

**Université M. S. Ben Yahia Jijel**

**Fac. Sciences et Technologie**

**Dépt d'Electrotechnique**

**Master I Electrotechnique, option Réseaux, S3**

**Module: Intégration des Ressources Renouvelables aux Réseaux Electriques**

**Enseignant: N. Boudjerda**

## **Chapitre 4.**

### **Procédures de reconstitution du système électrique**

## Chapitre 4.

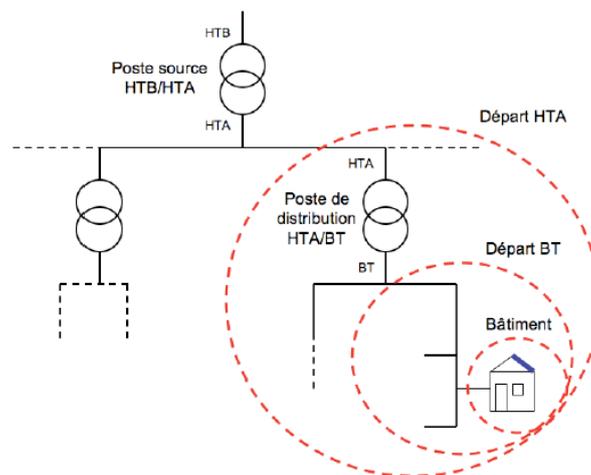
### Procédures de reconstitution du système électrique

Le réseau électrique peut subir des aléas de fonctionnement comme les défauts, les surcharges, les ilotages etc. Ces aléas sont considérés comme des pannes et le réseau doit être capable de réagir rapidement pour isoler le défaut ou la panne et reprendre le fonctionnement, ce qui permet à la fois d'assurer la sécurité des personnes et des biens en même temps avec la continuité de service avec une énergie électrique de qualité acceptable.

#### 1. Ilotage

On dit qu'il y a ilotage quand une partie du réseau (contenant des moyens de production et des charges) est déconnectée du réseau principal (séparée du réseau amont). La partie déconnectée constitue alors ce qu'on appelle un ilot dont les charges sont entièrement alimentées par les sources qui se trouvent dans cet ilot et où la tension et la fréquence sont maintenues proches de leurs valeurs nominales (l'ilot marche en réseau séparé). Pour plusieurs raisons (dont les raisons de sécurité des personnes et des équipements), ce fonctionnement est dangereux et doit être arrêté dès que possible (en général il doit être détecté rapidement et l'ilot doit être découplé du réseau principal dans une durée qui ne dépasse pas quelques secondes "5 s").

Plusieurs configurations sont théoriquement envisageables en fonction de la taille du réseau ou de l'installation électrique se trouvant séparée du réseau amont (Figure1):



**Figure 1.** Ilotage d'une partie du réseau

- Ilotage d'un bâtiment: Un bâtiment peut être séparé du réseau BT ou HTA, suite par exemple à l'ouverture du disjoncteur de branchement où une installation GED continuerait d'alimenter les charges de ce bâtiment.

- Ilotage d'un départ BT: Un départ BT peut être séparé du réseau HTA, suite par exemple au retrait des fusibles de protection du départ BT et où une ou plusieurs installations GED continueraient d'alimenter les charges de ce départ BT.
- Ilotage d'un départ HTA: Un départ HTA peut être séparé du réseau HTB, suite par exemple à l'ouverture du disjoncteur de protection du départ HTA et où une ou plusieurs installations GED continueraient d'alimenter les charges de ce départ HTA

On distingue 2 types d'ilotage: l'ilotage intentionnel et l'ilotage non intentionnel.

**a. Ilotage non intentionnel:** Il a généralement pour cause une déconnexion du réseau principal par suite de manœuvres des organes de coupure pour travaux ou lors de défauts comme les court-circuits. Parmi ses conséquences:

- Pendant les périodes de maintenance, il pourrait compromettre la sécurité des personnels intervenant sur site si les règles de vérification d'absence de tension dans les conducteurs et de mise à la terre n'étaient pas strictement respectées.
- Comme la tension et la fréquence de l'îlot ne sont plus contrôlées par les gestionnaires du réseau, elles peuvent sortir des limites réglementaires et causer des dommages dans les installations électriques présentes dans l'îlot.
- Il peut perturber la réalimentation de l'îlot lors de la remise en service du réseau amont (une différence de phase entre les tensions amont et aval pourrait engendrer de forts courants).

En pratique, on doit détecter rapidement toute situation d'ilotage et réduire le temps de fonctionnement du système îloté. La réglementation interdit tout ilotage en fonctionnement normal pour des raisons de sécurité des personnes et du matériel.

**b. Ilotage intentionnel:** L'insertion de moyens de production au réseau a fait émerger les possibilités d'*îlotage intentionnel*. Ce mode de fonctionnement sera envisageable à de multiples niveaux de tension.

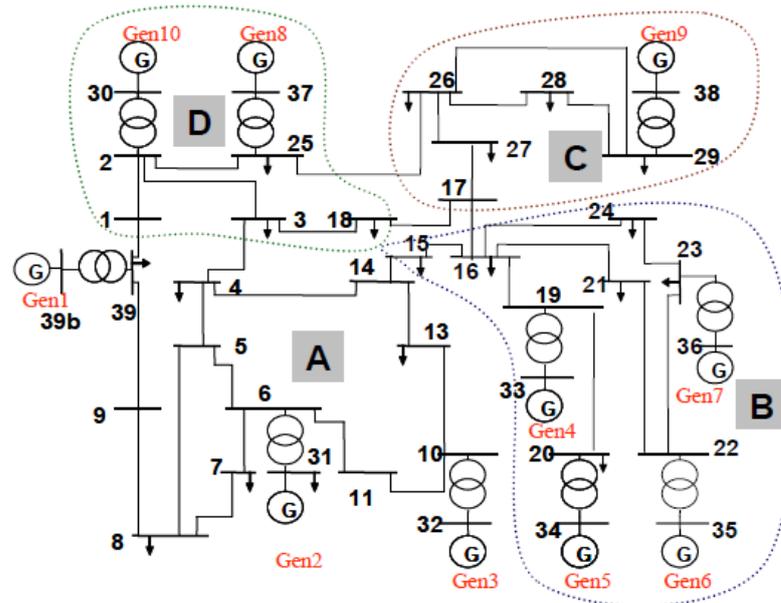
On peut en compter trois types:

- îlotage intentionnel sur le réseau de transport.
- îlotage intentionnel sur le réseau de distribution.
- îlotage intentionnel sur le réseau basse tension.

Dans l'hypothèse que le réseau est affecté par un grand incident, on peut alors envisager la séparation du système en plusieurs sous - réseaux fonctionnant en îlotage maintenu selon un plan prédéfini. Le but est d'éviter, si possible, la propagation de l'incident d'une part, et d'accélérer la reconstruction du réseau d'autre part (Figure 2).

- Chaque sous - réseau doit comprendre au moins un générateur de type thermique de grande puissance.

- L'équilibre production - consommation représente la condition la plus importante. Les charges à récupérer sont choisies pour satisfaire cet équilibre et stabiliser le sous - réseau en îlotage. Le surplus éventuel, tant du côté de la génération que du côté de la consommation, doit être délesté.
- En général, il n'est pas souhaitable que les sous - réseaux aient trop de lignes d'interconnexion entre eux (pour faciliter la resynchronisation des zones, le contrôle des transits de puissance interzones et la reconstruction du réseau global).



## 2. Systèmes FACTS (Flexible AC Transmission Systems)

Les systèmes FACTS sont des dispositifs contrôlables à base d'interrupteurs statiques (Thyristors GTO ou transistors IGBT), qui permettent d'améliorer les performances de la transmission à courant alternatif sur de longues distances. Ces dispositifs offrent une alternative polyvalente aux méthodes de renforcement conventionnelles avec des avantages potentiels d'une flexibilité accrue, d'un coût réduit et d'un impact environnemental réduit.

En général, ils contrôlent le système d'alimentation en fournissant ou en absorbant de la puissance réactive. Ils sont beaucoup plus rapides et beaucoup plus précis que d'autres méthodes classiques (quelques millisecondes).

L'utilisation des dispositifs FACTS ouvre de nouvelles perspectives pour une meilleure exploitation des réseaux par leur action continue et rapide sur les différents paramètres du réseau (déphasage, tension, impédance).

Ainsi, les transits de puissance seront mieux contrôlés et les tensions mieux soutenues, ce qui permettra d'augmenter les marges de stabilité, la flexibilité et aussi la qualité de l'énergie dans les réseaux électriques.

Principalement, les contextes d'utilisation de ces dispositifs sont :

- Pour améliorer la commande du réseau. Ils peuvent aussi améliorer la stabilité du réseau.
- Pour améliorer les performances de la transmission du courant alternatif sur de longues distances et maintenir la tension à un niveau acceptable en fournissant la puissance réactive lorsque la tension est trop basse, ou en absorbant la puissance réactive lorsque la tension est trop élevée.
- Ils peuvent améliorer les marges de stabilité, contrôler le flux de puissance et assurer une meilleure flexibilité du transfert d'énergie.
- Ils peuvent offrir des solutions avec un coût et un impact environnemental réduit.

Les dispositifs FACTS peuvent être connectés à des lignes de transmission de diverses formes : certains sont en série, d'autres sont en parallèle ou même combinés séries-parallèles.

**Tableau 1:** Classification des dispositifs FACTS

Dispositifs FACTS		
	A base de thyristor	A base de convertisseur de tension
<b>Dispositif shunt</b>	Compensateur de puissance réactive statique (SVC)	Compensateur statique synchrone (STATCOM)
<b>Dispositif série</b>	Compensateur série contrôlé par thyristor (TCSC)	Compensateur série statique synchrone (SSSC)
<b>Dispositif série-shunt</b>	Contrôleur dynamique de flux de puissance (DPFC)	Contrôleur universel de flux de puissance (UPFC)

## 2.1. Quelques systèmes FACTS

### 2.1.1. SVC (Static Var Compensator)

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) définit le SVC (*Static Var Compensator*) comme un générateur (ou absorbeur) statique d'énergie réactive shunt, dont la sortie est ajustée en courant capacitif ou inductif afin de contrôler des paramètres spécifiques du réseau électrique, (tension des jeux de barres considérés). Un SVC est généralement constitué d'un ou plusieurs batteries de condensateurs fixes (fixed capacitors : **FC**) commutables soit par disjoncteur soit par thyristors (Thyristor Switched Capacitor : **TSC**) et d'un banc de réactances contrôlables (Thyristor controlled Reactor **TCR**) et parfois de réactances commutables (Thyristor Switched Reactor **TSR**) et des filtres d'harmoniques. Les SVC sont des FACTS de première génération. Ils utilisent des thyristors classiques, commandables uniquement à l'amorçage (Figure 3).

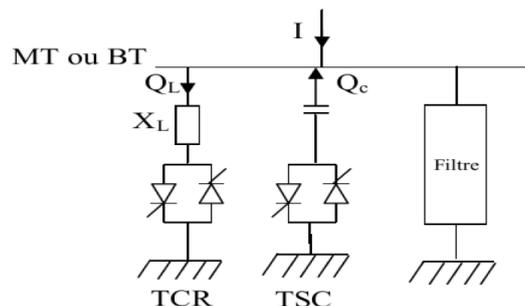


Figure 3. Schéma d'un SVC (Static VAR Compensator)

### 2.1.2. Le STATCOM (STAtic COMpensator)

Un STATCOM est un système d'électronique de puissance connecté en parallèle, qui injecte dans le réseau un courant alternatif contrôlé en phase et en amplitude. Il utilise des onduleurs de tension (à base de GTO ou d'IGBT). Le schéma de STATCOM est donné par la figure 4. (On parle de D-STATCOM lorsqu'il est raccordé au réseau de distribution).

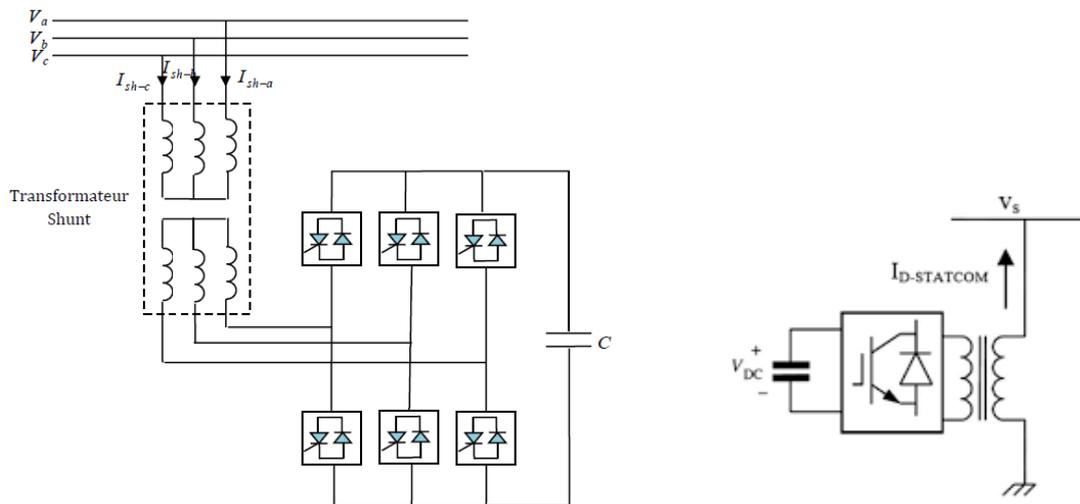


Figure 4. Schéma dun STATCOM (Static Compensator)

Le principe de fonctionnement du STATCOM est similaire à celui du compensateur synchrone. Les tensions de sortie sont générées par un onduleur au lieu d'un groupe tournant. Ce principe a pu être mis en œuvre grâce à l'évolution des composants de l'électronique de puissance, et surtout grâce à l'apparition des GTO de forte puissance. Le rôle du STATCOM est d'échanger l'énergie réactive avec les réseaux électriques par le contrôle de la tension de sortie de l'onduleur, laquelle est en phase avec la tension du réseau.

**Remarque:** Dans la pratique, il existe plusieurs montages FACTS utilisés pour améliorer les performances du réseau.

### 2.2. Quelques avantages des dispositifs FACTS

Les avantages apportés aux réseaux électriques sont :

- Grande fiabilité grâce à l'utilisation de contrôleur d'électronique de puissance caractérisée par une grande rapidité de réaction;
- Une grande flexibilité dans le contrôle de la puissance de telle sorte qu'elle s'écoule le long de l'itinéraire de transmission prescrit;
- Amélioration de la stabilité transitoire.

### **2.3. Quelques inconvénients des dispositifs FACTS**

Les dispositifs FACTS présentent aussi certains nombre de limites ou d'inconvénients, qui sont:

- Le choix du dispositif FACTS approprié.
- Le choix de la localisation du FACTS.
- Protection pour les FACTS et pour le réseau.
- Interaction entre les dispositifs FACTS et les autres éléments du réseau.

## **3. Notions sur les réseaux intelligents**

### **3.1. Définition**

Un réseau électrique intelligent, (En anglo-saxon : smart grid) est un réseau qui favorise la circulation d'information entre les fournisseurs et les consommateurs afin d'ajuster le flux d'électricité en temps réel et de permettre une gestion plus efficace de l'énergie électrique.

Ce type de réseaux utilise des techniques informatiques pour optimiser la production, la distribution, la consommation et éventuellement le stockage de l'énergie. Il améliore l'efficacité énergétique de l'ensemble en minimisant les pertes en ligne et en optimisant le rendement des moyens de production utilisés.

Parmi les éléments clés il ya les capteurs communicants ou "intelligents" dont les compteurs dits intelligents qui sont capables de renseigner le consommateur sur sa demande en électricité et lui permettre ainsi d'être un bon consommateur et de faire des économies.

### **3.2. Quelques caractéristiques des réseaux intelligents**

Les réseaux intelligents peuvent être définis selon quatre caractéristiques en matière de :

- Flexibilité : ils permettent de gérer plus finement l'équilibre instantané entre la production et la consommation.
- Fiabilité : ils améliorent l'efficacité et la sécurité des réseaux.
- Accessibilité : ils favorisent l'intégration des sources d'énergies renouvelables sur l'ensemble du réseau et permettent une meilleure gestion de la production renouvelable.
- Economie : ils apportent, grâce à une meilleure gestion du système, des économies d'énergie et une diminution des coûts (à la production comme à la consommation).