

# - LE COSINUS $\phi$ -

## -DIFFERENCES ENTRE VAh et Wh -

### - COMPTEURS LINKY ET ELECTROMECHANIQUE -

1 -	INTRODUCTION .....	2
2 -	LE COSINUS $\phi$ FACTEUR DE PUISSANCE "FP" .....	2
3 -	PUISSANCE APPARENTE - VA et PUISSANCE ACTIVE - WATT .....	2
4 -	COMPTAGE DE L'ÉNERGIE PAR VOTRE COMPTEUR ELECTRIQUE .....	3
4.1 -	Energie active .....	3
4.2 -	Energie réactive .....	3
4.3 -	L'énergie apparente.....	3
4.4 -	Déphasage $\phi$ selon le types d'appareils .....	3
4.4.1 -	1 - Appareils "résistifs" : le décalage $\phi$ entre tension et courant est égal à zéro.....	3
4.4.2 -	1 - Appareils "capacitifs" : le décalage $\phi$ entre tension et courant est positif.....	3
4.4.3 -	2 - Appareils "inductifs" : le décalage $\phi$ entre tension et courant est négatif.....	3
5 -	COMPTAGE DE L'ÉNERGIE PAR LES COMPTEURS .....	4
5.1 -	Le compteur Linky .....	4
5.2 -	Les compteurs électromécaniques .....	4
5.3 -	Exemples de différence de facturation entre compteurs électromécaniques et Linky .....	4
5.3.1 -	VMC d'habitation au raenti.....	4
5.3.2 -	Radiateur de 1000W.....	4
5.3.3 -	Ampoule dite basse énergie de 14 W.....	4
6 -	TEMPS DE DISJONCTION DU COMPTEUR LINKY ET DISJONCTEUR "BACO" .....	5
6.1 -	Disjoncteurs BACO et rupteur Linky .....	5
6.1.1 -	Puissance de disjonction.....	5
6.1.2 -	Temps de réaction de disjonction du BACO en cas de surintensité.....	5
6.1.3 -	Temps de réaction de disjonction en mode différentiel.....	6
7 -	CONCLUSIONS EN DEFAVEUR DU COMPTEUR LINKY .....	6

## 1 - INTRODUCTION

Parce que le sujet du cosinus phi, ou  $\cos \phi$ , est abordé très fréquemment en réunion d'information sur le compteur Linky, il nous a semblé utile de proposer ce document très simple pour clarifier cette notion très importante. Mieux comprendre le comptage de l'énergie électrique en courant alternatif permet de mesurer l'impact de la prise en compte ou non de ce fameux  $\cos \phi$ .

Ce document précise aussi plusieurs points techniques sur des différences de fonctionnement entre compteurs électromécaniques et Linky, sa façon de compter l'énergie et de disjoncter.

## 2 - LE COSINUS $\phi$ , FACTEUR DE PUISSANCE "FP"

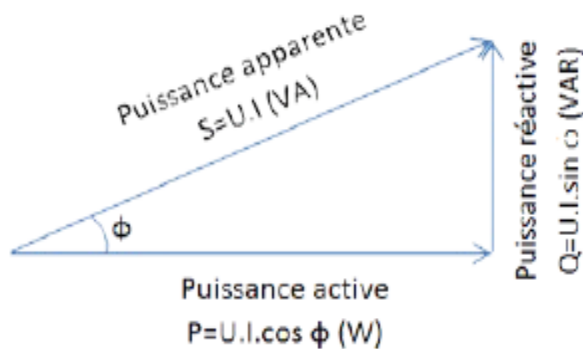
Un voltage 230 Volts alternatif (celui de Enedis) induit un courant qui circule dans les câbles et appareils dans votre maison. Selon ce qui est branché chez vous, tension et courant sont synchrones mais ne coïncident pas exactement la plupart du temps. Leurs ondes sont souvent un peu décalées.

Le décalage entre tension et courant s'appelle le déphasage "phi" (lettre grecque  $\phi$ )

Le cosinus phi,  $\cos \phi$ , ou facteur de puissance FP mesure ce déphasage entre la tension alternative U et le courant I. Il est égal à 1 (maximal) uniquement lorsque tension et phase coïncident, donc lorsque l'angle  $\phi = 0^\circ$ .

## 3 - PUISSANCE APPARENTE - VA et PUISSANCE ACTIVE - WATT

Il est très important de clarifier ces notions.



La puissance commerciale d'un appareil électrique est exprimée en Watts (**W**) sur sa plaque signalétique. Elle dépend de la tension **U** (généralement **230 V**), de l'intensité **I** (**A**), et de son facteur de puissance **FP** ou  $\cos \phi$ . Le  $\cos \phi$  dépend de l'angle du déphasage  $\phi$  entre tension alternative et courant. Il peut varier de 0 à 1.

Les formules de calcul de ces puissances sont :

$$\begin{aligned} P_{\text{APPARENTE(en VA)}} &= U_{(V)} * I_{(A)} \\ P_{\text{ACTIVE(en Watts)}} &= P_{\text{APPARENTE(VA)}} * \cos(\phi) = U_{(V)} * I_{(A)} * \cos(\phi) \end{aligned}$$

Lorsque **FP** ou  $\cos \phi = 1$  (cas d'une charge purement résistive comme un radiateur électrique) la puissance apparente est égale à la puissance active.

Mais si **FP** ou  $\cos \phi < 1$ , ce qui est le cas de la majorité de nos appareils modernes qui utilisent une alimentation à découpage, la **puissance apparente** est **TOUJOURS SUPERIEURE** à la **puissance active** réellement consommée.

#### 4 - COMPTAGE DE L'ÉNERGIE PAR VOTRE COMPTEUR ELECTRIQUE

D'un point de vue commercial, ce n'est pas la puissance en courant alternatif qui est facturée mais l'énergie consommée. La conversion entre la puissance et l'énergie comptée se fait par la formule simple :

$$\boxed{\text{Energie} = \text{Puissance} * \text{Temps}}$$

##### 4.1 - Energie active

L'énergie que l'utilisateur consomme vraiment et qu'il doit payer s'appelle l'énergie active. La mesure de l'énergie active doit tenir compte du cosinus phi, et s'exprime en kilowatts heures (kWh).

$$\boxed{\text{Energie}_{ACTIVE} = \text{Puissance}_{ACTIVE} * \text{Temps}}$$

##### 4.2 - Energie réactive

L'énergie dite réactive est celle provoquée par un courant dont son angle de phase est  $\phi = 90^\circ$  par rapport à la tension alternative. Ce courant est en quadrature avec la tension.

L'énergie réactive peut provoquer un échauffement des fils secteur mais ne fournit aucune puissance au client, donc elle ne devrait pas être facturée. Les compteurs électromécaniques du service public EDF respectent cette fait physique. Leur roue de comptage visible sur les compteurs bleus ou noirs ne tourne qu'au prorata strict de l'énergie active.

##### 4.3 - L'énergie apparente

L'énergie apparente en **kVAh** est une unité de comptage utilisée par Enedis depuis **février 2010** seulement. Elle se calcule d'après la puissance apparente, c'est-à-dire qu'elle ne tient plus compte du cosinus  $\phi$  et de fait majore systématiquement le calcul de la facturation de l'énergie consommée réellement par chaque domicile.

$$\boxed{\text{Energie}_{APPARENTE} = \text{Puissance}_{APPARENTE} * \text{Temps}}$$

##### 4.4 - Déphasage $\phi$ selon le types d'appareils

La plupart du temps, le cosinus  $\phi$  des appareils de votre maison est compris entre 0 et 1. Que ce décalage  $\phi$  entre tension et courant soit positif ou négatif, son cosinus reste inférieur à 1, avec comme conséquence que la puissance apparente est toujours supérieure à la puissance active.

###### 4.4.1 - 1 - Appareils "résistifs" : le décalage $\phi$ entre tension et courant est égal à zéro.

Les appareils qui ont un  $\cos \phi = 1$  sont ceux qui chauffent fort : grille-pain, radiateurs électriques, résistances chauffantes de four, sèche-cheveux ... Dans leurs cas, énergie active et apparentes sont identiques.

###### 4.4.2 - 1 - Appareils "capacitifs" : le décalage $\phi$ entre tension et courant est positif

Les appareils capacitifs demandent leur courant en avance sur la tension. La majorité des appareils électroniques actuels fonctionnent avec une alimentation "à découpage" très capacitive. Leur cosinus  $\phi$  est inférieur à 1. Ainsi, de nos jours, les logements sont très "capacitifs".

###### 4.4.3 - 2 - Appareils "inductifs" : le décalage $\phi$ entre tension et courant est négatif

Les appareils inductifs consomment le courant en retard sur la tension. Les transformateurs, anciens blocs alim, les moteurs anciens de moulin à café, mixeurs, etc ... sont inductifs. Leur cosinus  $\phi$  est aussi inférieur à 1. Dans le passé, les logements étaient plutôt inductifs.

## 5 - COMPTAGE DE L'ÉNERGIE PAR LES COMPTEURS

### 5.1 - Le compteur Linky

- Le compteur Linky compte l'énergie consommée dans le logement en énergie apparente - **kVAh** - elle ne tient pas compte du  $\cos \phi$ . Il majore l'énergie active réellement utilisée par le logement. Dans son cas, l'index du compteur affiché est calculé par la formule dessous.

$$\boxed{\text{Energie Consommée}_{(en\ kVAh)} = P_{APPARENTE\ (kVA)} * \text{Temps}_{(heures)}}$$

Nous verrons au chapitre suivant que le calibrage de l'abonnement est exprimé en **puissance apparente** en **kVA**, et que le déclenchement de son rupteur est déclenché instantanément dès que la puissance maximale en **kVA** du contrat est dépassée.

### 5.2 - Les compteurs électromécaniques

- Les compteurs électromécaniques, ceux avec roue tournante visible en façade, comptent l'énergie de l'habitation en énergie active en **kWh**. Par construction même, ces compteurs tiennent compte du cosinus  $\phi$  des appareils branchés dans le logement. L'index d'un compteur électromécanique se calcule par la formule dessous qui intègre bien le cosinus  $\phi$ , dans la puissance active.

$$\boxed{\text{Energie Consommée}_{(en\ kWh)} = P_{ACTIVE\ (kW)} * \text{Temps}_{(heures)}}$$

Vu très simplement, la facture d'un compteur électromécanique est celle du Linky diminuée du cosinus  $\phi$  toujours inférieur à 1 rappelons le.

### 5.3 - Exemples de différence de facturation entre compteurs électromécaniques et Linky

La différence de comptage d'énergie entre un compteur électromécanique et un compteur Linky est illustrée dessous avec ces exemples réels.

#### 5.3.1 - *VMC d'habitation au raenti*

Une ventilation mécanique consomme sur le **230 V** un courant de **0,13 ampères**, avec un cosinus  $\phi$  de **0,26**. D'après les formules ci avant, sa puissance consommée est de **8,2 W**, et sa puissance apparente **30 W**.

Sur un an, un compteur électromécanique facturera :

$$(230\ V \times 0,13\ A \times 0,26) / 1000_{(kW)} \times 24\ h \times 365\ j \times 0,13\ \text{€}/\text{kWh} = \mathbf{8,85\ \text{€}} \text{ttc}$$

et un compteur Linky facturera (cos  $\phi$  supprimé) :

$$(230\ V \times 0,13\ A) / 1000_{(kW)} \times 24\ h \times 365\ j \times 0,13\ \text{€}/\text{kWh} = \mathbf{34,05\ \text{€}} \text{ttc}$$

#### 5.3.2 - *Radiateur de 1000W*

Sa puissance active est de **1000 W**, et sa puissance apparente est aussi de **1000 VA** car le facteur de puissance (comme pour toute résistance simple) est égal à **1**.

#### 5.3.3 - *Ampoule dite basse énergie de 14 W*

Une ampoule LFC vendue pour une puissance pour 14 W est mesurée en réalité à **13,6W**.

Mais son cos  $\phi$  mesuré ou **FP** est de seulement **0,6**.

Sa puissance apparente, qui sera facturée par le Linky, est **22,7 VA** ( $22,7 = 13,6 / 0,6$ ).

Le compteur électromécanique ne facturera que **13,6W**.

## 6 - TEMPS DE DISJONCTION DU COMPTEUR LINKY ET DISJONCTEUR "BACO"

### 6.1 - Disjoncteurs BACO et rupteur Linky

#### 6.1.1 - Puissance de disjonction

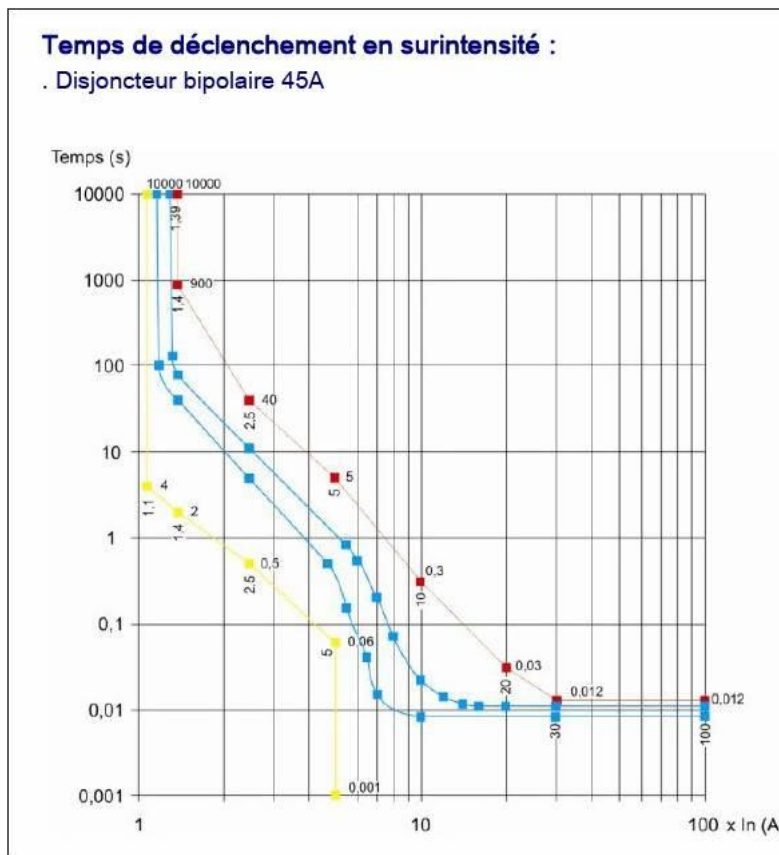
Le compteur Linky intègre un rupteur de disjonction que n'ont pas les compteurs électromécaniques. Eux sont associés à un disjoncteur électromécanique du type "BACO" qui déclanche au courant maximal de l'abonnement. Le Linky lui déclanche instantanément le rupteur dès que la puissance apparente du logement atteint la valeur indiquée sur le contrat d'abonnement Enedis.

Cette différence a pour fâcheuse conséquence que si, au moment du pic de puissance détecté, le  $\cos \phi$  est inférieur à 1, la puissance active en **kW** à laquelle le compteur disjoncte est inférieure à celle annoncée par le contrat, elle en **kVA**.

$$\text{Puissance disjonction}_{(\text{en kW})} = \text{Puissance Contrat}_{(\text{kVA})} * \cos \phi$$

#### 6.1.2 - Temps de réaction de disjonction du BACO en cas de surintensité

Contrairement au Linky qui réagit instantanément, le disjoncteur BACO a par construction une temporisation au déclanchement en cas de surintensités momentanées qui permet de les tolérer, lors du démarrage de moteurs puissants ou charges capacitives par exemple, là où justement le  $\cos \phi$  est très inférieur à 1. La caractéristique de disjonction dessous est celle du disjoncteur bipolaire LEGRAND, extraite de ses caractéristiques.



Sur l'axe des abscisses, la valeur de disjonction à laquelle est ajusté le disjoncteur correspond à 1, en relatif. Sur toutes les courbes, le disjoncteur réagit avec un temps, de l'ordre de la seconde variant selon la surintensité. Bien que n'ayant pas trouvé la signification des couleurs, une surintensité de 2 fois le courant maximal par exemple peut durer **10 secondes** sur la courbe bleue avant disjonction, ou 1 seconde sur la courbe jaune.

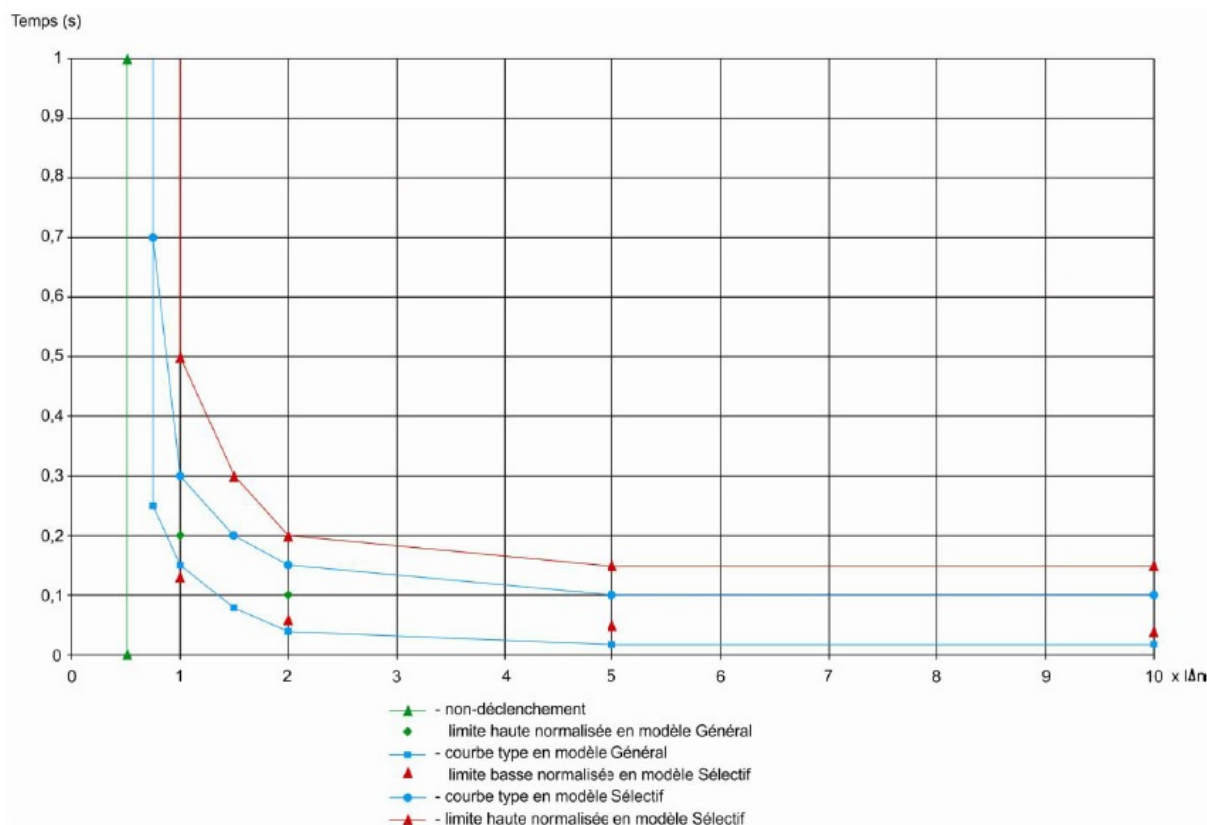
**Nous comprenons pourquoi le compteur linky oblige à changer d'abonnement dans le cas de surintensités, même courtes, qui le font disjoncter car il n'a aucune temporisation.**

### 6.1.3 - Temps de réaction de disjonction en mode différentiel

De plus, le disjoncteur BACO est conçu pour offrir un temps de disjonction en mode différentiel beaucoup plus rapide que celui en cas de surintensité, ce qui est normal car c'est une protection à la personne humaine en cas de problème d'un défaut de terre.

Le Linky lui n'a qu'un rupteur unipolaire. Il ne peut donc pas réagir dans ce mode de protection.

#### Temps de déclenchement en différentiel :



## 7 - CONCLUSIONS EN DEFAVEUR DU COMPTEUR LINKY

Les quelques points abordés dans ce petit récapitulatif nous montre qu'à cause du  $\cos \phi$ , inévitable en courant alternatif, et de son disjoncteur intégré, le compteur Linky ne cumule que des désavantages par rapport au compteur électromécanique associé au disjoncteur électromécanique BACO ;

1 - facturation à l'abonné de l'énergie consommée en énergie apparente majorée par rapport à l'énergie active, de l'ordre de 10 à 30 % selon les appareils branchés.

2- prise d'abonnement de puissance supérieure de coût plus élevé à cause de l'absence de temporisation à la disjonction du Linky qui permettrait d'absorber les transitoires d'appareils électriques puissants au démarrage.

3 – ne protège pas l'habitation par disjonction en mode différentiel, ce qui oblige à lui associer comme avant un disjoncteur BACO pour la protection contre les risques électriques du domicile et de ses habitants.

D'un point de vue élargi, l'impact écologique de la durée du vie présumée du compteur Linky, annoncée de 15 ans, et les incendies dont nous entendons régulièrement parler ne sont abordés dans ce document, mais alourdissent à nouveau le bilan en sa défaveur.