

# COSINUS PHI (site d'Electrotech-City - Walter DI PILLA)

## SOMMAIRE :

### INTRODUCTION

#### I - LES FAITS

- point de vue du distributeur d'énergie
- point de vue du client

#### II - LE COS Phi : UN PEU DE THEORIE :

- qui est-il ???
- une expérience...

#### III - QUELQUES VALEURS DE COS Phi :

#### IV - INCONVENIENTS D'UN MAUVAIS COS Phi :

#### V - COMMENT AMELIORER LE COS Phi :

### INTRODUCTION :

Tout système électrique utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie : l'énergie active et l'énergie réactive. Dans les processus industriels utilisant l'énergie électrique seule l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production en énergie mécanique, thermique, lumineuse, etc... L'autre, l'énergie réactive sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques (moteurs, autotransformateurs, etc...). Par ailleurs, certains constituants des réseaux électriques de transport et de distribution (transformateurs, lignes, etc...) consomment également dans certains cas d'exploitation de l'énergie réactive.

### I - LES FAITS :

#### 1. Point de vue du distributeur d'énergie :

La circulation des puissances active et réactive provoque des pertes actives et des chutes de tension dans les conducteurs. Les pertes actives réduisent le rendement global des réseaux et les chutes de tension sont néfastes au maintien d'une bonne tension que doit le distributeur à ses clients. Ainsi est-il donc préférable sur le plan technique de les produire le plus près possible des lieux de consommation.

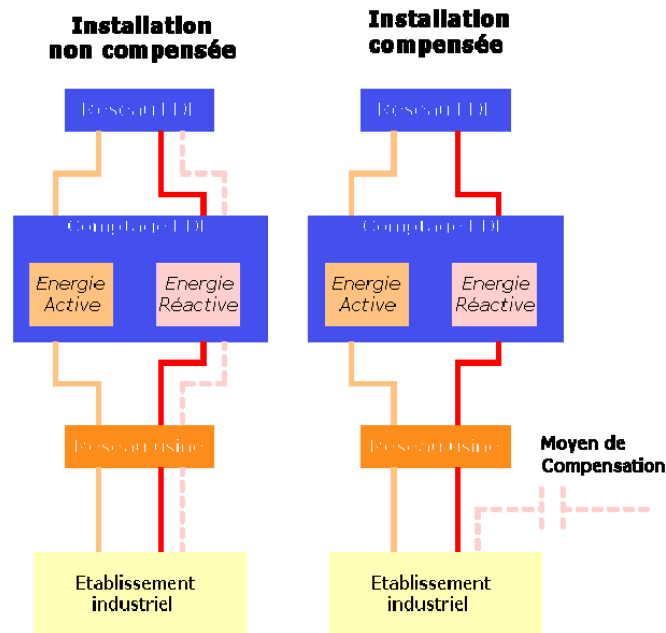
- Pour la puissance active, on montre qu'il est plus économique de la produire d'une manière centralisée et de la distribuer ensuite aux clients. Le coût du transport est bien moins élevé que le surcoût d'une production réalisée localement.
- En revanche, pour la puissance réactive, il est économiquement plus intéressant de la produire, en tout ou partie, localement par des générateurs d'énergie réactive autonomes comme les condensateurs par exemple. Cette pratique est appelée **COMPENSATION**.

## 2. Point de vue du client :

Comme pour le distributeur, le transport de la puissance réactive sur le réseau intérieur du client entraîne les inconvénients suivants :

- surcharge ou surdimensionnement des installations (transfo, câbles, etc...)
- pertes actives plus importantes dans ces ouvrages
- augmentation de la facture *EDF*.

### Cheminement des puissances ACTIVE et REACTIVE



## II - LE COS Phi : UN PEU DE THEORIE :

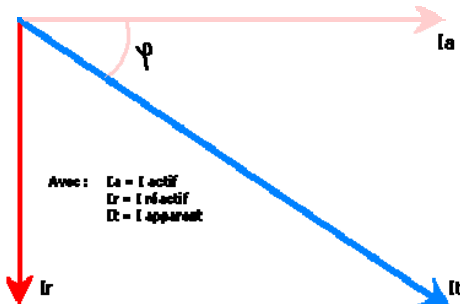
### 1. Qui est-il :

Nous venons de voir que tous les moteurs et tous les appareils fonctionnant en courant alternatif et comprenant un circuit magnétique absorbent deux formes d'énergie :

- une énergie dite active, qui se manifeste par un travail sur l'arbre d'un moteur par exemple.
- une énergie dite réactive, qui ne sert qu'à aimanter le fer du circuit magnétique.

A chacune de ces énergies correspond un **courant actif** ( $I_a$ ), en phase avec la tension du réseau et un **courant réactif** ( $I_r$ ), appelé aussi courant magnétisant. Celui-ci étant déphasé de  $90^\circ$  en arrière par rapport au courant actif. Les deux courants actif et réactif se composent vectoriellement pour former le **courant apparent**, déphasé d'un angle Phi par rapport au courant actif. Ce courant dit apparent est cependant bien réel, puisque c'est celui qui parcourt les divers conducteurs du circuit, depuis la source jusqu'au récepteur inclus, et qui provoque entre autre l'échauffement de ces conducteurs, donc les pertes d'énergie par effet joule.

## Représentation des courants par FRESNEL :



D'après la représentation ci contre et sachant qu'en monophasé :

- $P = U.I_t.Cos\ Phi$
- $Q = U.I_t.Sin\ Phi$
- $S = U.I_t$

Rappel :

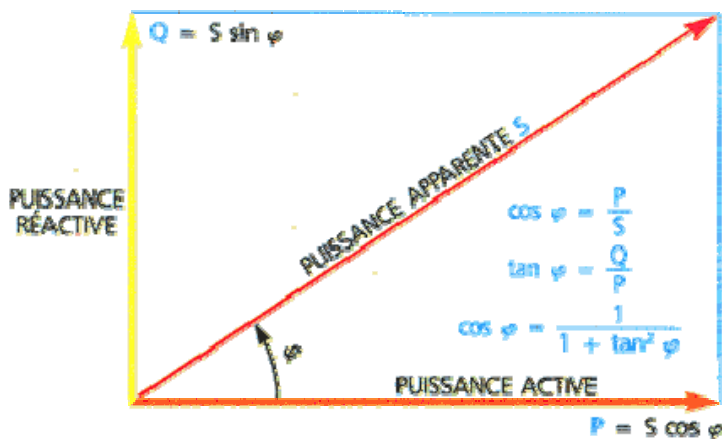
- $Sin\ Phi = Opp/Hyp$
- $Cos\ Phi = Adj/Hyp$
- $Tg\ Phi = Opp/Adj$
- $I_a = I_t.Cos\ Phi$  donc  $I_t = I_a/Cos\ Phi$
- $I_r = I_t.Sin\ Phi$  donc  $I_t = I_r/Sin\ Phi$

Nous pouvons donc écrire :

- $P = U.I_a$
- $Q = U.I_r$
- $S = U.I_t$

De cela nous pouvons donc voir qu'il est très simple de retranscrire le diagramme des courants donné précédemment par le diagramme suivant :

## Du facteur de puissance à la puissance réactive...



Remarque :

Les équations ci contre donneraient les mêmes résultats si nous étions en triphasé.

**LE FACTEUR DE PUISSANCE EST LA PROPORTION DE PUISSANCE ACTIVE DANS LA PUISSANCE APPARENTE.**

Nous pourrions donc dire, et puisque le facteur de puissance est égal au rapport de la puissance active par la puissance apparente que :

On constate aussi que :

$$P^2 + Q^2 = S^2$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

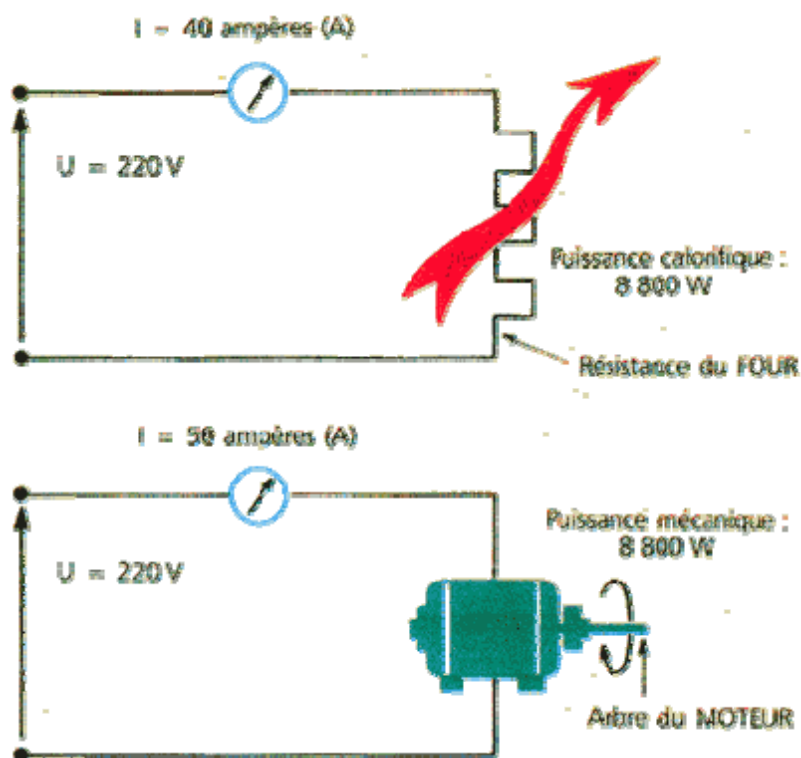
- le facteur de puissance est égal au Cosinus Phi.
- le Cosinus Phi = P/S ou I<sub>a</sub>/I<sub>t</sub>
- $P < S$  donc  $0 < \text{Cosinus Phi} < 1$ .
- I<sub>t</sub> sera d'autant plus grand que le Cosinus Phi sera petit...

## 1. Une expérience mettant en évidence l'incidence d'une variation de Cos Phi :

Considérons deux appareils électriques fréquemment employés, fonctionnant en monophasé sous la tension de 220V alternatif :

- Un four électrique à résistances
- Un moteur monophasé dont le rendement sera égal à 1.

Une expérience...



A puissance utile égale nous pouvons voir que :

- $I_{\text{moteur}} > I_{\text{résistances}}$
- $S_{\text{moteur}} > S_{\text{résistances}}$

Ainsi pour une puissance active identique ( $P=8800\text{W}$ ), le moteur appelle sur le réseau une puissance apparente ( $S = U.I = 220.50 = 11000\text{VA}$ ) supérieure à celle qui est appelée par le four ( $S = U.I = 220.40 = 8800\text{VA}$ ). Cela est dû au fait que pour disposer de 8800W de puissance active (moteur), il faut aimanter le circuit magnétique de ce dernier et donc consommer de l'énergie **REACTIVE**.

Calculons le Cosinus Phi dans chaque cas :

- résistances :  $\text{Cos Phi} = P/S = 8800/8800 = 1$
- moteur :  $\text{Cos Phi} = P/S = 8800/11000 = 0,8$

### III – QUELQUES VALEURS DE COS Phi :

APPAREIL		Cos Phi	Tg Phi	OBSERVATIONS
Moteurs asynchrones ordinaires chargés à :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0%</li> <li>• 25%</li> <li>• 50%</li> <li>• 75%</li> <li>• 100%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,17</li> <li>• 0,55</li> <li>• 0,73</li> <li>• 0,8</li> <li>• 0,85</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5,8</li> <li>• 1,52</li> <li>• 0,94</li> <li>• 0,75</li> <li>• 0,62</li> </ul>	
Lampes à incandescence		1	0	
Lampes à fluorescence		0,5	1,73	Ces lampes sont généralement compensées. Le FP est alors satisfaisant.
Lampes à fluorescence compensées		0,93	0,39	
Fours à résistances		1	0	Sauf si le réglage est assuré par gradateur à thyristors
Fours à induction		0,85	0,62	Cette valeur suppose une compensation par condensateurs prévue par le constructeur.
Machines à souder à résistances		0,8 à 0,9	0,75 à 0,48	
Postes statiques monophasés de soudage à l'arc		0,5	1,73	Sauf si la compensation a été prévue par le constructeur.
Chaudières à thermoplongeurs		1	0	Sauf si la régulation est assurée par des thyristors fonctionnant à angle de phase; les thyristors à trains d'onde ne modifiant pas le facteur de puissance.

### IV - INCONVENIENTS D'UN MAUVAIS COS Phi :

Comme nous venons de le voir précédemment, pour une même puissance utile fournie par un appareil électrique, il faut transporter dans tous les circuits électriques une intensité d'autant plus grande que le Cos Phi est faible, cela entraîne :

- Une augmentation du montant de la facture EDF. (une consommation excessive d'énergie réactive peut également entraîner une majoration sous forme de pénalité du montant de votre facture EDF : difficulté qu'a EDF à prévoir la quantité d'énergie à produire).
- Une surcharge ou un surdimensionnement de l'installation. En effet, si le Cos Phi diminue, It (courant réellement transporté) augmente, or, les facteurs qui limitent la puissance maximale que peut transmettre une ligne sont, d'une part la chute de tension (fonction de I), d'autre part la température maximale admissible par l'isolant : à peu près 70° pour du PVC (fonction de I<sup>2</sup>)

## Ce qu'il faut retenir :

### Un mauvais Cosinus Phi :

- accroît les chutes de tension dans les câbles,
- augmente les pertes par effet joule lors du transport de l'énergie électrique
- entraîne une surfacturation EDF par une surconsommation ou une pénalité
- dégrade la capacité de transport de l'énergie électrique par des câbles
- entraîne un surdimensionnement des installations neuves : câbles (section), transfo (S), etc...
- entraîne des renforcements prématurés des installations existantes
- Ne laisse pas de réserve de marche au secondaire du transformateur

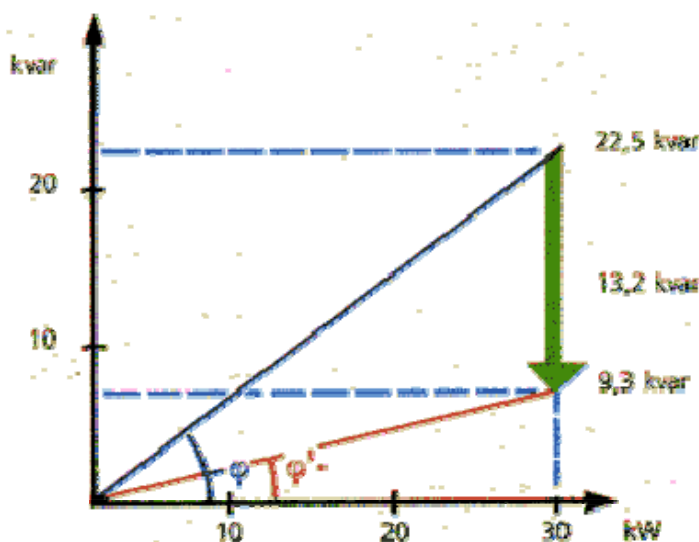
### V - COMMENT AMELIORER LE COS Phi :

L'amélioration du Cosinus Phi doit passer par l'installation d'un moyen de compensation qui constitue la solution la plus efficace : très généralement une ou plusieurs batteries de condensateurs (Véritable générateur d'énergie réactive : I en avance de 90° sur U réseau)

Rappel :  $Q = P.Tg(\Phi)$

Soit un appareil ou groupe d'appareils appelant une puissance active P (en Kw) et une puissance réactive (en KVAR). On souhaite réduire la Tg(Phi) à une valeur plus faible Tg(Phi').

### Puissance réactive des condensateurs à installer :



$$Q = P.Tg(\Phi) \text{ et } Q' = P.Tg(\Phi')$$

La puissance du ou des condensateurs à installer sera égale à :  $Q_b = P(Tg(\Phi) - Tg(\Phi')) = Q - Q'$

Dans l'exemple précité :  $Q_b = 30(0,75 - 0,31) = 13,2 \text{ KVAR}$

**NOTA** : la valeur du Cos Phi ou Tg Phi évoluant avec le temps il convient d'utiliser les valeurs moyennes de ces derniers pour l'utilisation de la formule précédente " $Q_b = P(Tg(\Phi) - Tg(\Phi'))$ "

22,5 kvar : puissance réactive appelée par le moteur seul ( $\tan \varphi = 0,75$ )

13,2 kvar : puissance réactive fournie par les condensateurs

9,3 kvar : puissance réactive appelée par l'ensemble moteur et condensateurs ( $\tan \varphi = 0,31$ )

30 kW : puissance active appelée par le moteur

### Calcul de la capacité des condensateurs à installer :

La quantité d'énergie réactive fournie par un condensateur est  $Q_c = U^2.C.w$

avec :

- U = tension aux bornes du condensateur
- C = capacité du condensateur
- $w = 2.PI.f$  = pulsation du réseau d'alimentation

Si nous avons un couplage triangle alors 3 condensateurs :

=> Quantité d'énergie réactive à apporter par condensateur :  $Q_b / 3$  d'où  $Q_c = Q_b / 3$   
ce qui nous donne :

$$C = (P_{abs}(Tg(\Phi)) - Tg(\Phi')) / (3.U^2.w)$$

Si nous prenons les valeurs de l'exemple précédent et que le réseau d'alimentation est de 3 x 400V~ alors C = 87,6 MicroFarad. Si nous avons couplé nos condensateur en étoile, nous aurions obtenus une capacité par condensateur de C = 264,9 MicroFarad sous une tension d'alimentation de 230V~.

Conclusion :

- La capacité des condensateurs couplés en triangle est trois fois plus petite.
- La tension à supporter par les condensateurs lors du couplage étoile est dans un rapport de racine de 3.
- les dimensions de la batterie de condensateurs couplés en triangle seront plus petites.







## Linky : L'arnaque cachée d'ERDF

**Comment ERDF va immédiatement arnaquer une certaine catégorie de consommateurs ou comment ERDF va faire payer au consommateur avec le Compteur Mouchard Linky une nouvelle consommation !**

Pour bien comprendre, il faut savoir que l'unité légale d'énergie est le Joule qui correspond à la puissance d'un watt pendant un seconde, celle utilisée pour la consommation électrique est le Kilowattheure (kWh) équivalente à  $3,6 \times 10^6$  J.

ERDF s'est bien caché de dire la vérité sur cette subtile arnaque :

Le Compteur Mouchard Linky délivre une puissance en kVA (kilo Volt Ampère), le dimensionnement du contrat (limite) fait en kVA est de la puissance apparente, ce qui très différent au désavantage du consommateur par rapport aux abonnements et factures en kWh (kilo Watt heure) du compteur et disjoncteur actuel.

Le prix de l'abonnement Linky est donc fonction de l'intensité max I, donc de la puissance apparente maxi.

Pour bien comprendre la subtile arnaque d'ERDF, détails :

[\[Dossier PDF Cosinus Phi : l'énergie active, l'énergie réactive et l'énergie apparente\]](#)

Actuellement, ce qui limite cette puissance chez le consommateur et coupe la fourniture d'électricité en cas de dépassement c'est le disjoncteur différentiel placé en aval du compteur électrique.

Le disjoncteur est un appareil qui a deux modes de fonctionnement de coupure : magnétique et thermique.

Dans le cas d'une surcharge c'est l'effet thermique qui est important. Par définition, un effet thermique présente une certaine lenteur dans son temps de réaction. Les disjoncteurs doivent en principe couper un courant à la valeur de 1,45 fois leur intensité nominale ceci en 1 heure maximum, mais cela peut se produire beaucoup plus rapidement, la coupure basse ne devant pas être inférieure à 1,13 fois l'intensité nominale.

Actuellement une surcharge de quelques minutes n'a souvent aucun effet et ne provoque pas de coupure pour la consommation ceci en fonction de l'abonnement souscrit.

Concrètement prenons l'exemple courant qui concerne des millions de français ayant souscrit une puissance d'abonnement de 18 kWh (18 000 Wh), leurs disjoncteurs étaient réglés (calibré) à 90 Ampères par EDF, ce qui donne au final une puissance réelle disponible suivant la formule  $P=UI$  soit  $230 \times 90 = 20\,700$  VA soit 20,7 kVA.

Avec le Compteur Mouchard Linky, c'est totalement différent, puisque l'abonnement équivalent à la puissance réellement délivrée sera limité à 18 kVA (18 000 VA) ce qui donnera au final une puissance d'ampérage effective inférieure suivant la formule d'école niveau 6<sup>ème</sup> de  $I$  (Intensité) =  $P/U$  soit  $18\,000 / 230 = 78,26$  A.

Ce chiffre qui est la réalité exacte de la puissance effective délivrée par le Compteur Mouchard Linky est donc très différent du compteur et disjoncteur actuel qui dans l'exemple ne coupait la fourniture d'électricité qu'à 90 ampères. Maintenant Linky coupe automatiquement à la valeur de 78 ampères !

**Conséquences directes**, d'abord des manipulations pour remettre le courant, ce que le consommateur se serait bien passé, mais surtout pour une grande majorité des consommateurs qui ne peuvent réduire leur consommation électrique ou qui possède des appareils avec des moteurs électriques (cosinu Phi oblige !) l'obligation de souscription d'un nouvel abonnement ayant une puissance supérieure ou passer du monophasé au triphasé, donc de facto une augmentation tarifaire imposée !

Clairement ceux qui possèdent des moteurs électriques asynchrones (régénération piscine, etc ...) vont voir leurs factures d'électricité s'envoler avec le Compteur Mouchard Linky pour se mettre en conformité, en fonction du cosinus Phi !