PUISSANCES

EN RÉGIME SINUSOÏDAL PERMANENT – MONOPHASÉ

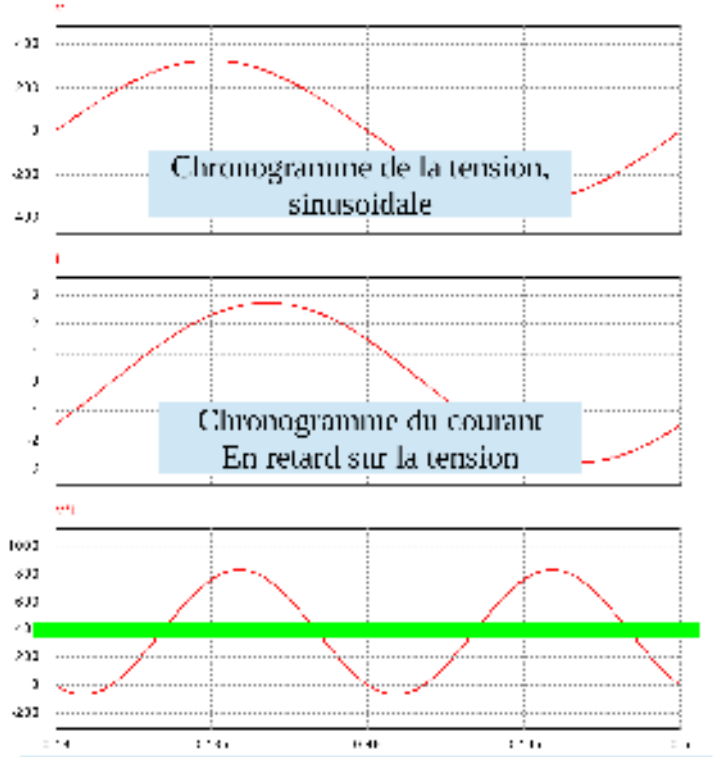
Observation de la puissance électrique....2
1 -Définition des puissances électriques....3
1.1 -Triangle des puissances....3
1.2 -Puissance apparente complexe....4
2 -Puissances sur les dipôles RLC....4
3 -Bilan des puissances....5
3.1 -Théorème de Boucherot....5
3.2 -Lecture des puissances sur un circuit électrique....5
4 -Compensation de la puissance réactive....6
4.1 -Dimensionnement du compensateur....7
4.2 -bilan de la compensation de Q....8

OBSERVATION DE LA PUISSANCE ÉLECTRIQUE

dipôle orienté en convention récepteur

$u(t)=U_{AC}\sqrt{2}\sin(\omega t)$

$i(t)=I_{AC}\sqrt{2}\sin(\omega t-\varphi)$ <=> i est en retard sur u (dipôle inductif.



Chronogramme de la puissance instantanée
La fréquence est double de la tension
Elle oscille autour d'une valeur moyenne non nulle

La puissance électrique instantanée reçue par le dipôle est $p(t)=u(t)\times i(t)$.

$p(t)=U_{AC}\sqrt{2}\sin(\omega t)\times I_{AC}\sqrt{2}\sin(\omega t-\varphi)$

$p(t)=U_{AC}\times I_{AC}\times 2[\sin(\omega t)\sin(\omega t-\varphi)]$

on utilise la relation :

$\sin a\times\sin b=1/2\times[\cos(a-b)+\cos(a+b)]$

donc

$p(t)=U_{AC}\times I_{AC}\times 2$
$1/2\times[\cos(\omega t-(\omega t+\varphi))+\cos(\omega t+(\omega t+\varphi))]$

qui amène à :

$p(t)=U_{AC}\times I_{AC}[\cos(\varphi)+\cos(2\omega t+\varphi)]$

En convention récepteur la puissance instantanée est composée :

d'un terme constant au cours du temps :

« la puissance active » $p(t)=U_{AC}\times I_{AC}[\cos(\varphi)]$

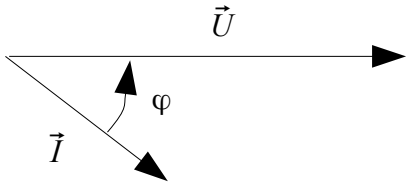
d'un terme évoluant au cours du temps (cosinus de fréquence $2\times f$) :

« la puissance fluctuante » $p(t)=U_{AC}\times I_{AC}[\cos(2\omega t+\varphi)]$

p(t) >0 <=> le dipôle reçoit effectivement de la puissance

p(t) <0 <=> le dipôle produit effectivement de la puissance

1 -Définition des puissances électriques.

dipôle orienté en convention récepteur $u(t)=U_{AC}\sqrt{2}\sin(\omega t)$ $i(t)=I_{AC}\sqrt{2}\sin(\omega t-\varphi)$ <=> i est en retard sur u (dipôle inductif.	

La puissance électrique instantanée reçue par le dipôle est $p(t)=u(t)\times i(t)$.

- La puissance active est la valeur moyenne de la puissance instantanée reçue par le dipôle :

  $P=<p(t)>=U_{AC}\times I_{AC}\times\cos\varphi$ en W

  Cette puissance électrique est obligatoirement transformée par le dipôle en une autre puissance.

  En convention récepteur :

  P>0 <=> le dipôle reçoit effectivement P

  P>0 <=> le dipôle reçoit effectivement P
- La puissance apparente est la puissance à produire pour alimenter le dipôle :

  $S=U_{AC}\times I_{AC}$ en VA

  S toujours >0
- Le facteur de puissance mesure le rapport entre P et S :

  Fp = P / S

  $|Fp|\leq 1$

1.1 - Triangle des puissances.

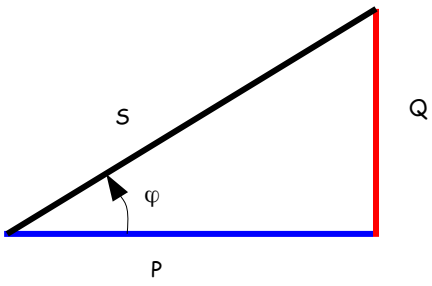
On explique l'écart entre P et S par la présence de puissance réactive Q.

- La puissance réactive est fictive : elle ne correspond pas à une transformation d'énergie.

  $Q=U_{AC}\times I_{AC}\times\sin\varphi$ En VAR

  la puissance réactive est due au déphasage du courant sinusoïdal par rapport à la tension
- $\cos\varphi$ est appelé le facteur de déplacement « DPF ».

  en RSP Fp = DPF

	P,Q et S forment un triangle rectangle. $S^2=P^2+Q^2$ $\tan\varphi=P/Q$ $P=S\cos\varphi$ $Q=S\sin\varphi$

1.2 - Puissance apparente complexe.

P, Q et S formant un triangle rectangle dont les cotés sont P et Q, on peut considérer que P est la partie réelle et Q la partie imaginaire d'une puissance apparente complexe $\underline{S}=P+jQ$.

$\underline{U}=[U_{AC};0]$

$\underline{I}=[I_{AC};-\varphi]$

$\underline{S}=\underline{U}\times\underline{I}^{*}=[S;\varphi]$ où $\underline{I}^{*}$ est le conjugué de $\underline{I}$

2 -Puissances sur les dipôles RLC.

À connaître par coeur

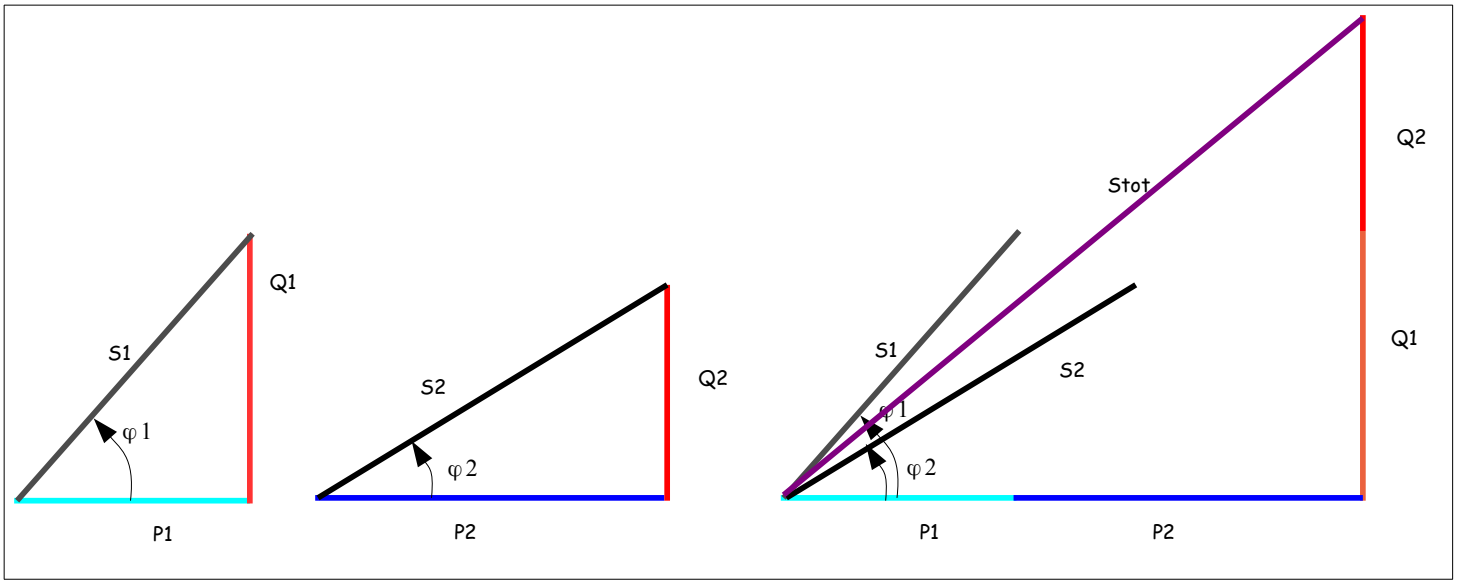
Dipôle en convention récepteur	R	L	C
Puissance active P	RI^2 U^2/R	0	0
		une inductance ne consomme pas de P	un condensateur ne consomme pas de P
Puissance réactive Q	0	$L\omega I^2$ $\frac{U^2}{L\omega}$	$\frac{-I^2}{C\omega}$ $-C\omega U^2$
	une résistance ne consomme pas de Q	une inductance consomme Q	un condensateur fournit Q

3 -Bilan des puissances.

3.1 - Théorème de Boucherot.

Ptot : La puissance active totale consommée par une installation est égale à la somme des puissances actives consommées par chaque dipôle.

Qtot : La puissance réactive totale consommée par une installation est égale à la somme des puissances réactives consommées par chaque dipôle.



On n'a pas le droit d'ajouter des puissances apparentes.

Pour calculer Stot il faut connaître Ptot et Qtot : $Stot = \sqrt{\left(Ptot^2 + Qtot^2\right)}$

3.2 - Lecture des puissances sur un circuit électrique.

Dans un circuit électrique, si des dipôles sont placés en série, cela veut dire que leurs puissances dépendent du courant qui les traversent.

Dans un circuit électrique, si des dipôles sont placés en parallèle, cela veut dire que leurs puissances dépendent de leur tension.

4 -COMPENSATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE.

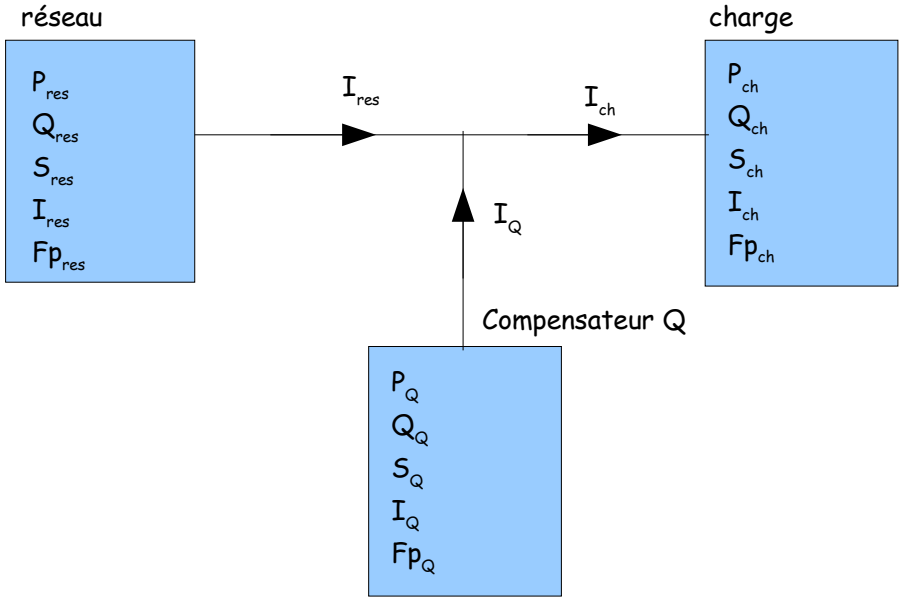
Pour fournir la puissance P nécessaire à un client, le fournisseur d'électricité doit produire une puissance S.

Sa rentabilité est donc mesurée par le rapport P/S = Fp. Il a tout intérêt à avoir le meilleur facteur de puissance possible.

L'écart entre P et S est dû au déphasage du courant i_{ch} sur la tension v_{res} .

Ce courant est imposé par la charge (φ_{ch}) et ne peut pas être modifié.

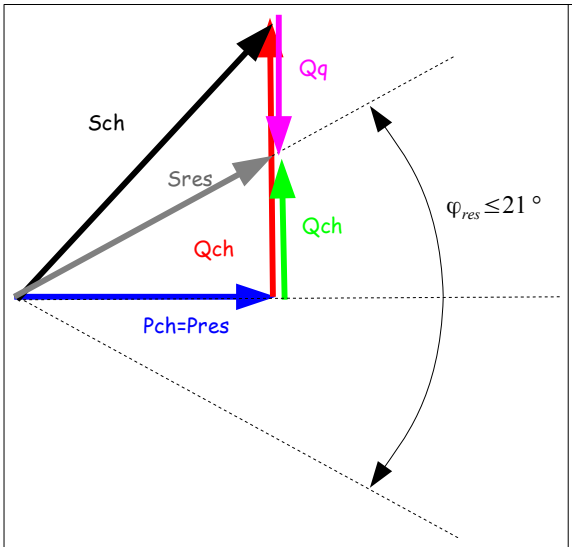
Ce déphasage se traduit au niveau des puissances par la puissance réactive Q_{ch} .



Pour améliorer le facteur de puissance réseau Fp_{res} , il faut donc placer en parallèle à la charge un système :

- qui ne consomme pas de puissance active,
- qui diminue la puissance réactive fournie par le réseau $Q_{res} < Q_{ch}$ afin que le courant fourni par le réseau i_{res} soit lui en phase avec la tension.

Au niveau du réseau RTE $\tan\varphi_{res} \leq 0{,}4$. Le fournisseur d'électricité impose à ses gros clients (contrat vert) d'avoir aussi : $\tan\varphi_{res} \leq 0{,}4 \Leftrightarrow \cos\varphi_{res} \geq 0{,}93 \Leftrightarrow \varphi_{res} \leq 21°$.



En général, le courant est en retard sur la tension car les charges sont inductives (lampes à décharge, moteurs, lignes aériennes) – elles sont compensées par :

- des condensateurs au niveau des moteurs ou lampes,
- des gradins de condensateurs au niveau du transformateur.

Les gradins permettent de maintenir le facteur de puissance à des valeurs au dessus de 0,93.

Pour ajuster le facteur de puissance à 0,93 on utilise :

- un condensateur associé à un gradateur à angle de phase ou à un redresseur commandé,
- une machine synchrone fonctionnant à vide (compensateur synchrone).

Les lignes enterrées sont capacitives. La compensation se fait alors par des inductances.

Pour maintenir le facteur de puissance, on joue sur l'enfoncement du noyau dans la bobine de compensation.

4.1 - Dimensionnement du compensateur.

À partir du bilan des puissances :

$P_{res} = P_{ch}$ car $P_Q = 0$

$Q_{res} = Q_Q + Q_{ch}$ avec $Q_{res} = P_{res}\tan\varphi_{res}$ et $Q_{ch} = P_{ch}\tan\varphi_{ch}$.

D'où la relation $Q_Q = P_{ch} \times \left(\tan\varphi_{res} - \tan\varphi_{ch}\right)$.

- Si $Q_Q < 0$ alors il faudra fournir de la puissance réactive avec des condensateurs : $Q_Q = -C\,\omega\,U_C^2$
- Si $Q_Q > 0$ alors il faudra consommer de la puissance réactive avec des inductances : $Q_Q = +U_L^2/(L\,\omega)$

4.2 - Bilan de la compensation de Q.

Le bilan doit prendre en compte l'impact sur le client, la ligne et le fournisseur d'électricité.

En améliorant le facteur de puissance réseau, on diminue le courant de ligne. Aussi

- Pour le client :
  - on ne modifie pas le fonctionnement de la charge
  - on diminue l'abonnement.
- Pour la ligne :
  - on diminue les pertes Joule dans les lignes,
  - on diminue les chutes de tension dans les lignes.
- Pour le fournisseur d'électricité :
  - on diminue les pertes Joule de son réseau électrique (génératrices, transformateurs et lignes)
  - on diminue la production électrique et on l'ajuste mieux à la demande, donc on réduit les coûts de production.