

REGIMES DE NEUTRE TN ET IT

OBJECTIFS DU COURS

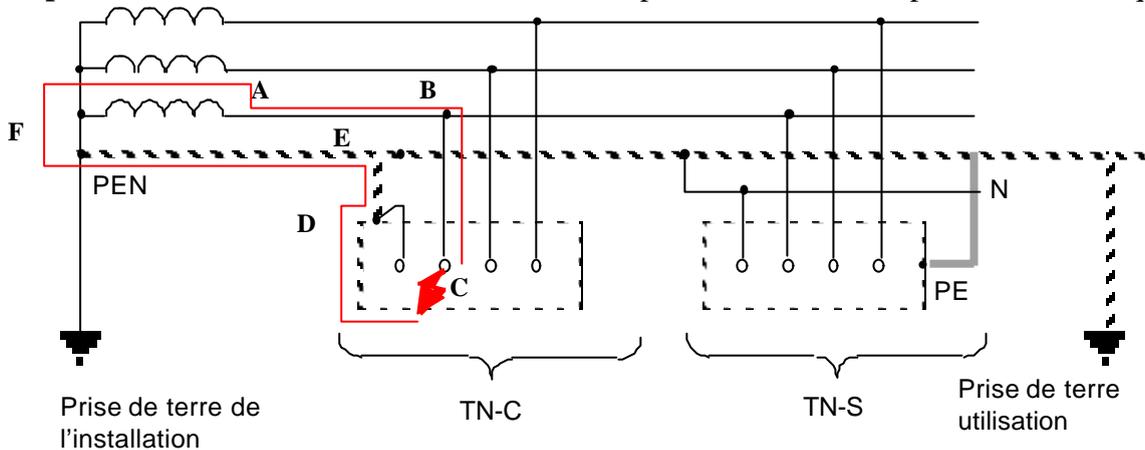
- Connaître le principe de protection des personnes en régime TN et IT.
- Savoir calculer des courants de défauts et des tensions de contacts en régime TN et IT.

A- REGIME TN :

1- Principe :

Le neutre de l'alimentation est mis à la **terre** et les masses sont reliées au **neutre** ; Ainsi, tout défaut d'isolement est transformé en un défaut entre phase et neutre soit un **court circuit** dont la valeur est limitée par **l'impédance** des câbles.

Exemple : Le défaut entre C et la masse se referme par le conducteur de protection électrique P.E.N.



On appelle Boucle de défaut le circuit A, B, C, D, E, F. Les fusibles ou disjoncteurs doivent assurer la protection et couper le circuit dans un temps **inférieur** à celui défini par la courbe de sécurité.

On distingue deux types de régime TN : (voir cours C 100)

Schéma TN-C : Le conducteur neutre et de protection électrique sont en communs.

Schéma TN-S : Le conducteur neutre est séparé du conducteur de protection électrique.

Explication de la protection :

Lorsqu'un défaut d'isolement survient entre une phase et la masse, le fait que cette masse soit reliée au neutre produit une forte différence de potentiel. Celle-ci a tendance à provoquer le **claquage** de l'isolant et à transformer le défaut d'isolement en **court circuit phase neutre**.

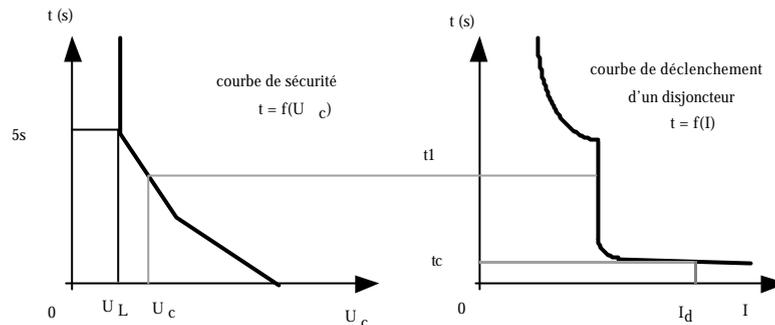
L'élévation de potentiel de la masse devient rapidement dangereuse et les systèmes de protection contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs) doivent couper le circuit dans le temps **défini** par les courbes de sécurité. Le courant de défaut est **limité** seulement par **l'impédance** des câbles de la boucle de défaut.

2- Conditions de protection :

La protection est effectuée par disjoncteur ou fusible. Le déclenchement se produit au premier défaut d'isolement.

2-1 Protection par disjoncteur :

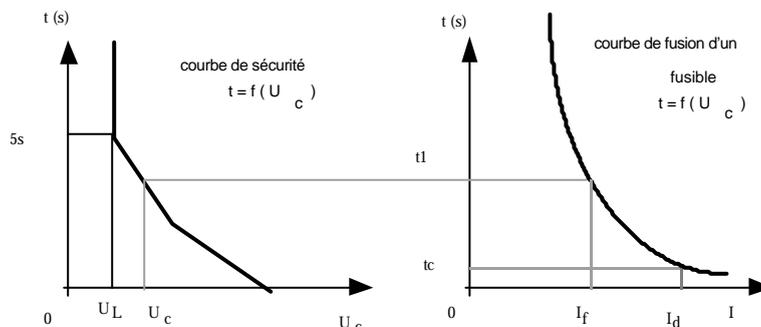
La comparaison des courbes de fonctionnement d'un disjoncteur et des courbes de sécurité montre qu'un disjoncteur assure la protection des personnes dans un schéma TN, à condition que le courant de défaut soit **supérieur** au courant de fonctionnement du déclencheur magnétique. **$I_d > I_{mag}$**



Remarque : Dans le cas d'une protection par disjoncteur, si **$I_d > I_{mag}$** le temps de coupure t_d est toujours inférieur à t_1 , pour toutes valeurs de U_c et de U_L .

2-2 Protection par fusible :

La comparaison des courbes d'un fusible et des courbes de sécurité montre qu'un fusible assure la protection des personnes dans un schéma TN, à condition que le défaut soit supérieur au courant assurant la **fusion** I_f du fusible dans le temps t_1 prescrit par la courbe de sécurité.

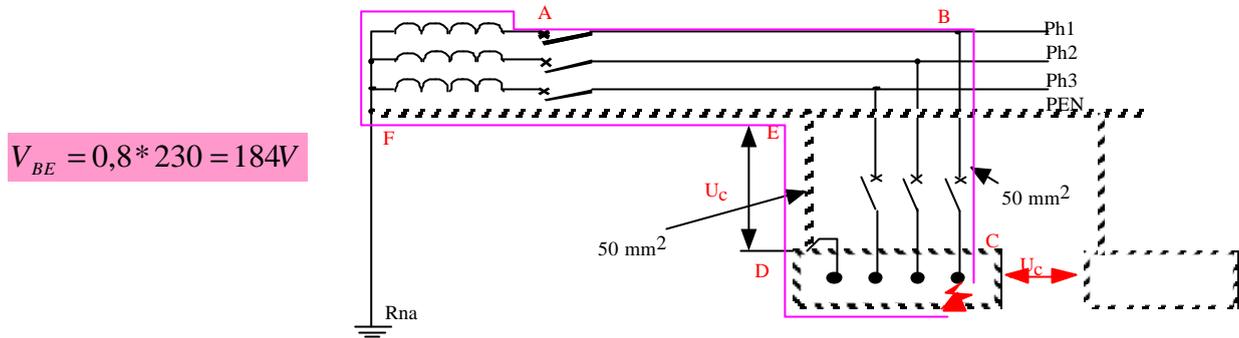


Remarque : La protection des personnes repose essentiellement sur les conditions de fonctionnement des protections du réseau en présence d'un défaut d'isolement. Il faut impérativement :

- Prendre toutes les dispositions pour **faciliter** l'établissement d'un courant de défaut **élevé**, le conducteur PE ou PEN fait partie du même câble que les conducteurs actifs.
- **Interconnecter** toutes les masses et éléments conducteurs.
- Vérifier par des calculs la bonne adaptation des protections ; Si possible faire des mesures de contrôle.

3- Calcul simplifié :

Dans le schéma ci dessous, qui représente un départ basse tension, la boucle de défaut B, C, D, E est alimentée par une tension estimée à 0,8 fois la tension simple (chute de tension dans le transformateur).



$$V_{BE} = 0,8 * 230 = 184V$$

L'impédance de cette boucle de défaut dans un calcul approché est ramenée à la valeur de la **résistance** des câbles. $Z_d = R_d$ impédance de la boucle de défaut B, C, D, E.

On considère que le conducteur PEN suit le même parcours que le conducteur de phase B, C, donc BC = DE, soit une longueur de 40 m. $R_d = 2 * R_{BC}$

$$\text{d'où } R_d = 2 * r * L / S = 2 * 17,2 * 40 / 50 = 27,52 m\Omega \quad (r_{\text{cuivre}} = 17,2 m\Omega mm^2 / m)$$

$$\text{Le courant de défaut } I_d \text{ est donné par la relation : } I_d = V_{BS} / R_d = 184 / 27,52 * 10^{-3} = 6686 A$$

La tension (U_c) peut être considérée comme la moitié de la tension aux bornes de la boucle de défaut, soit : $U_c = V_{DE} = V_{BE} / 2 = 184 / 2 = 92V$

Si la protection du circuit est assurée par un disjoncteur de calibre 160 A avec un relais magnétique qui déclenche à 7 fois l'intensité nominale : $I_{mag} = 7 * 160 = 1120 A$

$I_d > I_{mag}$ provoque le déclenchement du disjoncteur.

Il faut aussi s'assurer que le temps de déclenchement du disjoncteur est inférieur au temps maximal donné par la courbe de sécurité : $t_{\text{disjoncteur}} < t_{\text{sécurité}}$

Temps de déclenchement du disjoncteur 160 A donné par le constructeur : 0,025 s soit 25 ms ;

Temps donné par la courbe de sécurité pour une tension de contact de 88 V, courbe $U_L = 25 V$:

$$t_{\text{sécurité}} = 0,12 s$$

Les deux conditions (courant de défaut suffisant pour faire déclencher le disjoncteur et temps de déclenchement du disjoncteur suffisamment court) sont réalisées dans ce cas de calcul approché.

Si les conditions de déclenchement n'étaient pas assurées, il y aurait lieu :

- d'augmenter la section des conducteurs ;
- de réaliser des connexions équipotentielles supplémentaires ;
- d'agir sur le réglage du calibre du relais magnétique.

4- Calcul des conditions de déclenchement :

Le calcul exact du courant s'établissant en cas de défaut d'isolement est assez complexe, car il fait intervenir les impédances, directes, inverses et homopolaires, des composants du circuit.

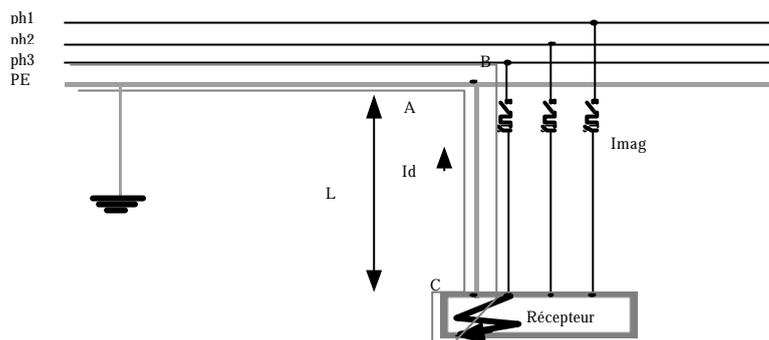
La norme NF C 15-100 prévoit une méthode simplifiée qui donne les longueurs maximales des circuits, en fonction :

- du type de protection (fusibles gG, AD, UR, aM, ou petits disjoncteurs) ;
- du calibre de la protection ;
- du régime de neutre.

Hypothèses simplificatrices :

Pour le départ à calculer, on applique la loi d'ohm, en faisant les hypothèses suivantes :

- La tension entre la phase de défaut et le conducteur PEN ou PE à l'origine du circuit est prise égale à 80 % de la tension simple nominale ;
 - On néglige les réactances des conducteurs devant leur résistance, sauf pour les sections supérieures à 120 mm². Au-delà, on majore les résistances des valeurs suivantes :
- # S = 150 mm², prendre R + 15 % # S = 185 mm², prendre R + 20 % # S = 240 mm², prendre R + 25 %
- Le conducteur de protection chemine à coté des conducteurs de phase correspondants.



$I_d = U_{AB} / R_{AB}$ et $U_{AB} = 0,8 * v$ par définition

$R_{AB} = r.L / S = r.L(1 / S_{pe} + 1 / S_{ph})$

on pose $m = S_{ph} / S_{pe}$

d'où $R_{AB} = r.L(1 + m) / S_{ph}$

sachant que $I_d > I_{mag}$, pour que la protection des personnes soit assurée, on en déduit :

$I_{mag} < 0,8.v.S_{ph} / (r.L(1 + m))$

d'où $L_{max} < 0,8.v.S_{ph} / (r(1 + m).I_{mag})$

Méthode de calcul :

Le calcul conduit à vérifier que la longueur du circuit est inférieure à la valeur donnée par la relation :

$L_{max} < 0,8.v.S_{ph} / (r(1 + m).I_{mag})$ ou I_f

- L_{max} : longueur maximale de la canalisation (en m) ;
- V : tension simple nominale (en V) ;
- S_{ph} : section des conducteurs de phase
- r : résistivité des conducteurs à température normale de fonctionnement.
Soit : 17,2 x 10⁻³ Ω mm²/m pour le cuivre ;
26,9 x 10⁻³ Ω mm²/m pour l'aluminium.
- m : rapport entre section des phases et section du conducteur de protection électrique ;
- I_{mag} : courant (en A) de fonctionnement du déclencheur magnétique ;
- I_f : courant (en A) assurant la fusion du fusible correspondant, sur les courbes de sécurité, à la tension de contact calculée par la relation : $U_c = 0,8.v.m / (1 + m)$

Résumé : En régime TN-C ou TN-S, le défaut d'isolement est transformé en défaut phase neutre. Le courant de défaut a pour valeur : $I_d = v / Z_d$

La coupure est effectuée par la protection contre les surintensités.

Fusibles : $I_d > I_f$ Disjoncteur : $I_d > I_{mag}$

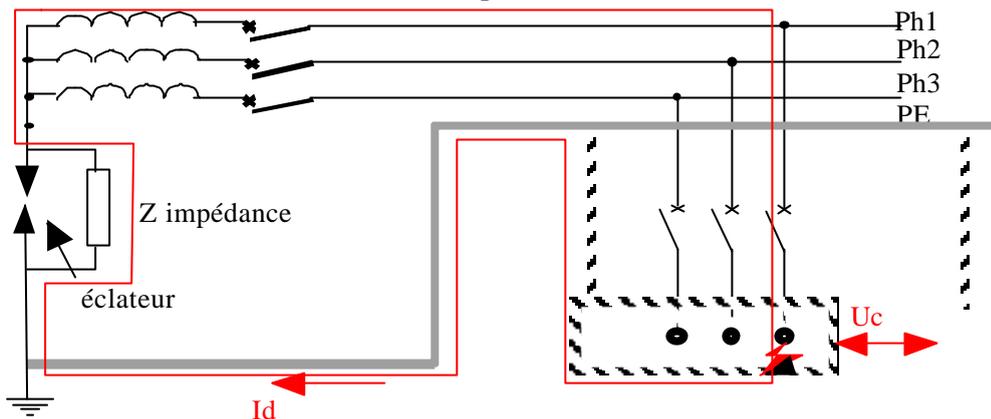
Dans ces deux cas, le temps de coupure doit être inférieur au temps donné par la courbe de sécurité.

On peut également déterminer la longueur des conducteurs par tableaux

B- REGIME IT :**1- Principe de la protection :**

Dans le régime de neutre isolé :

- Le neutre est **isolé** de la terre ou relié à la terre par une impédance élevée ;
- Les masses sont **reliées** à une prise de terre.

**1-1 Premier défaut :**

Un premier défaut n'est pas dangereux, mais il doit être recherché et éliminé. Au deuxième défaut, il faut impérativement couper le circuit en défaut.

a) exemple de calcul sans impédance Z :

- Données :
- réseau isolé, impédance d'isolement $Z_n = 50\,000\ \Omega$;
 - résistance du défaut $R_d = 0\ \Omega$;
 - résistance de terre $R_a = 10\ \Omega$.

La loi d'ohm nous donne $I_d = 230 / (10 + 0 + 50000) = 0,005\text{A}$

Le courant est très faible du fait de la forte impédance d'isolement du neutre.

La tension de défaut est alors $U_c = 0,005 \cdot 10 = 0,05\text{V}$; elle est inoffensive.

Tout se passe comme si on se trouvait devant un réseau avec une phase à la terre, et les deux autres phases ainsi que le neutre isolé.

Remarque : Dans une installation à neutre isolé (IT), l'impédance équivalente ramenée entre neutre et terre est d'environ $3\,500\ \Omega$ par km de ligne ; elle est due aux capacités et aux fuites à la terre qui se font par les isolants.

b) exemple de calcul avec impédance :

Le réseau comporte une impédance $Z_n = 2\,200\ \Omega$; $R_d = 2\ \Omega$; $R_n = 10\ \Omega$; $R_a = 10\ \Omega$.

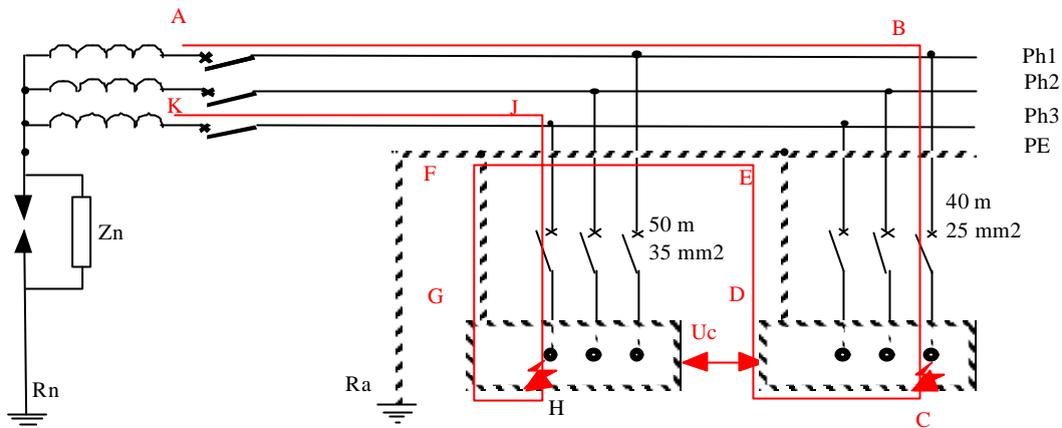
Le courant de défaut est : $I_d = 230 / (10 + 10 + 2 + 2200) = 0,1\text{A}$.

La tension de défaut est : $U_c = 0,1 \cdot 10 = 1\text{V}$

Le potentiel est **inoffensif**.

1-2 Cas d'un défaut double :

Soit le jeu de barre ci dessous qui alimente deux départs, et sur lequel il existe deux défauts. L'un sur la phase 1, l'autre sur la phase 3.



Calcul simplifié :

En cas de défaut double, il s'établit un courant de défaut I_d dans la boucle A, B, C, D, E, F, G, H, J, K.

Données : Z_d = impédance de la boucle B, C, D, E, F, G, H, J.
Réseau 400 V triphasé.

Calculs :

$$U_{BJ} = Z_d \cdot I_d$$

U_{BJ} = tension entre phase estimée à 0,8 U comme en TN d'où $U_{BJ} = 0,8 \cdot 400 = 320V$.

Si l'on néglige la réactance, l'impédance de la boucle de défaut peut être égale à :

$$Z_d = 2 \cdot (R_{BC} + R_{HJ}) = 2 \cdot r \cdot (40/25 + 50/35) = 2 \cdot 17,2 \cdot (1,6 + 1,4) = 103,2m\Omega$$

L'intensité de défaut est alors de : $I_d = U_{BJ} / Z_d = 320 / 0,1032 = 3100A$.

La tension de contact est alors de : $U_C = U_{BJ} / 2 = 320 / 2 = 160V$.

C'est une tension de contact **dangereuse**.

A travers ces résultats, on voit qu'en cas de défaut double, en régime de neutre IT, on est en présence d'un **fort** courant de court circuit et d'une tension de contact **dangereuse**.

2- Protection en cas de défaut double :

Protection par disjoncteurs et Protection par fusible :

Dans le cas d'un défaut double deux disjoncteurs sont concernés : D_1 et D_2 . Il s'agit comme en régime TN d'un court circuit mais entre phases. Il faut que le courant de défaut réponde aux conditions suivantes :

$$I_d > I_{mag1} \text{ ou } I_d > I_{mag2} \quad I_d > I_{f1} \text{ ou } I_d > I_{f2}$$

3- Calcul des conditions de déclenchement :

Dans une installation à neutre isolé (IT), en cas de deuxième défaut, on est ramené au cas du schéma TN avec deux particularités :

- Le neutre n'est pas forcément **distribué** ;

- Il est impossible d'effectuer la vérification pour tout les cas de défaut double ; On suppose une répartition identique de la tension entre chacun des deux défauts.

a) le neutre n'est pas distribué

$$L_{\max} < 0,8 \cdot u \cdot S_{ph} / (2 \cdot r \cdot (1 + m) \cdot I_{mag}) \text{ ou } I_f U_c = 0,8 \cdot u \cdot m / (1 + m)$$

b) le neutre est distribué

$$L_{\max} < 0,8 \cdot u \cdot S_1 / (2 \cdot r \cdot (1 + m) \cdot I_{mag}) \text{ ou } I_f U_c = 0,8 \cdot v \cdot m / (1 + m)$$

L_{\max} : longueur maximum du départ (en m) ;

V : tension entre phase et neutre (en V) ;

U : tension entre phases (en V) ;

S_{ph} : section de phase (en mm²) ;

S_1 : section de neutre (en mm²) ;

r : résistivité

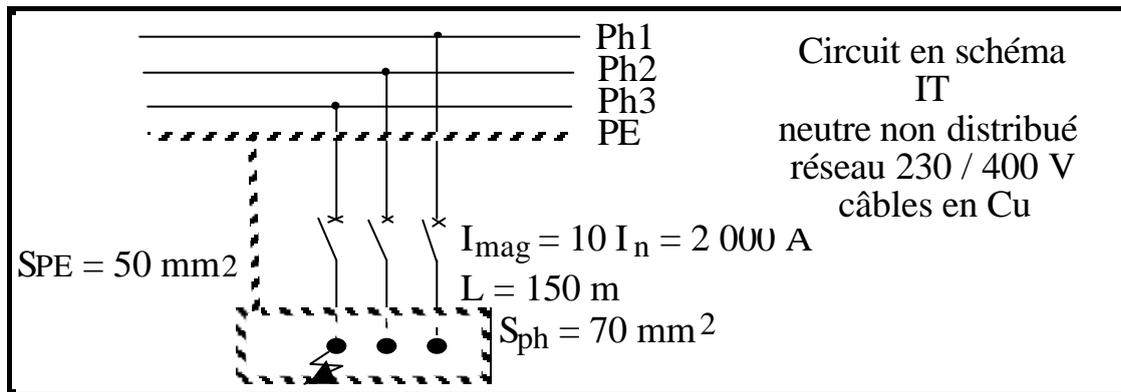
I_{mag} : courant de déclenchement du relais magnétique ;

I_f : courant de fusion du fusible, dans le temps calculé par les courbes de sécurité ;

m : rapport S_{ph} (ou S_1) / S_{pe} .

La norme NF C 15 100 recommande de ne pas distribuer le neutre dans un schéma IT car il diminue considérablement les longueurs protégées et pénalise ce mode de distribution.

3-2 Exemple de calcul :



$$L_{\max} = 0,8 \cdot 400 \cdot 70 / (2 \cdot 17,2 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 70 / 50) \cdot 2000) = 135,6 \text{ m}$$

La protection contre les contacts indirects n'est pas assurée car $L > L_{\max}$.

Par contre, en réglant le disjoncteur magnétique à **1 600 A**, on sera protégé ($I_{mag} = 8 I_n$)

3-3 Cas des masses séparées :

Dans le cas d'un défaut double, si les masses sont séparées, on se retrouve dans la situation du régime

TT.

Il faut alors installer une protection différentielle à courant résiduel de défaut en tête de chaque groupe de masse relié à une prise de terre distinct.

La sensibilité doit être adaptée à la résistance de la prise de terre ; on applique la relation :

$$R_a < U_L / I_{\Delta n}$$

4- Caractéristiques du régime IT :

Ce type de régime de neutre permet surtout d'assurer une bonne continuité de service, mais il nécessite impérativement que les conditions suivantes soient respectées :

- L'installation est **alimentée** par un poste de transformation privé ;
- Un **service** d'entretien électrique compétent est présent pour la recherche du premier défaut ;
- L'installation est munie d'un ensemble de **détection** du premier défaut ;
- Protection au **deuxième** défaut assurée sur **chaque** départ.