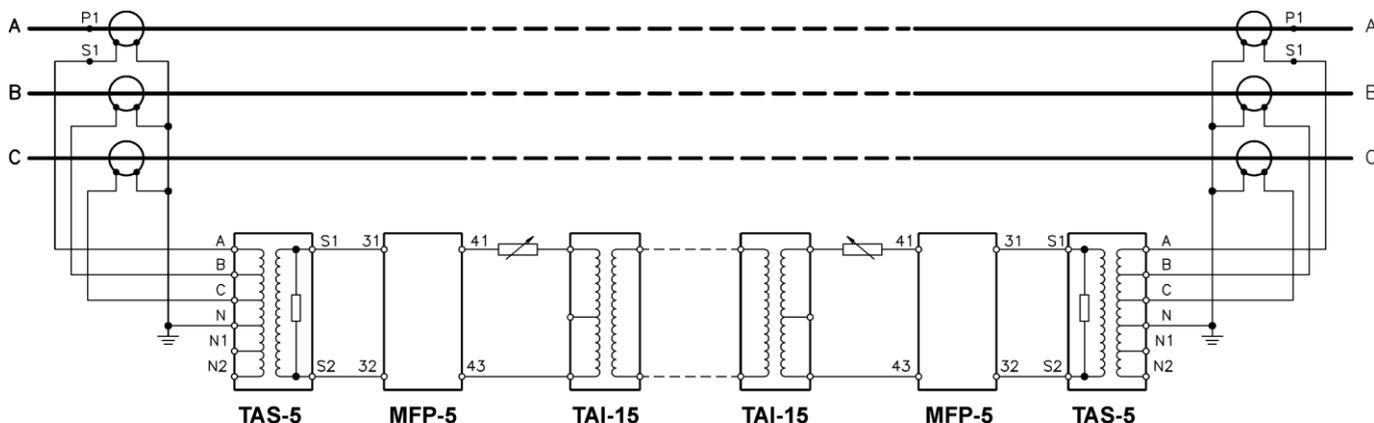


Les essais décrits dans ce document sont applicables au relais différentiel câble MFP fournis par MICROENER.

AVANT PROPOS

Le relais MFP est une protection différentielle câble à fils pilotes. Elle est constituée des éléments suivants :

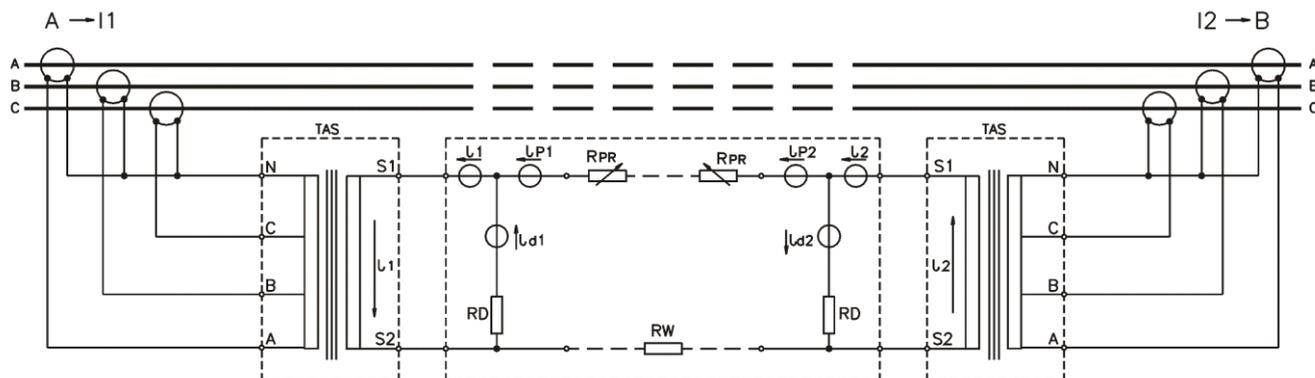


- **Le TI sommateur TAS** (calibre 1 ou 2 ou 5A) qui élabore la somme des courants "amont" entrant dans le câble (un second TAS est nécessaire pour les courants sortant du câble).
Ce TI, en association avec le MFP, garantit un isolement jusqu'à 5KV des fils pilotes et permet le fonctionnement avec des fils pilotes ayant une résistance jusqu'à 1000Ω.
Ce type de montage (MFP + TI) est normalement utilisé pour la protection des lignes et câbles de 36KV maximum et d'une longueur de 13km maximum.
- **Le module MFP** (un module de part et d'autre du câble), qui analyse et calcule les courants différentiels.
- **Une résistance variable** à chaque extrémité du MFP permettant d'ajuster la résistance des fils pilotes à 1000Ω
- **Le transformateur d'isolement TAI-15 (optionnel)**, permettant d'assurer un isolement jusqu'à 15KV des fils pilotes et le fonctionnement avec des fils pilotes ayant une résistance jusqu'à 2500Ω. Ce type de montage (MFP + TI + TAI-15) est normalement utilisé pour la protection des lignes et câbles de tension supérieure à 36KV et d'une longueur de 32km maximum.

La valeur nominale du courant qui circule dans les fils pilotes est de 20mA. De par son principe et ses algorithmes de calcul, la protection différentielle câble MFP reste stable vis à vis de courant traversant allant jusqu'à 50In.

Fonction différentielle câble : principe de fonctionnement

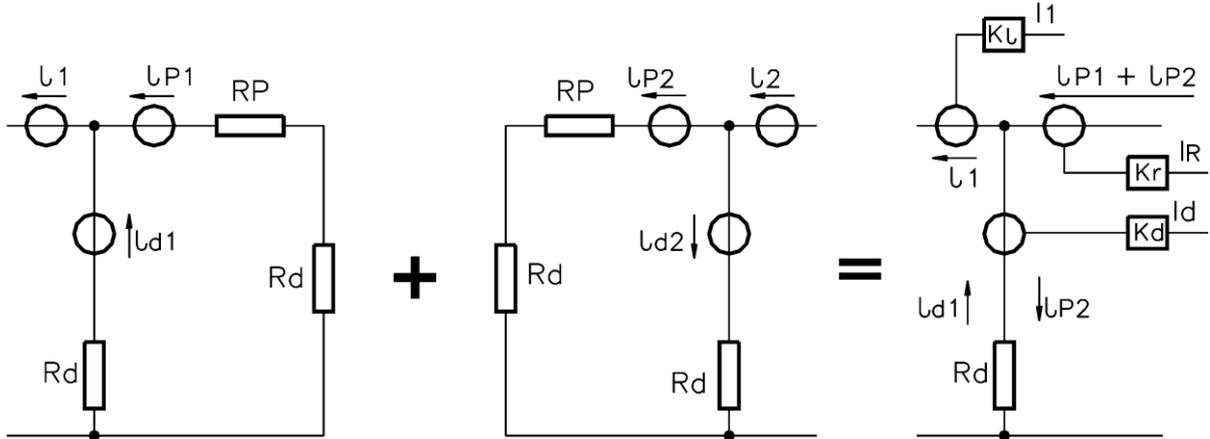
Le principe de fonctionnement du MFP est basé sur la circulation de courant à travers les fils pilotes.



Avec ce type de schéma, chacun des MFP mesure les courants suivants :

- Le courant i (i_1 ou i_2) est proportionnel au courant I (I_1 ou I_2) traversant le MFP,
- Le courant i_d circulant à travers les résistances R_d est proportionnel à : $\bar{i}_1 - \bar{i}_2$,
- Le courant i_p circulant dans les fils pilotes est proportionnel à : $\bar{i}_1 + \bar{i}_2$

S'il n'y a pas de défaut entre les 2 MFP, on a le circuit de courant suivant :



$$R_p = 2R_{PR} + R_W \quad ; \quad R_T = R_D + (R_D + R_p) = 2R_D + R_p$$

$$i_{p1} = i_1 \frac{R_D}{R_T} \quad ; \quad i_{p2} = i_2 \frac{R_D}{R_T}$$

$$i_{d1} = i_1 \frac{R_p + R_D}{R_T} \quad ; \quad i_{d2} = i_2 \frac{R_p + R_D}{R_T}$$

Si on se place à l'extrémité 1, on a les valeurs suivantes :

$$I_R = K_R (i_{p1} + i_{p2}) = K_R \frac{R_D}{R_T} (i_1 + i_2) \Rightarrow K_R = \frac{R_T}{R_D}$$

$$I_1 = K_i \cdot i_1$$

$$I_\Delta = K_d (i_{d1} + i_{p2}) = K_d \left(\frac{R_p + R_D}{R_T} i_1 - \frac{R_D}{R_T} i_2 \right)$$

Si on considère que : $I_\Delta = K_d (i_{d1} - i_{p2}) - K_i \cdot i_1 = i_1 \left(K_d \frac{R_p + R_D}{R_T} - K_i \right) - i_2 \cdot K_d \frac{R_D}{R_T}$, pour obtenir I_d

proportionnel à $i_1 - i_2$, il faut avoir :

$$K_d \frac{R_p + R_D}{R_T} - K_i = 1 \Rightarrow K_i = \frac{R_p}{R_D}$$

$$K_d \frac{R_D}{R_T} = 1 \Rightarrow K_d = \frac{R_T}{R_D}$$

Du fait de cette simplification, on a : $R_P = R_D = \frac{1}{3} R_T$ $K_i = 1$; $K_d = 3$; $K_r = 3$

On obtient donc les résultats suivants :

$$I = I_1, I_2 \quad I_R = I_1 + I_2 \quad I_\Delta = i_1 - i_2$$

- Dans les conditions d'exploitation normales ou dans le cas où il y a un défaut externe ($I_1 = I_2$), on a :

le courant de retenue : $I_R = 2I$ (Stabilité maximale)

le courant différentiel : $I_d = 0$

$$K_S = \frac{I_d}{I_R} = 0$$

- Dans le cas où il y a un **défaut interne alimenté par une seule extrémité** ($I_1 = I, I_2 = 0$ ou $I_1 = 0, I_2 = I$), on a :

le courant de retenue : $I_R = I$ (stabilité moyenne)

le courant différentiel égal au courant de défaut : $I_d = I$

$$K_S = \frac{I_d}{I_R} = 1$$

- Dans le cas où il y a un **défaut interne alimenté par les deux extrémités** ($I_1 = -I_2$), on a :

le courant de retenue : $I_R = 0$ (pas de stabilité)

le courant différentiel est égal à 2 fois le courant de défaut $I_d = 2I$

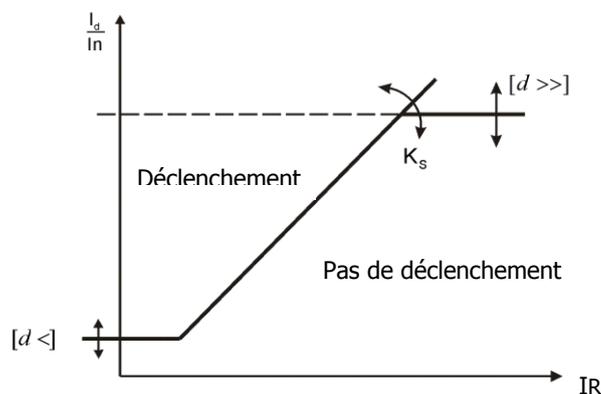
$$K_S = \frac{I_d}{I_R} = 2$$

Le 1^{er} seuil différentiel déclenche instantanément (en moins de 30ms) dès que le ratio **I_d/I_r est supérieur au seuil K_s** et que **le courant différentiel est supérieur au seuil différentiel $d>$** .

Pour compenser l'erreur due aux transformateurs de courant lorsque le courant est faible, le seuil K_S inhibe le déclenchement du 1^{er} seuil différentiel.

Il faut donc que deux conditions soit réunies pour déclencher :

$$\frac{I_d}{I_R} \geq [K_S] \quad \& \quad I_d \geq [d >]$$



Le 2^{ème} seuil différentiel $d >>$ déclenche instantanément dès que le seuil de courant différentiel est supérieur au seuil programmé.

Le transformateur sommateur de courant: TAS

A chaque extrémité du circuit à protéger, il y a 3 transformateurs de courant dont les secondaires sont raccordés au primaire du transformateur sommateur TAS.

Le TAS est fait de telle sorte que lorsque vous injectez le nominal sur ses primaires, vous avez 20 mA au secondaire.

De part sa construction (nombre de tours différents pour les entrées phase, plusieurs choix de raccordements possibles à la terre selon la sensibilité voulue), le TAS ne fournit pas la même réponse selon le type de défaut.

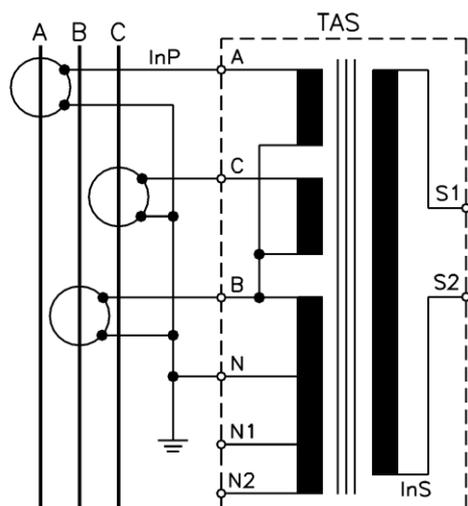


Fig 2

Réponse du TAS selon les défauts	
Type de défaut	% Sortie
3 phases Sym. A-B-C	100
2-phases A-B	115.5
2-phases A-C or B-C	57.7
Phase A à la terre (entrée N)	288.7
Phase A à la terre (entrée N1)	375.3
Phase A à la terre (entrée N2)	460
Phase B à la terre (entrée N)	173.2
Phase B à la terre (entrée N1)	259.8
Phase B à la terre (entrée N2)	345.6
Phase C à la terre (entrée N)	230.9
Phase C à la terre (entrée N1)	317.5
Phase C à la terre (entrée N2)	403.2

➤ Exemple :

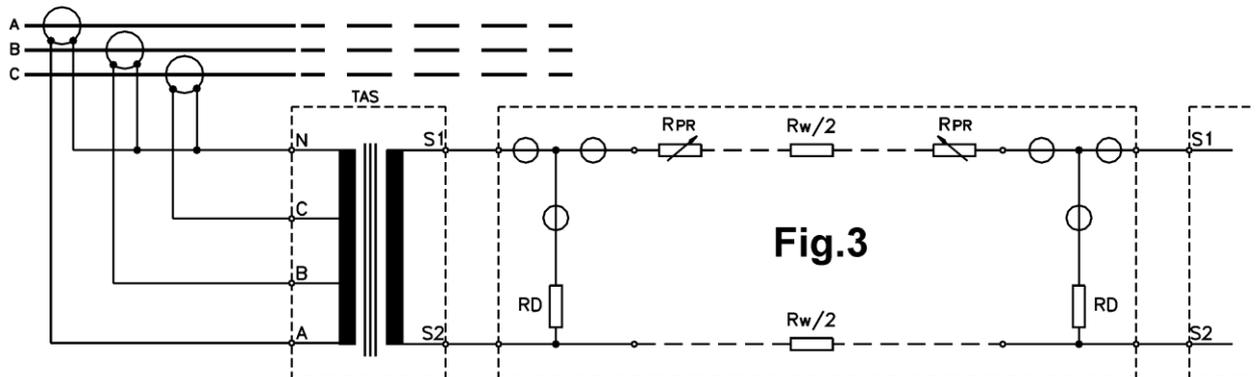
S'il y a un défaut triphasé avec un courant de "10In" sur le primaire du TAS, on a "10In" ($10 \cdot 100 / 100$) au secondaire du TAS.

S'il y a un défaut monophasé (sur la phase A raccordé au N) avec un courant de "10In" sur le primaire du TAS, on a "28.87In" ($10 \cdot 288.7 / 100$) au secondaire du TAS.

LE CIRCUIT DES FILS PILOTES

Principe de fonctionnement

Le MFP est prévu pour fonctionner avec une boucle de fils pilotes ayant une impédance de 1000Ω . Si l'impédance des fils est supérieure à 1000Ω , un transformateur **TAI-15** doit être mis pour adapter l'impédance. Dans la majorité des cas, l'impédance de boucle est inférieure à 1000Ω , et dans ce cas une résistance d'adaptation **RPR** (résistance variable de type **RSR 16*90 – (0-500) Ω – 50W** doit être mise à chaque extrémité du MFP.



$$R_D = 1000\Omega = 2R_{PR} + R_w \Rightarrow R_{PR} = \frac{R_D - R_w}{2}$$

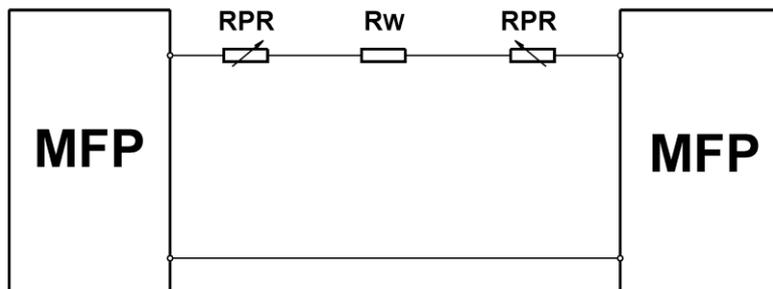
$$R_{PR} = \left(\frac{1000 - R_w}{2} \right) \Omega$$

Exemple : $R_w = 600\Omega \rightarrow R_{PR} = \left(\frac{1000 - 600}{2} \right) = 200\Omega$

Pour le circuit des fils pilotes, il est recommandé :

- d'utiliser une paire torsadée de fils de cuivre avec une section de 0.5mm^2 (ce fil possède une résistance d'environ $73\Omega/\text{Km}$ et une capacité d'environ $60\text{nF}/\text{Km}$),
- de connecter le blindage de la paire torsadée à un seul point de connexion.

Le calibrage de la résistance de compensation RPR



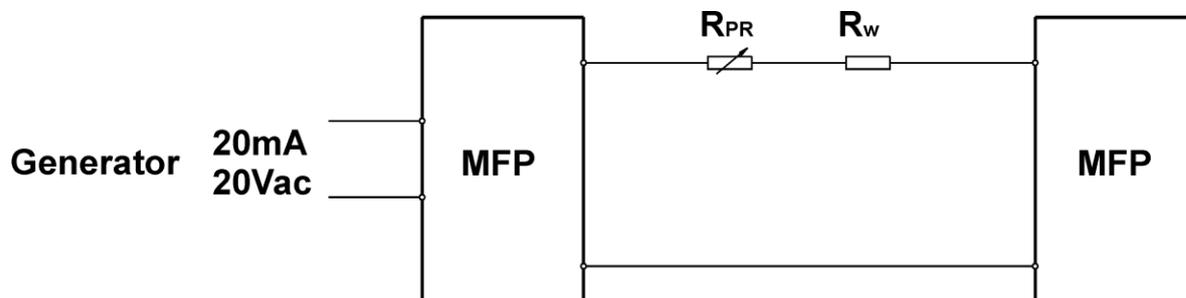
Pour ajuster la résistance :

- Mesurer ou évaluer la résistance R_w de la boucle des fils pilotes
- Faire varier chaque résistance RPR jusqu'à la valeur : $R_{PR} = \frac{1000 - R_w}{2} \Omega$

Remarque : Il n'est pas nécessaire d'ajuster cette valeur de résistance extrêmement précisément car il existe une correction interne et programmable dans le MFP

Le calibrage de la boucle

Après avoir ajusté la résistance RPR, injecter 20 mA comme indiqué sur la figure ci-dessous :



Lire la valeur de " I_r " sur l'afficheur du MFP et si elle est différente de 100%, corriger I_r en faisant varier le paramètre " α_p "

Exemple : $I_r = 97\%$ alors " α_p " = $100/97 = 1.03$

Puis lire la valeur de " I_d " qui doit aussi être à 100%. Si cette valeur est différente, corriger I_d en faisant varier le paramètre " α_i ".

Exemple : $I_d = 105\%$ alors " α_i " = $105/100 = 1.05$

La même procédure est à effectuer sur les 2 relais MFP.

Note. : Nous avons pris comme exemple une injection de 20 mA qui donne 100% pour les différents courants mais vous pouvez injecter n'importe quelle valeur à partir du moment où vous respectez le ratio.

Exemple : $I = 16 \text{ mA}$ (80%)

- Si $I_r = 78\%$ alors " α_p " = $80/78 = 1.03$
- Si $I_d = 84\%$ alors " α_i " = $84/80 = 1.05$

ESSAIS DE RECEPTION

Dès réception des relais sur le site et avant la mise en service, il est conseillé d'effectuer les vérifications ci-après. Si un relais s'avérait défectueux, il est recommandé de s'adresser au Service Après Vente de MICROENER.

Conditions générales d'essais

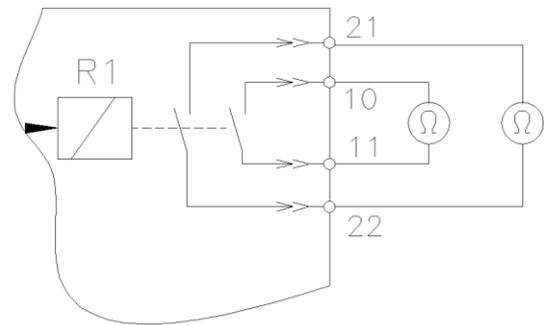
Le relais est alimenté sous sa tension auxiliaire nominale correspondant à l'option d'alimentation choisie.

- a) - $\begin{cases} 24V(-20\%) / 110V(+15\%) \text{ a.c.} \\ 24V(-20\%) / 125V(+20\%) \text{ d.c.} \end{cases}$ b) - $\begin{cases} 80V(-20\%) / 220V(+15\%) \text{ a.c.} \\ 90V(-20\%) / 250V(+20\%) \text{ d.c.} \end{cases}$

Vérifications des contacts des relais des sorties**Aucun courant sur les entrées de mesure.**

Vérifiez grâce à l'ohmmètre la continuité ou non des contacts des relais des sorties, conformément au schéma sur le flanc du relais, le manuel d'utilisation ou votre commande si vous avez choisi des options.

Exemple : test sur relais de sortie

**Description du test**

Ces tests doivent être réalisés **après** vérification de l'impédance de la boucle des fils pilotes et le réglage des coefficients de compensation α_p et α_i

Vérification du premier seuil de fonctionnement

Raccordez l'unité ampéremétrique à tester sur la valise de test selon le schéma indiqué au paragraphe "Montage de test".

Raccordez un contact de sortie instantané du relais à tester sur l'entrée de la valise de test "arrêt injection".

- Préréglez le courant injecté par la valise de test à 80% du seuil [d>] réglé sur le relais à tester.
- Injectez instantanément le courant prérégulé (appui sur démarrage test).
- Augmentez progressivement (rampe automatique ou manuellement) le courant injecté par le générateur jusqu'au basculement du relais de sortie instantané.
- Notez la valeur de déclenchement et vérifiez qu'elle est dans la plage de précision du relais.

Recommencez, selon le cas, l'opération sur les autres phases à tester.

Vérification du second seuil de fonctionnement

Raccordez l'unité ampéremétrique à tester sur la valise de test selon le schéma indiqué au paragraphe "Montage de test".

Raccordez un contact de sortie temporisé du relais à tester sur l'entrée de la valise de test "arrêt chronomètre".

- Préréglez le courant injecté par la valise de test à +10% du seuil [d>>] réglé sur le relais.
- Injectez instantanément le courant prérégulé (appui sur démarrage test).
- Constatez qu'il n'y a pas de basculement des contacts de sortie à échéance de la temporisation du seuil.
- Préréglez le courant injecté par la valise de test à +6% du seuil [I>] réglé sur le relais.
- Injectez instantanément le courant prérégulé (appui sur démarrage test).

- Constatez le basculement instantané des contacts de sortie affecté au second seuil [$d > >$].
- Notez la valeur indiquée par le chronomètre lors du basculement du relais de sortie temporisé et, vérifiez que cette valeur est dans la plage de précision du relais.

Recommencez, selon le cas, l'opération sur les autres phases si le relais à tester est biphasé ou triphasé ainsi que sur l'entrée homopolaire.

Vérification de la signalisation et de la remise à zéro

Durant les tests d'injection, vérifiez les points suivants :

- La signalisation lumineuse de l'appareil s'allume (à échéance de la temporisation) ou clignote (durant la temporisation).
- A l'arrêt de l'injection sur l'entrée à tester, vérifiez que le défaut est mémorisé et que le voyant correspondant reste allumé.
- Appuyez sur le bouton poussoir de remise à zéro, en face avant du relais, et constatez la disparition des signalisations lumineuses (si le courant injecté est inférieur au seuil).

Vérification de la fonction TEST

Réalisez un test en appuyant sur le bouton poussoir "TEST" après être venu dans le menu correspondant (voir manuel d'utilisation), la protection étant toujours embrochée et en l'absence de défaut sur le réseau protégé.

- Vérifiez que les voyants (LED) s'allument pendant le test.
- Vérifiez que l'afficheur revient sur sa position initiale si le programme ne détecte pas de défaut interne à l'appareil

ESSAIS DE MISE EN SERVICE

Rappel

Pour ces essais, il convient de prendre les précautions d'usage qui s'imposent lorsque l'on travaille à partir de tensions et de courants délivrés par un réseau (consignation de tronçon, court circuitage des TC, décharge des tensions capacitatives des câbles après mise hors tension, utilisation d'appareils isolés, etc.).

Les essais réalisés dans le paragraphe ESSAIS DE RECEPTION ont dû montrer le bon fonctionnement de la protection.

Le module de protection est débroché

- Vérifiez la valeur et la polarité de la tension d'alimentation auxiliaire du tableau.
- Vérifiez le branchement et le rapport de transformation des TC.
- Vérifiez le positionnement des cavaliers de choix (1 ou 5A)

La protection est embrochée dans le tableau, elle est prête à fonctionner.

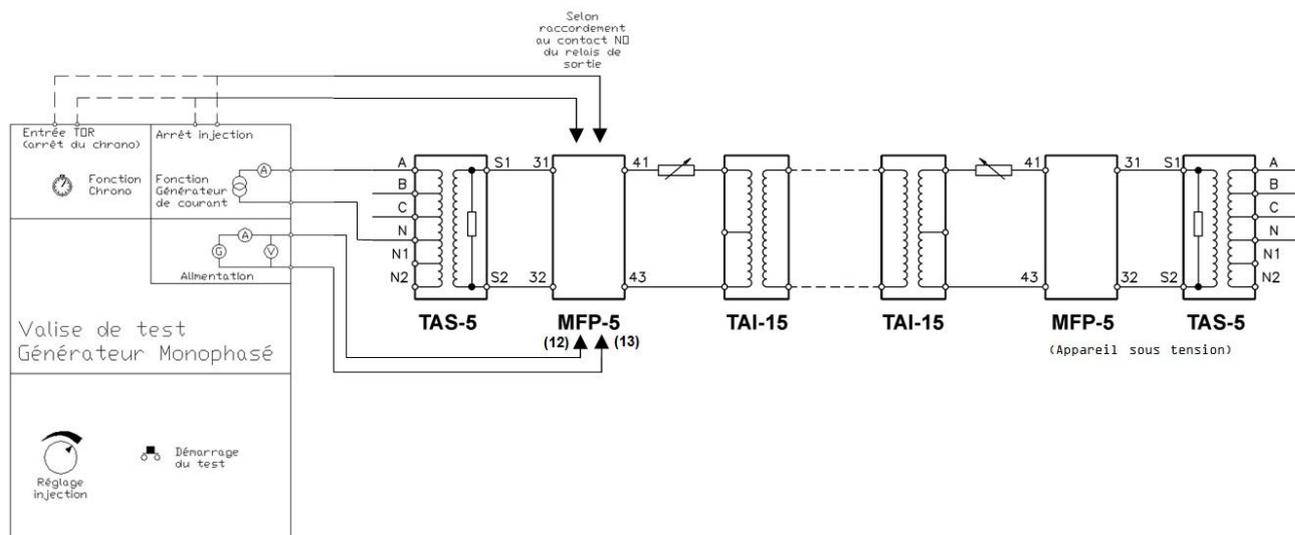
Essais de la protection

Les essais du paragraphe ESSAIS DE RECEPTION sont reconduits mais en injectant le courant sur les entrées de l'unité "phase" conformément au schéma de l'installation au niveau du secondaire des TC, par l'intermédiaire de boîtes à bornes d'essais.

- La vérification des temporisations s'effectue en mesurant le temps écoulé entre le défaut sur l'entrée mesure et le fonctionnement de l'organe de coupure.
- L'arrêt de la temporisation se fait par un contact de position du disjoncteur.

NOTA : La valeur indiquée par la temporisation est égale au temps affiché sur le relais, majoré du temps de réponse de la chaîne de déclenchement située en aval du contact du relais de sortie de la protection.

MONTAGE DE TEST



Nota : Le test est effectué pour un défaut alimenté d'un seul côté. Ce test doit donc être effectué également sur la protection située à l'autre extrémité.