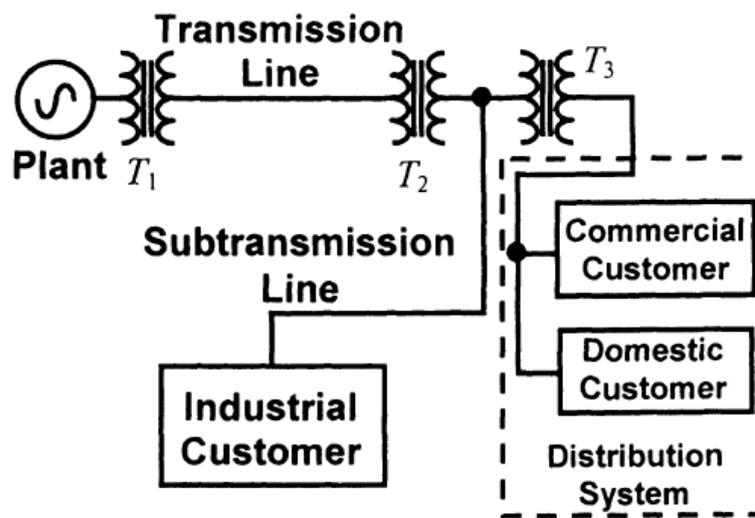


# SYSTEMES CP (CUSTOM POWER SYSTEMS)

## I - GENERALITES

Les réseaux modernes sont des systèmes compliqués contenant des centaines de centrales et de charges interconnectées par des lignes de transport. Un réseau est constitué de trois parties séparées : La génération, le transport et la distribution. Un réseau typique est structuré selon la figure ci-dessous



La complexité des réseaux induit beaucoup de problèmes au distributeur et aux utilisateurs. Parmi ces problèmes on peut citer le problème de qualité. On va introduire le concept de qualité d'électricité et on discutera ses effets sur les utilisateurs. Parmi les remèdes au problème de qualité, on cite l'utilisation des dispositifs d'électronique de puissance dans les réseaux de transport (FACTS) et dans les réseaux de distribution (systèmes CP ou Custom Power).

### QUALITE D'ENERGIE

Au passé, les utilisateurs se souciaient seulement de la continuité de service. De nos jours, on se soucie aussi de la qualité de service. Par exemple, un client connecté au même nœud qu'un moteur asynchrone puissant va subir un creux important de tension chaque fois que le moteur est mis en marche. Dans certains cas sévères il peut même subir des coupures prolongées (blackouts).

Les lignes de transport sont exposées aux forces de la nature. Aussi, toute ligne possède une limite de charge déterminée soit par des considérations de stabilité, ou des considérations thermiques. Malgré que la qualité de service est liée directement à la distribution, les lignes de transport peuvent avoir un impact sur la qualité.

## Causes et effets de la qualité sur les utilisateurs

Les causes des problèmes de qualité sont généralement complexes et difficiles à cerner. Techniquement, la tension fournie par le distributeur doit être une sinusoïde pure à la fréquence fondamentale (50Hz) et de valeur égale à la valeur nominale. Ceci n'est pas le cas malheureusement. Le tableau ci-dessous regroupe les problèmes de qualité et leurs causes.

*Table 1.1. Power quality problems and their causes*

Broad Categories	Specific Categories	Methods of Characterization	Typical Causes
Transients	Impulsive	Peak magnitude, rise time and duration	Lightning strike, transformer energization, capacitor switching
	Oscillatory	Peak magnitude, frequency components	Line or capacitor or load switching.
Short duration voltage variation	Sag	Magnitude, duration	Ferroresonant transformers, single line-to-ground faults
	Swell	Magnitude, duration	Ferroresonant transformers, single line-to-ground faults
	Interruption	Duration	Temporary (self-clearing) faults
Long duration voltage variation	Undervoltage	Magnitude, duration	Switching on loads, capacitor deenergization
	Overvoltage	Magnitude, duration	Switching off loads, capacitor energization
	Sustained interruptions	Duration	Faults
Voltage imbalance		Symmetrical components	Single-phase loads, single-phasing condition
Waveform distortion	Harmonics	THD, Harmonic spectrum	Adjustable speed drives and other nonlinear loads
	Notching	THD, Harmonic spectrum	Power electronic converters
	DC offset	Volts, Amps	Geo-magnetic disturbance, half-wave rectification
Voltage flicker		Frequency of occurrence, modulating frequency	Arc furnace, arc lamps

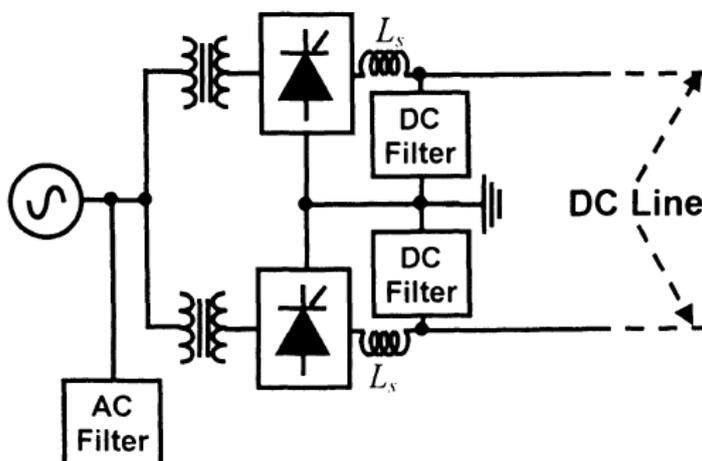
Une mauvaise qualité peut causer une perte de production, des dommages aux équipements et même un danger aux vies humaines. Il est donc impératif d'utiliser des dispositifs à base d'électronique de puissance pour l'amélioration de la qualité.

## APPLICATIONS DES DISPOSITIFS D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE DANS LES RESEAUX DE TRANSPORT

L'application de l'électronique de puissance dans les réseaux de transport a commencé par les lignes haute tension à courant continu ; CCHT ou HVDC. Ensuite les compensateurs statiques de puissance réactive (SVC) ont été utilisés dans les lignes. Ensuite, on a utilisé les compensateurs série contrôlés par des thyristors (TCSC), les régulateurs de phase contrôlés par des thyristors (TCPAR), les compensateurs statiques (STATCOM), les compensateurs statiques synchrones série (SSSC), et les contrôleurs de flux de puissance unifiés (UPFC) ; de tels dispositifs sont connus sous le nom de FACTS ou Systèmes de transport flexibles à courant alternatif. On va décrire brièvement ces dispositifs car ce sont les prédécesseurs des dispositifs d'amélioration de la qualité de service.

### a) Transport en CCHT (High Voltage Direct Current)

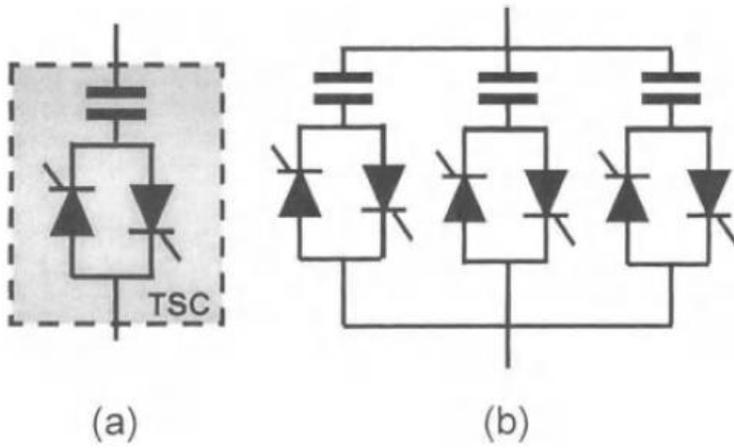
La figure ci-dessous montre une ligne CCHT à double pôle, dans laquelle seulement la partie onduleur est montrée. La puissance est contrôlée aisément et peut changer de sens en jouant sur les angles d'amorçage des thyristors. Le transport en continu devient avantageux pour les longues distances et dans les câbles isolés.



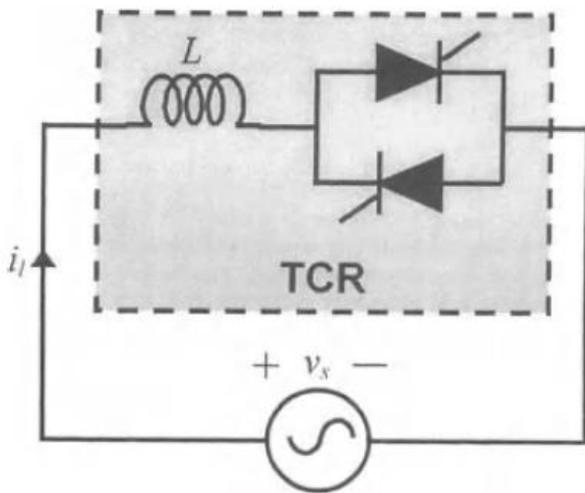
Récemment on commence à utiliser les dispositifs HVDC Light qui sont des CCHT utilisant des transistors IGBT qui forment des convertisseurs à source de tension.

### b) Compensateurs Var Statiques (Static Var Compensators)

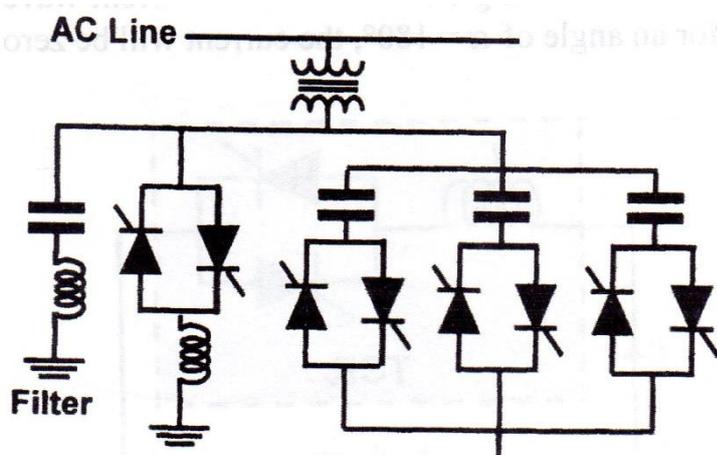
Ils sont utilisés pour compenser la puissance réactive dans les lignes de transport et ils sont composés de deux composantes principales : des condensateurs commutés par des thyristors (Thyristor Switched Capacitor) pour générer de la puissance réactive si nécessaire



et des inductances contrôlées par des thyristors (Thyristor Controlled Reactor) pour absorber la puissance réactive indésirable.

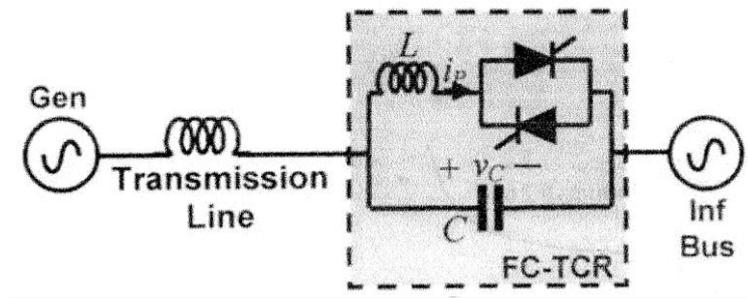


Le dispositif complet est montré ci-dessous



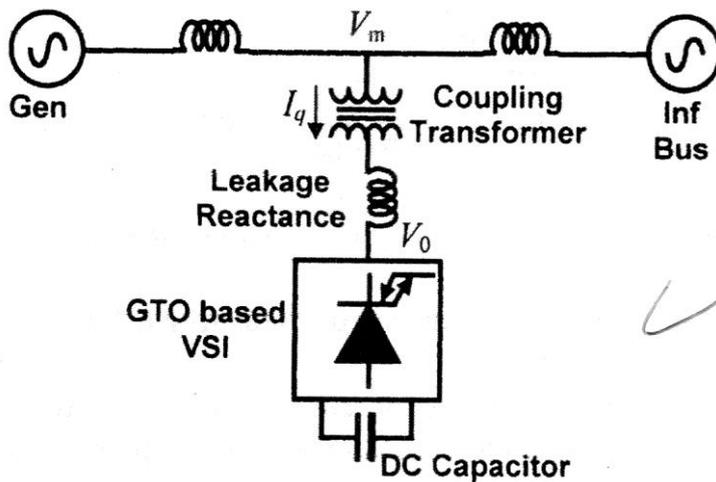
c) Compensateur série contrôlé par thyristor (Thyristor Controlled Series Compensator)

La figure ci-dessous montre un tel dispositif utilisé dans un réseau à une machine connectée à un bus infini (SMIB). Il permet de varier la réactance série de la ligne car sa réactance peut prendre des valeurs capacitives pour des angles d'amorçage proches de  $\pi$ , et des valeurs inductives pour les autres valeurs. Ceci permet de modifier la puissance maximale transportable et influencer sur la stabilité.



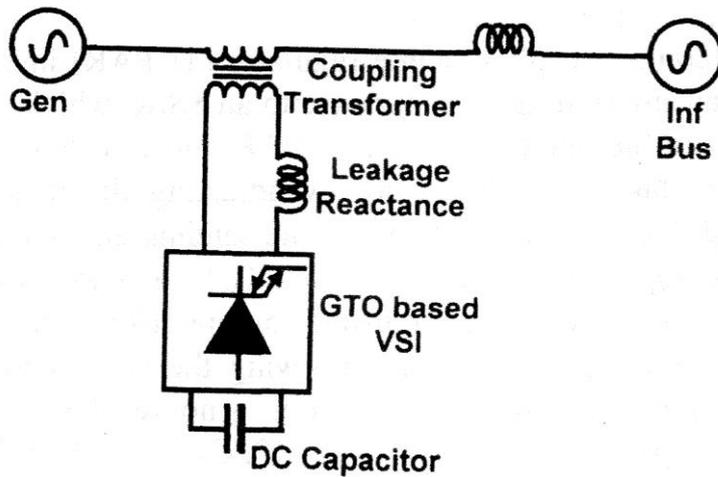
d) Compensateur statique (STATCOM)

La figure ci-dessous montre un tel dispositif utilisé dans la compensation de puissance réactive d'un réseau à une machine connectée à un bus infini (SMIB). Contrairement au SVC qui remplit la même fonction, le STATCOM ne nécessite pas des éléments passifs de grande taille que sont les bobines et les condensateurs, mais utilise des onduleurs à base de GTOs.



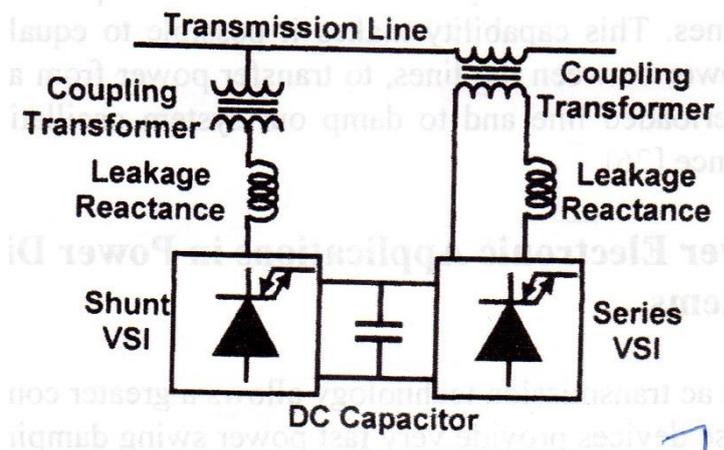
e) Compensateur statique série synchrone (Static Synchronous Series Compensator)

La figure ci-dessous montre un tel dispositif utilisé dans un réseau à une machine connectée à un bus infini (SMIB). Il fonctionne comme un STATCOM seulement il est connecté en série.



f) Contrôleur universel de l'écoulement de puissance (Universal Power Flow Controller)

La figure ci-dessous montre un tel dispositif utilisé dans un réseau. Il est la combinaison d'un STATCOM et d'un SSSC connectés par une liaison DC. Il peut contrôler l'écoulement des puissances, améliorer la limite de transport, améliorer la stabilité de tension et amortir les oscillations de puissance en régime perturbé.



### APPLICATIONS DES DISPOSITIFS D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE DANS LES RESEAUX DE DISTRIBUTION

Les systèmes FACTS permettent un plus grand contrôle de l'écoulement de puissance. Puisque ces systèmes amortissent rapidement les oscillations de puissance, les réseaux de transport peuvent être chargés jusqu'à leur limite thermique. D'une façon similaire les dispositifs à semi-conducteurs peuvent être utilisés dans les réseaux de distribution pour améliorer la qualité et la fiabilité de puissance distribuée aux clients. De tels systèmes sont appelés les systèmes CP (Custom Power).

Les systèmes CP se divisent en 2 catégories : Les systèmes de reconfiguration et ceux de compensation.

- 1- Les premiers peuvent être à base de thyristors GTO ou à base de thyristors normaux, et sont utilisés normalement pour la limitation rapide des courants (Dispositif SSCL ou Solid State

Current Limiter) et la coupure des courants en cas de défauts (Dispositif SSCB ou Solid State Circuit Breaker). Ils sont aussi utilisés pour la commutation entre deux circuits (Dispositif SSTS ou Solid State Transfer switch).

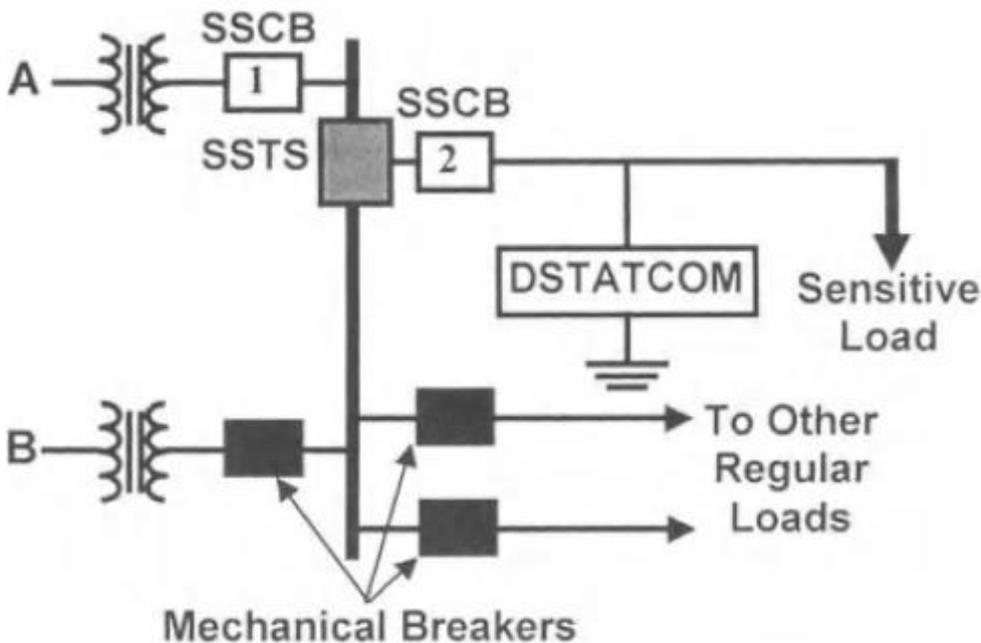
- 2- Les systèmes de compensation sont utilisés pour le filtrage actif, l'équilibrage de la charge, la compensation du facteur de puissance et la régulation de la tension. Cette famille possède les éléments suivants :

Le DSTATCOM qui la distribution version du STATCOM

Le DVR (Dynamic Voltage Restorer) semblable au SSSC

Le UPQC (Unified Power Quality Conditioner) semblable au UPFC

On prendra l'exemple suivant pour montrer une application typique des systèmes CP. Soit le système de distribution suivant. Il contient une charge sensible ainsi que d'autres charges ordinaires. Ces charges sont alimentées par 2 feeders indépendants A et B. Normalement le SSTS est connecté tel que la charge sensible est alimentée par le feeder A et les autres charges sont alimentées par le feeder B. Tout défaut en amont ou en aval de B n'affecte pas la charge sensible. Pour un défaut en amont de A, le SSCB 1 déclenche et la charge sensible est transférée au feeder B en moins d'un cycle par le SSTS. De la même façon la charge sensible peut être transférée au feeder B en cas de chute de tension du feeder A. Aussi la tension de la charge sensible peut être régulée par le DSTATCOM. Ce dernier élimine les fluctuations dans la tension. En cas de défaut au bus de distribution, le SSCB2 déclenche pour isoler la charge et de DSTATCOM alimente la charge temporairement. Une fois le disjoncteur mécanique ouvert et le SSCB2 fermé, la charge sensible est de nouveau alimentée par le feeder.



Dans les chapitres qui suivent on va détailler le fonctionnement des dispositifs CP.