

DEUXIEME CHAPITRE :

ANALYSE DES REGIMES DE LA LIGNE

2.1 Régime en l'absence de compensation:

Dans cette partie on examine, pour un but de compensation, les différents régimes des deux modèles de ligne considérées sous, respectivement, deux niveaux de tension nominale. On analyse essentiellement les épures des tensions et des puissances réactives correspondantes. Ceci permettra de juger des effets sur les régimes, d'évaluer et de choisir les puissances de compensation.

2.1.1 Distribution de la tension :

A partir des équations principales (1.11), on peut déduire, pour le cas d'une ligne sans pertes ;

$$\begin{aligned}\dot{U}_x &= U_2 \cdot \cos \alpha_0 x + j \cdot \sqrt{3} \cdot Z_c \cdot I_2 \cdot \sin \alpha_0 x \\ \dot{I}_x &= U_2 \cdot \frac{j}{\sqrt{3} \cdot Z_c} \sin \alpha_0 x + j \cdot \sqrt{3} \cdot Z_c \cdot I_2 \cdot \cos \alpha_0 x\end{aligned}$$

où ;  $x$  - Distance comptée à partir de la fin de la ligne où la tension  $\dot{U}_2$  et le courant  $\dot{I}_2$  sont supposés être donnés. Si la puissance du nœud de la charge est exprimée par ;

$$\hat{S} = P_2 - jQ_2 = \sqrt{3} \cdot \hat{U}_2 \cdot \hat{I}_2$$

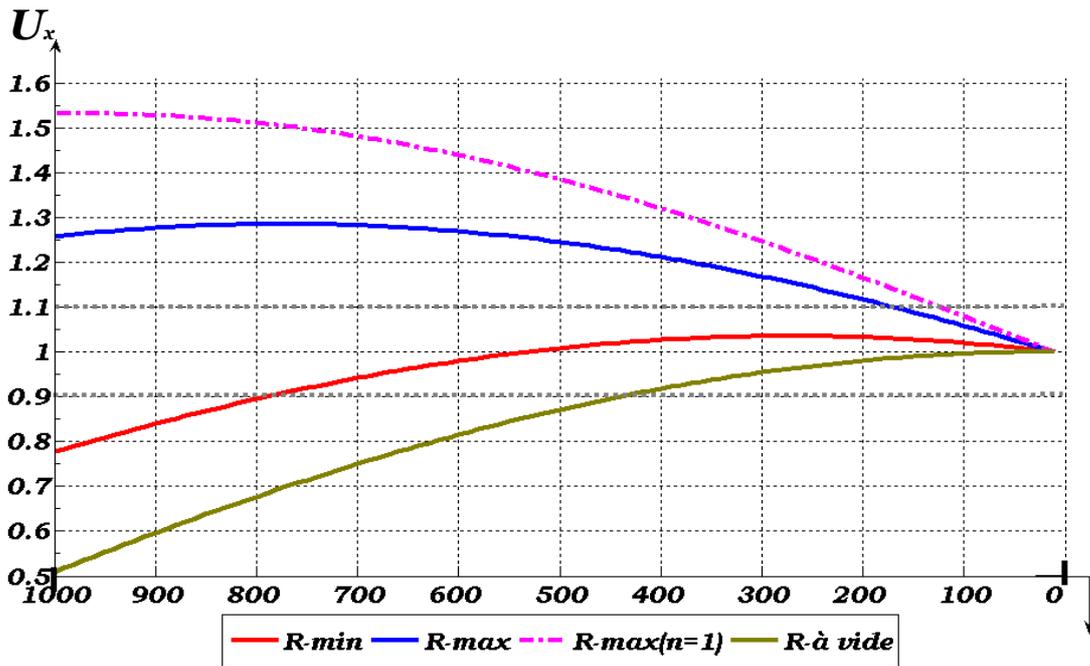


Fig.2.1. Epures de tension différents régimes  $U_N=220\text{kv}; n=2$

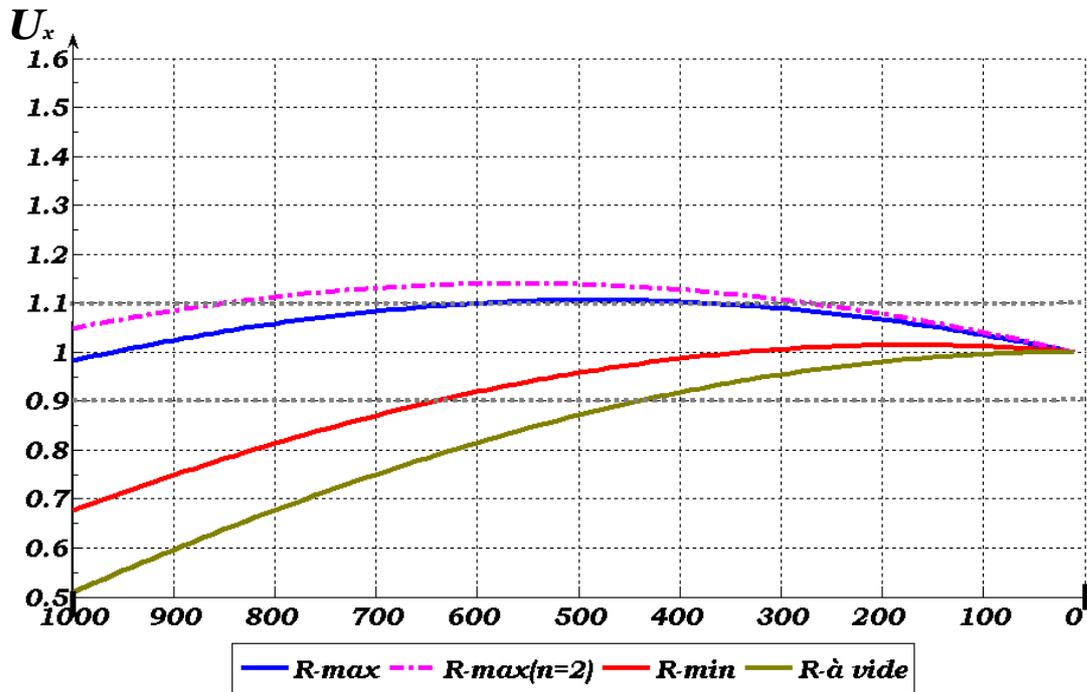


Fig.2.2. Epures de tension pour différents régimes ;  $U_N=400\text{kv}; n=3$

et,  $\dot{U}_2 = \hat{U}_2 = U_2$ ; on peut écrire, alors, pour la tension à une distance quelconque du nœud de charge,

$$\dot{U}_x = \cos\alpha_0 x + Q_2^* \cdot \sin\alpha_0 x + j \cdot P_2^* \cdot \sin\alpha_0 x \quad (2.2)$$

où ;  $P_2^*, Q_2^*$  - Puissances active et réactive en unité relative de la puissance caractéristique de la ligne  $P_c = U_2^2 / Z_c$  ;

$$\dot{U}_x = \frac{\dot{U}_x}{U_2} = \dot{k}_u = k_u \cdot e^{j\delta_x}$$

où ;  $\delta_x$  - Déphasage entre les tensions  $U_x$  et  $U_2$ , et s'exprime,

$$\delta_x = \arctg\left(\frac{P_2^* \cdot \sin\alpha_0 x}{\cos\alpha_0 x + Q_2^* \cdot \sin\alpha_0 x}\right) = \arctg\left(\frac{P_2^* \cdot \operatorname{tg}\alpha_0 x}{1 + Q_2^* \cdot \operatorname{tg}\alpha_0 x}\right)$$

L'expression (2.2) permet d'obtenir les épures de la tension (Fig.2.1) pour les régimes à charge maximale, minimale et pour le régime à vide. Sur la même figure est représentée, à titre de comparaison, la caractéristique quand  $n=1$  pour le régime à charge maximale. Les graphiques Fig.2.1 montrent clairement que, sous la tension  $U_N = 220 \text{ kv}$ , les régimes correspondants au graphique de charge donné ne peuvent être réalisés sur toute la longueur de la ligne si la tension correspondante doit être maintenue dans les limites  $0.9 \leq U_x^* \leq 1.1$ . Sous ce niveau de tension ; seul le régime à minimum de charge peut être relativement mieux assuré. Il est significatif de remarquer que le passage de la configuration  $n=1$  à celle  $n=2$  permet d'améliorer la tension, à une extrémité de la ligne, de **28%** environ. A la différence de ce cas, si on utilise le niveau de tension  $U_N = 400 \text{ kv}$  pour une charge maximale égale à **2.5** fois

celle sous  $U_N=220kv$  (Fig.2.2), on obtient une nette amélioration pour les régimes en charge. En effet, on peut y constater que sous  $U_N=400kv$  ( $n=3$ ), le degré de variation de la tension, en passant d'un régime à l'autre, est nettement plus réduit, Fig.2.2. Mais, comme on peut le constater, le passage à un niveau supérieur de tension ne suffit pas pour atteindre les régimes admissibles. L'absence de la charge (marche à vide) engendre, dans le cas considéré, un écart de tension de **50%**; ce qui ne peut être, en aucun cas, admissible. Le régime à vide peut être décrit par l'expression (2.2) si on y pose  $P_2=Q_2=0$ . Ce qui donne,

$$U_x^* = \cos\alpha_0 x .$$

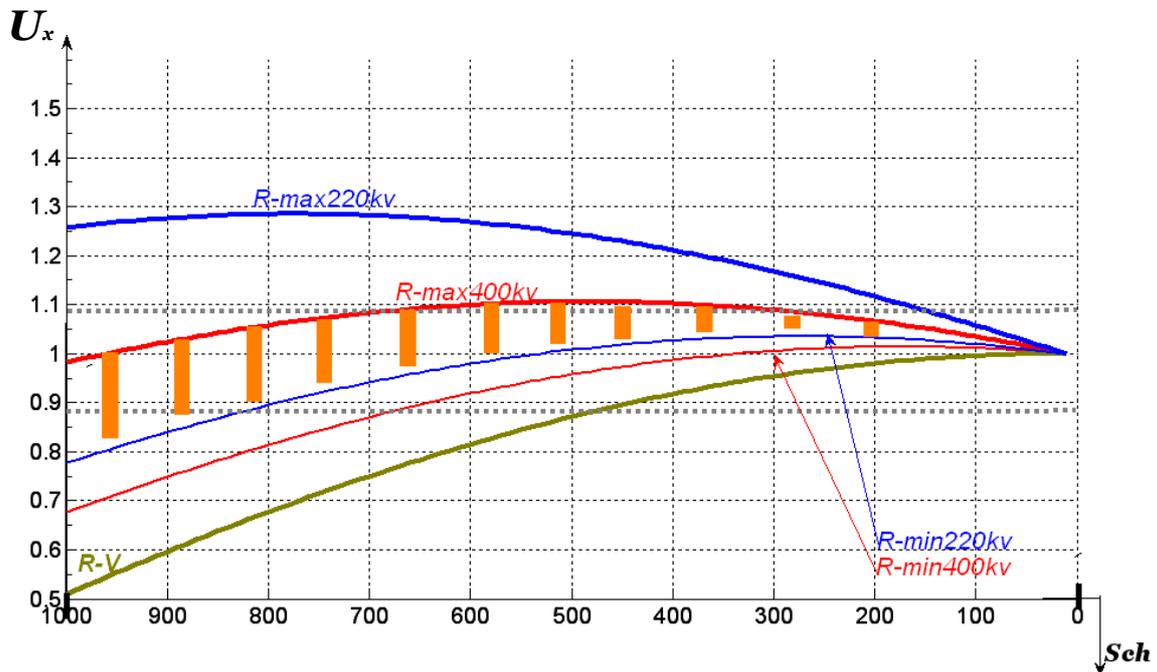


Fig.2.3. Comparaison des effets du niveau de tension sur sa distribution

### 2.1.2 Distribution de la puissance réactive :

Les écarts examinés de la tension sont liés à la circulation de la puissance réactive ; la distribution de laquelle le long de la ligne est déterminée par le rapport d'échange des énergies entre les éléments inductifs et capacitifs de la ligne. Les écarts de tension sont d'autant plus grands que le rapport entre les puissances réactives augmente. Cependant l'écart est négatif (pertes de tension), quand la puissance inductive est prépondérante, et positif (gain de tension) quand la puissance capacitive est prépondérante. Ce rapport d'effet, peut être illustré graphiquement. Les expressions (2.1) de la tension et du courant de la ligne permettent de déterminer la puissance apparente  $\mathbf{S}_x$  à n'importe quel point de la ligne distant de  $x$  à partir du nœud "2" ;

$$\hat{\mathbf{S}}_x = P_x + jQ_x = \sqrt{3} \cdot \hat{U}_x \cdot \hat{I}_x$$

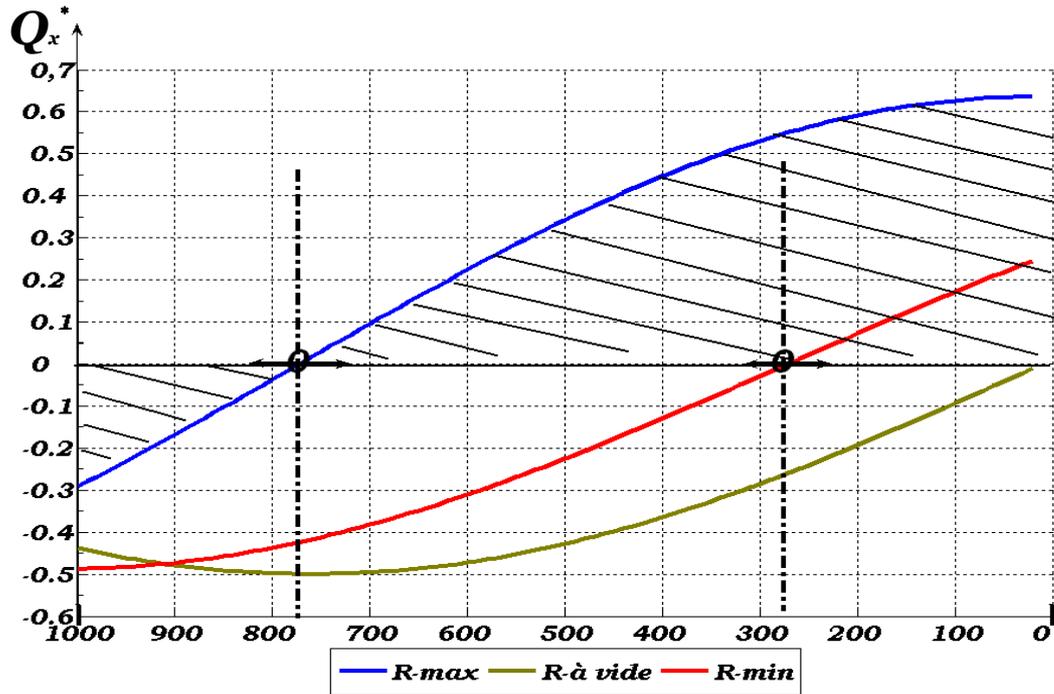
En posant dans (2.1) ;

$$\hat{I}_2 = \frac{\hat{\mathbf{S}}_2}{\sqrt{3} \cdot \hat{U}_2} = \frac{P_2 - jQ_2}{\sqrt{3} \cdot \hat{U}_2}$$

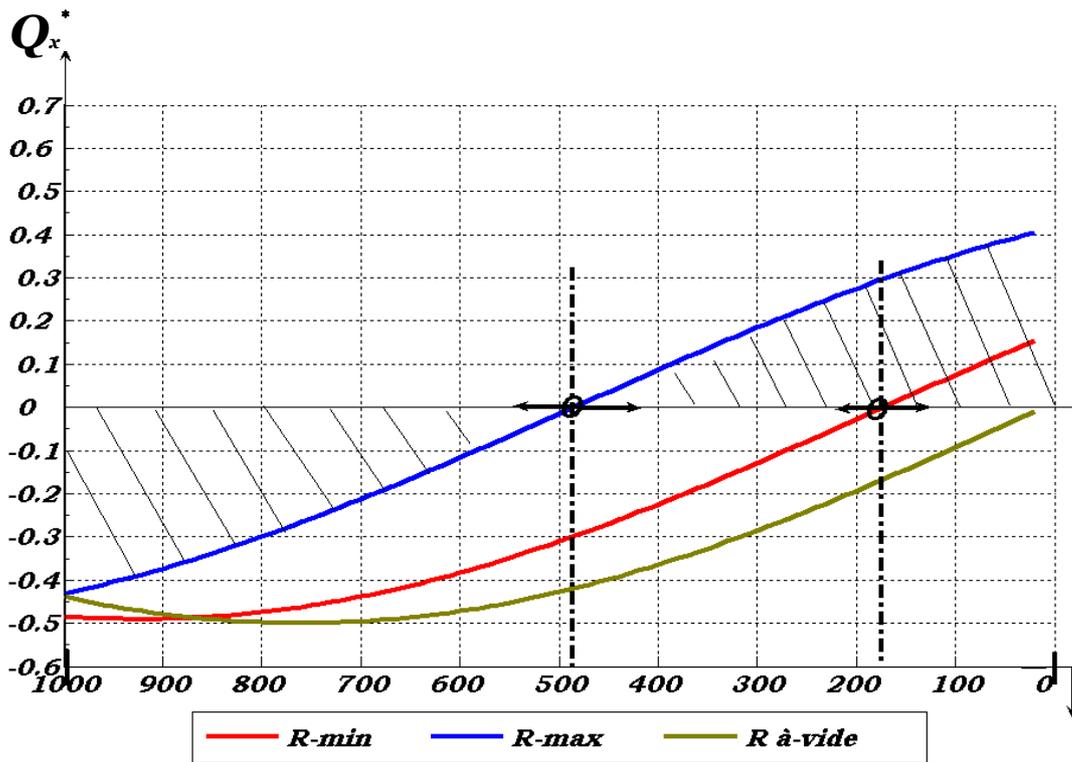
et moyennant quelques transformations, on peut définir, en unité relative ;

$$Q_x^* = (k_{ux}^2 - 1) \cdot \cot \alpha_{ox} - Q_2^*$$

où, la puissance  $Q_x^*$  s'exprime de (2.2) comme ;



a./



b./

Fig.2.4. Distribution de la puissance réactive

a./  $U_N=220\text{kv}$ .  $n=2$

b./  $U_N=400\text{kv}$ .  $n=3$

$$Q_2^* = - \cot \alpha_{ol} + \sqrt{\frac{k_u^2}{\sin^2 \alpha_{ol}} - P_2^*}$$

La puissance  $Q_2^*$  est la puissance aboutissante au nœud "2" de charge ; elle est déterminée pour une longueur " $l$ " donnée de la ligne et un rapport  $k_u$  correspondant entre les tensions d'extrémités. La puissance réactive  $Q_x^*$  est déterminée par  $Q_2^*$  et par le rapport  $k_{ux}$  entre la tension  $U_x$  du point considéré et la tension  $U_2$  du nœud de charge. Sur les courbes **Fig.2.4**; le lieu  $Q_x^* = 0$  correspond à la valeur extrême de la tension et définit, ainsi, deux zones d'effets réactifs différents ; une zone où l'effet est capacitif (-), et une zone où l'effet est inductif (+). Le point 'zéro' correspond à leur auto-compensation. Le passage à un niveau supérieur de la tension déplace le point '0', dans le sens tel que l'espace inductif se réduit en élargissant celui capacitif. Ceci est encore d'autant plus marqué que la charge évolue vers son régime minimal. Quand la charge est nulle, le régime résultant est entièrement capacitif. Ces considérations permettent de déduire que l'insertion de la tension dans les limites admissibles est directement liée à une distribution adéquate du réactif, laquelle peut être assurée par l'introduction de l'élément compensateur aussi bien capacitif, quand la charge évolue vers des régimes maximaux, qu'inductif, quand le régime est minimal et surtout à vide. Le rapport des énergies, ainsi mise en jeu, définit les limites de la tension. L'exemple illustratif **Fig.2.5** montre, de façon très intéressante, l'effet de ce rapport d'énergie (courant, tension) sur le caractère résultant du régime de la ligne et, par conséquent, sur les écarts de la tension.

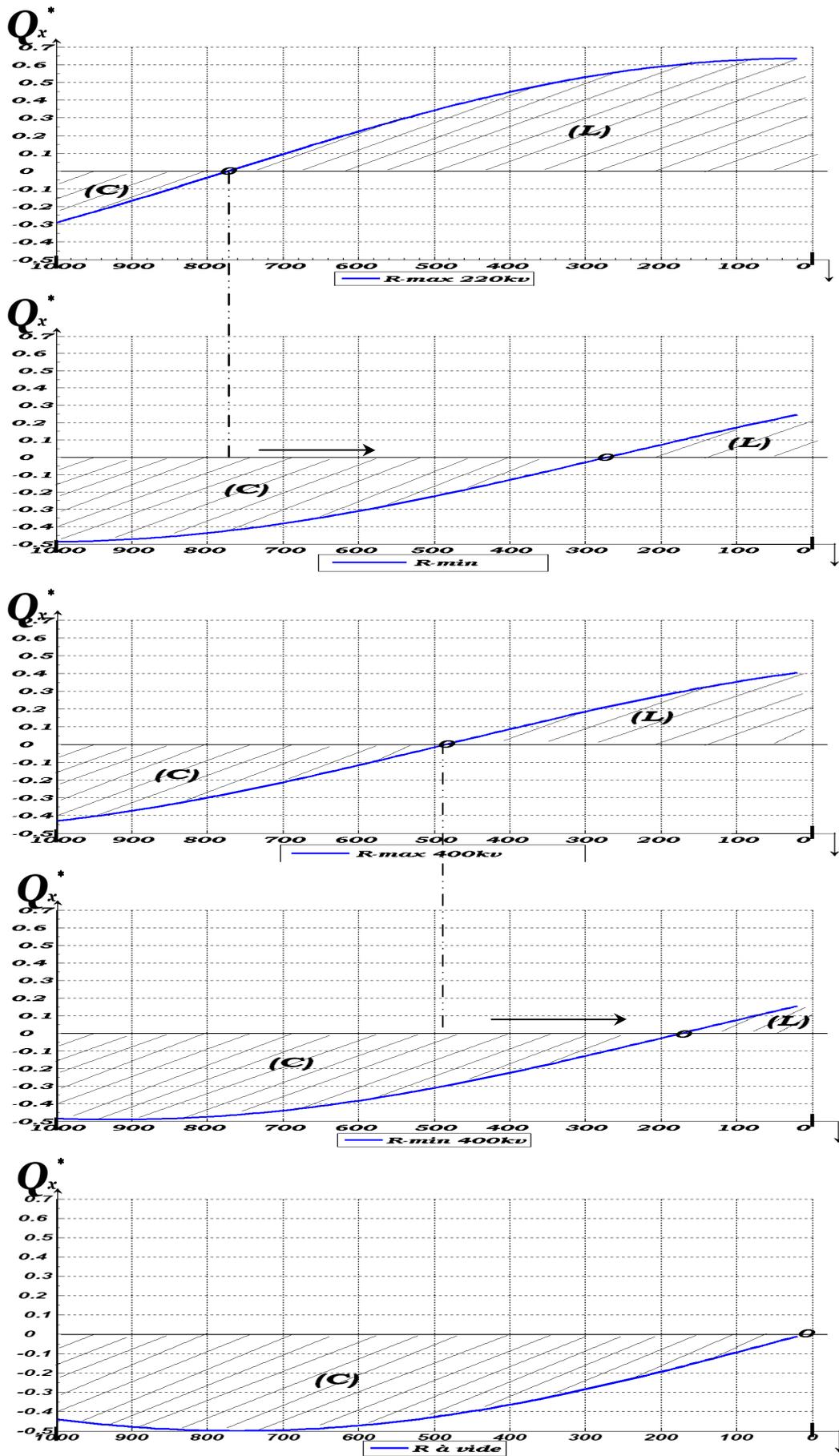


Fig.2.5. Rapport d'effet entre les énergies du courant et celles de la tension.

La lecture descriptive des épures  $Q_x^*$  montre, qu'en passant d'un régime maximal à un régime minimal le point '0' se déplace en s'éloignant de la source ; tout en augmentant l'aire (C), correspondante à l'énergie de la tension, et en diminuant celle (L) correspondante à l'énergie du courant. le rapport des aires peut renseigner sur celui des écarts de tension dus aux deux formes d'énergies. Par exemple l'écart de la tension entre la source et le point '0' en régime maximal est inférieur à celui entre le point '0' et la charge ; puisque (C) < (L). En marche à vide le courant de conduction de la ligne s'annule et toutes l'énergie de la ligne est potentielle (déterminée par la tension).

## **2.2 Régime en présence d'une compensation aux bornes de la charge:**

On examine, dans ce paragraphe, le comportement de la ligne du point de vue distribution de la tension et de la puissance réactive en présence d'une compensation installée au niveau de la charge, **Fig.2.6**. Ces régimes sont analysés pour les deux modèles et sous les deux niveaux de tensions considérés. Puisque la charge est variable, il est nécessaire de déterminer les limites de variation de la puissance de compensation conformément à des conditions données. Pour se faire, on doit déterminer la puissance réactive  $Q_2$  de la ligne aboutissante au nœud de charge conformément aux contraintes données ( $k_u$ ) ; ce qui permet de déterminer, ensuite, la puissance réactive nécessaire pour réaliser le régime voulu.

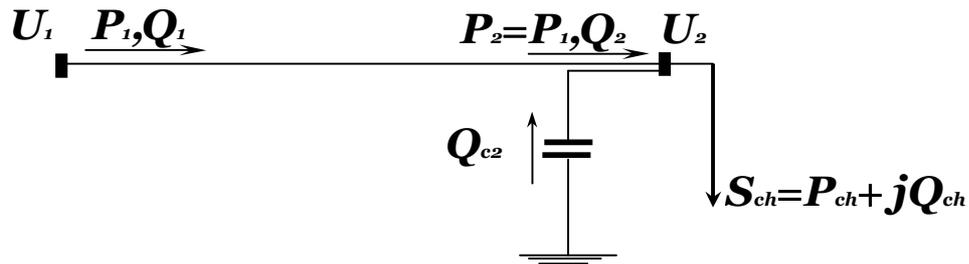


Fig.2.6. Compensation transversale au niveau de la charge

L'introduction du compensateur change la valeur de la puissance  $Q_2$  à l'extrémité de la ligne, par rapport à celle en absence du compensateur ; laquelle était égale à celle de la charge. La forme des expressions déterminant la tension et la puissance réactive le long de la ligne reste la même que (2.2) et (2.4) à la seule différence que, dans ce cas, elle doit contenir l'effet de  $Q_{c2}$ . Ainsi, conformément aux modèles Fig.2.6, on écrit respectivement,

$$\dot{U}_x = \cos \alpha_0 x + Q_2^* (ku) \cdot \sin \alpha_0 x + j \cdot P_2^* \cdot \sin \alpha_0 x$$

$$Q_x^* = (k_{ux}^2 - 1) \cdot \cot g \alpha_0 x - Q_2^* (ku)$$

La puissance réactive nécessaire correspondante sera alors ;

$$Q_{c2}^* (ku) = Q_{ch}^* - Q_2^* (ku)$$

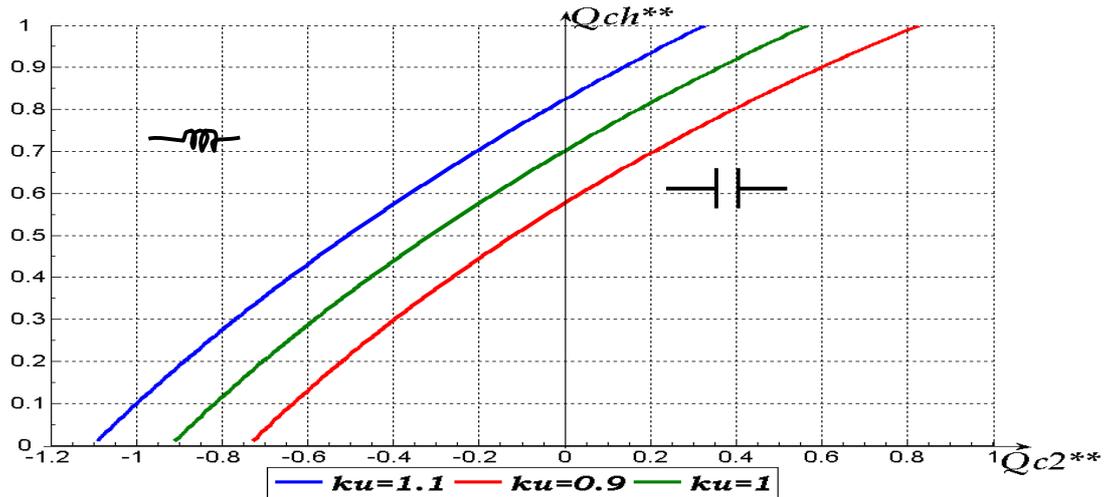


Fig.2.7. Puissances de compensation en fonction de la charge sous  $k_u = (0.9, 1, 1.1), U_N = 220kv$

Tableau .2.1.

$k_u$	$Q_2^*$	$Q_{ch}^{**} = Q_{ch}^* / Q_{max}^*$	$Q_2^*$	$Q_{c2}^*$	$Q_{ch}^*$	$Q_{c2}^{**} = Q_2^* / Q_{max}^*$
<b>1.1</b>	0		0.6928	-0.6928	0	-1.0916
	0.2		0.6829	-0.5559	0.1269	-0.8759
	0.4		0.6525	-0.3987	0.2539	-0.6281
	0.6		0.6002	-0.2194	0.3808	-0.3457
	0.8		0.5229	-0.0151	0.5078	-0.0238
	1		0.4145	0.2202	0.6347	0.3469
<b>1.0</b>	0		0.5774	-0.5774	0	-0.9096
	0.2		0.5664	-0.4395	0.1269	-0.6924
	0.4		0.5329	-0.2790	0.2539	-0.4396
	0.6		0.4747	-0.0938	0.3808	-0.1478
	0.8		0.3873	0.1205	0.5078	0.1899
	1		0.2616	0.3731	0.6347	0.5878
<b>0.9</b>	0		0.4619	-0.4619	0	-0.7277
	0.2		0.4497	-0.3228	0.1269	-0.5085
	0.4		0.4122	-0.1584	0.2539	-0.2495
	0.6		0.3464	0.0344	0.3808	0.0542
	0.8		0.2455	0.2622	0.5078	0.4132
	1		0.0939	0.5408	0.6347	0.8521

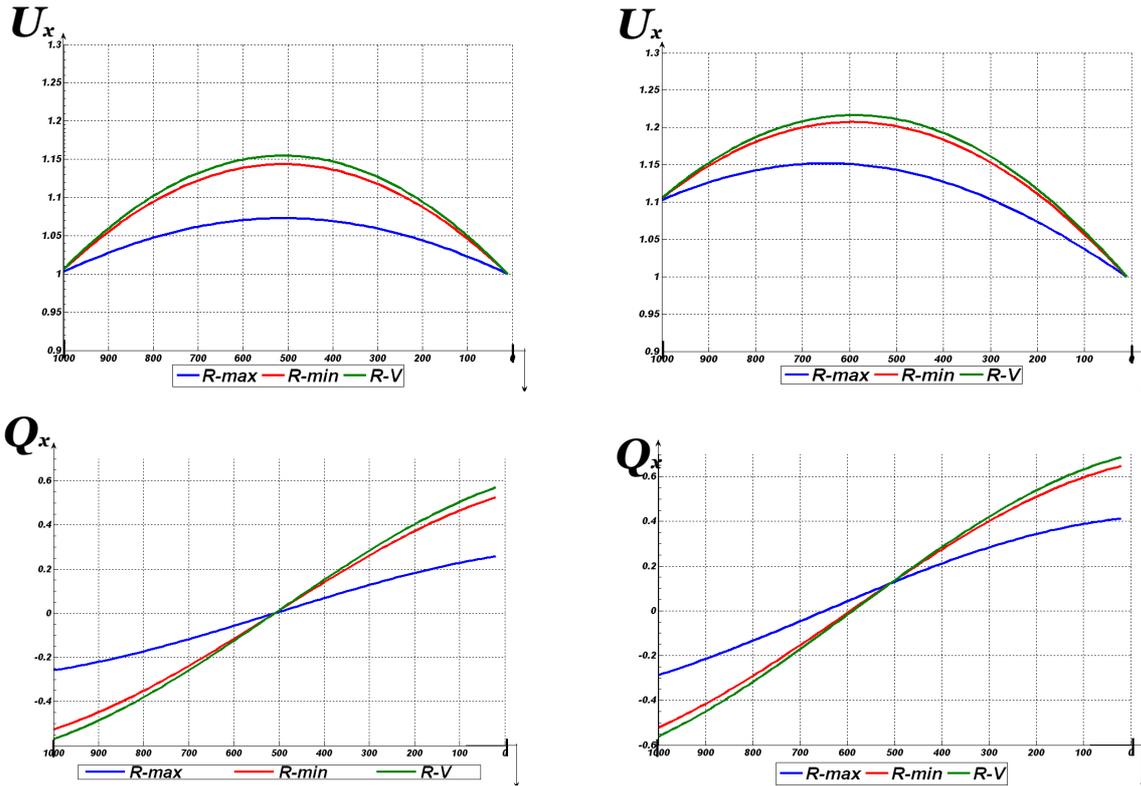


Fig.2.08. Distribution de la tension et de la puissance réactive sous compensation

$U_N=220kv, n=2$

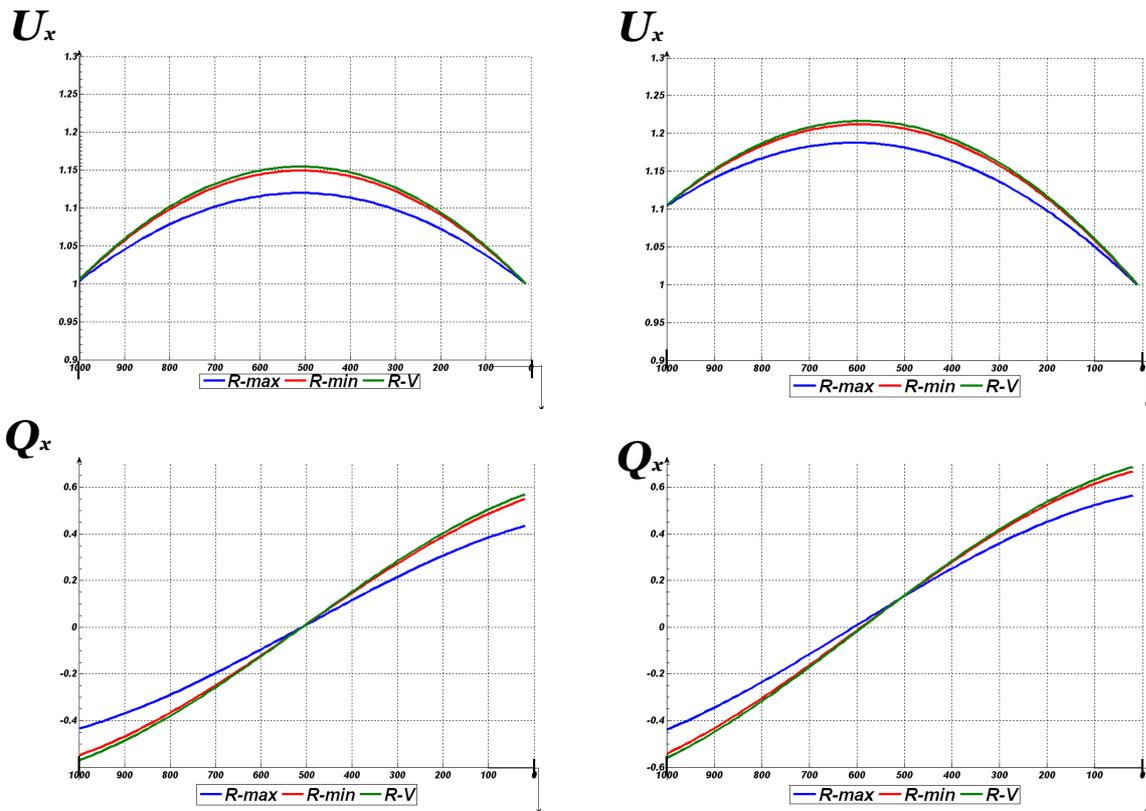


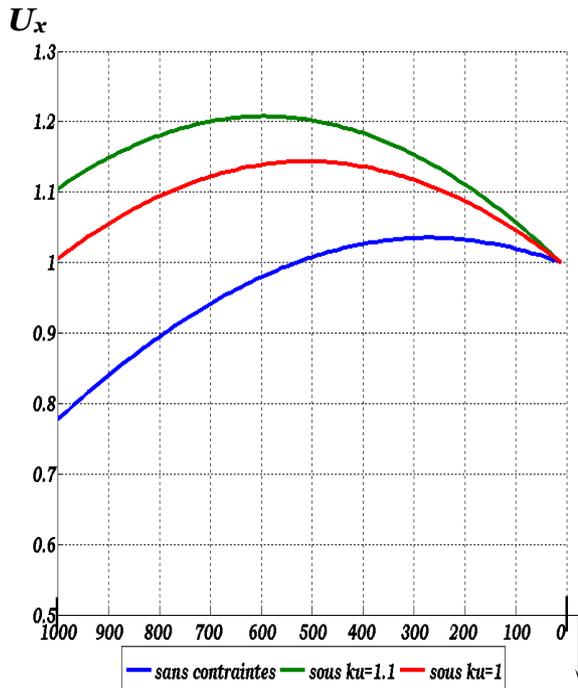
Fig.2.09. Distribution de la tension et de la puissance réactive sous compensation

$U_N=400kv, n=3$

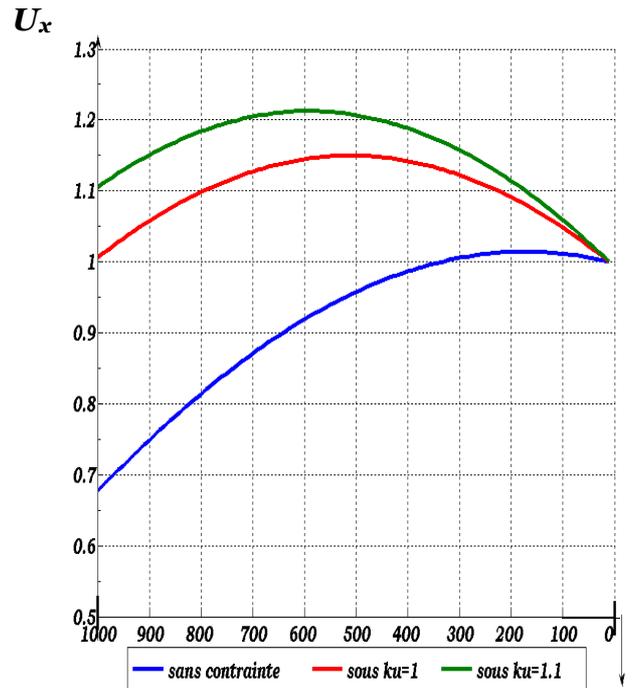
**Tableau.2.2.**

<b><math>k_u</math></b>	$\ell$	<b>0</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>
<b>1</b>	<b>R-max</b>	1	1.04	1.061	1.061	1.04	1
	<b>R-min</b>	1	1.085	1.13	1.13	1.085	1
	<b>R-vide</b>	1	1.098	1.148	1.148	1.098	1
<b>1.1</b>	<b>R-max</b>	1	1.072	1.122	1.145	1.137	1.1
	<b>R-min</b>	1	1.111	1.179	1.2	1.172	1.1
	<b>R-vide</b>	1	1.122	1.195	1.21	1.183	1.1

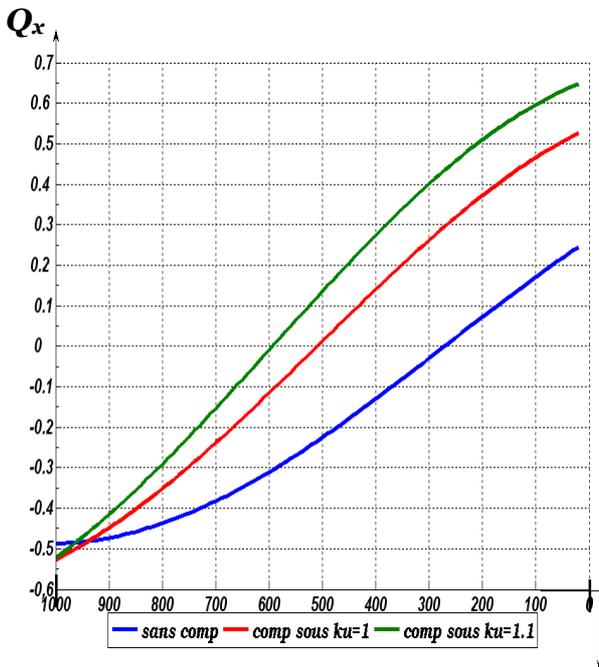
où ; la puissance  $Q_2^*(k_u)$  peut être déterminée par la formule (2.5). La variation de la puissance réactive de compensation, correspondante à celle de la charge de sa valeur maximale à sa valeur nulle (marche à vide), est représentée graphiquement sur la **Fig. 2.7, Tb2.1** pour  $U_N=220kv$   $n=2$  et  $0.9 \leq U_N \leq 1.1$ . Ces courbes donnent les valeurs de la puissance de compensation pour que la tension à l'entrée de la ligne soit égale à  $U_I=0.9U_N$  et  $U_I=1.1U_N$ , la tension à la sortie de la ligne  $U_2=U_N$  étant maintenue constante. On constate que, dans le cas considéré, pour une charge représentant **50%** du régime maximal  $Q_{ch}^{**}=0.5$ , la puissance réactive nécessaire pour réaliser les contraintes données ( $k_u$ ), est de nature inductive. Pour une charge représentant **75%** du maximum ( $Q_{ch}^{**}=0.75$ ),  $0.5 \leq Q_{ch}^{**} \leq 0.75$ , la puissance de compensation peut être aussi bien capacitive qu'inductive. Ces considérations permettent de dire que pour réaliser les graphiques de charge, en règle générale variable, tout en respectant des contraintes données, il est nécessaire d'avoir des compensateurs aussi bien producteurs que consommateurs de la puissance réactive.



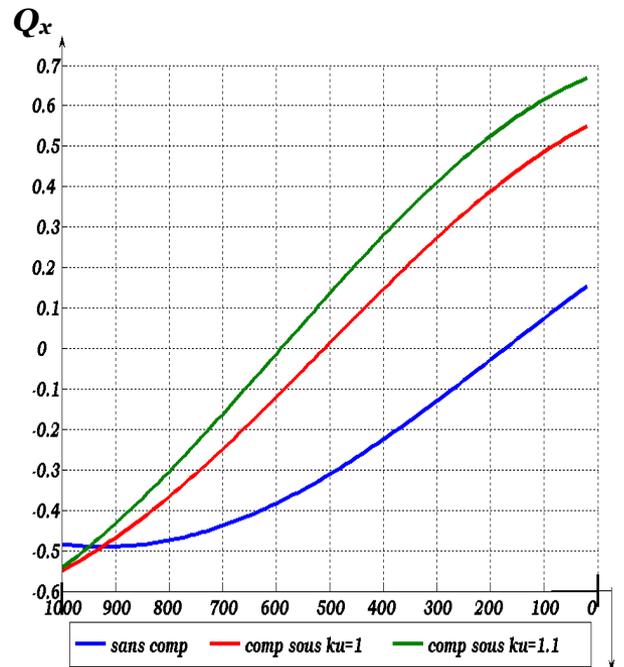
a./  $U_N=220kv$



b./  $U_N=400kv$



a./  $U_N=220kv$



b./  $U_N=400kv$

Fig.2.10. Comparaison des effets sans et sous compensation

L'injection de la puissance réactive au bout de la ligne change les distributions de la tension et de la puissance réactive. Il est intéressant de savoir dans quelle mesure est réduite la tension le long de la ligne si elle doit être, à son entrée, maintenue égale à  $U_i=0.9U_N$  et  $U_i=1.1U_N$ . Pour l'évaluation de ces mesures, on donne les courbes des **Fig.2.8, 9** obtenues pour les deux modèles examinés. On constate clairement que la tension n'est insérée, sur toute la longueur de la ligne, dans les limites admissibles ( $\Delta U \leq 10\%$ ) par simple compensation aux bornes de la charge, que pendant le régime à charge maximale et pour, seulement, le modèle à  **$U_N=220kv$** . Pour tous les autres cas, les régimes sont caractérisés par un excès de la puissance réactive capacitive dans les parties centrales de la ligne. Ces zones sont d'autant plus larges que l'on va vers les charges minimales où vers un niveau de tension plus élevé **Fig.2.9**. L'effet global engendré par l'installation de la compensation est montrée sur **Fig.2.10** comparativement au cas sans compensation. On a représenté, pour l'exemple, le cas du régime à charge minimale seulement. L'effet de variation est visiblement assez important ; mais reste largement insuffisant pour satisfaire les conditions admissibles.

## **2.3. Compensation répartie en deux lieux :**

### **2.3.1. Procédure d'analyse :**

Pour maintenir la tension tout le long de la ligne, dans les limites admissibles ; on doit faire suivre la distribution recherchée de la tension par celle adéquate de la puissance réactive. Cette dernière peut être obtenue par une installation distribuée des compensateurs. Dans ce qui suit,

on propose d'installer des compensateurs au niveau de la charge et au milieu de la ligne, **Fig2.11**. Comme précédemment, on impose des valeurs de tensions sur les deux bouts de la ligne et au milieu ( $U_2, U_1, U_M$ ) ; on détermine ensuite les relations correspondantes entre les puissances réactives ;  $Q_{cM}$  et  $Q_{c2}$  des compensateurs. Ces dernières sont définies, respectivement, par les coefficients  $k_{o2M}$ , et  $k_{o2}$ . Le modèle donné peut être subdivisé en deux tronçons distincts, **Fig.2.11, b, c**, les régimes desquels peuvent être analysés séparément.

**Tronçon II :**

Pour ce tronçon, on peut écrire ;

$$\begin{aligned} \dot{U}_{M2}(x_2) &= \cos\alpha_0 x_2 l + (1 - k_{o2}) Q_{ch}^* \cdot \sin\alpha_0 x_2 l + j \cdot P_{ch}^* \cdot \sin\alpha_0 x_2 l \\ Q_{M2}^*(x_2) &= (k_{uM2}^2 - 1) \cdot \cot g \alpha_0 x_2 l - (1 - k_{o2}) Q_{ch}^* \end{aligned}$$

où ;  $x_2 = (0 \div 0.5)$ ,  $k_{o2}$  - valeur relative par rapport à  $Q_{ch}$  de la puissance réactive du compensateur au niveau de la charge,  $U_{M2}$  - rapport de la tension  $U_M$  et  $U_2$ . Toutes les valeurs des paramètres de régime sont exprimées en unités relatives par rapport à  $U_2 = U_N$  et à  $P_c = U_2^2 / Z_c$ .

**Tronçon I :**

Les formules appliquées à ce tronçon ont la même forme que (2.8) aux différences près des valeurs des grandeurs ;

$$\begin{aligned} \dot{U}_{1M}(x_1) &= \cos\alpha_0 x_1 l + Q_M^* \cdot \sin\alpha_0 x_1 l + j \cdot P_{ch}^* \cdot \sin\alpha_0 x_1 l \\ Q_{1M}^*(x_1) &= (k_{u1M}^2 - 1) \cdot \cot g \alpha_0 x_1 l - Q_M^* \end{aligned} \quad (2.9)$$

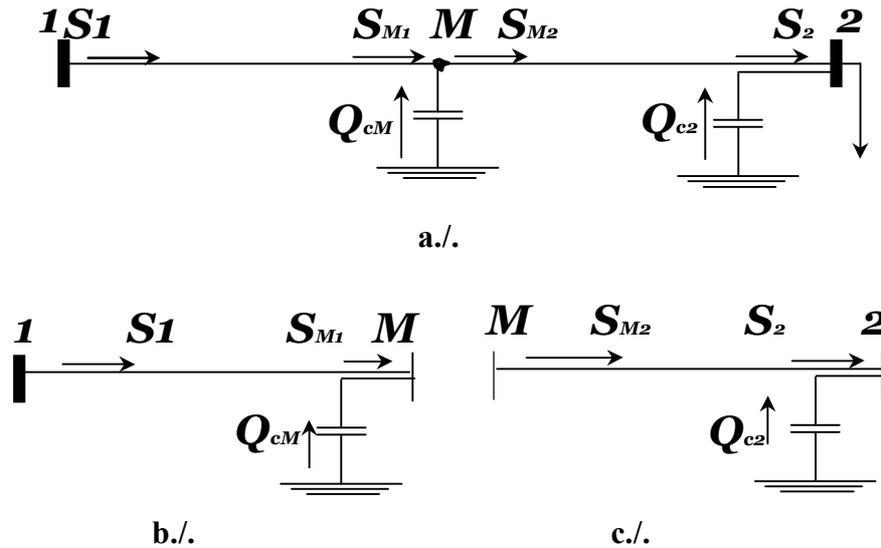


Fig.2.11. Compensation transversale en deux points de la ligne

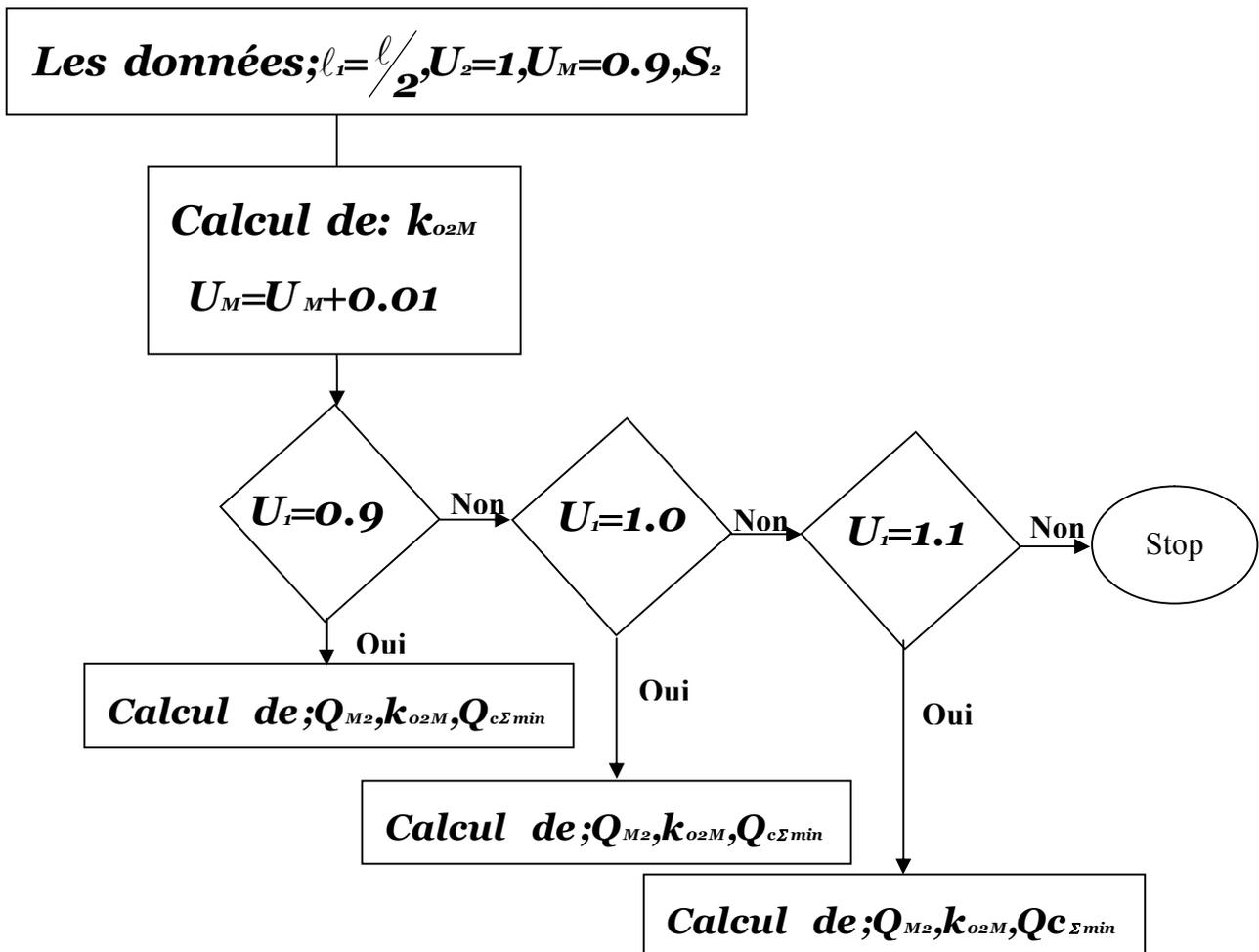


Fig.2.12. Algorithme de calcul

$$Q_{iM}^*(x_i) = (k_{uM}^2 - 1) \cdot \cot g \alpha_0 x_i \ell - (Q_{M2}^* - Q_{cM}^*)$$

où ;  $k_{uM}$  - rapport de tension entre  $U_1$  et  $U_M$  tel que  $x_i = (0 \div 0.5)$ .

A la différence du cas (2.8), les valeurs des grandeurs de (2.9) sont exprimées en unités relatives par rapport à  $U_M$  et  $P_{cM} = U_M^2 / Z_c$ . Pour rendre directement comparables les régimes des deux modèles, il est nécessaire de les réduire à une même base. Ainsi, en exprimant ;

$$P_c = \frac{U_2^2}{Z_c} ; P_{cM} = \frac{U_M^2}{Z_c},$$

on définit,

$$P_{cM} = k_{uM2}^2 \times P_c$$

Ce qui permet d'obtenir ;

$$Q_{M1}^* = \frac{Q_{M1}}{P_{cM}} = \frac{1}{k_{uM2}} \times \frac{Q_{M1}}{P_c} = \frac{1}{k_{uM2}^2} \times (Q_{M2}^* - k_{o2M} Q_{ch}^*)$$

$$P_{2M}^* = \frac{P_2}{P_{cM}} = \frac{1}{k_{uM2}^2} \times P_2^*$$

$$Q_{M2}^* = \frac{Q_{M2}}{P_{cM}} = \frac{1}{k_{uM2}^2} \times Q_{M2}^*$$

$$Q_{cM}^* = \frac{Q_{cM}}{P_{cM}} = \frac{1}{k_{uM2}^2} \times Q_{cM}^*$$

$$k_{uM} = \frac{U_1}{U_M} = \frac{U_1}{k_{uM2} \times U_2} = \frac{k_u}{k_{uM2}}$$

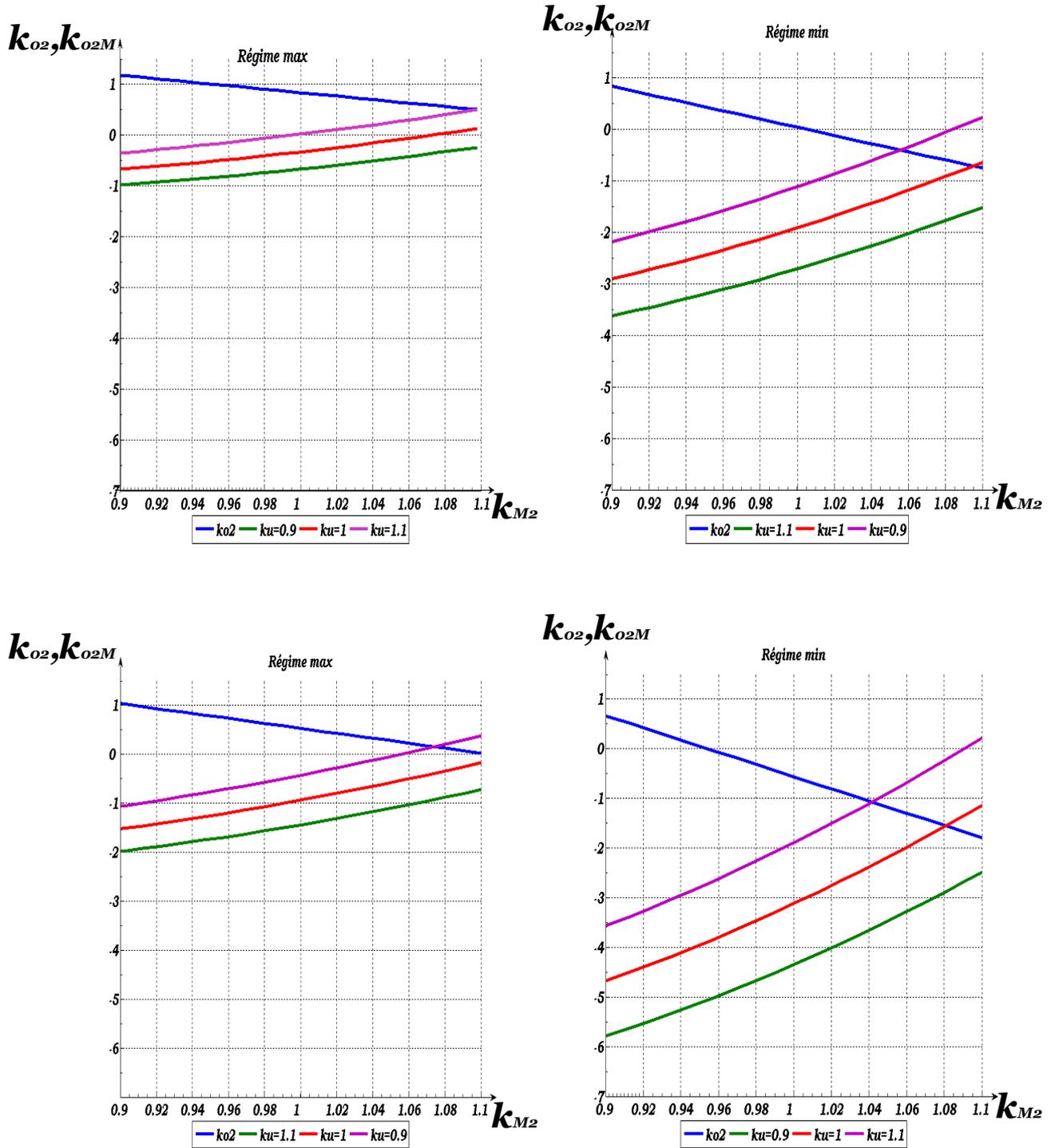


Fig.2.13. La quantité du réactif à injectée au bout et au milieu de la ligne afin de réaliser les contraintes imposées

En introduisant ces dernières expressions dans (2.9), on peut obtenir, après transformation,

$$\dot{U}_1(x_1) = \frac{1}{k_{uM2}} \times (k_{uM2}^2 \cdot \cos \alpha_0 x_1 l + (Q_{M2}^* - k_{o2M} Q_{ch}^*) \cdot \sin \alpha_0 x_1 l + j \cdot P_2^* \cdot \sin \alpha_0 x_1 l)$$

$$Q_1^*(x_1) = (k_{uM2}^2(x_1) - k_{uM2}^2) \cdot \cot g \alpha_0 x_1 l - (Q_{M2}^* - k_{o2M} Q_{ch}^*) \quad (2.10)$$

Les expressions (2.8) et (2.9) permettent, en fonction de  $x_1, x_2$  et d'autres paramètres, de déterminer les distributions de  $U_{(x1,x2)}$  et de  $Q_{(x1,x2)}$  pour différents cas du régime. Pour cette raison, les grandeurs dans les expressions sont munies de variables  $x_1, x_2$ . En même temps, elles offrent la possibilité de déterminer les puissances réactives de compensation  $k_{o2}$ , et  $k_{o2M}$  correspondantes aux contraintes données ( $k_u$ , et  $k_{uM2}$ ) imposées aux tensions  $U_1$  et  $U_M$ ; ce qui permet, donc, de définir la relation correspondante  $k_{o2} = f(k_{o2M})$ . Cette relation donne les quantités de puissance réactive injectées au bout et au milieu de la ligne et, par ce fait, définit leur somme. On peut, alors, rechercher une relation telle que cette somme soit minimale. Pour une contrainte  $U_M^* = k_{uM2}$  et un régime donné, le coefficient  $k_{o2}$  peut être définie à partir de (2.8), et s'exprime, en posant  $x = l/2$  ;

$$k_{o2} = \frac{1}{Q_{ch}^*} \times \left[ Q_{ch}^* + \cot g \frac{\alpha_0 l}{2} - \sqrt{\left( \frac{k_{uM2}}{\sin \frac{\alpha_0 l}{2}} \right)^2 - P_{ch}^{*2}} \right] \quad (2.11)$$

De la même manière, on peut définir  $k_{o2M}$  à partir de (2.10) en y remplaçant  $k_{o2}$  par sa valeur,  $x_1=l/2$  et en se conformant à la contrainte  $U_2^*=k_u$ .

$$k_{o2M} = \frac{1}{Q_{ch}^*} \times \left[ Q_{M2}^* + k_{uM2}^2 \cdot \text{ctg} \frac{\alpha_{ol}}{2} - \sqrt{\left( \frac{k_u \cdot k_{uM2}}{\sin \frac{\alpha_{ol}}{2}} \right)^2 - P_{ch}^{*2}} \right] \quad (2.12)$$

Dans cette dernière expression la grandeur  $Q_{M2}^*$  est définie de (2.8) en y remplaçant  $k_{o2}$  par sa valeur, et  $x_2=l/2$ ,

$$Q_{M2}^* = (k_{uM2}^2 - 1) \cdot \text{ctg} \frac{\alpha_{ol}}{2} - (1 - k_{o2}) \cdot Q_{ch}^*$$

Les expressions (2.11) et (2.13) donnent  $k_{o2M} = f(k_{o2})$  et ensuite ;

$$Q_{c\Sigma min} = \text{Min}(k_{o2} + k_{o2M}) \quad (2.13)$$

### 2.3.2 Résultats et interprétations :

Les résultats de calculs effectués par les expressions (2.8) et (2.12) suivant l'algorithme **Fig2.12**, pour différentes régimes en tenant compte des différentes conditions, sont donnés dans le **Tb 2.2**. Pour les deux niveaux de tension. La programmation sur MATLAB conformément à la procédure algorithmique donnée à permis d'obtenir les courbes représentées sur la **Fig2.13**. on constate que la puissance réactive injectée au niveau de la charge est déterminée par cette dernière et par la contrainte sur  $U_M(k_{uM2})$ .

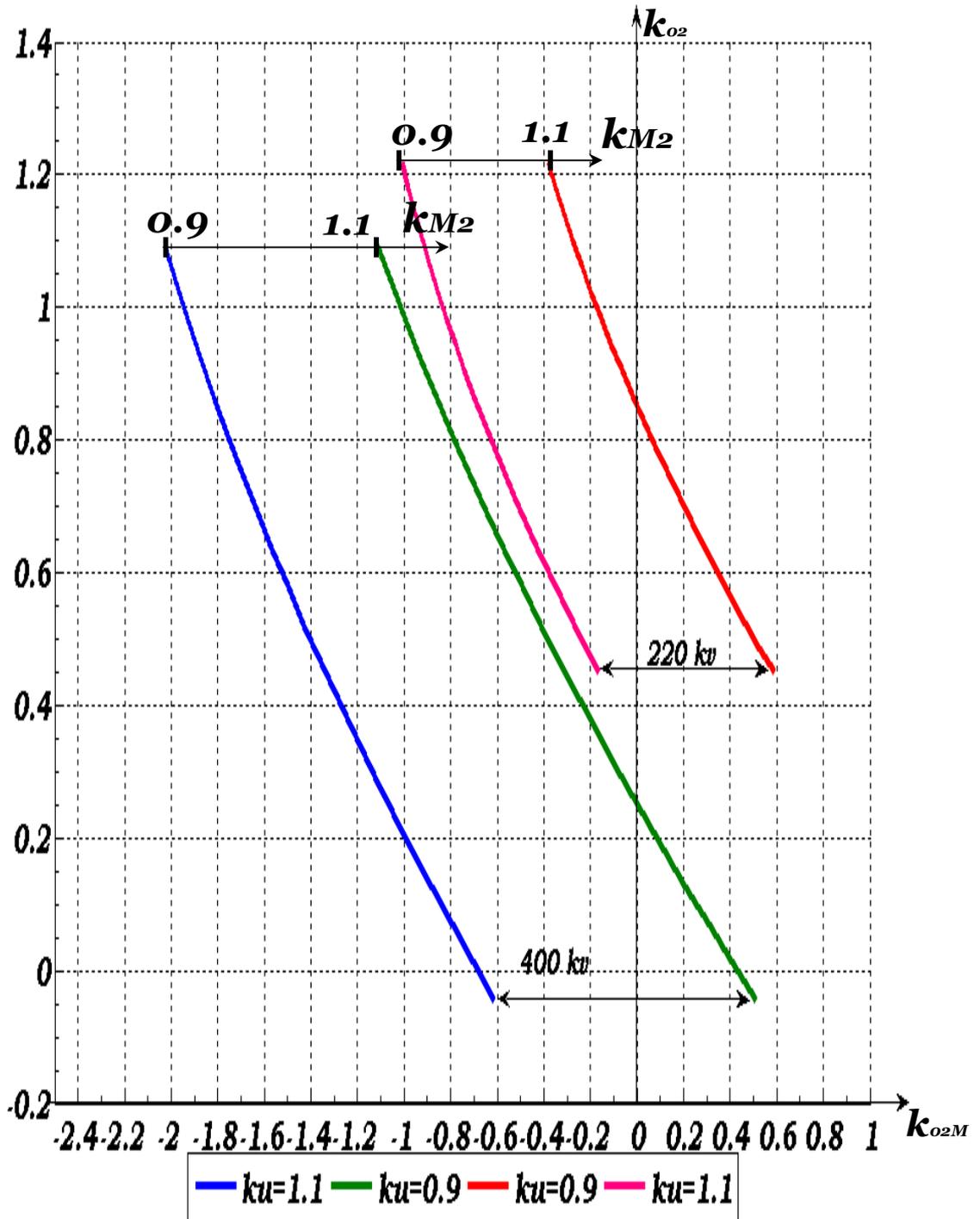


Fig.2.14. La relation quantitative entre les deux compensateurs en régime à charge maximale.

Tableau.2.3

$U_M$		<i>Régime maximal</i>					<i>Régime minimal</i>					
		<b>0.9</b>	<b>0.95</b>	<b>1</b>	<b>1.05</b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>0.95</b>	<b>1</b>	<b>1.05</b>	<b>1.1</b>	
$U_N=$ <b>220kv</b>	$k_{02}$		1.2181	1.0642	0.9119	0.7609	0.6111	0.9237	0.5719	0.2205	-0.1305	-0.4811
	$k_{02M}$	$k_u=0.9$	-0.3806	-0.2391	-0.0729	0.1173	0.3312	-2.3894	-2.4921	-2.5403	-2.5341	-2.4737
		$k_u=01$	-0.6982	-0.5681	-0.4137	-0.2355	-0.0339	-3.1030	-3.2398	-3.3220	-3.3499	-3.3237
		$k_u=1.1$	-1.0079	-0.8898	-0.7478	-0.5820	-0.3930	-3.8142	-3.9851	-4.1016	-4.1637	-4.1718
	$Q_{e\Sigma}$	$k_u=0.9$	0.8275	0.8251	0.8390	0.8782	0.9423	-1.4657	-1.9202	-2.3198	-2.6646	-2.9548
		$K_u=01$	0.5199	0.4961	0.4982	0.5254	0.5772	-2.1783	-2.6679	-3.1015	-3.4804	-3.8048
		$K_u=1.1$	0.2102	0.1744	0.1641	0.1789	0.2181	-2.8905	-3.4132	-3.8811	-4.2942	-4.6529
$U_N=$ <b>400kv</b>	$k_{02}$		1.1094	0.8835	0.6587	0.4349	0.2118	0.7966	0.2558	-0.2847	-0.8249	-1.3648
	$k_{02M}$	$K_u=0.9$	-1.0772	-0.8307	-0.5492	-0.2329	0.1178	-4.0087	-4.1530	-4.2141	-4.1922	-4.0874
		$K_u=01$	-1.5382	-1.3117	-1.0503	-0.7543	-0.4240	-5.1042	-5.3017	-5.4160	-5.4473	-5.3959
		$K_u=1.1$	-1.9939	-1.7877	-1.5468	-1.2714	-0.9617	-6.1978	-6.4486	-6.6162	-6.7009	-6.7028
	$Q_{e\Sigma}$	$K_u=0.9$	0.0322	0.0528	0.1095	0.4258	0.3296	-3.2121	-3.8972	-4.4377	-4.4769	-5.4524
		$K_u=01$	-0.4288	-0.4282	-0.3916	-0.3194	-0.2122	-4.3076	-3.8972	-5.7007	-6.2719	-6.7607
		$K_u=1.1$	-0.8845	-0.9042	-0.8881	-0.8365	-0.7499	-5.4012	-6.1928	-6.901	-7.5259	-8.0676

A une tension  $U_M$  donnée, maintenue constante, correspond une valeur, de la puissance réactive  $k_{o2}$  qui ne dépend pas de la tension  $U_I$  à maintenir à l'entrée de la ligne. Cette dernière est déterminée par la compensation dans le point considéré. L'allure du profil de la tension est donné, pour le cas du régime maximale  $k_u=0.9, k_{uM2}=1.05$  sur la **fig.2.14**. la puissance réactive circule conformément à la variation de la tension.

Les courbes représentées sur la **Fig.2.14** montrent que le passage à un niveau supérieur de la tension change considérablement les quantités de la puissance réactive de la ligne ( ou de compensation). Pour le même graphique de charge et des contraintes données, le passage  $U_N=400kv$  met en jeu de grandes quantités d'énergie capacitive ; ce qui oblige, pour éviter des surtensions, d'installer des consommateurs régulateurs ou, du fait de réserve ainsi offerte, d'augmenter la charge. Pour une estimation globale de ces effets, on présente les courbes **Fig.2.15**; donnant séparément les écarts de variation des compensations  $k_{o2}$ , et  $k_{o2M}$  si on passe de **220kv** à **400kv** et pour  $k_u=1$  ;  $k_{uM2}=0.9\div 1.1$ . Les courbes montrent que les écarts de compensation capacitive au niveau de la charge augmente, si on fait relever la tension du milieu de la ligne  $U_M=0.9$  à  $U_M=1.1$  sous  $U_I=1$ . En même temps, l'excès capacitif engendré par l'application de  **$U_N=400kv$**  doit être consommé par un compensateur (ou charge) inductif dont l'écart dévie dans le même sens.

**Tableau.2.4.**

$k_{M2}$	0.9	0.95	1	1.05	1.1	
$\Delta k_{o2}$	0.0187	0.1807	0.2530	0.3260	0.3990	— —
$\Delta k_{o2M}$	0.8400	0.7436	0.6366	0.5188	0.3900	— —

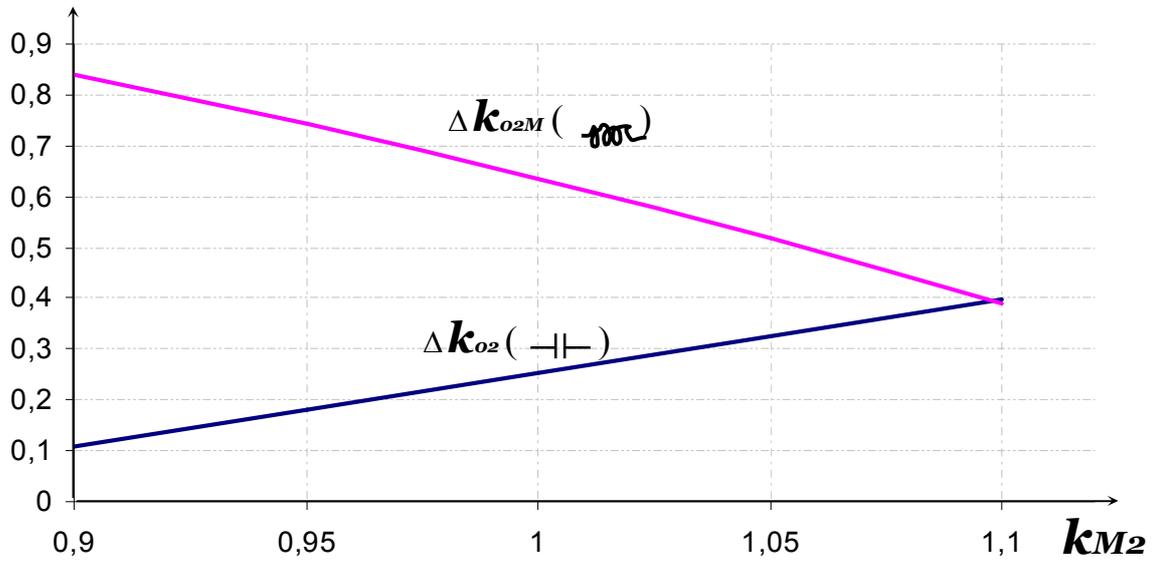


Fig.2.15. Ecart de variation de compensation sous changement de niveau de tension