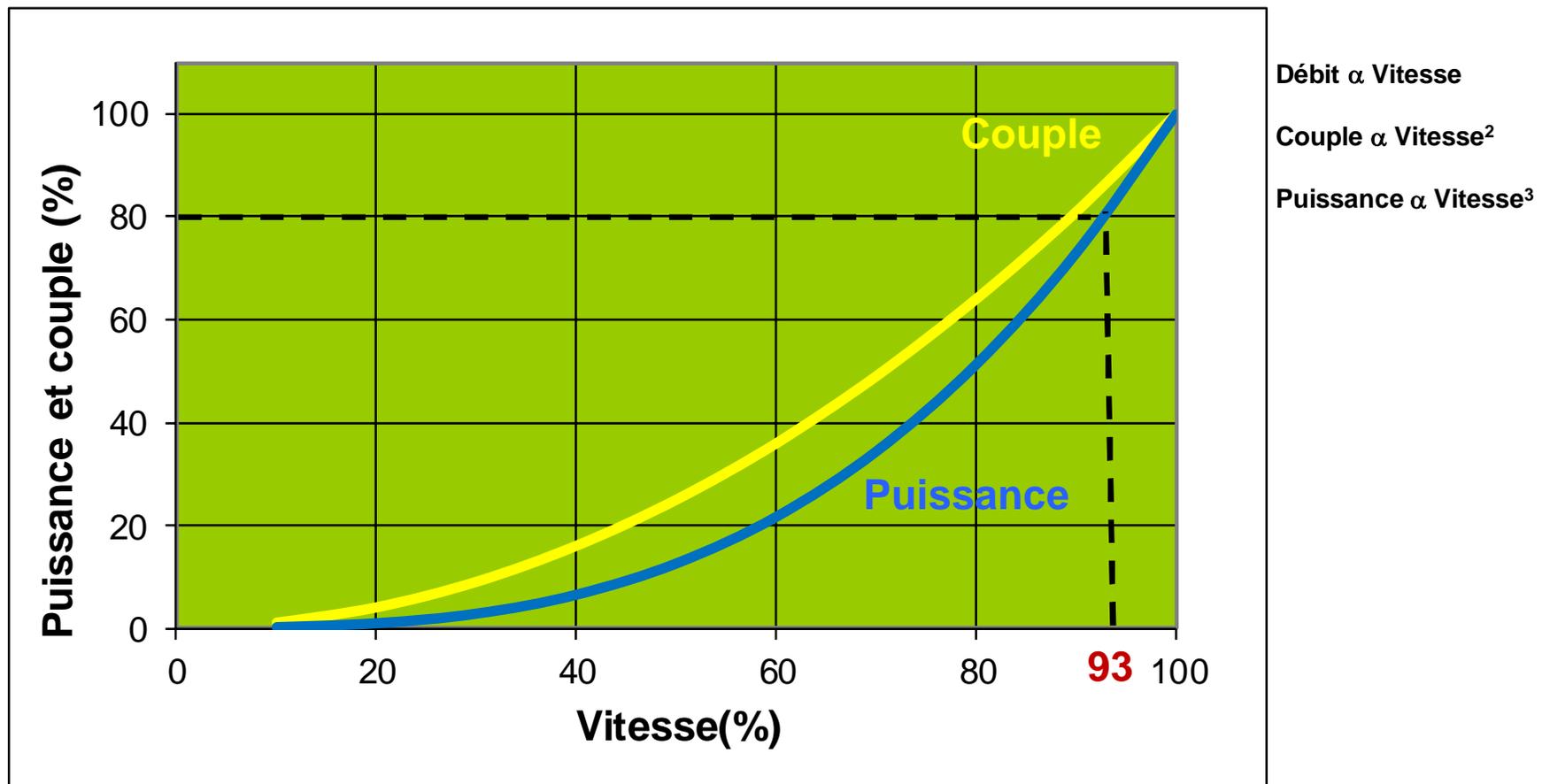
- Ce sont les charges à couple variable qui donnent les meilleurs résultats en terme d'économies d'énergies dues



# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Charges à couple variable – pompes et ventilateurs

- La plupart des systèmes à pompes et à ventilateurs sont surdimensionnés, la vitesse peut donc facilement être réduite

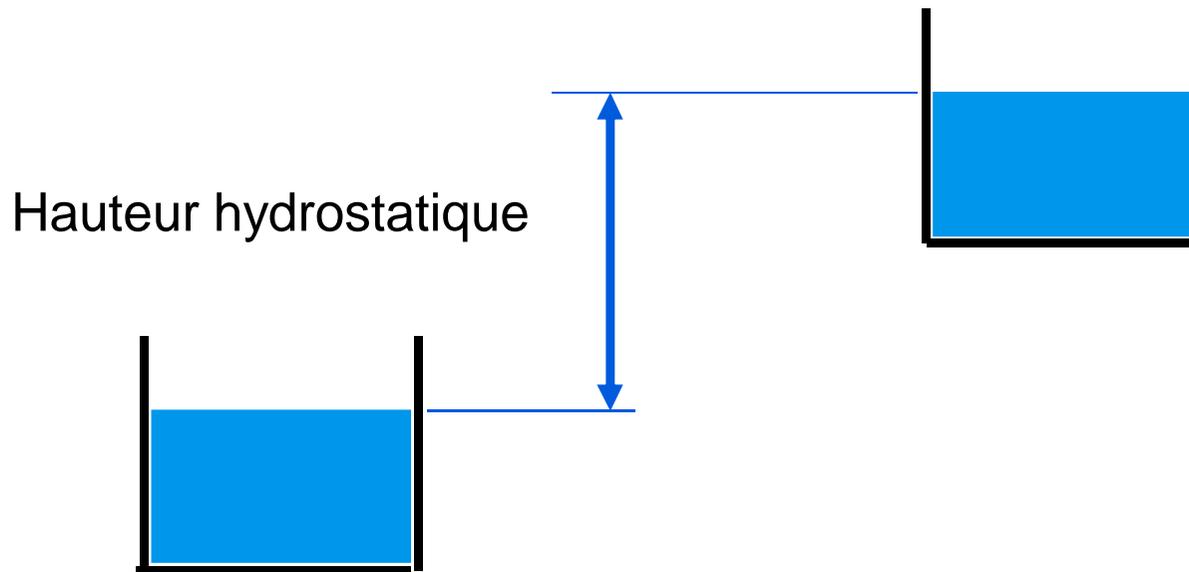


Une simple diminution de vitesse de 7% (= 3.5Hz), donne 20% d'économies d'énergie

# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Charges à couple variable– pumps watch points

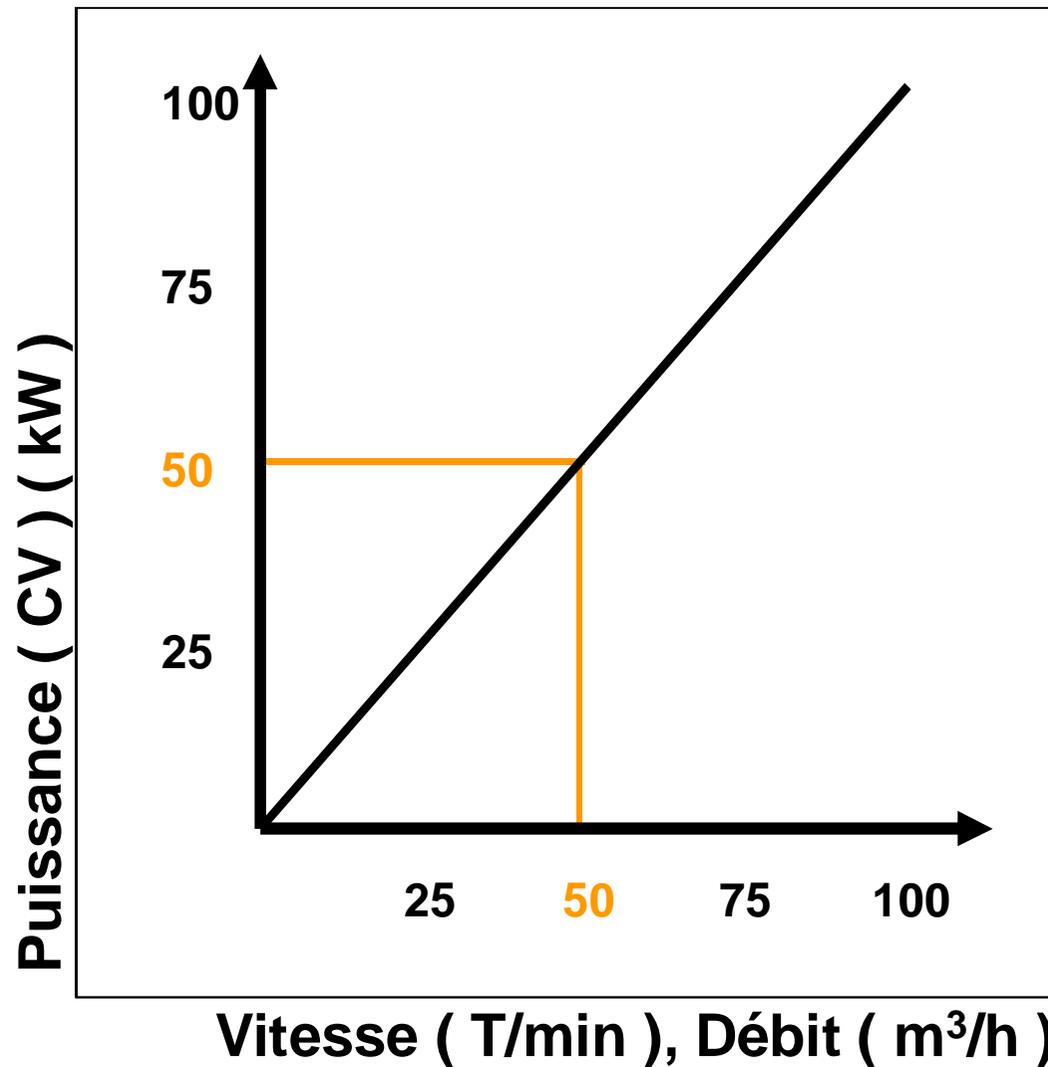
- Attention aux valeurs hydrostatiques lorsque l'on cherche à réaliser des économies d'énergie



Des hauteurs hydrostatiques importantes peuvent rendre l'économie d'énergie difficile ou limitée

# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Charges à couple constant



Puissance est proportionnelle à la Vitesse

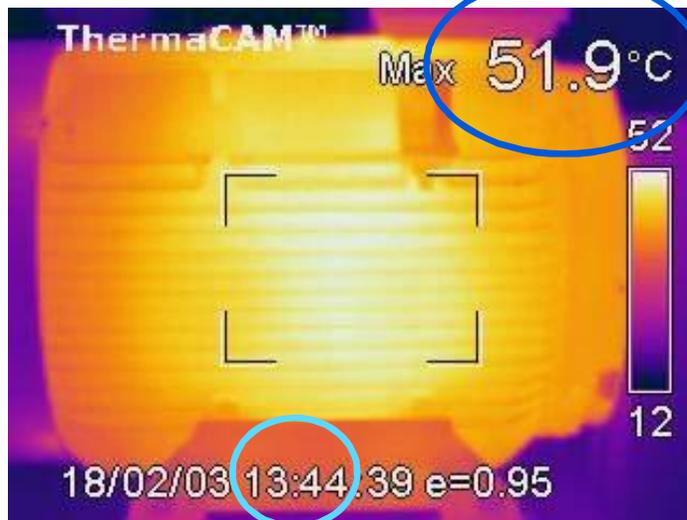
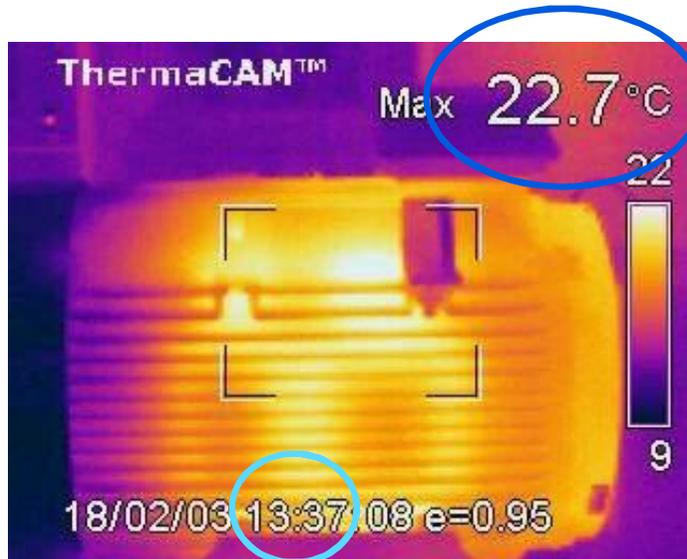
# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Charges à couple constant

- La réduction de vitesse dans le cadre des charges à couple constant n'engendre pas autant d'économies
- Leurs économies viennent du contrôle du process
- Compresseurs d'air et Centrales Hydrauliques
  - Fonctionnent généralement 24/7 mais pas en charge constante
- Les deux systèmes bénéficieraient grandement d'une régulation par **PID**

# Les économies avec les variateurs de fréquence

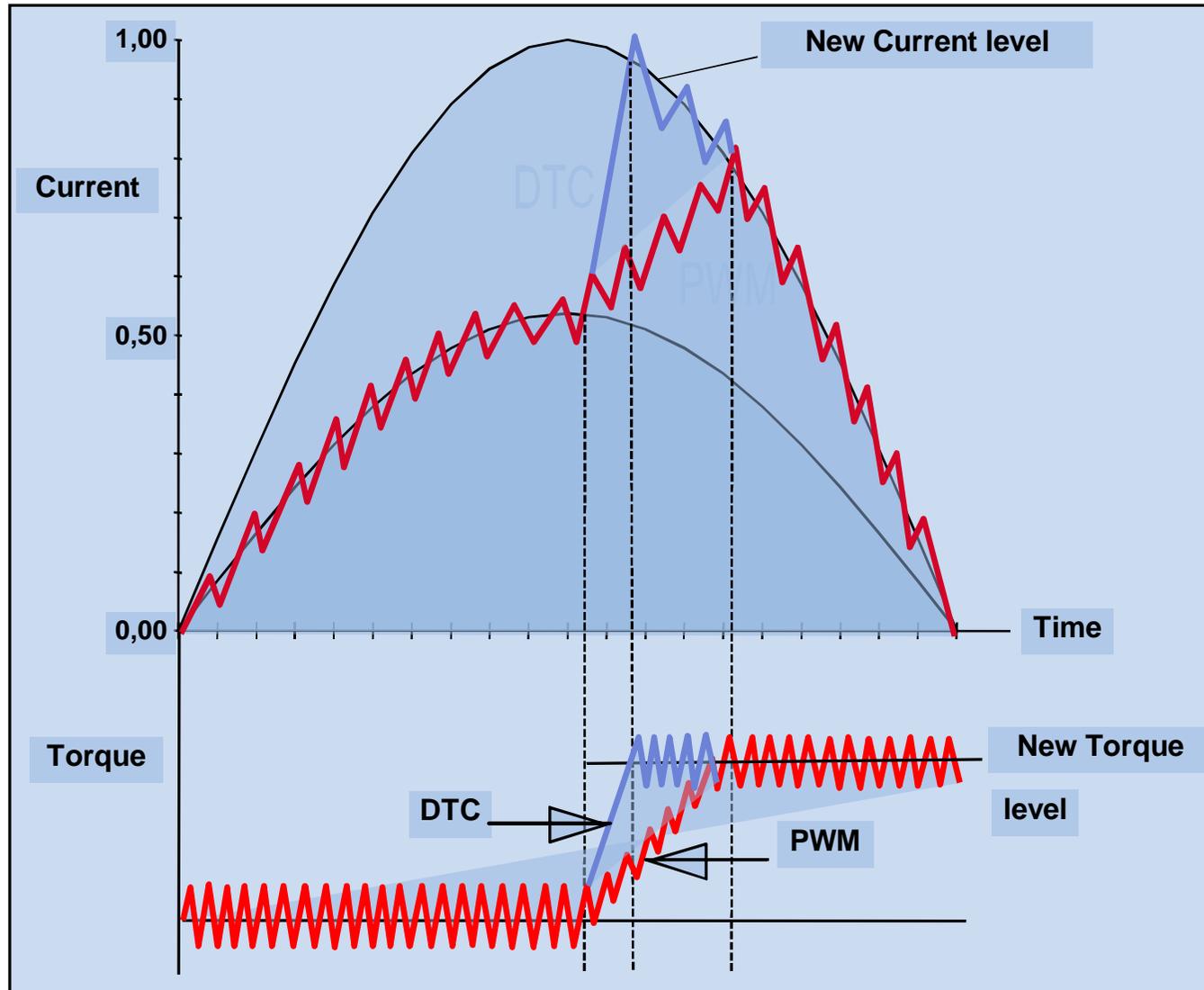
## Economies grâce à une technologie récente



- Drives ABB pilotés par DTC
- Le DTC entraîne le moteur efficacement, et engendre de faibles pertes
- Des économies substantielles peuvent être générées en comparaison à d'anciennes technologies
- Exemple : ABB Sami Star (ancienne technologie) entraînant un moteur
- Ajoute un échauffement important du moteur, seulement après 7 minutes
- Il y a encore beaucoup de clients utilisant d'anciennes technologies

# Les économies avec les variateurs de fréquence

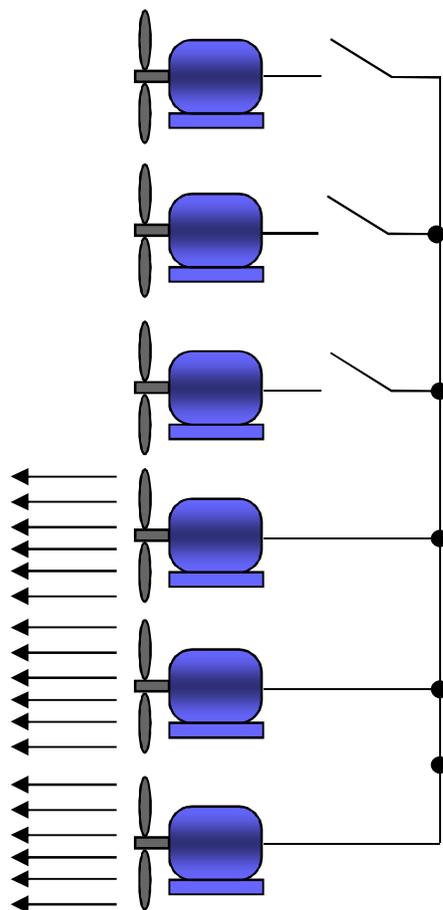
## Economies grâce à une technologie récente



# Vue sur des applications

## Diminuer la vitesse de plusieurs pompes

Objectif débit = 50%  
Moteurs de 1kW

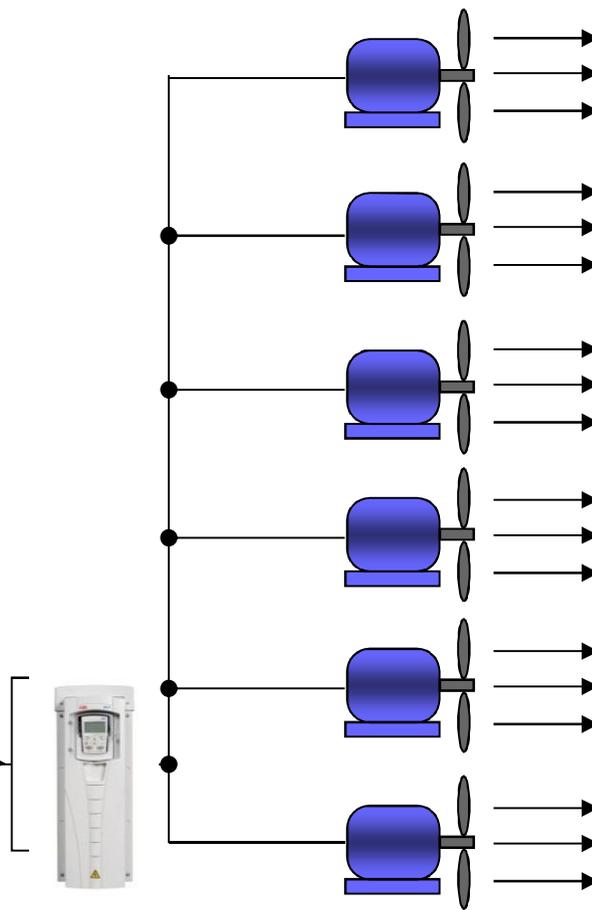


Débit  $\propto$  Vitesse  
Puissance  $\propto$  Vitesse<sup>3</sup>

Calculs VSD  
Débit = 0.5  
Donc vitesse = 0.5  
Puissance = Vitesse<sup>3</sup>  
 $P = 0.5^3 \times 6 \text{ kW}$   
 $= 0.125 \times 6 \text{ kW}$   
 $= 0.75 \text{ kW}$

3 kW      0.75 kW

Objectif débit = 50%  
Moteurs 1kW



# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Exemple illustré



# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Exemple illustré

PumpSave

Throttling Control

Compared to Variable Speed Drive Control

**Pump Data**

Nominal Volume Flow  m³/h    Efficiency   
=> 50 l/s

Nominal Head  m    Max Head  m

**System Data**

Liquid Density  kg/dm³

Static Head  m

**Operating Profile**

Annual Running Time  h

D  
E  
F  
A  
U  
L  
T

<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at nominal flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 90 % flow
<input type="text" value="100"/>	% =	6500 h	at 80 % flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 70 % flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 60 % flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 50 % flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 40 % flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 30 % flow
<input type="text" value=""/>	% =	0 h	at 20 % flow

The graph plots FLOW (m³/h) on the y-axis (ranging from 36 to 180) against time on the x-axis (ranging from 0 to 120). A horizontal blue bar is drawn at 144 m³/h, extending from 0 to 100 hours.

Adjust Screen

Graphics

Print

Exit

**Motor Data**

Nominal Power  kW    Recommended: 78 kW  
incl. 10 % safety margin

Supply Voltage  V

Nominal Efficiency

**Drive Data**

Nominal Efficiency     Recommended: ACS 601/7-0100-3

**Economic Data**

Currency Unit

Energy Price  EUR/kWh

Investment Cost  EUR

Interest Rate

Service Life  years

**Results**

**Energy Consumed**

The bar chart shows energy consumed in kWh. The 'Throttling' bar reaches approximately 425,000 kWh, while the 'VSD' bar reaches approximately 297,244 kWh.

Customer :

Application:

Annual Energy Saving  kWh

Annual GHG Reduction  kg

GHG Emission Per Unit  kg/kWh

Annual Money Saving  EUR

Payback Period  years

Net Present Value  EUR

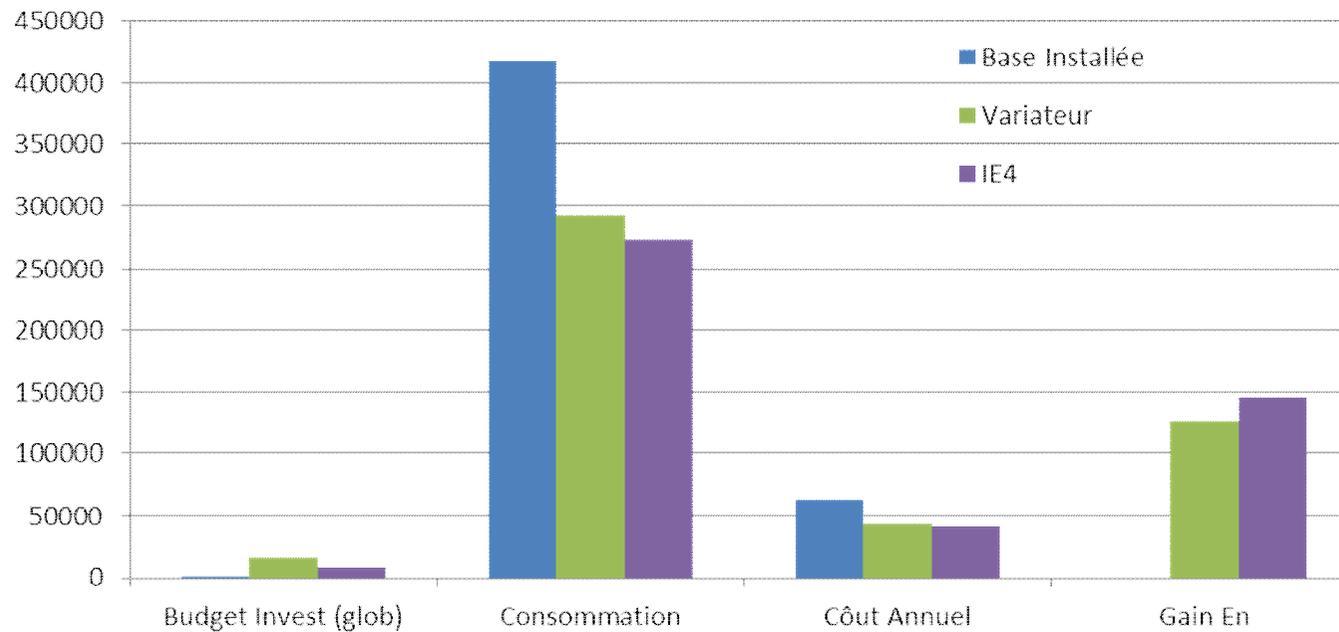
Profitability Index  ?

Estimated Cut in Energy Costs :

# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Exemple illustré

	Budget Invest	Rdt	Conso.	Côut An	Gain En	Economie	R.O.I (an)
Base Installée	90,00 €	89,5%	418000	62.700,00 €			
Variateur	16.500,00 €	98,5%	292250	43.837,50 €	125750	18.862,50 €	
IE4	7.900,00 €	95,9%	272750	40.912,50 €	145250	21.787,50 €	1,12



# Les économies avec les variateurs de fréquence

## Liens Utiles

- <http://www.abb.com/product/fr/9AAC100211.aspx>
- <http://new.abb.com/drives/energy-efficiency>
- <https://energysave.drivesapplications.fi/#/>
- <https://www.youtube.com/embed/qq5QMEDqQWA?html5=1&rel=0&wmode=transparent&autoplay=1>
- <http://new.abb.com/energy-efficiency>
- <http://du.nodus.info/>

# Les économies avec ABB

## LE FUTUR A NOTRE PORTE ...



Solar Impulse World Tour 2015 – Renewable energies managed by ABB

Power and productivity  
for a better world™

