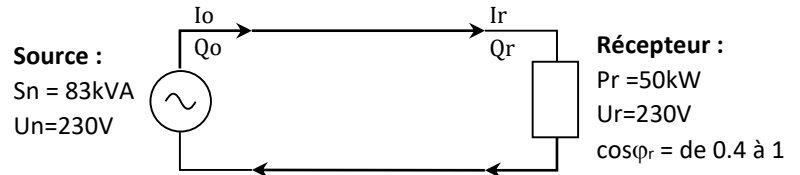


On donne l'installation ci-contre, le récepteur fonctionne sous un facteur de puissance variable.

1°) Calculer et tracer, en fonction de $\cos\phi_r$, 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 ?

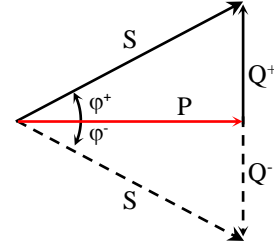
Rappel

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

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

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

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



Calculs

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

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

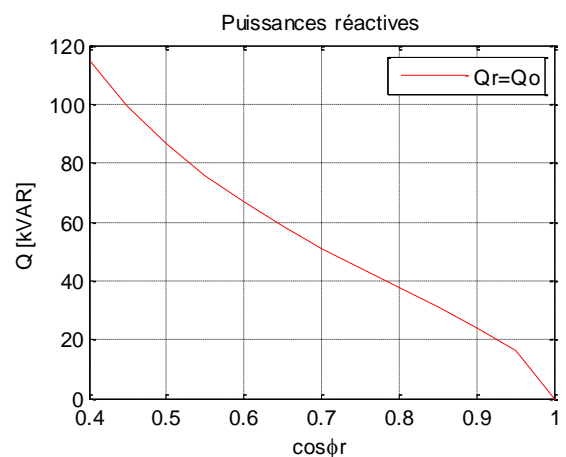
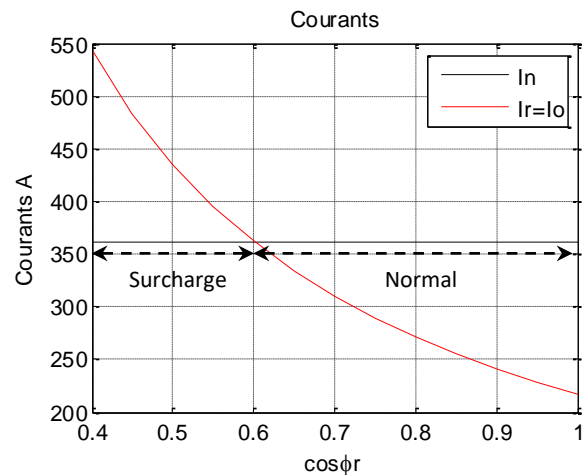
$$Q_0 = Q_r = P_r \cdot \tan \phi_r = P_r \cdot \tan(\arccos \phi_r)$$

Script (1)

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

tgfr=tan(acos(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');
```

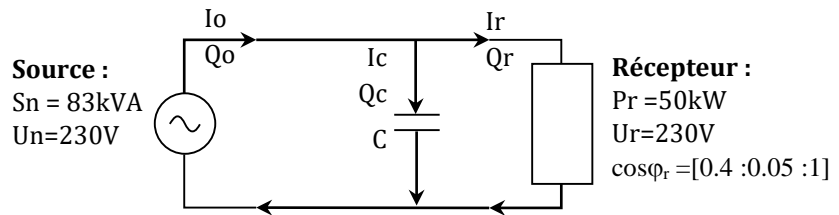


Lors de fonctionnement avec des facteurs de puissance $\cos\phi_r < 0.6$, le courant fourni par la source est supérieur au courant nominal de la source ($I_n = 360.87\text{A}$) \Rightarrow surcharge de la source (risques).

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 $\cos\varphi_r = f(\cos\varphi_r)$; $\cos\varphi_o = f(\cos\varphi_r)$

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

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

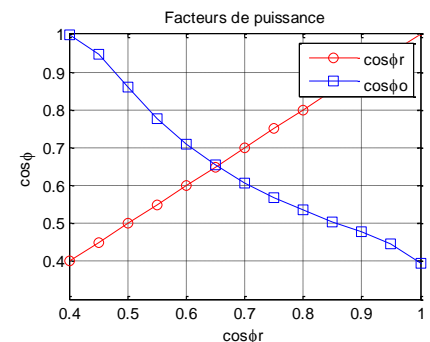
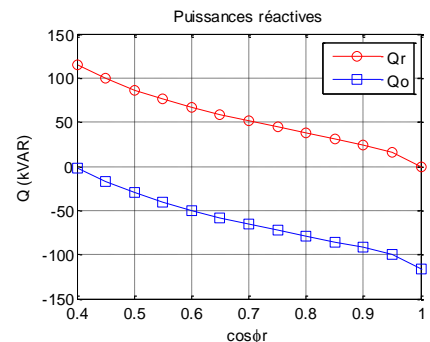
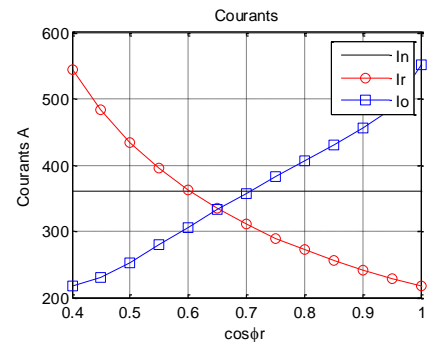
Script (2)

```
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');

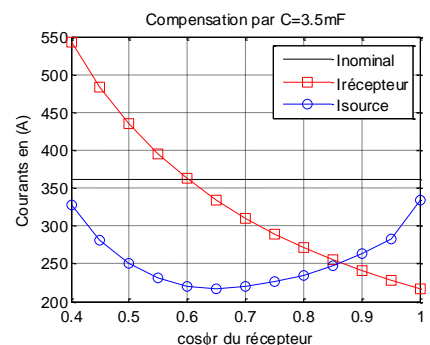
Figure(3);
Plot(cosfr, cosfr, 'r-o', cosfr, cosfo, 'b-s');
xlabel('cos\phir'); ylabel('cos\phi');
legend('cos\phir', 'cos\phio'); grid on;
title('Facteurs de puissance');
```



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

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

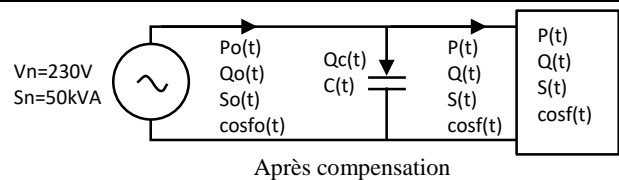
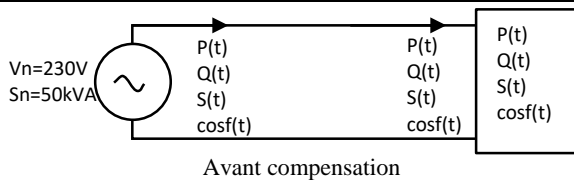
$$-Q_{slim} \leq Q_r + Q_c \leq Q_{slim}$$

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

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

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	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	32	30	25	30	32	32	32	20	20	20	20	20	15	15



Avant compensation :

1. 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)**
2. Calculer les puissances réactives limites ($\pm Q_{slim}$) 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.

3. 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 $S_o(t)$ au cours de la journée. **(04 pts)**
 - Calculer et Tracer dans une même figure(3) les courbes $\left(\cos f = \frac{P}{S}\right)$ et $\left(\cos f_o = \frac{P_o}{S_o}\right)$ **(02 pts)**

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

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

Aide :

- $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
- $\cos f = \frac{P}{S}$
- $Q_{slim} = \pm \sqrt{S_n^2 - P_r^2}$
- $P_o = P$
- $S_o = \sqrt{P_o^2 + Q_o^2}$
- $Q_o = Q + Q_c$
- $-Q_{slim} \leq Q_o \leq Q_{slim}$
- $\begin{cases} Q_c \leq Q_{slim} - Q \\ Q_c \geq -Q_{slim} - Q \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_c = \min(Q_{slim} - Q) \\ Q_c = \max(-Q_{slim} - Q) \end{cases}$
- $\cos f_o = \frac{P_o}{S_o}$
- $Q_o = P_o \cdot \tan(\arccos(\cos f_o))$

Puissance apparente absorbée par l'atelier

Facteur de puissance à l'entrée de l'atelier

Puissance réactive limite de la source

Puissance active fournie par la source = absorbée par l'atelier

Puissance apparente fournie par la source

Bilan réactive avec compensation

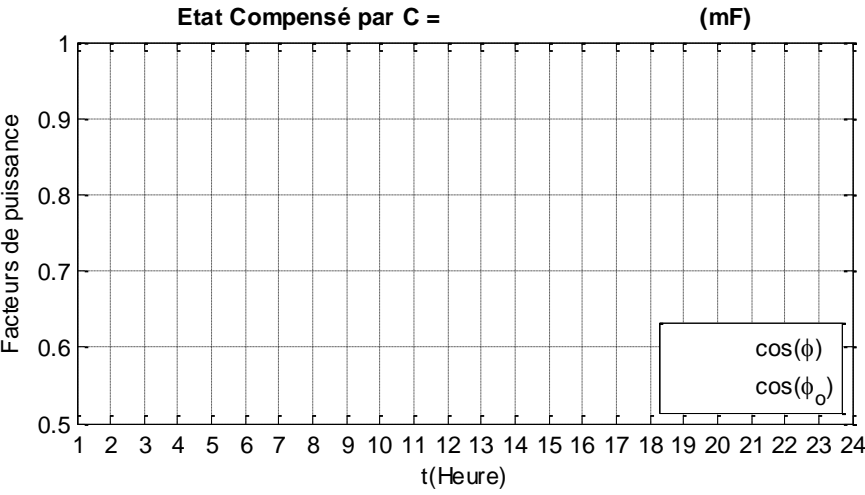
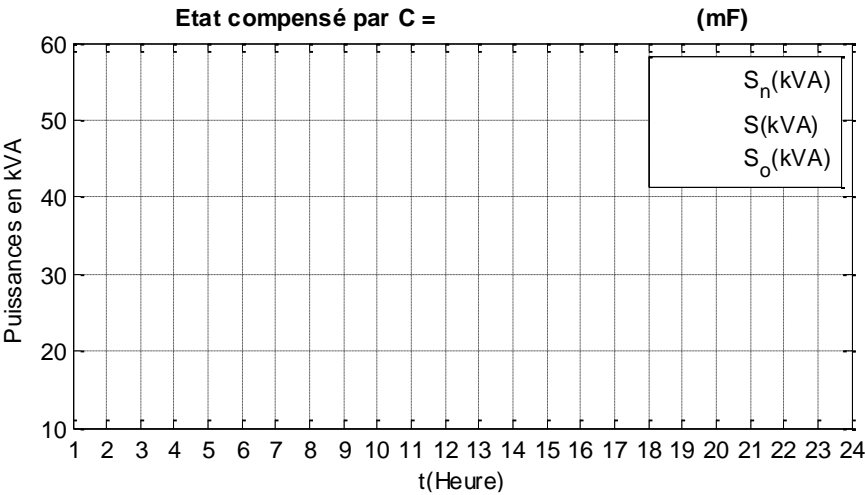
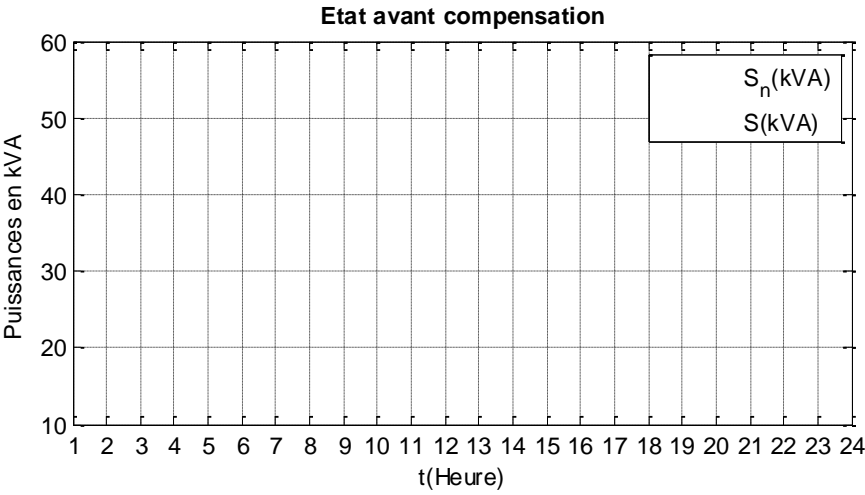
Condition de fonctionnement normal

Condition de fonctionnement normal

Facteur de puissance à la source (global)

Puissance réactive si ($\cos f_o$) est connu

Qslim (kVAR)



C (mF) =

