Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 66 (1975)

Heft: 23

Artikel: Expérience acquise avec les systèmes de protection de lignes HT dans le réseau de la SA l'Energie de l'Ouest-Suisse

Autor: Muller, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915323

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Expérience acquise avec les systèmes de protection de lignes HT dans le réseau de la SA l'Energie de l'Ouest-Suisse

Par P. Muller

Nach einer kurzen Charakterisierung des Westschweizer 220-kV-Netzes wird anhand von zwei konkreten Störungsfällen der Distanzschutz im Falle eines Fehlers auf den beiden Leitungssträngen bei einem Zwischenleitungsabgang sowie der Sammelschienenschutz verbunden mit einem Nahschutz diskutiert.

Après avoir brièvement rappelé les caractéristiques du réseau 220 kV de la Suisse romande, l'exposé traite de deux cas de perturbations, concernant le premier, le comportement de la protection de distance lors de défauts simultanés sur les 2 ternes d'une ligne avec faible injection, le second, la protection de lignes courtes insérées dans une protection de jeu de barres.

Il faut d'abord se rappeller les caractéristiques essentielles du réseau 220 kV de la Suisse romande, à savoir:

– que le point neutre est mis rigidement à la terre

– que les lignes dont il sera question sont avec armement dit «en sapin» ou «en double drapeau», à 2 ternes avec protecteur.

– que les phases ne sont pas transposées autrement dit il n'y a pas de pylône de permutation le long du tracé de la ligne.

– que les relais de protection sont des relais de distance à min. d'impédance, type L3wybS, fabrication BBC.

1er cas: Echelonnement correct des caractéristiques en gradin des protections de distance. Aspect théorique et pratique

L'échelonnement de la caractéristique en gradin des relais de distance – spécialement du 2e stade – en cas d'injection unilatérale peut être vérifié selon le schéma unifilaire de la fig. 1.

Fig. 1a

La puissance de court-circuit provient essentiellement des stations *A* et *C* – en *B*, la Pcc due à une injection locale est faible, voire nulle.

Le défaut survenant en *D*, par exemple à la suite d'une décharge atmosphérique, affecte les 2 ternes et se situe très près de *C*. Il est en général biphasé ou triphasé avec terre.

Une première question que l'on doit se poser est celle-ci: quel doit être l'échelonnement du 2e stade des relais en *A* et *A'* autrement dit leur portée en ohm par rapport au 2e stade des 2 relais placés en *B* et mesurant tous les quatre le même défaut?

Fig. 1b

A noter que les disjoncteurs de la station *C* déclenchent en 1er stade (défaut proche de *C*). Le défaut reste alors alimenté par *A* via *B*. Les protections de *B* travaillent de façon autonome, c'est-à-dire sans dispositif de liaison avec la station *C*.

Fig. 1c

En fait tout se passe comme si l'on avait affaire à une ligne simple. Il n'apparaît pas de différence de potentiel entre les 2 demi-barres de la station *B*, donc pas de courant de circulation susceptible d'influencer les relais.

Au moyen de la fig. 2, en appliquant le principe de superposition, on vérifie bien que l'échelonnement s'effectue comme pour une ligne simple.

La fig. 3 conduit à la même conclusion en utilisant le facteur d'injection k (inj. locale en *B* de la même valeur que la participation du terne *A*) – après transformation conforme du schéma – le coefficient k vaut 2; les 1ers stades respectivement en *A* et *B* ont été portés à 100 % du tronçon de base pour les besoins de la démonstration.

Quelles sont alors les autres causes d'erreur pouvant amener un chevauchement des caractéristiques?

Les formules classiques de calcul des impédances des systèmes triphasés strictement équilibrés ne donnent pas des valeurs exactes pour les défauts biphasés: d'une part à cause de

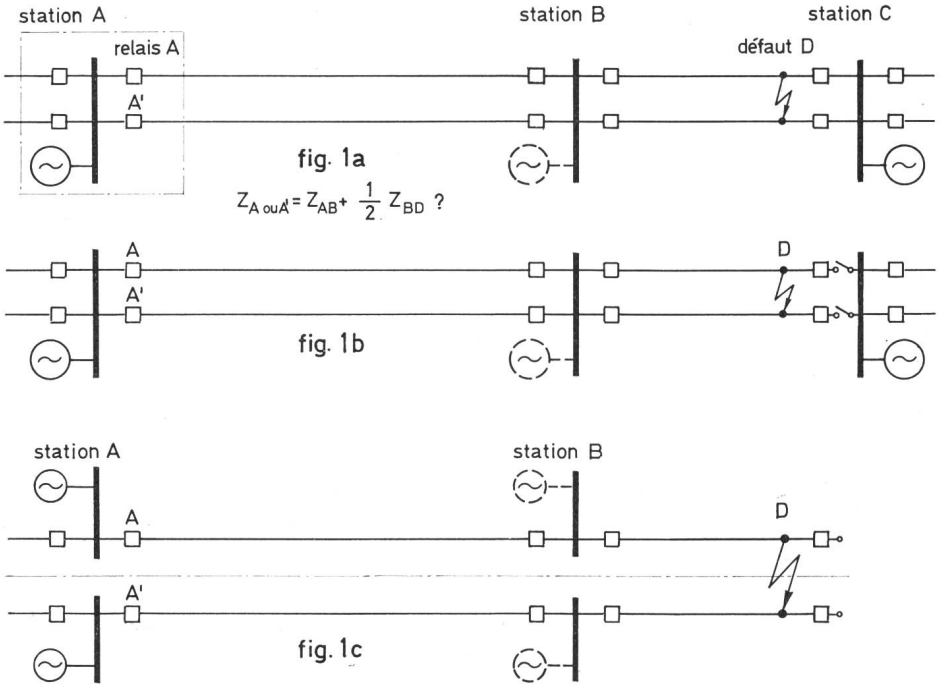

Fig. 1
Contrôle de l'échelonnement de la caractéristique en gradin des relais de distance *A* et *A'* lors du fonctionnement en 2e stade
Défaut en *D* couplant les 2 ternes de la ligne *BC* – Injection unilatérale provenant de *A* évent. de *B*

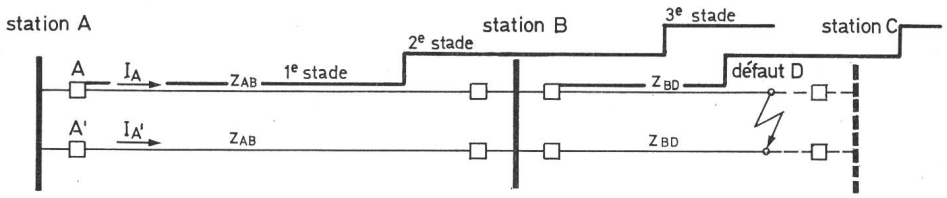

Fig. 2 Contrôle de l'échelonnement des 2e stades d'une ligne à 2 ternes

Conditions: défaut très proche de la station *C*, injection très faible voire négligeable en *B*.
Valeur de l'impédance mesurée par les relais de distance *A* ou *A'* lors d'un défaut en *D* *).

$$U_A = Z_{AB} \cdot I_A + \frac{Z_{BD}}{2} \cdot I_A + \frac{Z_{BD}}{2} \cdot I'_A \qquad Z_A = \frac{U_A}{I_A} = Z_{AB} + \frac{Z_{BD}}{2}\left(1 + \frac{I'_A}{I_A}\right)$$

si $I_A = I'_A$ c.-à-d. départs bouclés en *A* sur un même jeu de barres.

alors $\boxed{Z_A = Z_{AB} + Z_{BD}}$

*) L'impédance est considérée dans son sens général, pratiquement on doit tenir compte si le défaut est isolé ou avec mise à terre (imp. de terre).

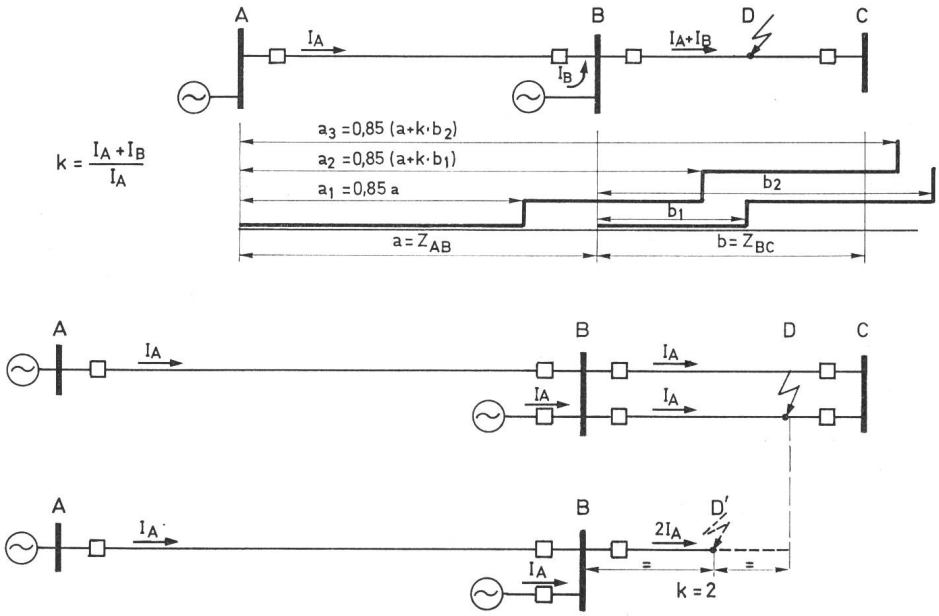

Fig. 3 Contrôle de l'échelonnement des 2e stades des protections d'une ligne à 2 ternes au moyen du coefficient d'injection *k*

Adaptation du schéma pour le cas de la ligne à 2 ternes

hyp.: $a_1 = 100\,\%\ a \rightarrow a_2 = 100\,\%\ (a + kb_1) \rightarrow Z_A = Z_{AB} + k \cdot \frac{1}{2} Z_{BC}$
$b_1 = 100\,\%\ b$

Si le défaut est proche de la station *C*: $Z_A = Z_{AB} + k \cdot Z_{BD}'\ (Z_{BD}' = \frac{1}{2} Z_{BD})$
$= Z_{AB} + 2\, Z_{BD}'\ (k = 2)$
$Z_A = Z_{AB} + Z_{BD}$

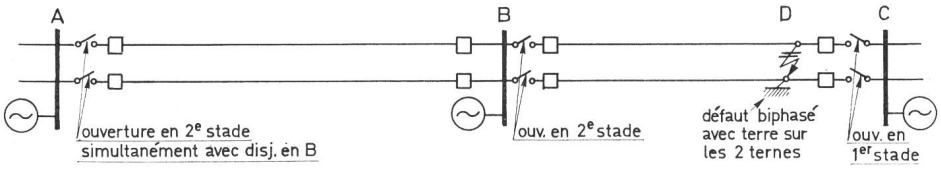

Fig. 4 Cas limite de non sélectivité entre relais *A* et *B* lors d'un défaut affectant les 2 ternes au voisinage de *C* (perturbation atmosphérique)

$a_1 = 0{,}92 \cdot a = 20{,}5\ \Omega$
$a_2 = 29{,}7\ \Omega$ } valeurs calculées
$k_0 = 0{,}7$
pas de fonctionnement du relais de courant de terre RLV
(court. de terre inf. au seuil de fonctionnement)

Situation des phases homologues en défaut: sup. – inf.
sur le tronçon *A–B* méd. – méd.

$b_1 = 9\ \Omega$
$b_2 = 12{,}5\ \Omega$
$k \simeq 1{,}2$ } ajusté sur valeurs mesurées
$k_0 = 0{,}58$ } k_0 ajusté à 0,6
fonctionnement du relais de courant de terre

Situation des phases homologues en défaut: sup. – sup.
sur le tronçon *B–C* inf. – inf.

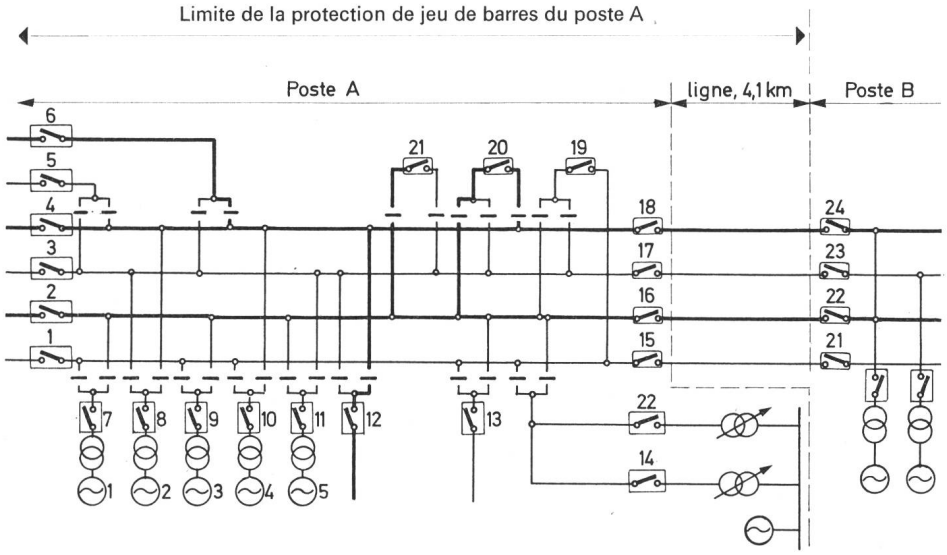

Fig. 5a
Schéma du jeu de barres étendu aux extrémités de 4 lignes courtes entre les postes *A* et *B*

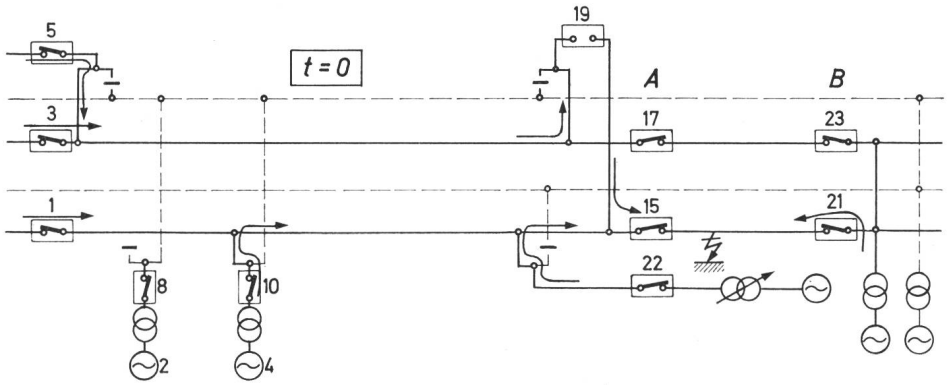

Fig. 5b
Schéma valable lors du défaut survenu sur la ligne courte A_{15} et B_{21}

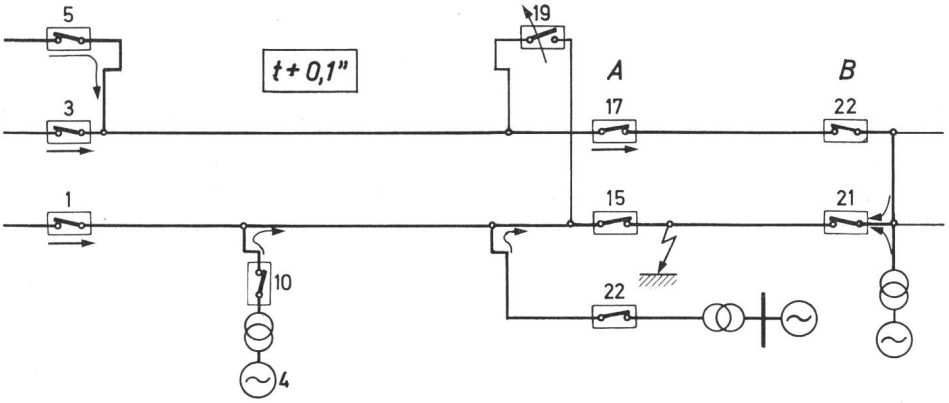

Fig. 5c
Analyse chronologique de la perturbation

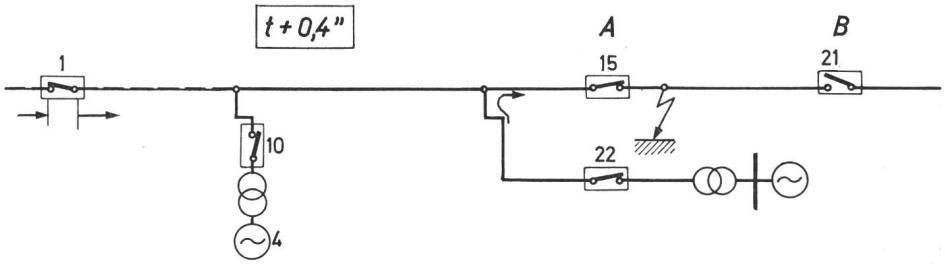

Fig. 5d
Suite et fin de l'analyse chronologique du défaut

la disposition des phases: quasiment dans un plan vertical pour les pylônes «sapins» et horizontal pour les passages de conducteurs «en nappe», et d'autre part vu la non-transposition régulière de ces phases. Des mesures d'impédance ont effectivement donné des différences de 9 % entre phases rapprochées et éloignées.

L'incidence de telles variations doit être prise en compte lors du contrôle de l'échelonnement avec une ligne courte *BC* selon la valeur choisie pour l'impédance de la ligne *AB*; et tout spécialement si le coefficient de réduction pour la détermination des réactances des stades est choisi supérieur à 85 % comme c'est le cas chez nous.

Une autre circonstance: si la puissance de court-circuit en *A* respectivement en *B* est faible, le fonctionnement simultané des relais de terre RLV en *A* et en *B* lors de défaut à la terre n'est pas certain (étude du schéma homopolaire), il s'ensuit des commutations internes des relais en *A* et en *B* qui peuvent mettre en défaut la sélectivité des stades par des mesures erronées, spécialement si les relais RLV fonctionnent seulement en *B*. Ce phénomène est encore aggravé par le fait que le ko mesuré par les relais lors du défaut ne correspond pas au ko réglé qui ne tient compte que d'une ligne (voir fig. 4).

Conclusion

La connaissance exacte des caractéristiques de la ligne *AB* s'impose. Une erreur sur les caractéristiques de *AB* peut conduire à la non-sélectivité de l'échelonnement des stades.

– Les relais ne peuvent pas prendre en compte la mutuelle homopolaire, c'est-à-dire corriger le facteur ko lors d'un défaut intervenant sur les 2 lignes en parallèle.

– Un système d'entraînement par la station *C* de l'ordre de déclenchement simultané de la station *B* – par exemple par la méthode de déclenchement conditionnel interdépendant serait bénéfique. Attention toutefois à la fiabilité!

2e cas: Fonctionnement en 1er stade d'une protection de distance adaptée à une ligne courte lors de défaut avec grande résistance de terre

La fig. 5a à 5d analyse une perturbation survenue sur une ligne courte insérée dans une protection de jeu de barre, défaut monophasé à la terre.

Fig. 5a

– Le jeu de barres est partagé en 2 zones «rouge» et «verte» afin de diminuer la puissance de court-circuit. Le disjoncteur N° 21 n'est jamais fermé.

– Les points de mesure de la protection du jeu de barre de la station A sont situés dans cette station.

– Les disjoncteurs N° 15 à 18 de la station *A*, vu leur pouvoir de coupure réduit, sont bloqués et ne reçoivent aucun ordre de déclenchement. Toutefois, les relais de distance de ces départs peuvent donner un ordre de déclenchement qui est introduit dans la protection de jeu de barre et transmis ensuite par un système BDX BBC aux disjoncteurs correspondants de la station *B*.

De ce fait, un défaut sur une des 4 lignes courtes entre *A* et *B* est considéré par *A* comme défaut de barres.

– Un système par fil pilote, dit de protection pour lignes courtes est en service entre *A* et *B* sur les 4 lignes susmentionnées, il consiste en un dispositif auxiliaire: Ysa/L BBC ne permettant le déclenchement à la station *A* et *B* que lorsque les relais directionnels CM des L3 donnent simultanément l'ordre de déclenchement en *A* et en *B*. Ce dispositif a pour but d'éviter un déclenchement non sélectif, vu que le réglage du 1er gradin dépasse aussi bien en *A* qu'en *B* la réactance du tronçon de base (1,7 ohms), le fonctionnement est semblable à celui d'une protection différentielle entre *A* et *B*, mais limité dans le temps au 1er gradin des relais de distance.

Fig. 5b, Analyse chronologique de la perturbation

Au temps $\boxed{t = 0}$, apparition du défaut

Icc dp N° 15 ≃ 8 kA
Icc dp N° 17 ≃ 5,1 kA

Fig. 5c

Au temps $\boxed{t = +0{,}1''}$, ouverture du disjoncteur de séparation N° 19 par relais I max. instantané, ce qui a pour effet d'injecter 13 kA sur le dp 17 en direction du poste *A* et de réduire à 3,2 kA env. l'injection du dp 15 sur le défaut.

Fig. 5d

Au temps $\boxed{t = +0{,}4''}$, ouverture du disj. N° 21 au poste *B*. Fonctionnement par protection de distance en 2e stade.

Au temps $\boxed{t + 0{,}48''}$, on constate l'interruption momentanée sur le dp N° 1 de l'injection de la puissance de court-circuit dû à un réenclenchement rapide du disjoncteur de la station opposée.

Au temps $\boxed{t + 0{,}57''}$, au poste *A*, ordre de déclenchement provenant du L3 du dp N° 15 et transmis à la protection de barre.

Au temps $\boxed{t + 0{,}58''}$, exécution de l'ordre de déclenchement précédent sur les disjoncteurs N° 1, 10 et 22 au poste *A* et N° 21 au poste *B* (transmission par BDX / ce disjoncteur est déjà ouvert à t + 0,4″ par son propre L3).

Au temps $\boxed{t + 0{,}64''}$, disparition du courant de défaut sur dp N° 15 au poste *A*.

Conclusion

L'analyse et les renseignements obtenus ont montré que la résistance du défaut lors de la mise à la terre causé par une pelle mécanique travaillant sur un terrain faiblement conducteur (éboulis rocheux) a joué un rôle non négligeable eu égard à la faible réactance du défaut mesuré aussi bien en *A* qu'en *B*.

De plus, les mesures effectuées avec l'appareil d'essai au relais de distance de la station *B* ont montré qu'à cause de la dispersion entraînée par une valeur extrême de réglage du 1er gradin: 199 %, son rayon d'action effectif est sensiblement réduit.

En définitive, l'analyse et les mesures ont permis de faire les modifications suivantes:

– Augmentation du rayon d'action du 1er gradin porté à 2 fois la réactance du tronçon à protéger, ce qui ne crée pas à priori de risque de déclenchement non sélectif même pour d'autres genres de défauts. On utilise au mieux les caractéristiques des relais existants et la protection de ligne courte installée.

– Contrôle de l'orientation des relais directionnels CM en *A* et *B* pendant le temps de fonctionnement imparti au couplage par fil pilote et dispositif Ysa/L de façon à connaître leur comportement dès l'apparition du défaut et jusqu'au 2e stade s'il a lieu.

Adresse de l'auteur:
P. Muller, ing.-dipl. EPFL, Service d'exploitation, S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, case postale 1048, 1001 Lausanne.