

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Band: 37 (1959)

Heft: 2

Artikel: Répéteurs à impédance négative

Autor: Jacot, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875427>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

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

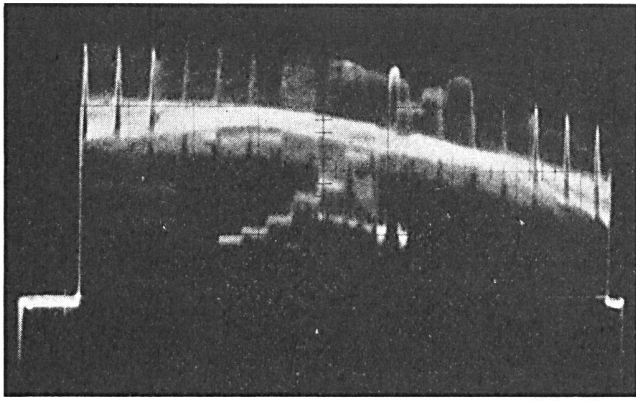


Fig. 6. Oszillogramm über alle Zeilen. Der helle Streifen entspricht dem grauen Bildgrund. Das Absinken nach rechts wurde in diesem Falle durch Unhomogenität der Abtast- röhre hervorgerufen

G. Echosignale

Echosignale werden durch Aufsuchen von Mehrfachbildern des Schwarz-Weiss-Balkens (H) im Feld rechts von diesem festgestellt. Dieses Feld erhielt bewusst nur graue und weisse Elemente, um die dunkeln Mehrfachbilder des Balkens besser in Erscheinung zu bringen. Schnellere Reflexionen werden direkt an der Schwarz-Weiss-Kante des Balkens (H) beobachtet.

J. JACOT, Berne

Répéteurs à impédance négative

621.375.4:621.395

Résumé. On tend de plus en plus à réduire le diamètre des conducteurs des câbles, tandis que les distances entre centraux augmentent, de sorte que les administrations se trouvent placées devant la nécessité de compenser l'affaiblissement supplémentaire par un élément amplificateur bidirectionnel. Les ingénieurs américains se sont basés sur la notion connue depuis longtemps «d'impédance négative» pour construire des répéteurs pour les liaisons inter-centraux.

Après avoir expliqué la notion d'impédance négative et la manière d'en obtenir une amplification, on rend compte des résultats pratiques réalisés entre Neuchâtel et Fleurier. Grâce à des essais effectués avec d'autres types de répéteurs, il sera possible de déterminer le modèle qui remplit toutes les conditions souhaitées par l'administration.

1. Introduction

Les exigences du point de vue de la qualité de transmission croissent sans cesse dans les réseaux locaux et ruraux; il est nécessaire de desservir les abonnés éloignés avec un service d'une qualité égale à celui des abonnés proches du central. Des raisons d'économie de matière première et de capital investi poussent les administrations à ne plus poser des câbles à conducteurs de gros diamètre; au contraire, la tendance générale est de le réduire, quitte à compenser l'affaiblissement plus grand qui en résulte par d'autres moyens techniques.

Dans les très grandes villes, où le nombre de centraux téléphoniques va en augmentant, l'affaiblisse-

H. Ursprungsort

Um aus den vielen gleichartigen im ganzen Netz verwendeten Testbildern jederzeit deren Ursprungsort (Sendestation, Studio, Reportagewagen usw.) feststellen zu können, enthalten die Bilder im Feld 0 einen entsprechenden Kennbuchstaben.

I. Ursprungsland

Anstelle einer Beschriftung, die durch die Dreisprachigkeit des Landes ziemlich umfangreich geworden wäre und dadurch die obenerwähnten Messmöglichkeiten stark beeinträchtigt hätte, wurde das normale PTT-Signet gewählt, das gleichzeitig Land und Organisation auch für das Ausland genügend klar kennzeichnet. Eine spezielle Erwähnung von «Television» auf einem Fernsehtestbild wäre im übrigen ein informationstechnischer Pleonasmus.

K. Ästhetischer Eindruck

Da sich über ästhetische Fragen streiten lässt, soll hierüber nicht Stellung genommen werden. Die Art der Bildelemente und vielfach auch deren Platzierung wurden nach den vorhergehenden Ausführungen durch technische Überlegungen vorgeschrieben. Es bleibt daher für ästhetische Spekulationen nur ein verschwindend kleiner Spielraum übrig.

Zusammenfassung. Immer mehr wird danach gestrebt, die Durchmesser der Kabeladern zu verringern, während sich die Distanzen zwischen den Zentralen verlängern. Deshalb sehen sich die Verwaltungen vor die Notwendigkeit gestellt, die zusätzliche Dämpfung durch Zweirichtungsverstärker auszugleichen. Die amerikanischen Ingenieure stützen sich hierbei auf den schon lange bekannten Begriff der «negativen Impedanz», um Verstärker für Verbindungen zwischen Zentralen zu bauen.

Nach der Erklärung des Begriffes «negative Impedanz» und der Art und Weise, daraus eine Verstärkung zu erhalten, wird über die zwischen Neuenburg und Fleurier gemachten praktischen Versuche berichtet. Dank den mit anderen Verstärkertypen erzielten Versuchen ist es möglich, ein Modell zu schaffen, das die von der Verwaltung gewünschten Bedingungen erfüllt.

ment des circuits de jonction peut devenir si grand qu'il faudra le compenser par un élément amplificateur. D'autre part, et ceci s'applique particulièrement en Suisse, la portée des circuits des réseaux ruraux s'allonge et il existe encore beaucoup de centraux de concentration auxquels sont reliés un certain nombre de centraux terminus, de sorte que l'affaiblissement d'une communication empruntant ces faisceaux-là deviendra toujours plus grand. Il est donc nécessaire d'introduire un élément amplificateur apte à réduire l'affaiblissement des circuits reliant les centraux de concentration au central principal du réseau et par la même occasion réduire la distorsion d'affaiblissement des circuits pour la

bande des fréquences transmises. Le cas peut aussi se présenter où une telle amplification ne sera nécessaire que pour des communications depuis les centraux terminus via les centraux de concentration, l'élément amplificateur étant supprimé lorsque la communication aboutit au central de concentration.

De tels répéteurs doivent remplir un certain nombre de conditions: ils doivent être

1. simples, mais stables
2. bon marché
3. économiques au point de vue consommation de courant
4. peu volumineux
5. capables de laisser passer directement les signaux nécessaires à la commutation automatique
6. sûrs dans leur fonctionnement.

Grâce aux transistors, les conditions 3, 4 et 6 peuvent être facilement remplies. Les autres conditions le peuvent aussi grâce à un nouveau type de répéteur pour circuits à deux fils développé aux Etats-Unis d'Amérique vers 1952 et qui a été introduit dans les réseaux téléphoniques sur une très grande échelle; en effet, en 1954, il y en avait déjà plus de 50 000 en service, et actuellement leur nombre dépasse certainement les 100 000.

Ces répéteurs sont basés sur un principe qui était connu depuis longtemps (1930), mais différent des répéteurs à deux fils ordinaires; ce principe consiste à introduire une impédance négative dans la ligne et c'est la raison pour laquelle on les appelle communément répéteurs à impédance négative.

2. Principe des impédances négatives

Une impédance négative est un dipôle actif, c'est-à-dire comprenant une source d'énergie (batterie) dont l'impédance présente une partie réelle négative dans une certaine bande de fréquences.

Si l'on se reporte à la loi d'Ohm et que l'on applique une f.e.m. E à une résistance ordinaire R , un certain courant I circulera du pôle négatif vers le pôle positif de la source. On aura la relation bien connue $R = \frac{E}{I}$, où E est la tension en volts et I le courant en ampères, le sens du courant étant considéré comme positif.

D'une manière semblable, un courant donné I peut circuler dans la résistance R où il produira une chute de tension ou différence de potentiel $E = IR$ aux bornes de la résistance. Dans le cas de résistances «positives», il n'y aura aucune différence que nous appliquions une f.e.m. à la résistance ou que nous y fassions passer un courant; la résistance absorbera une certaine énergie $EI = I^2R$ watts.

Il existe un certain nombre d'appareils électriques possédant la propriété de garder constant le rapport de la tension et du courant aux deux bornes d'un réseau, mais où le courant circulerait dans un sens opposé. Dans de tels circuits, la résistance sera négative. Par exemple, une lampe à arc, dont les charbons sont alimentés par du courant continu, présente la

particularité qu'une augmentation du courant produit à partir d'une certaine valeur une diminution de la chute de tension; c'est comme si subitement la résistance du circuit avait changé de signe.

Il y a effectivement deux circuits différents grâce auxquels on peut réaliser des impédances négatives. Dans le premier, si l'on fait passer un certain courant dans le système, une différence de potentiel de sens opposé à celui du courant apparaîtra aux bornes; ce système dépendant du courant sera stable en circuit ouvert et est défini comme *impédance négative du type série*. Au contraire, si l'on applique une certaine tension aux bornes du système, un courant de sens contraire à celui de la tension circulera; le système sera fonction de la tension et sera stable en court-circuit; il est défini comme *impédance négative du type parallèle*. Ces deux types se comportent d'une manière différente et ne peuvent être utilisés indifféremment l'un à la place de l'autre, mais on peut obtenir chaque valeur d'impédance négative que l'on désire; le débit d'énergie dans le circuit est commandé par des éléments tels que tubes électroniques ou «transistors». Les conditions de stabilité jouent un rôle essentiel dans l'application des impédances négatives.

3. Transformation d'une impédance positive en impédance négative

Les impédances négatives peuvent être réalisées au moyen de circuits spéciaux comprenant des tubes électroniques ou des «transistors» (éléments actifs) et en appliquant le principe de la réaction positive ou négative.

Le circuit électrique de tubes électroniques conçu pour transformer une impédance positive en impédance négative peut être représenté par un réseau quadripôle équivalent, consistant en une combinaison d'éléments ayant une impédance positive et un «convertisseur idéal» d'impédance négative.

On peut se représenter ce convertisseur d'impédance comme un transformateur ayant un rapport de transformation égal à $-k:1$, c'est un quadripôle avec transmission bilatérale (fig. 1). Une impédance Z_N (positive) connectée aux bornes 3 et 4 apparaîtra sous la forme $-kZ_N$ aux bornes 1 et 2 (fig. 2). De même, une impédance Z_L (positive) connectée aux bornes 1 et 2 apparaîtra sous la forme $\frac{Z_L}{-k}$ aux bornes 3 et 4 (fig. 3).

Nous avons vu qu'il existe deux types d'impédance négative, le type série, qui correspond à l'impédance négative $-kZ_N$ équivalente à $\frac{-U}{I}$ et le type parallèle

qui correspond à l'impédance négative $\frac{Z_L}{-k}$ équivalente à $\frac{U}{-I}$.

Le rapport de transformation k est de la forme $A|\theta|$, la grandeur A et l'angle θ variant avec la fréquence.

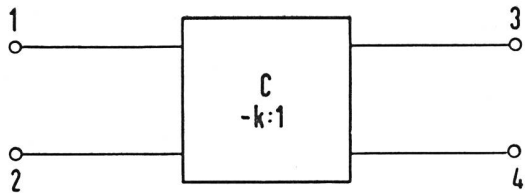


Fig. 1. Convertisseur d'impédance

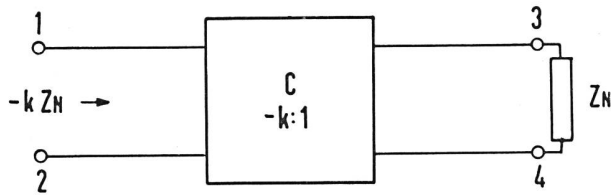


Fig. 2. Impédance négative du type série

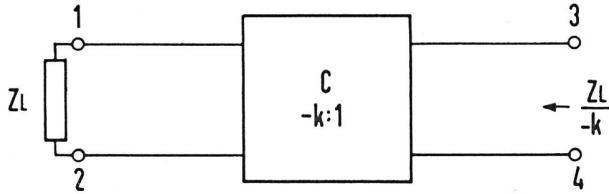


Fig. 3. Impédance négative du type parallèle

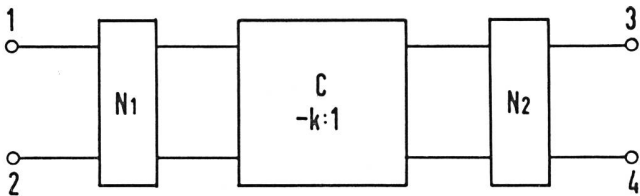


Fig. 4. Cas pratique du convertisseur d'impédance

Cas d'un réseau en T

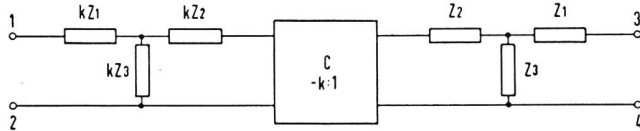


Fig. 5. Avant transformation

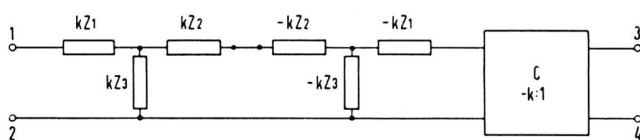


Fig. 6. Transformation du réseau de droite

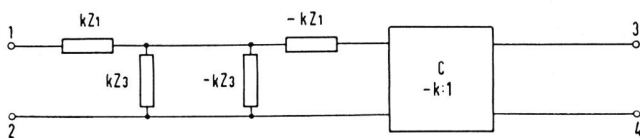


Fig. 7. Annulation des bras longitudinaux

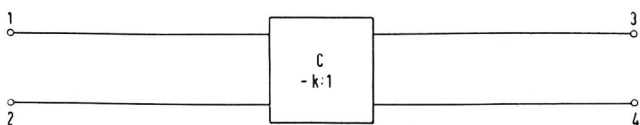


Fig. 8. Résultat

Si la grandeur de k approche de 1 et que l'angle est égal à zéro, l'impédance négative du type série apparaissant aux bornes 1 et 2 (fig. 2) sera égale à $-Z_N$, $\left(\frac{-U}{I}\right)$, la tension ayant subi une rotation de 180° par rapport à celle qui existerait aux bornes 1 et 2 si l'impédance Z_N était positive.

De même, l'impédance négative du type parallèle apparaissant aux bornes 3 et 4 (fig. 3) serait égale à $\frac{Z_L}{-1}$, $\left(\frac{U}{-I}\right)$, le courant subissant une rotation de 180° par rapport à celui qui circulerait dans l'impédance positive Z_L .

Un cas pratique d'un convertisseur d'impédance est représenté par la figure 4, où les éléments du circuit du tube électronique ayant une impédance positive sont représentés par les réseaux N_1 et N_2 à gauche et à droite du convertisseur idéal, C , ayant un rapport de transformation $-k:1$.

Si l'on représente les réseaux N_1 et N_2 par des réseaux équivalents en T, on obtiendra la figure 5; le réseau N_2 peut être multiplié par $-k$ et transformé à gauche du convertisseur idéal (fig. 6); les deux bras longitudinaux adjacents s'annulent (fig. 7). Les deux bras transversaux kZ_3 et $-kZ_3$ en parallèle donneront une valeur infinie, et les deux bras longitudinaux restant kZ_1 et $-kZ_1$ s'annuleront à leur tour, ce qui donnera le résultat de la figure 8.

Il n'est pas possible d'annuler entièrement N_1 et N_2 dans la pratique, mais certains artifices permettent d'approcher du cas idéal pour la bande de fréquences limitée qui nous intéresse.

4. Compensation de l'affaiblissement d'une ligne par des impédances négatives

Une ligne peut être représentée aussi par un réseau en forme de T avec deux impédances longitudinales Z_1 et Z_2 et une impédance transversale Z_3 (fig. 9). On peut annuler l'effet de ce réseau en connectant, en série, aux impédances longitudinales deux impédances de valeurs égales à $-Z_1$ et $-Z_2$ et, en parallèle, à l'impédance transversale une impédance de valeur égale à $-Z_3$ (fig. 10). On obtient un effet analogue, si l'on réunit les impédances négatives en un autre réseau en T par l'intermédiaire d'un convertisseur idéal, comme nous venons de l'expliquer au paragraphe précédent (fig. 11), qui annulera le réseau en T de la ligne de la même manière que dans le cas des figures 6, 7 et 8.

Un réseau en T peut être mis sous la forme d'un réseau en treillis (fig. 12) qui peut être représenté par la forme plus simplifiée en T ponté de la figure 13; celui-ci ne comprendra plus que deux impédances Z_1 et Z_2 .

L'impédance image Z_i est égale à $Z_i = \sqrt{Z_1 Z_2}$

$$g = \ln \frac{1 + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}}{1 - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}} \quad g = \text{exposant de transfert}$$

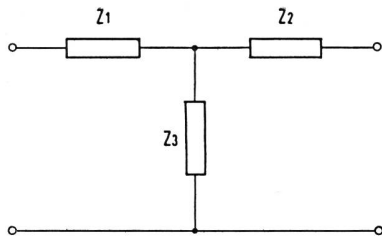


Fig. 9. Réseau en forme de T

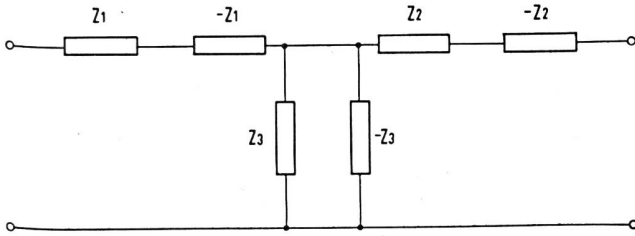


Fig. 10. Compensation

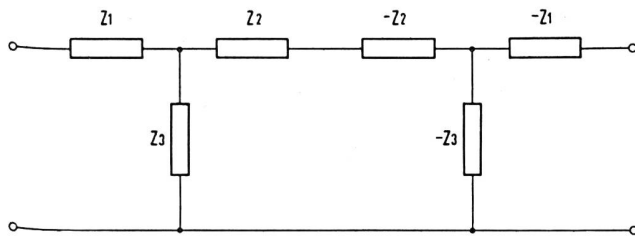


Fig. 11. Réseaux en T avec impédances positives et négatives

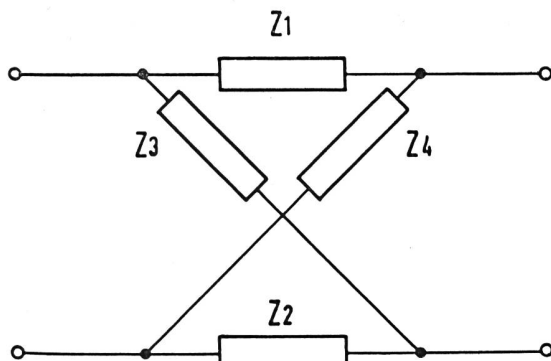


Fig. 12. Réseau en treillis

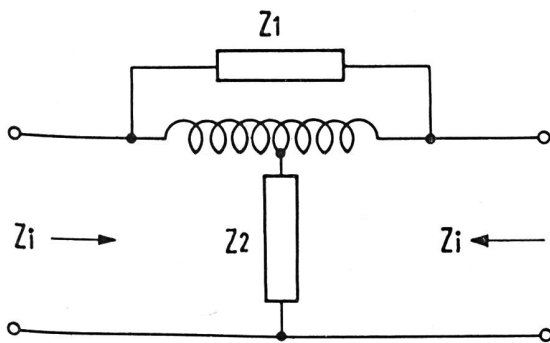


Fig. 13. Réseau en T ponté

Si un tel réseau est introduit dans une ligne électriquement longue, il faut, si l'on veut éviter des irrégularités d'impédance et par conséquent des réflexions, que l'impédance image soit adaptée à l'impédance caractéristique de la ligne. A cet effet, on doit avoir les relations suivantes entre les impédances Z_1 et Z_2 et l'impédance caractéristique; k est un facteur de proportionnalité.

$$Z_1 = kZ_0 \text{ et } Z_2 = \frac{Z_0}{k}$$

L'expression de l'exposant de transfert deviendra:

$$g = \ln \frac{1 + \frac{k}{2}}{1 - \frac{k}{2}} \quad k > 2$$

Si l'on fait k négatif, g deviendra lui-même négatif et on aura un gain. Autrement dit, grâce aux convertisseurs d'impédance que nous avons utilisés pour obtenir des impédances négatives, on obtient un effet d'amplification; on aura un dispositif comme indiqué à la figure 14.

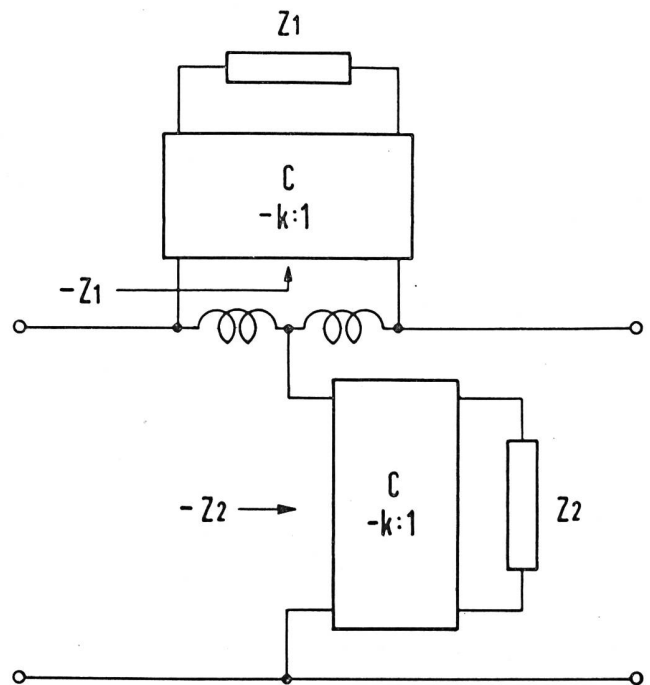


Fig. 14. Principe d'un répéteur à impédances négatives série/parallèle (E_{23})

Puisque l'introduction d'impédances négatives dans une ligne produit une irrégularité d'impédance et par conséquent des réflexions, il est évident que la stabilité de la ligne en sera affectée, et le gain que l'on obtiendra sera limité par des considérations de stabilité.

5. Réalisation des impédances négatives

Les impédances négatives peuvent être réalisées par des amplificateurs dans lesquels on applique le principe de la réaction positive en courant ou en tension.

Une réaction positive en courant s'obtient en connectant la sortie de l'amplificateur en série avec l'entrée. Un tel circuit, comme on le voit à la figure 15, est stable en cas de *circuit ouvert*, car le courant $I=0$. C'est le type série ou, d'après la dénomination américaine, le *répéteur E₂*.

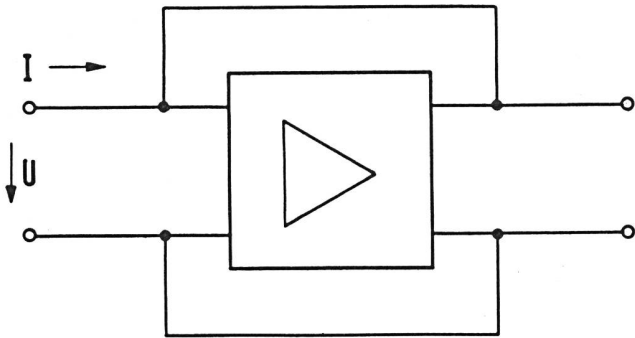


Fig. 15. Réaction positive en courant (Répéteur E₂)

Une réaction positive en tension s'obtient en ramenant la tension de sortie de l'amplificateur en parallèle à l'entrée. De la figure 16 on peut déduire qu'en cas de *court-circuit* la tension sera nulle à la sortie de l'amplificateur, il ne pourra y avoir de couplage, le circuit sera *stable*, c'est le type parallèle ou répéteur E₃.

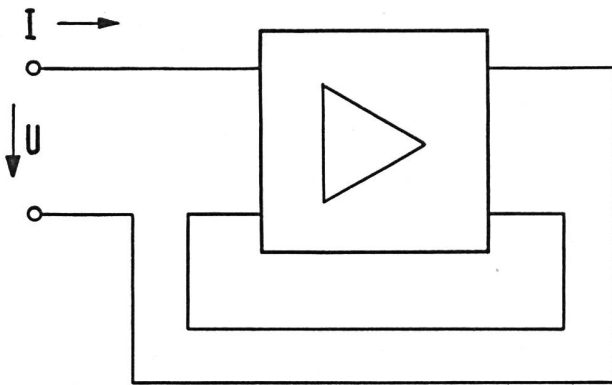


Fig. 16. Réaction positive en tension (Répéteur E₃)

Une combinaison des deux types nous donnera, comme nous l'avons vu, le type série/parallèle ou *répéteur E₂₃*.

Les conditions de stabilité des répéteurs à impédance négative peuvent se déterminer par les règles de Nyquist pour les amplificateurs à réaction. Les conditions de stabilité doivent être remplies pour toute la bande de fréquences utiles; elles sont particulièrement difficiles pour les fréquences basses et les fréquences supérieures.

Le gain d'insertion d'un répéteur du type série est donné par l'expression $\ln \left| \frac{1}{1 - \frac{N}{2}} \right|$ où N est un facteur de proportionnalité, dépendant du convertisseur d'impédance. N doit toujours être

inférieur à 2, sinon le gain devient infini et le système oscille. Dans le type série parallèle (E₂₃), le gain

d'insertion est donné par l'expression $\ln \left| \frac{1 + \frac{N}{2}}{1 - \frac{N}{2}} \right|$

l'avantage du deuxième type par rapport au premier sera égal à $\ln \left| 1 + \frac{N}{2} \right|$.

Si par exemple un répéteur du type série donne un gain d'insertion de 1 néper (avec N = 1,26), un répéteur du type série parallèle donnera un gain de 1,49 N, c'est-à-dire $\ln 1,63 = \ln 1 + \frac{1,26}{2}$ soit 0,49 N de plus.

La position du répéteur en ligne a aussi une grande importance au point de vue de la stabilité: la plus grande sera obtenue avec un répéteur placé au milieu de la ligne.

La figure 17 donne les valeurs de l'équivalent minimum d'une ligne d'affaiblissement α , pour trois solutions différentes. La courbe 1 représente le cas d'un répéteur à deux fils ordinaire placé au milieu de la ligne avec des coefficients de réflexion entre ligne et équilibrer de 0,2, et avec la ligne ouverte ou court-circuitée aux deux extrémités; la stabilité de l'ensemble a été admise à 0,2 N. La courbe 2 représente le cas d'un répéteur à impédance négative du type série/parallèle, placé au milieu de la ligne, les coefficients de réflexion étant également égaux à 0,2 et le circuit étant stable dans le cas des deux extrémités ouvertes ou court-circuitées. La courbe 3 donne l'équivalent minimum dans le cas d'un répéteur du type série/parallèle placé à l'extrémité de la ligne: r_2 est égal à 1 et r_3 à 0,2; le circuit est aussi stable. Dans le cas 2, on voit qu'on peut avec un répéteur à impédance négative placé au milieu de la ligne, réduire l'affaiblissement d'une ligne de moitié.

Il est évident que si les coefficients de réflexion sont plus petits, le gain que l'on obtiendra pour des conditions de stabilité suffisantes sera plus élevé.

Un répéteur à impédance négative, série ou parallèle, se compose de trois parties:

1. un transformateur qui connecte le répéteur à la ligne;
2. un amplificateur à réaction qui constitue le convertisseur d'impédance proprement dit; les éléments actifs peuvent être soit des tubes électroniques (double triodes) ou des «transistors»;
3. un réseau variable dont l'impédance déterminera le gain du répéteur pour les fréquences vocales. Ce réseau constitue le seul moyen de réglage du gain.

Le courant continu peut passer directement par le répéteur, le courant d'appel à 20 Hz et les signaux de sélection à 50 Hz n'ont pas besoin d'être répétés; ils traversent le répéteur avec une faible perte.

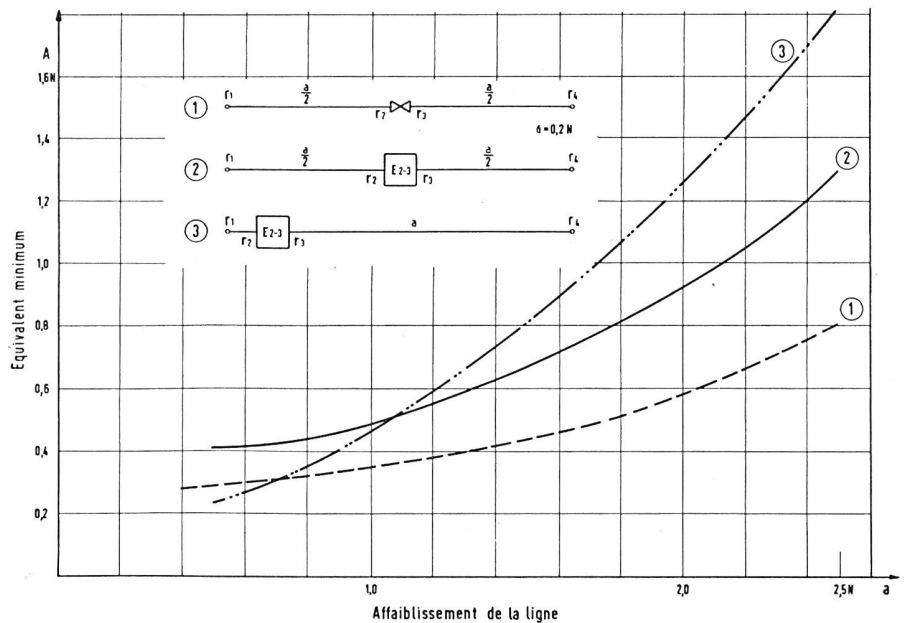


Fig. 17
 Equivalent minimum de la ligne
 1 avec répéteur à deux fils
 2 avec répéteur à impédances négatives type série/parallèle au milieu de la ligne
 3 avec répéteur à impédances négatives type série/parallèle à l'extrémité de la ligne

La figure 18 donne le schéma de principe d'un répéteur à impédances négatives série/parallèle, les éléments amplificateurs sont des «transistors». La réaction positive est obtenue par couplage par les transformateurs T_2 et T_4 et par croisement des collecteurs et des bases des «transistors»; on obtient ainsi une transformation d'impédance. La réaction négative garantit la stabilité des systèmes.

Les réseaux d'ajustage de gain Z_n et Z_n' sont constitués de résistances, de capacités et d'inductivités dont on peut faire varier les valeurs et les combinaisons.

6. Essais pratiques sur un réseau

Comme première installation d'essai, notre administration a choisi le cas du nouveau câble rural à charge H-88,5 à poser entre Neuchâtel et Fleurier. Pour ne pas dépasser la limite d'affaiblissement entre centre de concentration et central terminus, il aurait fallu choisir un type de câble avec des conducteurs ayant un diamètre de 1,2 mm. Des calculs précis ont montré qu'en choisissant un câble avec des conducteurs de 0,8 mm de diamètre, et en intercalant à mi-chemin des répéteurs du type à impédances négatives série/parallèle, on réalisait une économie de 35%. Les répéteurs sont logés dans une maisonnette du modèle station intermédiaire pour câble coaxial. Une batterie d'accumulateurs rechargée par un redresseur fournit le courant pour les «transistors»; un bâti de 2,20 m de haut est équipé de 120 répéteurs sur une face et consomme 40 watts. Actuellement 30 circuits sont équipés avec des répéteurs à impédance négative; le gain obtenu dans la transmission est illustré à la figure 19 où l'on constate que l'affaiblissement total de la ligne a été réduit de moitié pour les fréquences médianes, et plus pour les fréquences supérieures. Les circuits sont tout à fait stables pour les conditions les plus défavorables

d'extrémités ouvertes ou court-circuitées. En cas de défaut d'alimentation du répéteur, l'affaiblissement du circuit sera 1,6 N plus élevé qu'avec un répéteur normal ou 1,1 N plus grand que celui d'un circuit sans répéteur.

Ces répéteurs à impédances négatives série/parallèle ont été fournis par la maison Philips Télécommunication de Zurich.

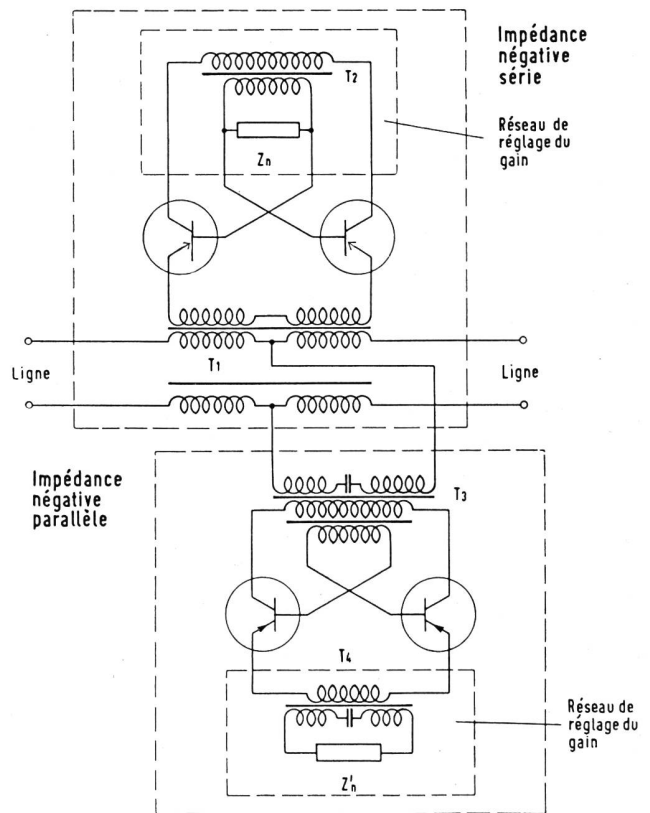


Fig. 18. Schéma d'un répéteur à impédances négatives série/parallèle

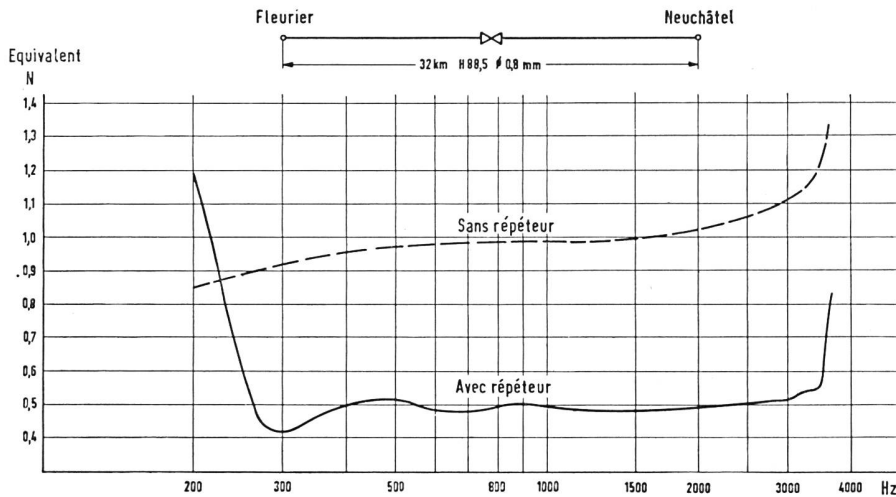


Fig. 19
Affaiblissement de la ligne Fleurier-Neuchâtel avec et sans répéteur

Conclusion

Les répéteurs à impédances négatives permettent de réduire l'affaiblissement de certains circuits à deux fils d'une manière économique et relativement simple. L'encombrement et la consommation de courant sont très réduits. Aucune adaptation spéciale est nécessaire pour la transmission des signaux de sélection, qu'ils soient à courant continu ou à courant alternatif.

Comme le gain que l'on peut réaliser dépend des caractéristiques d'impédance des lignes, les résultats les meilleurs seront obtenus pour des lignes parfaitement homogènes. Dans le cas de circuits composés de tronçons dissemblables, une étude approfondie permettra de déterminer la solution à appliquer ainsi que les conditions extrêmes que l'on peut atteindre.

Comme le répéteur à impédance négative peut être placé soit en extrémité soit au milieu d'une ligne, on pourra s'en servir dans certains réseaux ruraux, où des communications entre centre de concentration interurbain et centraux terminus via un centre de concentration dépassent les valeurs de transmission admissibles. Un répéteur à impédance négative placé au centre de commutation à l'extrémité de la ligne, et qui ne sera actif que dans le cas de communication en transit vers le central terminus, ramènera l'équivalent à la valeur prescrite; pour toutes les autres communications, le répéteur sera passif, n'introduisant qu'une très faible perte dans les circuits.

Malgré les avantages réels que présentent l'emploi des répéteurs à impédance négative et la simplification des circuits des amplificateurs qui en résulte, car il n'y a plus ni transformateurs différentiels, ni équilibrateurs, ni filtres, ni circuits de contre-distorsion, comme dans les répéteurs à deux fils classiques, il ne faut pas les considérer comme une panacée à la mauvaise qualité de la transmission que l'on

peut rencontrer dans certains réseaux téléphoniques ruraux.

Des essais sont encore en cours d'exécution avec d'autres modèles de répéteurs à deux fils transistorisés, afin de pouvoir décider du type qui sera utilisé en définitive dans les réseaux ruraux.

Bibliographie

- Crisson, George.* Negative Impedance and the Twin 21-Type Repeater. *Bell Syst. Techn. J.* **10** (1931), p. 485...513.
- Merril, Jr., J. L.* A negative impedance repeater. *Trans. of the A.J.E.E.* **70**, part 1 (1951), p. 49...54.
- Merril, Jr., J. L.* Theory of the negative impedance converter. *Bell Syst. Techn. J.* **30** (1951), p. 88...109.
- Moulon, J.-M.* Les répéteurs à impédance négative. *Echo des recherches* 1952, n° 8, p. 31...38.
- Moulon, J.-M.* Répéteur à impédance négative pour câble à pose rapide. *Echo des recherches* 1953, n° 13, p. 2...7.
- Moulon, J.-M.* La stabilité intrinsèque: conditions de l'équivalence d'un quadripôle contenant des éléments actifs à un quadripôle passif. *Câbles et Transmission* 1954, n° 2, p. 153...158.
- Job, F.* Sur quelques propriétés des réseaux linéaires à trois paires de bornes et leurs applications à la réalisation des impédances négatives et des amplificateurs à réaction négative. *Câbles et Transmission* 1954, n° 3, p. 219...224.
- Merril, Jr., J.L., A.F. Rose, J.O. Smethurst.* Negative impedance telephone repeaters. *Bell Syst. Techn. J.* **33** (1954), p. 1055...1092.
- Gammie, J. et Merrill, Jr., J.L.* Stability of negative impedance elements in short transmission lines. *Bell Syst. Techn. J.* **34** (1955), p. 333...360.
- Grewe, Th.* Ein Zweidrahtverstärker mit negativen Widerständen. *Nachrichtentechnische Zeitschrift* 1955, Nr. 11, S. 610...618.
- Herbert, Ebel.* Negative Widerstände mit Transistoren in der Netzwerksynthese. *Nachrichtentechnische Zeitschrift* 1956, Nr. 11, S. 513...518.
- Dezoteux, J.* Etude et réalisation d'impédances négatives; répéteurs dipôle et quadripôle à impédance négative. *Câbles et Transmission* 1958, n° 2, p. 121...135.