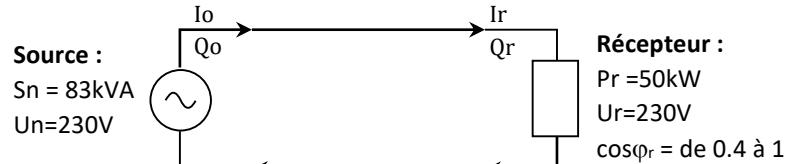


On donne l'installation ci-contre, le récepteur fonctionne sous un facteur de puissance variable.

- 1°) Calculer et tracer, en fonction de $\cos\varphi_r$, le courant et la puissance réactive fournis par la source au récepteur :



- 2°) Que remarquez-vous sur le fonctionnement de l'installation ? Commenter.

- 3°) Que proposez-vous comme solutions aux problèmes remarqués ?

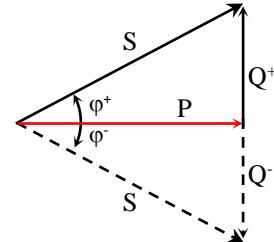
Rappel

$$\bar{S} = \bar{U} \cdot \bar{I}^* = P + jQ \Leftrightarrow S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos \varphi \Leftrightarrow \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{U \cdot I}$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = U \cdot I \cdot \sin \varphi \Leftrightarrow \sin \varphi = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{U \cdot I}$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \Leftrightarrow Q = P \cdot \tan \varphi$$



Calculs

$$I_n = \frac{S_n}{U_n}$$

$$I_0 = I_r = \frac{P_r}{U_r \cdot \cos \varphi_r}$$

$$Q_0 = Q_r = P_r \cdot \tan \varphi_r = P_r \cdot \tan(\arccos \varphi_r)$$

Script (1)

```

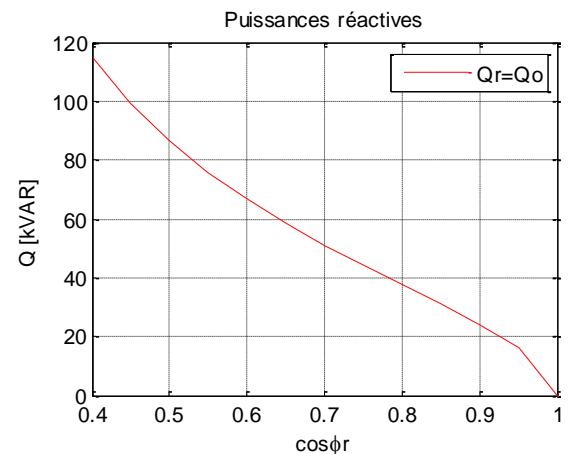
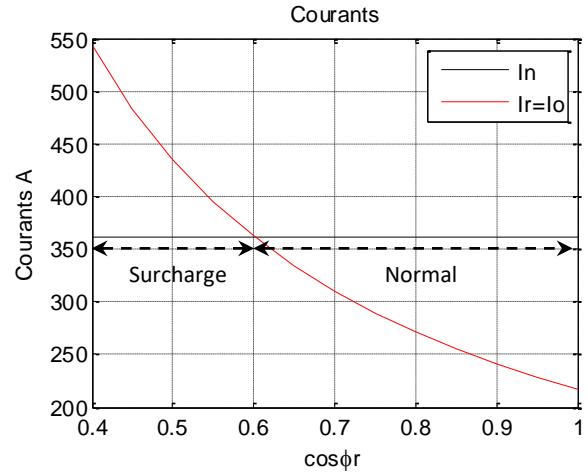
Sn=83000 ;
Un=230 ;
Pr=50000 ;
Ur=Un ;
cosfr=0.4 :0.05 :1 ;

tgfr=tan(arccos(cosfr)) ;
In=Sn/Un ;
In=In*ones(1,length(cosfr)) ;
Ir=Pr./(Ur*cosfr) ;
Qr=Pr*tgfr ;

Figure(1) ;
Plot(cosfr ,In,'k',cosfr,Ir,'r') ; grid on;
xlabel('cos\phir'); ylabel(' Courants A ');
legend('In','Ir=Io') ; title('Courants');

Figure(2) ;
Plot(cosfr ,Qr*1e-3,'b') ; grid on;
xlabel('cos\phir'); ylabel('Q (kVAR)');
legend('Qr=Qo [kVA]') ; title('Puissances
réactives');

```

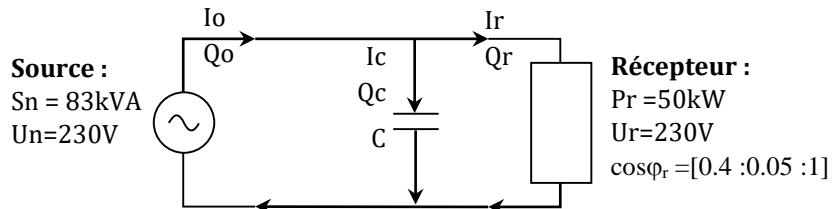


Lors de fonctionnement avec des facteurs de puissance $\cos\varphi_r < 0.6$, le courant fourni par la source est supérieur au courant nominal de la source ($I_n = 360.87 \text{ A}$) \Rightarrow surcharge de la source (risques).

On propose de :

- Changer la source par une autre plus puissante ou installer d'autres sources (solutions coûteuses)
- Ou essayer de réduire la surcharge par compensation de la puissance réactive (par amélioration du facteur de puissance de l'installation)

On propose d'installer, un condensateur de compensation de capacité $C=7\text{mF}$, en parallèle avec le récepteur, comme montrer sur la figure ci-contre.



1°) Calculer et tracer sur des figures :

les courants (I_o , I_n et I_r), les puissances (Q_o et Q_r) et les facteurs de puissance du récepteur et de la source $\cos \varphi_r = f(\cos \varphi_r)$; $\cos \varphi_0 = f(\cos \varphi_r)$

2°) Que remarquez-vous après l'ajout de cette condensateur ? Commenter.

3°) y-a-t-il un condensateur C qui pourra, tout seul, présenter une solution pour tous les facteurs $\cos \varphi_r$? Justifier par calculs.

Rappels : les puissances des éléments RLC

$$\begin{cases} P_R = RI^2 = \frac{U^2}{R}; \\ Q_R = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} P_L = 0 \\ Q_L = \omega LI^2 = \frac{U^2}{\omega L} \end{cases} \quad \begin{cases} P_C = 0 \\ Q_C = -\frac{1}{\omega C}I^2 = -\omega CU^2 \end{cases}$$

Script (2)

```
Script(1) ;
C=7e-3 ;w=2*pi*50 ;
QC=-w*C*Ur^2 ;
Qo=Qr+QC;Po=Pr; So=sqrt(Po.^2+Qo.^2);
Io=So/Un;

Figure(1) ;
Plot(cosfr,In,'k',cosfr,Ir-o,'r',cosfr,Io,'b-s');
xlabel('cos\phir'); ylabel('Courants A');
legend('In','Ir','Io'); grid on title('Courants');

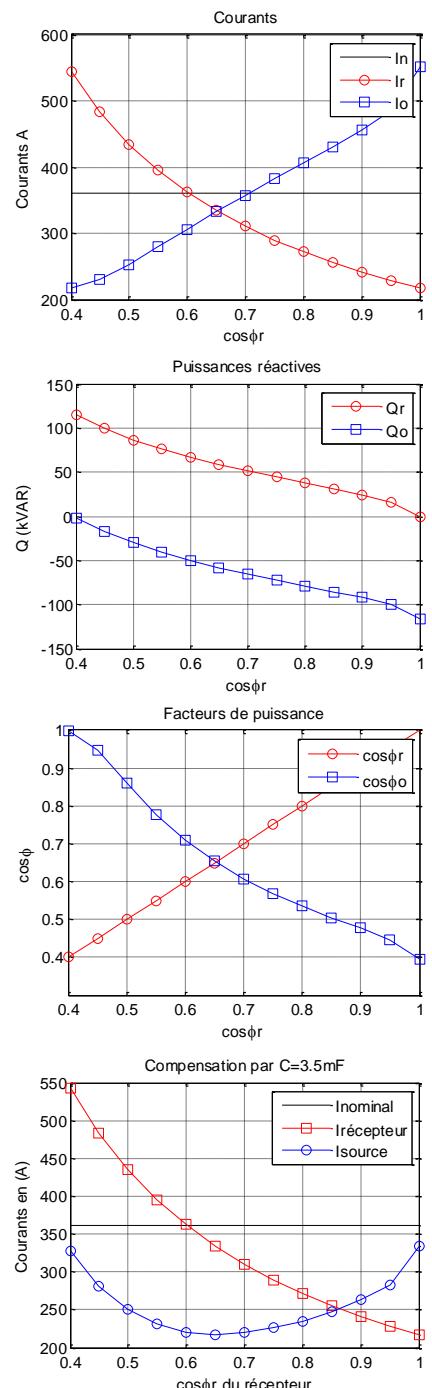
Figure(2) ;
Plot(cosfr,Qo*1e-3,'r-o',cosfr,Qr*1e-3,'b-s');
xlabel('cos\phir'); ylabel('Q [kVAR]');
legend('Qr=Qo[kVA]'); grid on;
title('Puissances réactives');

Figure(3) ;
Plot(cosfr,cosfr,'r-o',cosfr, cosfo,'b-s');
xlabel('cos\phir'); ylabel('cos\phi');
legend('cos\phir','cos\phi'); grid on;
title('Facteurs de puissance');
```

L'ajout de la capacité (7mF), en parallèle avec le récepteur, a :

- Inversé les courants de surcharge de la source de la plage des ($\cos \varphi_r < 0.6$) vers la plage des ($\cos \varphi_r > 0.7$)
- Inversé la puissance réactive de la source de $Q_o > 0$ à $Q_o < 0$ et ce sur toute la plage des $\cos \varphi_r$
- Inverser le facteur de puissance de la source

Oui, il existe une valeur de capacité qui pourra toute seule remédié le fonctionnement sur toute la plage des $\cos \varphi_r$: $C=3.5\text{ mF}$, avec ce condensateur, le courant de la source est inférieur au courant nominal quel que soit le courant du récepteur (ou quel que soit $\cos \varphi_r$)



Calculer C_{\max} et C_{\min} et utiliser ces valeurs dans le script 2

Que remarquez-vous ? Commenter

$$Q_{\text{slim}} = \sqrt{S_n^2 - P_r^2}$$

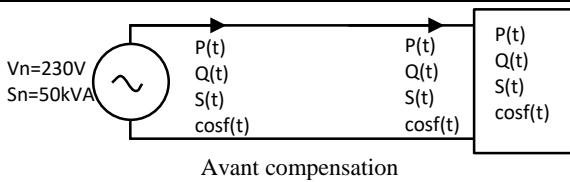
$$-Q_{\text{slim}} \leq Q_r + Q_c \leq Q_{\text{slim}}$$

$$\begin{cases} Q_c \leq Q_{\text{slim}} - Q_r \\ Q_c \geq -Q_{\text{slim}} - Q_r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\omega U^2 C \leq Q_{\text{slim}} - Q_r \\ -\omega U^2 C \geq -Q_{\text{slim}} - Q_r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C \geq \frac{Q_r - Q_{\text{slim}}}{\omega U^2} \\ C \leq \frac{Q_{\text{slim}} + Q_r}{\omega U^2} \end{cases}$$

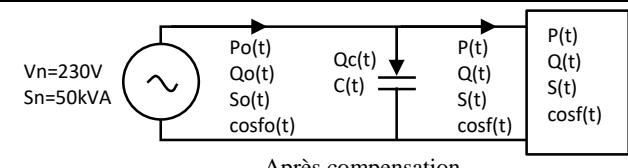
$$\Rightarrow \begin{cases} C_{\max} = \max\left(\frac{Q_r - Q_{\text{slim}}}{\omega U^2}\right) \\ C_{\min} = \min\left(\frac{Q_r + Q_{\text{slim}}}{\omega U^2}\right) \end{cases}$$

Une source monophasée $S_n=50$ kVA, $V_n=230V$, $f=50Hz$ est prévue pour alimenter un atelier consommant quotidiennement une puissance variable selon le tableau suivant :

t(heure)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P(kW)	15	15	15	15	15	15	30	45	45	45	44	35	43	44	46	45	28	27	26	25	25	20	18	
Q(kVAR)	12	12	12	12	12	12	20	32	32	32	30	25	30	32	32	32	20	20	20	20	20	15	15	



Avant compensation



Après compensation

Avant compensation :

- Tracer dans une même figure(1), les courbes $S_n(t)$ et $S(t)$ en indiquant les intervalles de fonctionnement normal et/ou anormal. **(04 pts)**
- Calculer les puissances réactives limites ($\pm Q_{\text{slim}}$) que la source est capable de fournir à chaque heure. **(01 pt)**

Compensation – Scénario1 : on veut, s'il est possible, avoir un fonctionnement normal sur toute la journée en utilisant une compensation par une capacité unique C .

- Calculer la puissance réactive Q_c ainsi que la valeur C de cette capacité :
 - Tracer dans une figure(2) les courbes $S_n(t)$, $S(t)$ et $Q_c(t)$ au cours de la journée. **(04 pts)**
 - Calculer et Tracer dans une même figure(3) les courbes $(\cos f = \frac{P}{S})$ et $(\cos fo = \frac{P_o}{S_0})$ **(02 pts)**

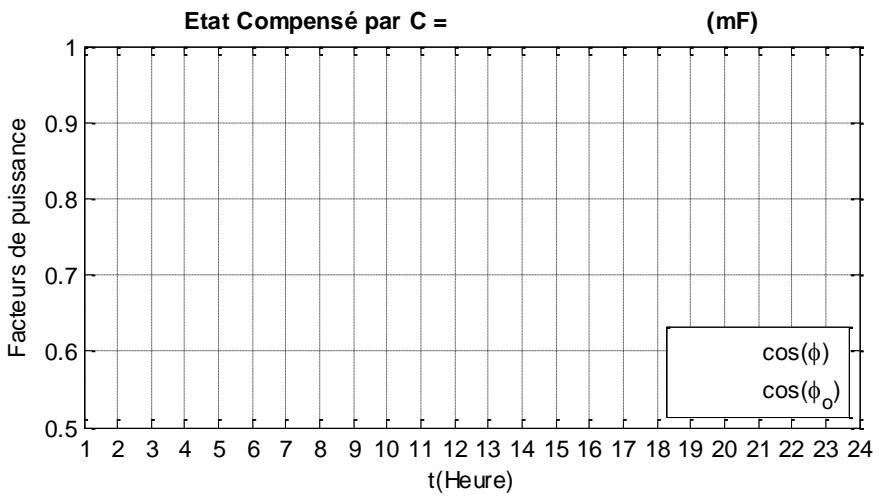
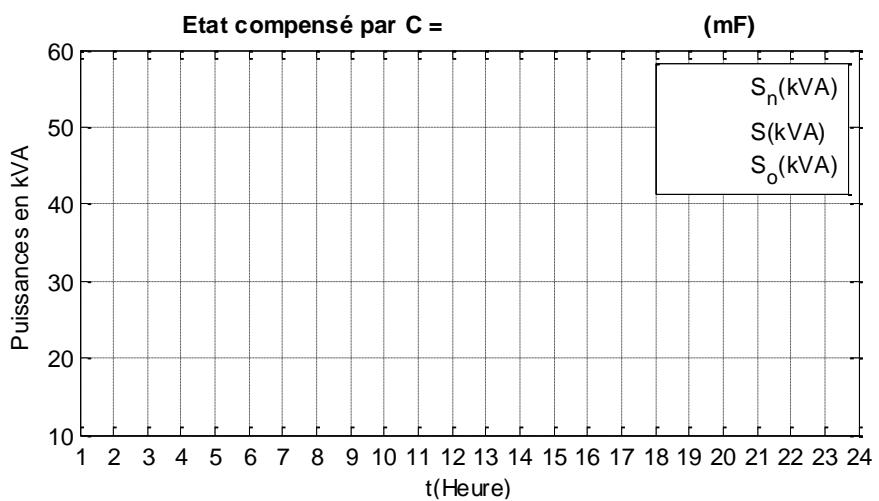
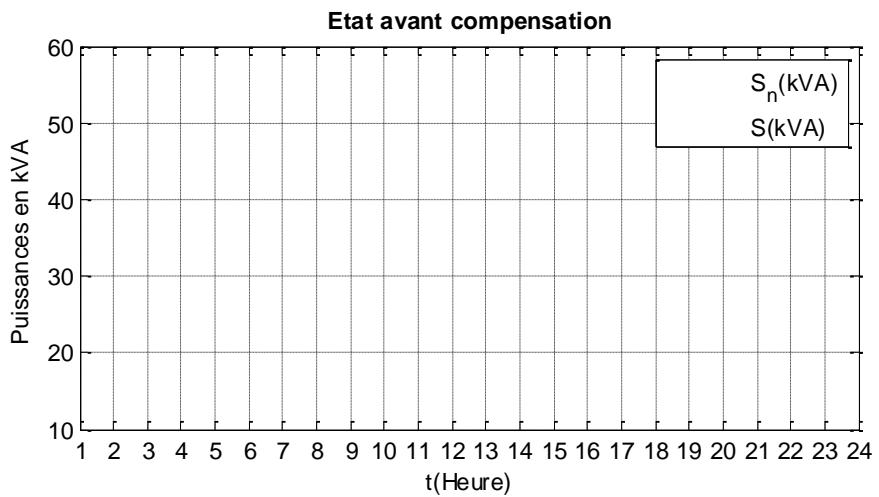
Compensation – Scénario2 : on veut fixer le facteur de puissance global à la valeur $\cos fo(t) = 0.98$:

- Calculer la capacité de compensation nécessaire à chaque heure de fonctionnement $c(t)$. **(04 pts)**

Aide :

- $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ Puissance apparente absorbée par l'atelier
- $\cos f = \frac{P}{S}$ Facteur de puissance à l'entrée de l'atelier
- $Q_{\text{slim}} = \pm \sqrt{S_n^2 - P^2}$ Puissance réactive limite de la source
- $P_0 = P$ Puissance active fournie par la source = absorbée par l'atelier
- $S_0 = \sqrt{P_0^2 + Q_0^2}$ Puissance apparente fournie par la source
- $Q_0 = Q + Q_c$ Bilan réactive avec compensation
- $-Q_{\text{slim}} \leq Q_0 \leq Q_{\text{slim}}$ Condition de fonctionnement normal
- $\begin{cases} Q_c \leq Q_{\text{slim}} - Q \\ Q_c \geq -Q_{\text{slim}} - Q \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_c = \min(Q_{\text{slim}} - Q) \\ Q_c = \max(-Q_{\text{slim}} - Q) \end{cases}$ Condition de fonctionnement normal
- $\cos fo = \frac{P_0}{S_0}$ Facteur de puissance à la source (global)
- $Q_0 = P_0 \cdot \tan(\arccos(\cos fo))$ Puissance réactive si ($\cos fo$) est connu

Qslim (kVAR)



C (mF) =

