

Chapitre IV Les plans de protection

IV-1 Introduction

Le plan de protection est la façon par laquelle l'ensemble des protections et des automatismes sont réglés et coordonnés afin de détecter et éliminer des défauts. Il s'appuie, à la fois :

- Sur des concepts : Quels principes de protection vont être utilisés ?
- Sur l'architecture : Quels types de protection vont être utilisés ? et ensuite, où ces protections seront installées ?
- Sur les réglages : Comment régler les seuils de déclenchement pour différentes protections afin de détecter et éliminer des défauts, en assurant la coordination entre elles ?

Un tel plan de protection doit assurer, en même temps:

La sécurité des personnes et des biens
Eviter la destruction partielle ou totale des matériels
Une meilleure continuité de fourniture possible

L'implantation des protections doit être conçue pour :

- ✓ Eliminer les défauts en séparant l'élément défectueux par un organe de coupure
- ✓ Eliminer un défaut par une protection amont quand une protection ou un organe de coupure aval est défaillant.
- ✓ Assurer éventuellement des protections de secours.
- ✓ Protéger certains matériels spécifiques : transformateurs
- ✓ Permettre la modification temporaire des fonctionnements (sensibilité, rapidité, etc.), pour effectuer certaines opérations d'exploitation: travaux sous tension

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire d'obtenir le meilleur compromis entre :

- la **sensibilité**, qui est l'aptitude des protections à détecter les défauts, notamment les défauts très résistants qui peuvent mettre en péril la sécurité des tiers ;
- la **sélectivité**, qui permet de n'éliminer que la partie en défaut ;
- la **rapidité**, pour réduire les conséquences néfastes des courts-circuits ;

- la **fiabilité**, qui est l'aptitude des protections à éviter les déclenchements intempestifs (sécurité) et à assurer le bon fonctionnement en cas de défaut (sûreté) ;
- la **simplicité**, pour faciliter la mise en œuvre et la maintenance ;
- le **coût** du système.

Ce compromis est d'autant plus difficile à trouver que ces exigences sont contradictoires, par exemple la sélectivité et la rapidité, la sécurité et la sûreté.

IV-2 Le plan de protection des réseaux HTB

- Le premier plan de protection qui consiste à protéger les lignes THT (HTB) avec une protection principale, une protection complémentaire et une protection de secours.
- Le deuxième plan de protection dans lequel il est introduit en plus une protection de réserve et une protection de défaillance disjoncteur en maintenant une seule batterie pour tout le poste.
- Le troisième plan de protection où on trouve une protection principale, une protection de réserve temporisée par rapport à la principale, deux batteries, deux enroulements protection sur les TC, un réenclencheur de type série.
- Le quatrième plan ne diffère du troisième que par la mise en fonctionnement parallèle des protections principale et de réserve avec un même réenclencheur de type parallèle.

IV-3 Le plan de protection des réseaux HTA

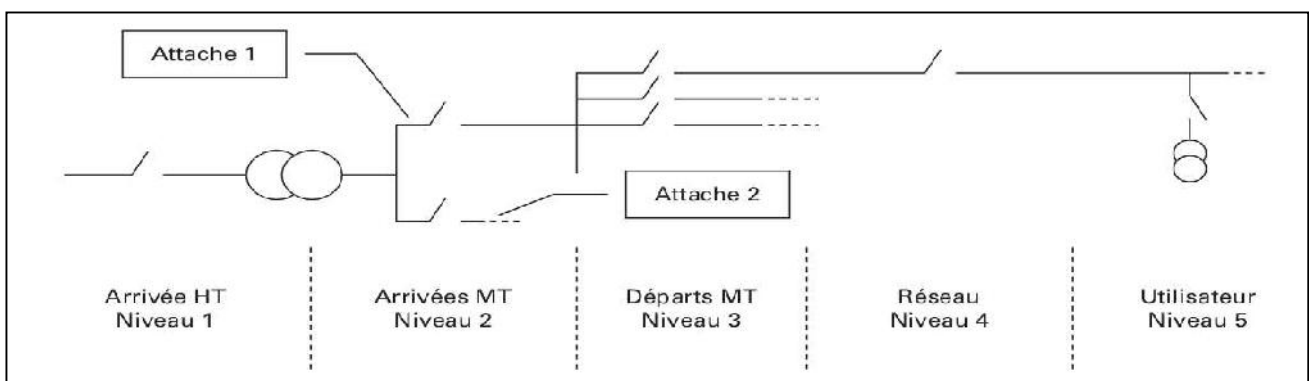


Figure IV-1 Niveaux de protection

Il y a cinq niveaux de protection possibles du réseau HTA (Figure IV-1):

- Trois dans les postes sources : arrivées HT des transformateurs HT/MT ; arrivées MT sur les jeux de barres MT ; départs MT.
- Un niveau intermédiaire en réseau : c'est-à-dire entre poste source et poste utilisateur
- Un sur les postes utilisateurs.

Le système de protection HTA se compose de deux volets différents : un pour protéger contre les défauts polyphasés et un contre les défauts à la terre.

IV-4 Protection de départ HTA contre les défauts polyphasés

Lors d'un défaut polyphasé, les courants de phase en défaut vont augmenter et franchir un seuil pré-réglé I_{seuil} . Ce seuil doit être réglé le plus bas possible afin de détecter les courants de défaut les plus faibles possibles.

Pour chaque départ HTA, I_{seuil} doit être inférieur à $0,8 I_{ccb}$ ($I_{seuil} < 0,8 I_{ccb}$).

Par contre, ce seuil doit être supérieur à l'intensité du courant admissible dans le départ.

En général, les protections n'envoient pas immédiatement l'ordre de coupure dès qu'elles détectent un défaut. Elles attendent pendant un certain temps pour éviter des fonctionnements intempestifs dus au régime transitoire du réseau : le démarrage des machines tournantes, la reprise de charge sur un cycle de ré-enclenchement,...

Par ailleurs, ce temps d'attente – la temporisation – permet également une bonne sélectivité entre les protections amont et aval.

La temporisation typique des protections de départ HTA est fixée à 0,5 s, qui assure un intervalle de 0,3 s entre celles-ci et des protections éventuelles au niveau des postes utilisateurs.

IV-5 Protection de départ HTA contre les défauts à la terre

Pour les défauts à la terre, c'est le régime de neutre qui détermine les principales caractéristiques des défauts. Or, en pratique, ces défauts représentent une grande majorité des cas de défaut affectés au réseau HTA (80% du nombre total des défauts) et sont à l'origine des montées locales du potentiel du sol. Par conséquent, le régime de neutre impacte directement sur les dispositions constructives des réseaux, pour assurer la sécurité des personnes et des biens, et sur la qualité de fourniture d'électricité.

IV-6 Les différentes solutions techniques

- a) Neutre isolé
- b) Neutre mis à la terre par impédance de compensation du courant capacitif résiduel du réseau
- c) Neutre mis à la terre par une impédance limitatrice (résistance ou réactance)
- d) Neutre mis directement à la terre et éventuellement distribué sur le réseau HTA.

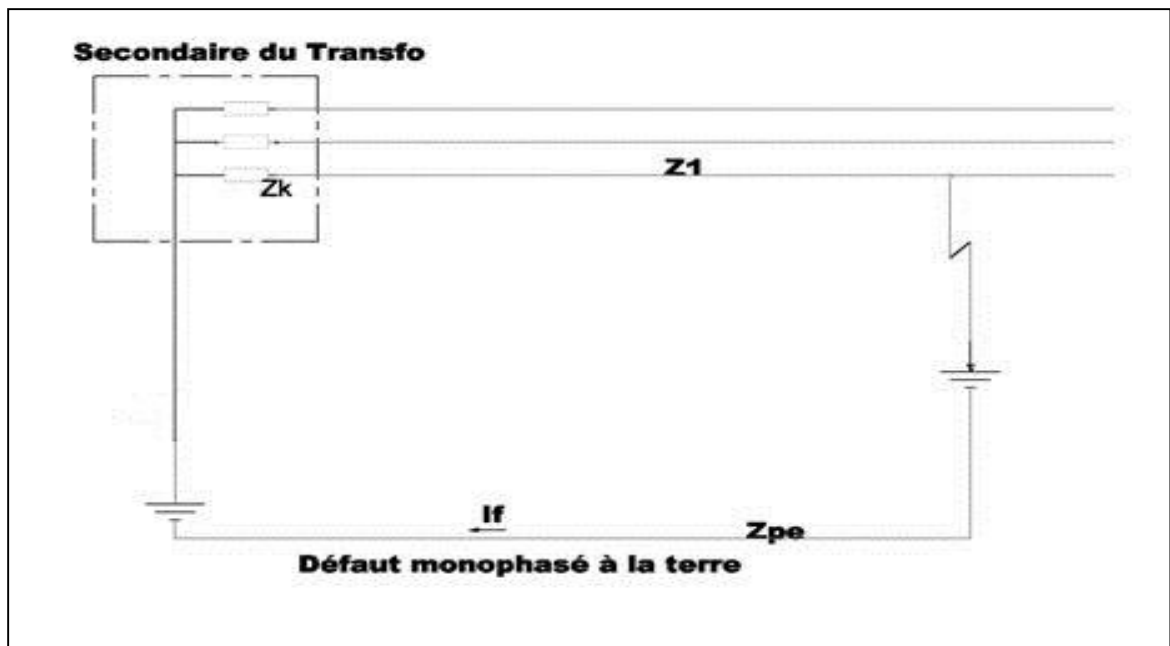
- **Défauts à la terre**

Un défaut à la terre est un court-circuit entre un ou plusieurs conducteurs et la terre ou un élément conducteur mis à la terre. Il engendre un courant circulant des conducteurs en défaut vers la terre, dit courant homopolaire. Il peut être monophasé, biphasé (double défaut à la terre), ou triphasé à la terre.

C'est le type de défauts le plus fréquent.

La protection contre les défauts à la terre dépend du **mode** de mise à la terre.

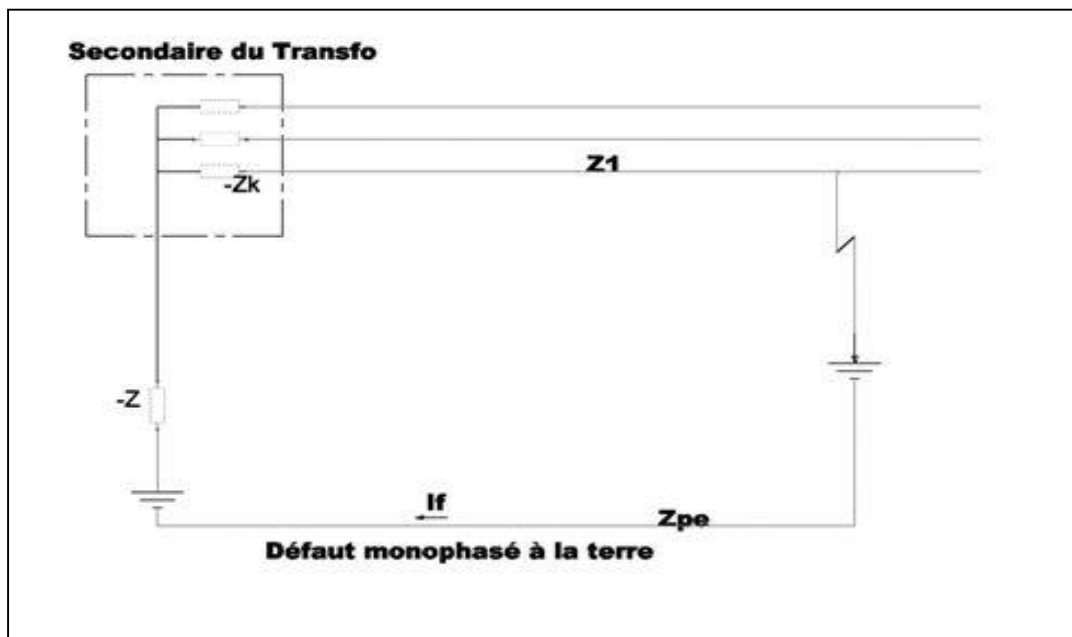
A-Cas de mise à la terre directe :



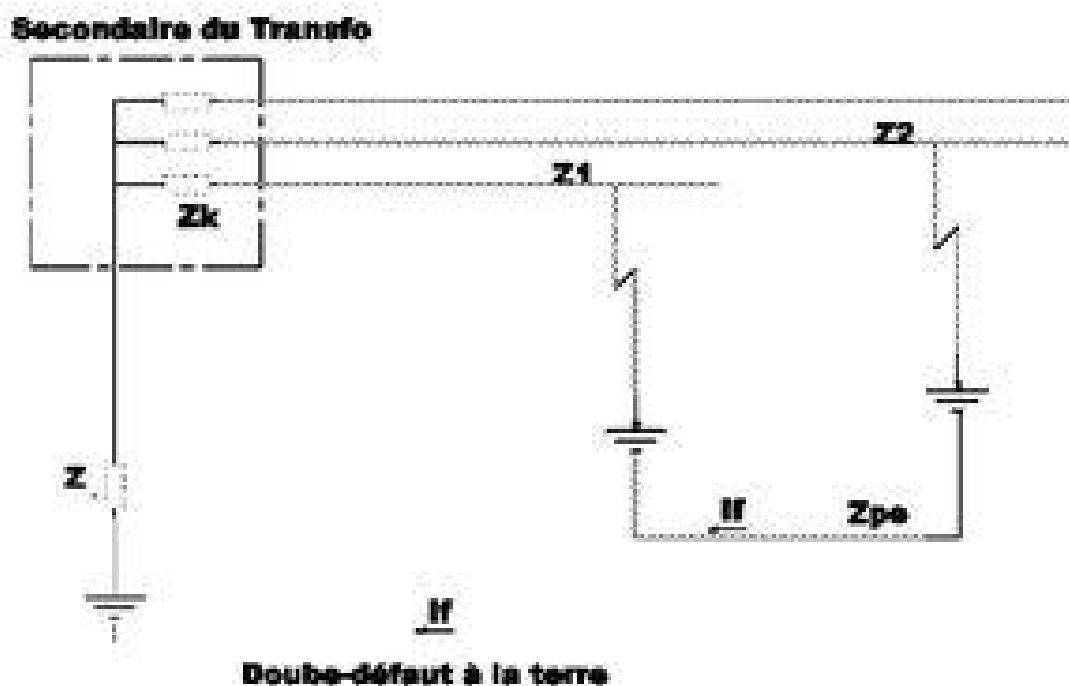
Le courant homopolaire est très élevé dans ce cas.

La protection se fait par fusibles et relais de protection numérique, à travers un TC tore. La protection par relais de protection numérique peut se faire également par le calcul du courant de terre à partir de 3 TC raccordés sur le relais.

B- Dans le cas de mise à la terre indirecte ou par impédance Z



Défaut biphasé à la terre ou double (ex : ph1 et ph2):



Le courant résiduel est calculé à partir d'un TC tore raccordé sur l'entrée de mesure du relais de protection. La protection est déclenchée si la valeur efficace du courant résiduel dépasse la valeur réglée sur le relais ou si la temporisation est dépassée.

Dans ce cas les courants et les tensions des trois phases sont raccordés sur le relais.

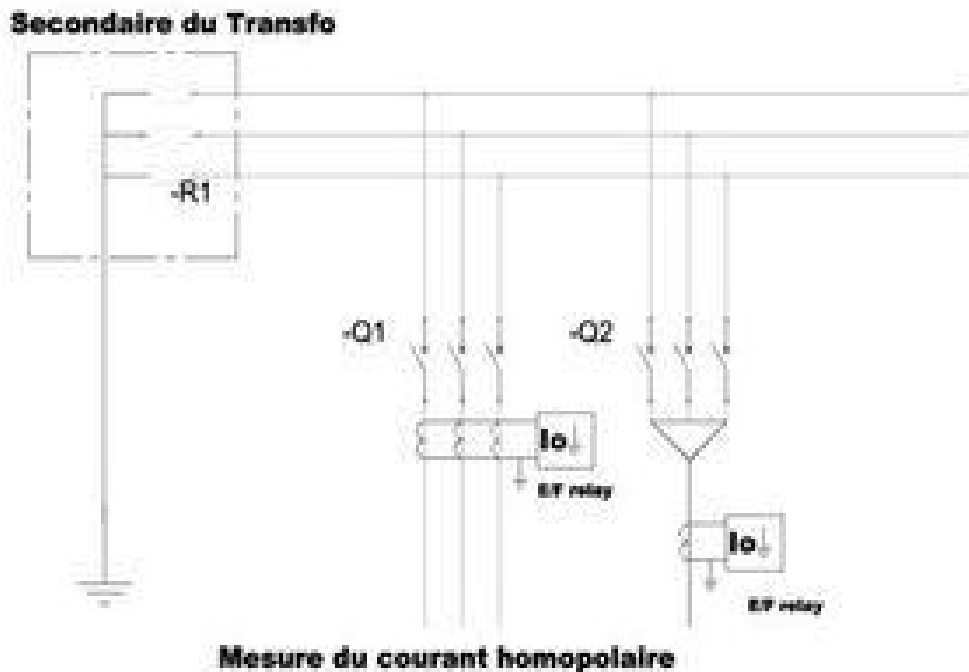
La protection peut également être faite à travers un relais de détection de la tension homopolaire au niveau de la MALT du neutre du transformateur.

- **Mesure du courant homopolaire**

La présence d'une composante homopolaire est significative de défaut à la terre. Elle est mesurée soit :

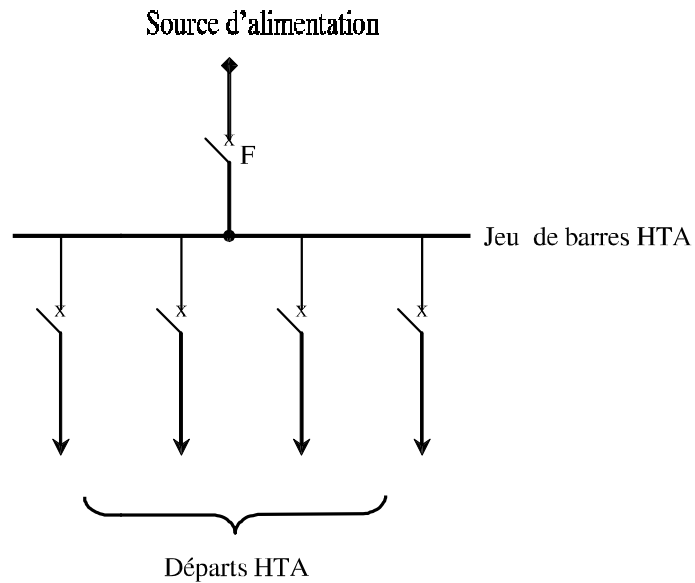
- par la somme des courants au secondaire de TC placés sur chaque phase
- ou par l'intermédiaire de transformateur Tore placé autour des 3 phases ou sur la connexion de mise à la terre.

La somme géométrique de ces courants est nulle en l'absence de défaut, tandis que les 3 tensions phase- terre sont équilibrées . En cas de défaut à la terre, cet équilibre est rompu, il apparaît des courants capacitifs phase- terre I_0 qui se referment par la terre comme le défaut. Leur somme n'est plus nulle mais égale à $3 I_0$, courant capacitif total du réseau. D'où la nécessité de faire un réglage adapté de la protection suivant le cas de mise à la terre.



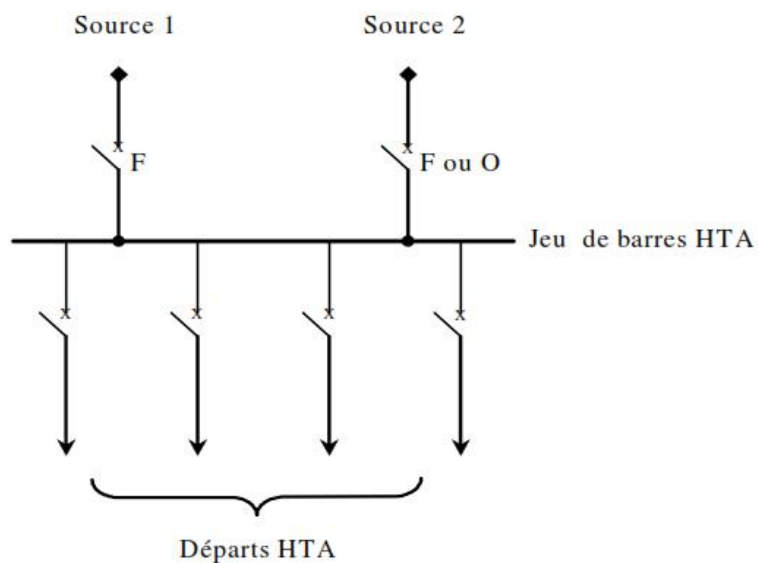
IV-7 Modes d'alimentation des postes HTA

- Un jeu de barres avec une source



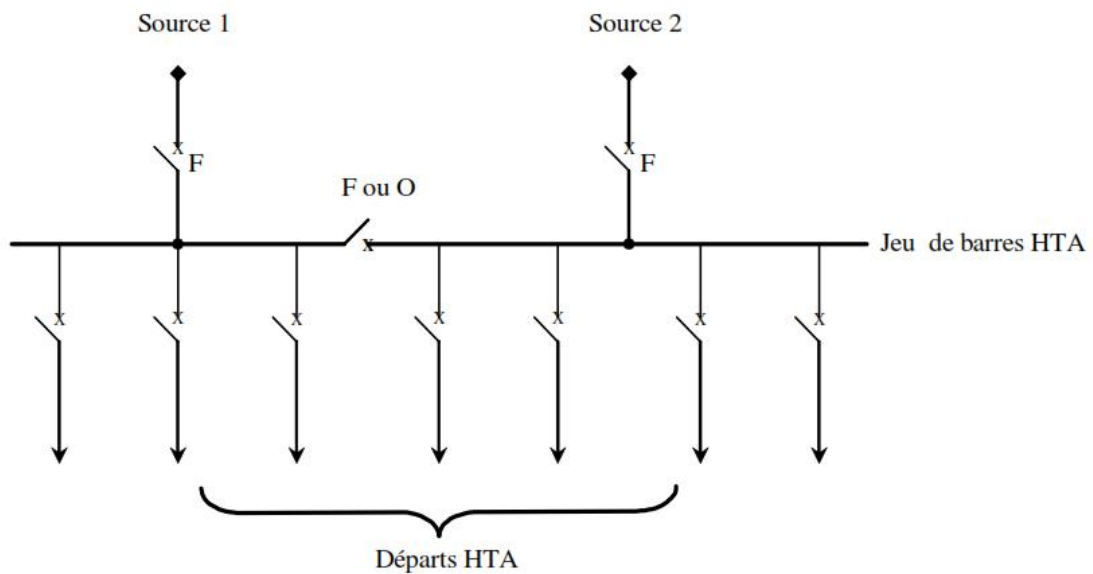
En cas de perte de la source d'alimentation, le jeu de barres est hors service jusqu'à l'opération de réparation

- Un jeu de barres sans couplage avec deux sources



Les deux sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours de l'autre. En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés.

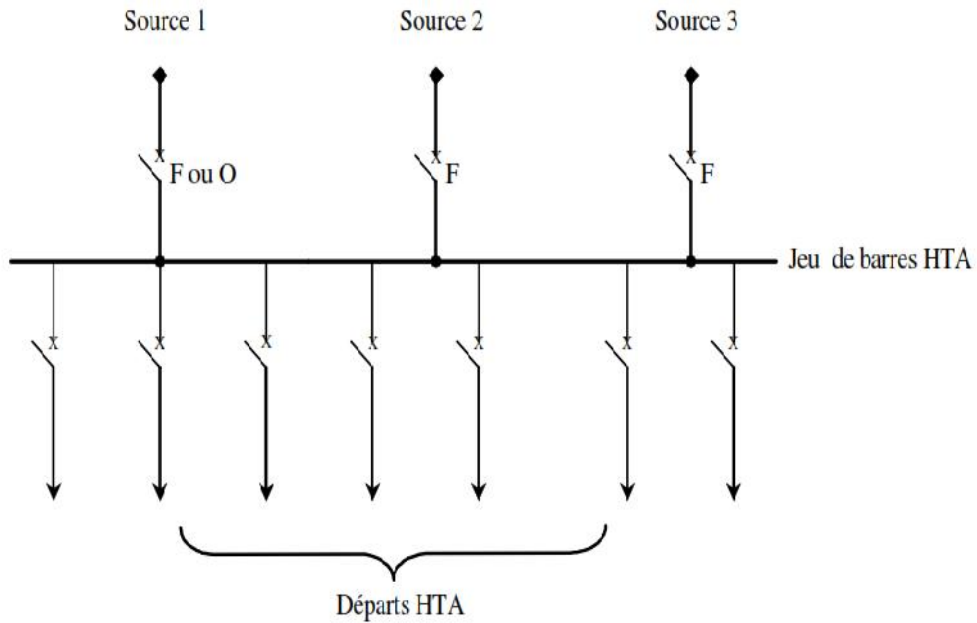
- Deux jeux de barres avec couplage et deux sources



Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.

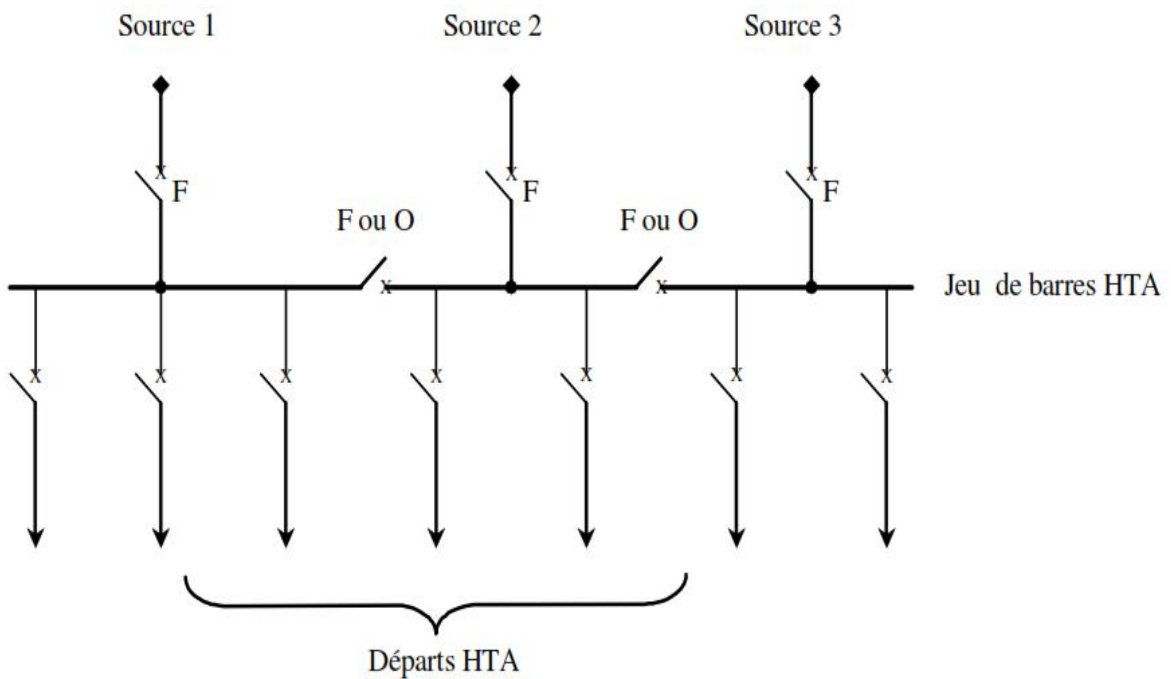
S'il est ouvert, chaque source alimente un jeu de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé et l'autre source alimente les deux jeux de barres. En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée

- **Un jeu de barres sans couplage avec trois sources**



Les 3 sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours des deux l'autres.
 En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés.

- **Trois jeux de barres avec couplage avec trois sources**

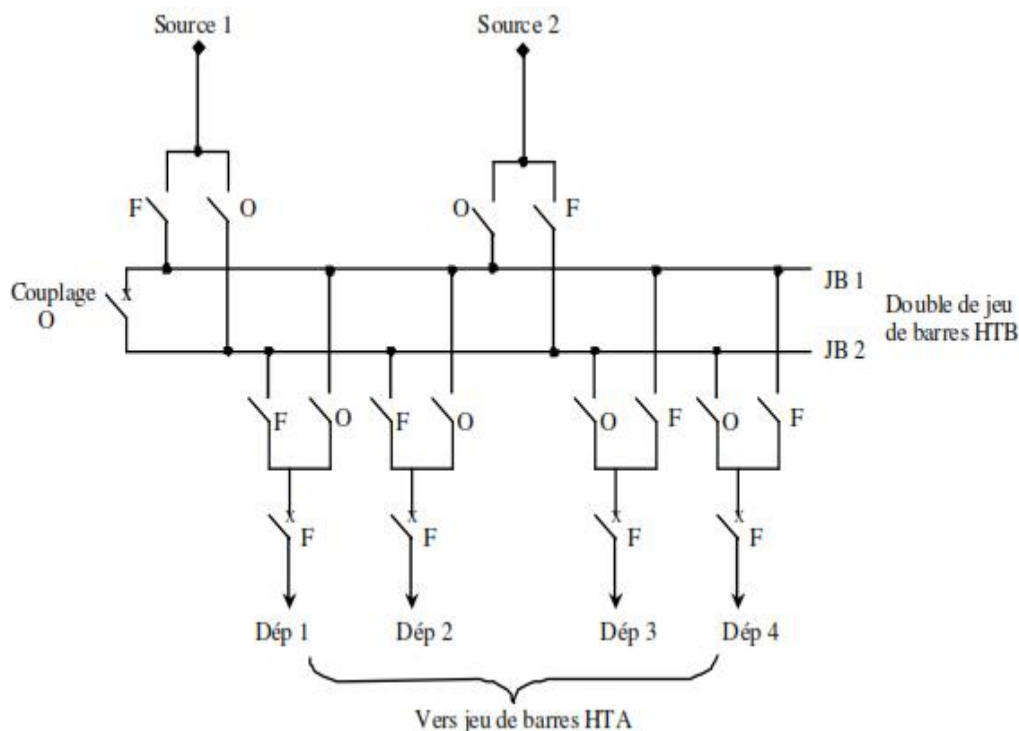


Les 2 disjoncteurs de couplage peuvent être maintenus ouverts ou fermés.

S'il sont ouverts, chaque source alimente sa section de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage associé est fermé, une source alimente 2 sections de barres et l'autre 1 section de barres.

En cas de défaut sur une section de barres (ou maintenance de celui-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée.

- **Sources et départs en DUPLEX**



- Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal.

- Chaque source peut alimenter l'un ou l'autre des jeux de barres par ses deux cellules disjoncteur débouchable. Par souci d'économie, il n'y a qu'un seul disjoncteur pour les 2 cellules débouchable qui sont installées tête-bêche. On peut ainsi facilement déplacer le disjoncteur d'une cellule à l'autre. Ainsi, si l'on veut que la source 1 alimente le jeu de barres JB2, on déplace le disjoncteur dans l'autre cellule associée à la source 1.

- Le même principe est mis en place pour les départs. Ainsi, à chaque départ sont associées deux cellules débouchables et un seul disjoncteur. Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des

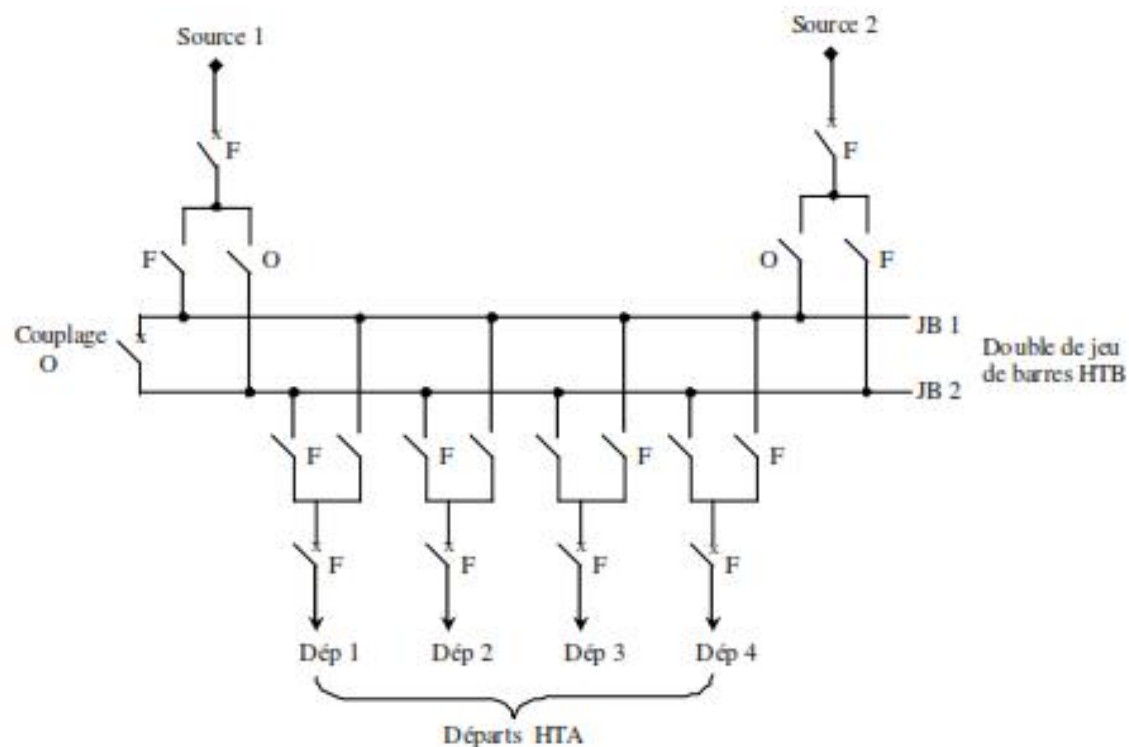
jeux de barres suivant l'emplacement du disjoncteur. Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JB1 et les départs Dép1 et Dép2. La source 2 alimente le jeu de barres JB2 et les départs Dép3 et Dép4.

- En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et chaque disjoncteur est placé sur le jeu de barres en service, afin que tous les départs soient alimentés.

- L'inconvénient du système " DUPLEX " est qu'il ne permet pas les permutations automatiques. En cas de défaut, chaque permutation à effectuer dure plusieurs minutes et nécessite la mise hors tension des jeux de barres.

- **Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources**



- Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal,

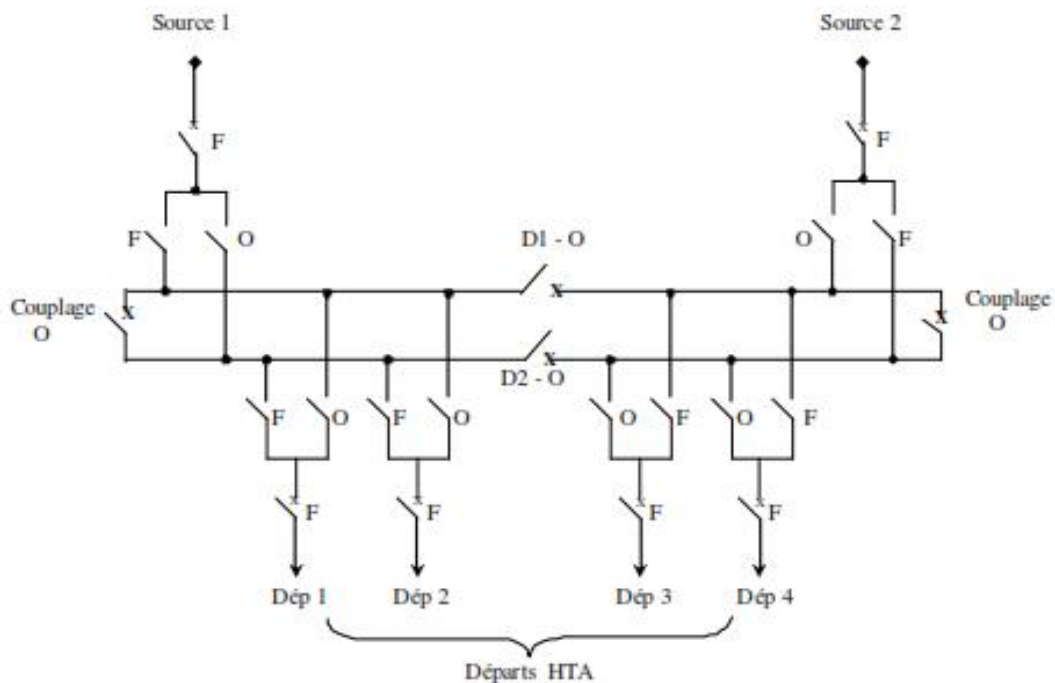
- Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des jeux de barres suivant l'état de sectionneurs qui lui sont associés, un seul sectionneur par départ doit être fermé.

- Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JB 1 et les départs Dép1 et Dép2. La source 2 alimente le jeu de barres JB 2 et les départs moyenne tension Dép 3 et Dép 4,

- En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation,

- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs.

- Deux doubles jeux de barres couplés entre eux



- Il est presque identique au schéma précédent (2 jeux de barres, 2 attaches par départ, 2 sources d'alimentation). La décomposition du double jeu de barres en 2 tableaux avec couplage (par D1 et D2) permet une plus grande souplesse d'exploitation,

- Chaque jeu de barres alimente un nombre de départs moins important en fonctionnement normal.