

Module : Combinaison du réseau électrique

Master 2 : S1

Réseaux électriques

Ch 2 : Les réseaux de transport d'interconnexion et de distribution

- organisation des réseaux :
Ils permettent de connecter les centres de production aux consommateurs, d'assurer une redondance dans l'alimentation en cas d'incident et ils assurent les échanges d'énergie avec nos voisins.

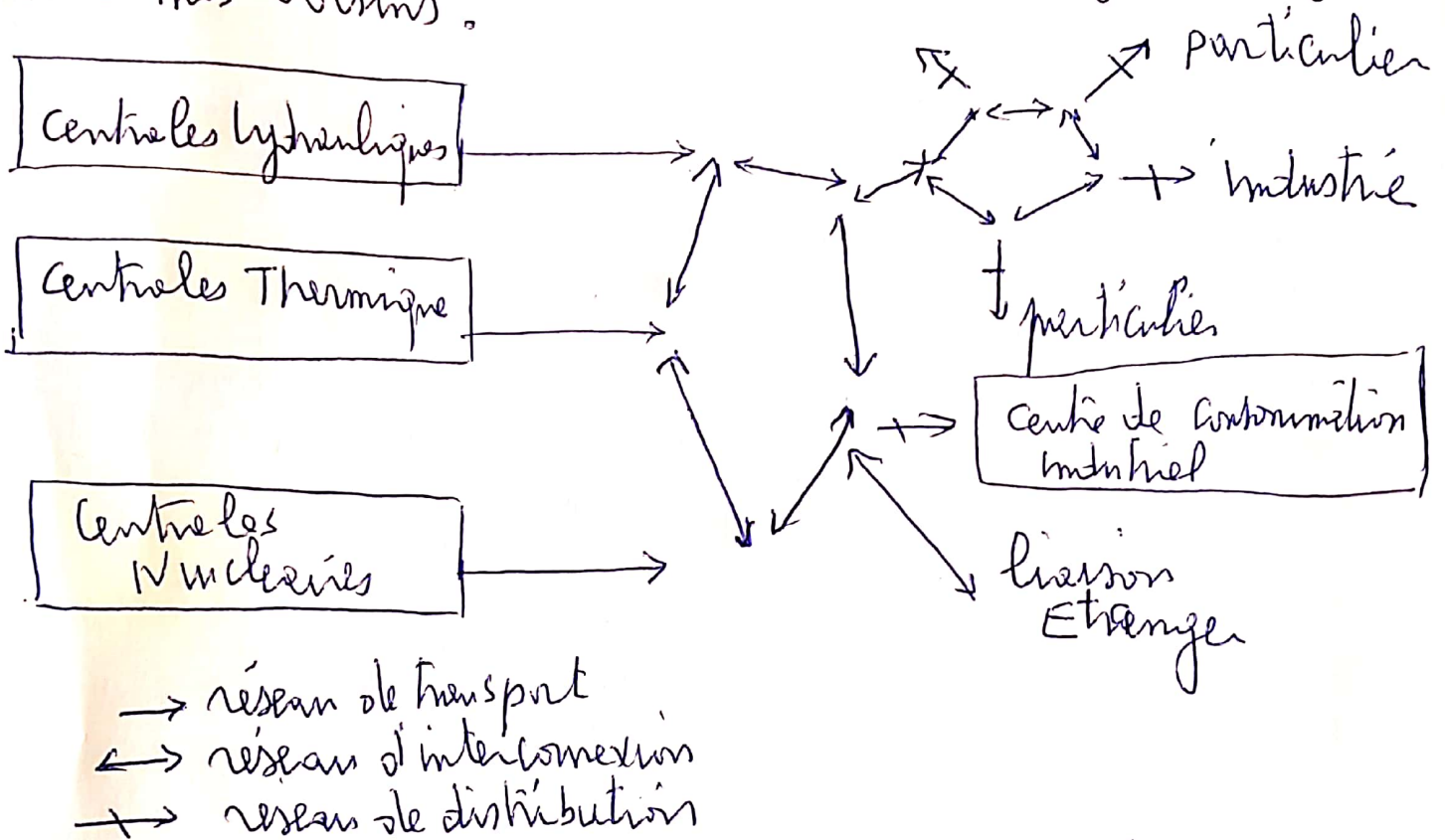


Figure 1 : Organisation schématisée du réseau électrique

La Figure 1 schématise l'organisation du réseau hiérarchisé

en :

- un réseau de transport à haute tension (400 kV) pour limiter les pertes Joules, les puissances transportées s'échelonnent entre 100 et 1000 MW, ce réseau s'étend sur environ 2000 km. Pour des distances de transport supérieures à 500 km, la tension peut s'accroître jusqu'à 750 kV

et il peut alors économiquement rentable d'effectuer le transport en courant continu à haute tension (HVDC) de façon à limiter la consommation d'énergie réactive de la ligne.

- un réseau d'interconnexion haute tension (400kV, 225kV) qui assurent le maillage entre les points de production et les points de consommation, ainsi que les échanges avec l'étranger en matière qui à l'inverse des réseaux de transport et de distribution, les flux de puissance peuvent être bidirectionnels sur le réseau. Les lignes acheminent de 10 à 100 MW, elles contribuent à optimiser économiquement la disponibilité de l'électricité.

- un réseau d'interconnexion et de distribution moyenne tension (63 - 50kV) pour les gros consommateurs, les flux d'énergie sont ~~bidirectionnels~~ bidirectionnels de l'ordre de 10 à 100 MW.

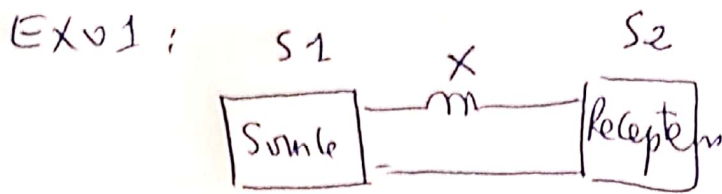
- réseau étiré de distribution pour les gros consommateurs industriels (30kV) et les particuliers (400V). Sur le réseau, les flux d'énergie sont unidirectionnels vers le consommateur.

Tableau 1 : Caractéristiques du Secteur de l'électricité au Maroc :

	Algérie	Maroc	Tunisie	Total
Puissance totale installée (MW)	13003	6692	4114	23809
Puissance maximale appelée (MW)	9777	5280	3533	
Production totale (GWh)	54086	26356	16781	
- Thermique vapeur	9422	15413	5443	
- Turbines à gaz	24075	1666	2370	
- Cycle combiné	18623	6201	8663	
- Renouvelables	389	2544	306	
- Hydro gaz - solaire	1159			
- Diesel	416	533		
Consommation totale (GWh)	43150	27561	14066	84777
Taux de croissance de la consommation 2011/2012	10,9%	7,4%	7,7%	
Nombre de consommateurs	7.428.843	4.716.602	3.384.131	
Consommation/hab (kwh)	1442	845	1302	
Longueur de réseau (km)				
- Réseau de transport (HT)	23779	21854	5471	
- Réseau distribué (MT/BT)	269461	238330	152729	

Tableau 2: Les interconnexions électriques au Maghreb

Pays	Lignes	Tension (kV)	Longueur (km)	Date Achevée En service
Algérie-Maroc	Ghazaouet - Oujda	225	47	1975 1988
	Tlecmeh - Oujda	225	64	1992
	Idmi Amem - Boudin	400	232	2009
Maroc - Espagne	Meloussa - Puerto obla Cruz	400	61	1997
	Meloussa - Puerto obla Cruz	400	61	2005
Algérie - Tunisie	El Aouinet - Tadjemouine	90	60	1969
	El Aouinet - Tadjemouine	220	60	
	El Hajar Semane	90	35	1969
	Djebel onk - Metelouine	110	65	1984
	Chefria - Tendoubre	400		2004
Tunisie - Libye	Medemine - Abou Kamech	220	110	2003
	Tetouain - Rouiss	220	165	2003

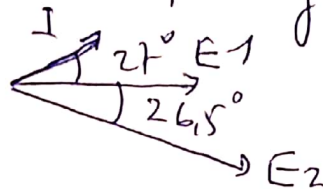


Système interconnectés

Tension de la source $E_1 = 20 \text{ kV}$

Tension du récepteur $E_2 = 30 \text{ kV}$

E_2 est en retard de $26,5$ deg par E_1 .



$$I = \frac{E_1 - E_2}{X} = \frac{20 - 30 \angle -26,5^\circ}{j100} = \frac{20 - 26,84 + j13,38}{j100}$$

$$I = \frac{-6,84 + j13,38}{j100} = \frac{15,026 \angle 117^\circ}{100 \angle 90^\circ} \text{ kA}$$

$$I = 150,26 \angle 27^\circ \text{ A} \quad I^* = 150,26 \angle -27^\circ$$

$$S_1 = E_1 I_1^* = 20 \times 150,26 \angle -27^\circ = 3005,2 \angle -27^\circ \text{ kVA} \\ = 3,005 \angle -27^\circ \text{ MVA}$$

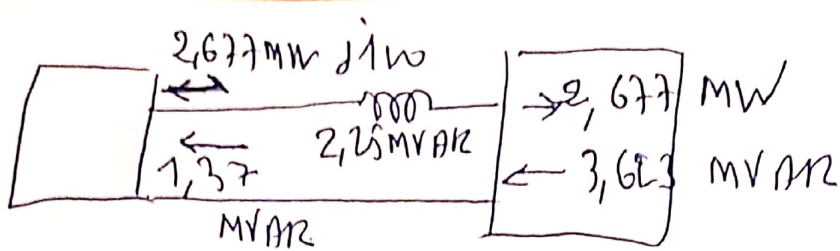
$$S_1 = (2,677 - j1,36) \text{ MVA}$$

$$S_2 = E_2 I^* = 30 \angle -26,5^\circ \times 150,26 \angle -27^\circ = 4507,8 \angle -53,5^\circ \text{ kVA} \\ = 4,507 \angle -53,5^\circ$$

$$S_2 = 4,507 (0,594 - j0,804) = 2,677 - j3,623$$

$$\Delta \varphi = X I^2 = 100 \times 150,26^2 = 2257,806 \text{ kVAR} \\ = 2,25 \text{ MVAR}$$

(5)



S_1 { délivre la puissance active
absorbe de la puissance réactive

S_2 { absorbe de la puissance active
délivre de la puissance réactive

Receiving : absorbe de la puissance réactive .

Ex 2: $E_1 = 30 \angle 0^\circ \text{ kV}$ $E_2 = 20 \angle 0^\circ \text{ kV}$
 $X = 1 \text{ } \Omega$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{X} = \frac{30 \angle 0^\circ - 20 \angle 0^\circ}{j1 \Omega} = \frac{30 - 20}{1 \angle 90^\circ} = \frac{10}{1 \angle 90^\circ}$$

$$I = 0,1 \angle -90^\circ \text{ kA}, \quad I = 100 \angle -90^\circ \text{ A}$$

$$S_1 = E_1 I = 30 \angle 0^\circ \times 100 \angle -90^\circ = 3000 \angle -90^\circ \text{ kVA}$$

$$P_1 = 0, \quad \varphi_1 = j3 \text{ MVAR}$$

$$S_2 = E_2 I = 20 \angle 0^\circ \times 100 \angle -90^\circ = 2000 \angle -90^\circ \text{ kVA}$$

$$P_2 = 0, \quad \varphi_2 = j2 \text{ MVAR}$$

$$\Delta \varphi = X I^2 = 1 \Omega \times 100^2 = 10^6 \text{ VAR} = 1 \text{ MVAR}$$



(B)

$$EX3: E_1 = 30 \angle 0^\circ \text{ kV} \quad E_2 = 30 \angle 30^\circ \text{ kV}$$

$$I = \frac{30 \angle 0^\circ - 30 \angle 30^\circ}{j100} = \frac{30 - 26 + j15}{100 \angle 90^\circ} = \frac{15.52 \angle 75^\circ}{100 \angle 90^\circ}$$

$$I = 0.155 \angle -15^\circ \text{ kA} = 155 \angle -15^\circ \text{ A}$$

$$S_1 = E_1 I^* = 30 \angle 0^\circ \times 155 \angle +15^\circ = 4650 \angle 15^\circ \text{ kVA}$$

$$S_1 = 4.65 \angle 15^\circ \text{ MVA} = (4.49 + j1.2) \text{ MVA}$$

$$S_2 = E_2 I^* = 30 \angle 30^\circ \times 155 \angle +15^\circ = 4650 \angle -15^\circ$$

$$S_2 = (4.49 - j1.2) \text{ MVA}$$

$$\Delta Q = X I^2 = 100 \times 155^2 = 24025 \text{ kVAR} = 24.025 \text{ MVAR}$$

