ADAPTATION Z_C ADAPTATION CONJUGUÉE

F6ELM, Maurice Limes

Le transfert d'énergie, de l'émetteur à une antenne Lévy, a lieu grâce à l'adaptation conjuguée que réalise le coupleur d'antenne situé à la station, donc facilement accessible. Ce type d'adaptation peut être obtenu avec une ligne coaxiale. Nous indiquerons les limites du ROS à ne pas dépasser.

1 SYMBOLE UTILISÉS DÉFINITION DE L'IMPÉDANCE

1.1 - Les indices suivants caractérisent :

Z_C : impédance caractéristique de la ligne.
Z : impédance en un point du circuit.
Z_O : impédance optimum de charge d'un émetteur.
R_O : résistance optimum de charge d'un émetteur.
Pour simplifier, nous appelons « transmatch » tout système d'adaptation placé à l'entrée de la ligne. Les différents indices portés sur la **figure 6a** se retrouvent sur tous les autres schémas.

1.2 - Impédance en un point d'une ligne

Cette impédance n'existe pas sous la forme matérielle d'une résistance et d'une réactance mises en série. L'impédance en un point d'une ligne se calcule en fonction des valeurs de la tension, de l'intensité et de leur déphasage au point considéré (tout comme on calcule une résistance en courant continu, en faisant le quotient U/I). Si la ligne comporte des ondes stationnaires, la tension et l'intensité en ligne varient tout au long de celle-ci, et l'impédance n'a pas la même valeur en tous les points.

1.3 - Mesure de l'impédance en un point d'une ligne

On utilise pour cela un pont de mesure d'impédance, du type « noise bridge ». Si on veut mesurer l'impédance en un point B de la ligne de la **figure 1**, il faut couper la ligne en B. On fait alors apparaître **quatre** bornes, que la ligne soit bifilaire ou coaxiale. On relie le pont aux deux bornes B : on a l'impédance « vue » en regardant dans le sens ① : c'est l'impédance de la partie 1. On peut aussi brancher le pont en B' et on a l'impédance vue suivant ② : c'est l'impédance de la partie 2. Ces impédances ne sont pas forcément égales, comme on le verra ultérieurement.

1.4 - Les indications du pont de mesure

Le pont de mesure nous indique les valeurs de la résistance R et de la réactance X qui, mises en série, sont les composantes de l'impédance mesurée. Une impédance est sybolisé par :
Z = R + jO si c'est une résistance pure,
Z = R + jX si c'est une impédance inductive,
Z = R - jX si c'est une impédance capacitive.
Le signe j est uniquement un symbole séparant résistance et réactance ; le signe + ou - permet de distinguer les deux types d'impédance.

1.5 - Impédances conjuguées

Deux impédances telles que :
Z = 35 - j 75 Ω (capacitive),
Z = 35 + j 75 Ω (inductive),
sont des impédances **conjuguées** parce que :
- elles ont la **même** résistance 35 Ω,
- elles ont des réactances 75 Ω de **même valeur** absolue et de **signe contraire.**

Si on assemble en parallèle ces deux impédances, les réactances, dont l'une est inductive et l'autre capacitive, s'annulent. On fait la même constatation pour une mise en série. La suppression de la réactance dans un circuit, correspond à la mise en **résonance.**

1.6 - Application au transfert de puissance

Pour qu'un générateur cède le maximum de sa puissance disponible, à une charge, directement reliée à ses bornes, il faut que l'impédance intérieure du générateur et l'impédance de charge soient des **impédances conjuguées.**
Pour en savoir plus, lisez l'article très documenté de F6IDE dans Radio-REF de mai 1989, page 25.

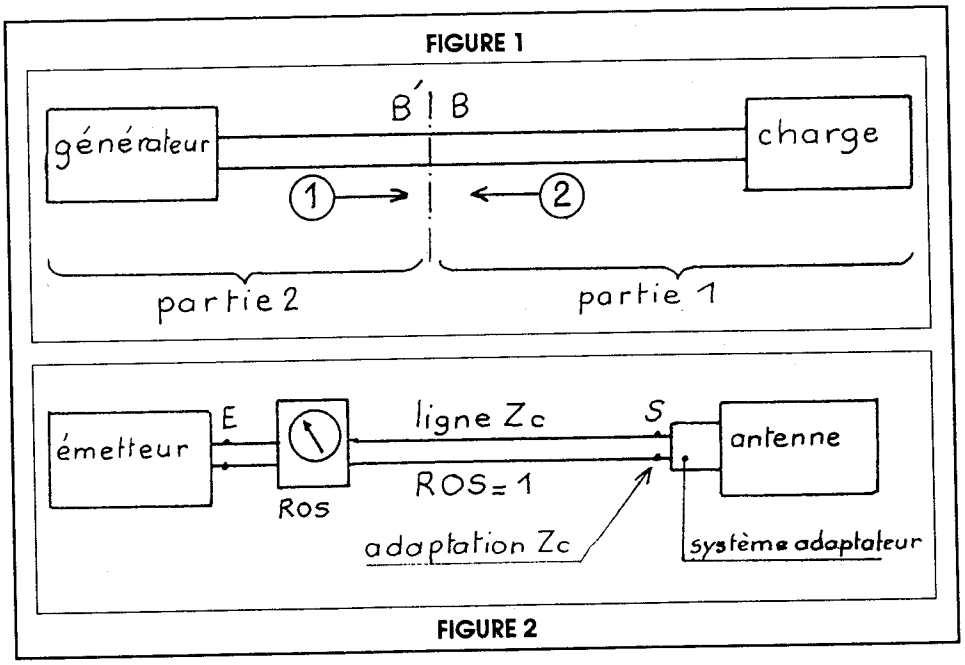
2 ADAPTATION Z_C

2.1 - Qu'est-ce que l'adaptation d'impédance ?

L'impédance de sortie d'un émetteur est la valeur optimum de la charge à qui il fournit sa puissance maximum disponible. En principe, la valeur nominale de cette impédance Z_O est une résistance de valeur 50 Ω. L'adaptation d'impédance permet à l'émetteur de fournir le maximum de puissance disponible à une charge **d'impédance différente** de Z_O. Cette adaptation d'impédance peut être réalisée soit à l'entré, soit à la sortie de la ligne et, dans ce dernier cas, on l'appelle adaptation Z_C.

2.2 - Adaptation d'impédance en sortie de ligne

Réportons-nous à la **figure 2.** Un émetteur, dont la charge optimum est R_O = 50 Ω, alimente une ligne coaxiale d'impédance ca-



F6ELM, *Maurice Limes*

ractéristique Z_c = 50 Ω. La charge est, par exemple, une antenne dipôle qui n'est pas en résonance. Dans ce cas l'impédance Z_L de la charge est réactive et différente de 50 Ω.

L'adaptation peut être réalisée ainsi :
- on ajuste progressivement la longueur de l'antenne pour obtenir la résonance propre du dipôle, à la fréquence de travail,
- on modifie la hauteur de l'antenne au dessus du sol,
- on peut disposer l'antenne en V inversé,
- on peut utiliser un symétriseur de rappo convenable, etc.

Bref, on fera en sorte que la ligne soit cha gée en S par une résistance de 50 Ω. Ainsi, l charge est adaptée à la ligne, qui fonction avec un ROS de 1 ; la ligne et l'émetteur so bien adaptés. On s'est basé sur la valeur d Z_c pour réaliser cette adaptation dite adap tation Z_c. Dans ce cas, il n'y a pas d'ond stationnaires sur la ligne, pas de puissan réfléchie sur la charge, les seules pertes so dues à l'affaiblissement de la ligne et au pertes dans le symétriseur. Le fonctionn ment est excellent.

Le fonctionnement est excellent certes, condition de ne vouloir utiliser qu'une seu et même fréquence. Ce n'est pas notre ca puisque nous avons à notre disposition un **bande de fréquences.**

Si nous faisons varier la fréquence de l'émet teur, l'antenne n'est plus en résonance, el offre une impédance d'entrée différente d 50 Ω, mais il ne nous est plus possible d'a céder à l'antenne pour modifier ses régl ges, ce qui fait que le ROS n'est plus égal à 1 L'émetteur n'est plus chargé par une rés tance de 50 Ω. Il fournit alors une puissan réduite, inférieure à sa puissance nominal A titre indicatif, la **figure 4** montre les v riations du ROS dans la ligne de Z_c = 50 Ω alimentant une antenne à trappes, pour u excursion de fréquence égale à la largeur d la bande 80 m.

La courbe A indique le ROS vrai, mesur proximité de l'antenne, et la courbe B co cerne le ROS mesuré à la station, dans le c d'une ligne ayant un affaiblissement d 0,3 dB (1).

3 ADAPTATION PAR IMPÉDANCE CONJUGUÉE

3.1 - Principe (figure 3)

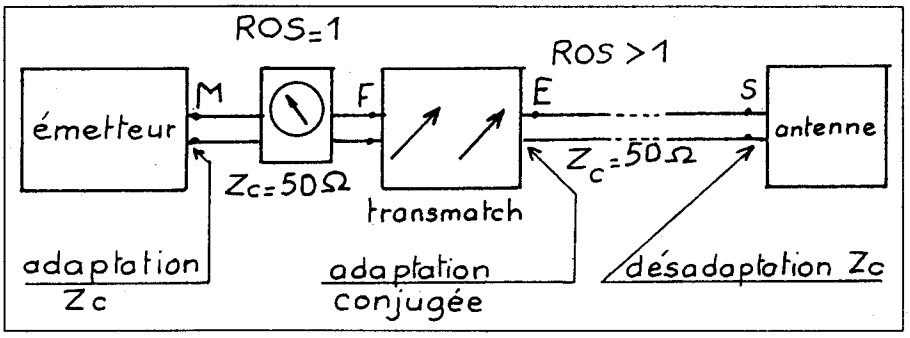
L'antenne, qui n'est plus en résonance, et ligne sont désadaptées (désadaptation Z La ligne ES est soumise à un ROS supéri à 1. Nous venons de voir qu'aux fréquen extrêmes de la bande 80 m, le ROS, mesu à l'entrée de la ligne, peut atteindre d valeurs élevées de l'ordre de 4 à 5, comm montre la **figure 4.**

L'impédance en E est transformée par transmatch, une fois son réglage terminé, une résistance de valeur 50 Ω, de sorte q nous retrouvons une adaptation Z_c pou ligne MF soumise à un ROS de 1. Mise part, les pertes dans le transmatch et dan ligne ES, toute la puissance fournie l'émetteur est rayonnée par l'antenne.

Si on change de fréquence, il est facile modifier le réglage du transmatch pour tenir une parfaite adaptation Z_c a l'émetteur.

Pour cela, il faut que l'impédance en E comprise dans la gamme des possibil d'adaptation du transmatch.

FIGURE 3



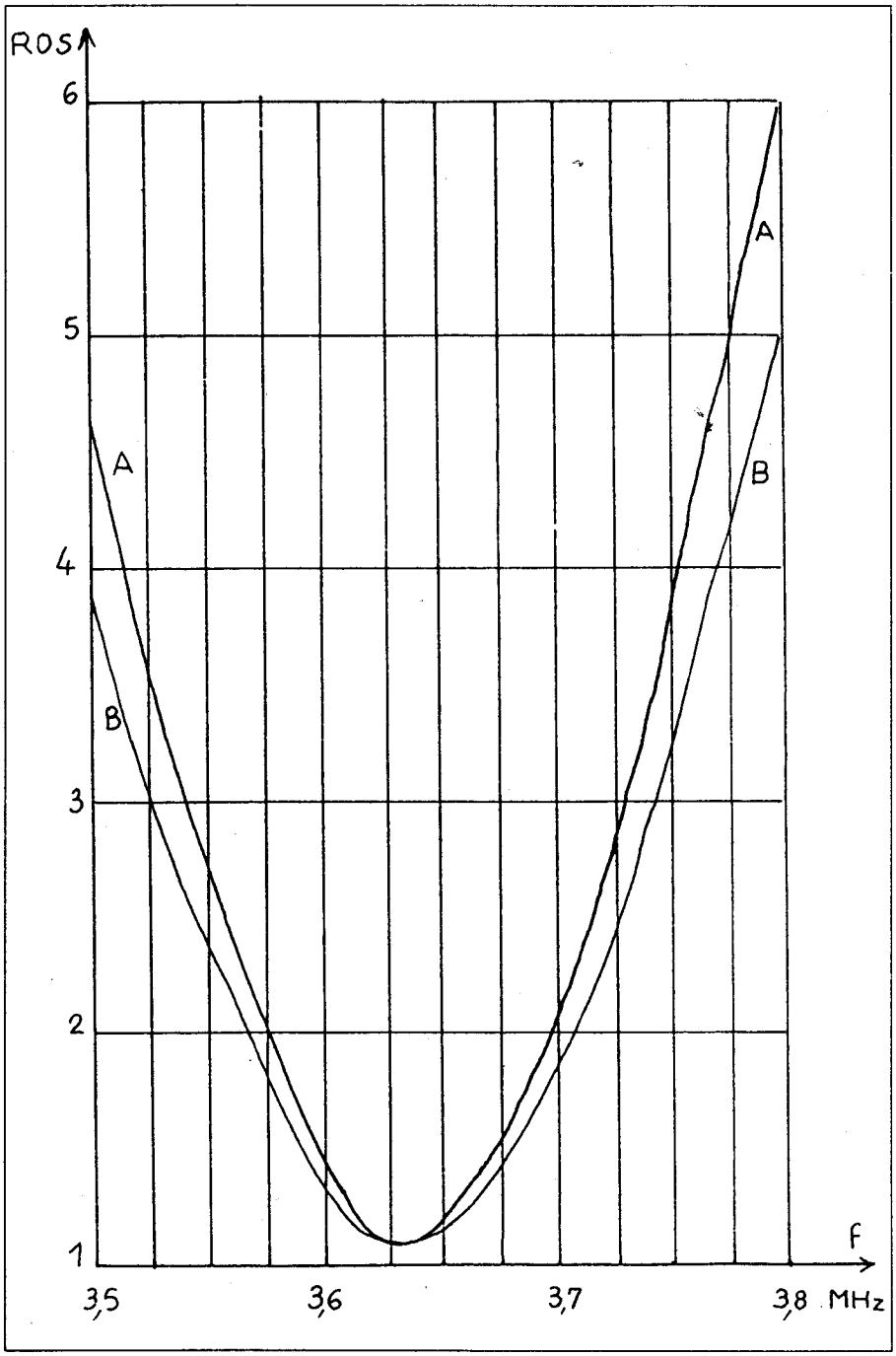


FIGURE 4

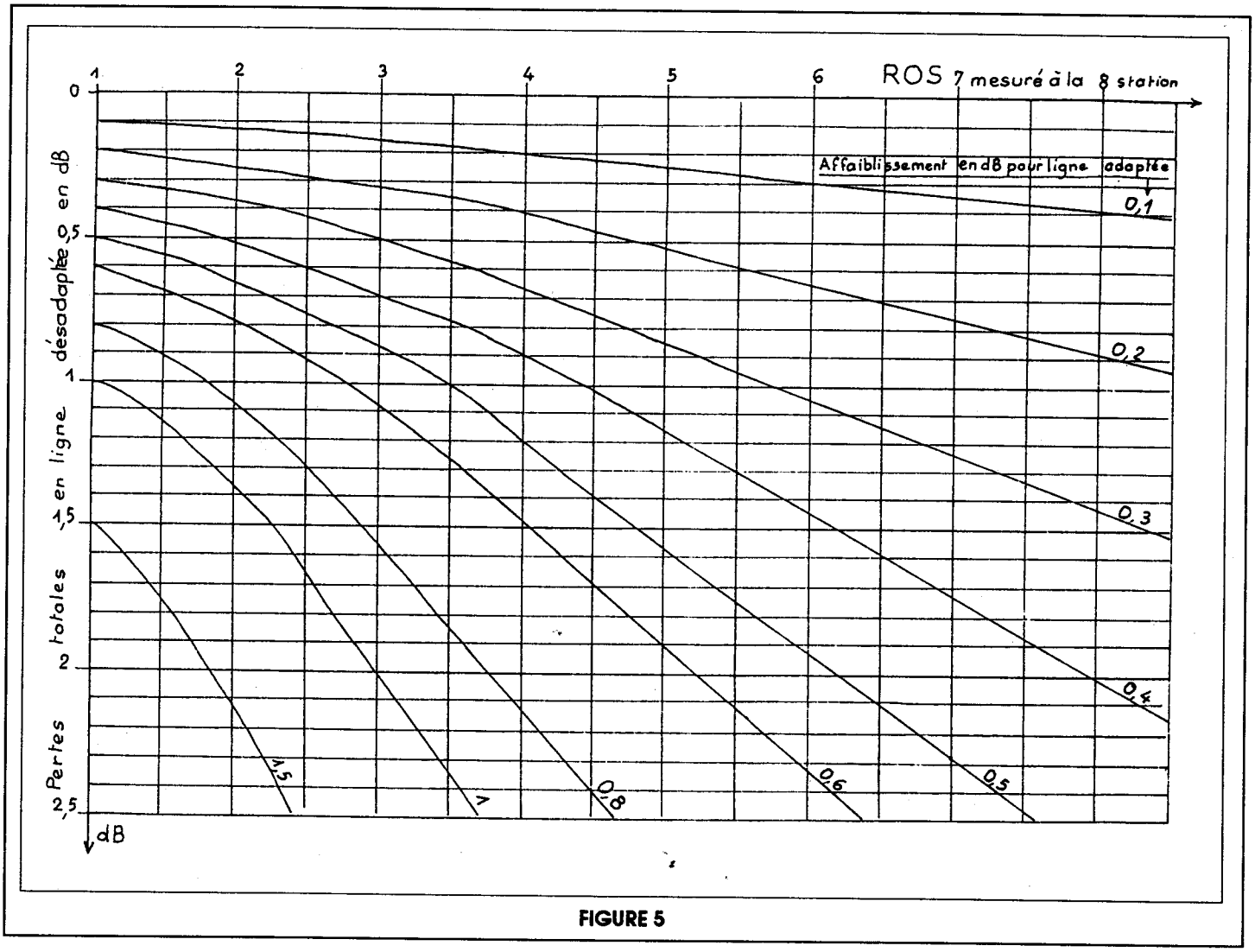


FIGURE 5

3.2 - Les critiques

Les dociles sujets du ROI « ROS égale 1» (2) nous ferons sûrement observer que les valeurs importantes de ROS, dues à la désadaptation de la charge, vont nous causer bien des ennuis, parce que :

1 - La puissance réfléchie due à la désadaptation en S est très importante et il ne reste pas assez de puissance pour alimenter l'antenne.

2 - La puissance réfléchie (qui parait-il est une puissance réactive) risque de détériorer le transmatch en s'y transformant en chaleur !

3 - La ligne soumise à un ROS élevé va rayonner.

4 - Aux ventres correspondants, les surtensions et surintensités dues à un tel ROS, risquent de détériorer la ligne.

5 - Les performances d'une **antenne** sont fonction du ROS : plus il est faible, meilleur est le rendement, et il faut toujours rechercher une parfaite adaptation entre la ligne et l'antenne.

Le résultat est que tous nos efforts ont pour but de réaliser une adaptation d'impédance parfaite, mais du mauvais côté de la ligne ! Nous n'allons pas écouter plus longtemps le chœur des pleureuses (ou des pleureurs) car la réalité est tout autre. En effet, toutes les propositions énoncées ci-dessus sont fausses.

1 - La puissance réfléchie s'ajoute à la puissance du générateur, dans le transmatch, ce qui crée un « gain de réflexion » qui compense la perte de réflexion, due à la désadaptation de la charge. La puissance réfléchie est donc, en définitive, rayonnée.

2 - La puissance réfléchie est une puissance active ; elle ne se dissipe pas en chaleur, sauf quelques pertes en ligne dues à l'affaiblissement de celle-ci. On a intérêt à utiliser une ligne à faibles pertes et la plus courte possible.

3 - Le rayonnement de la ligne est dû à un déséquilibre des intensités, ou à un courant de gaine. Ce n'est pas le cas ici ; la ligne ne rayonne pas.

4 - Effectivement il y a des surtensions et des surintensités aux ventres de même nom. Pour une ligne coaxiale en KX4 ou RG213, avec la puissance légale autorisée, même avec un ROS important, nous sommes loin des caractéristiques limites U_{max} I_{max} de la ligne. Nous aurons l'occasion de le vérifier.

5 - Le ROS n'a rien à voir avec le rendement d'une **antenne.** Pour faire décroître le ROS dans des installations mobiles, certains fabricants allongent **inutilement** la ligne. Cette perte supplémentaire est la cause de la **décroissance** :
- du ROS mesuré à proximité de l'émetteur.
- du rendement de l'installation.

6 - L'antenne n'a pas besoin d'être taillée à sa longueur de résonance ; la ligne d'alimentation n'a pas besoin d'avoir une longueur précise. Une désadaptation importante, entre la ligne et antenne, n'empêchera pas (pour les longueurs d'ondes décamétriques) le dipôle de rayonner toute la puissance fournie par l'émetteur, moins les pertes en ligne.

7 - L'affaiblissement de la ligne est le principal facteur par lequel le ROS a un effet sur le rendement de l'installation.

8 - L'obtention d'un ROS de faible valeur ne se justifie pas, en décamétrique, pour un transport de puissance, avec un bon rendement, lorsque l'affaiblissement de la ligne est faible.

3.3 - Valeur limite admissible du ROS dans une ligne coaxiale

Cette limite, nous venons de le voir, dépend

F6ELM, *Maurice Limes*

de l'affaiblissement de la ligne. Cet affaiblissement est d'autant plus petit que :
- la ligne est courte,
- la fréquence est basse,
- le câble coaxial est à faible pertes.

Il n'est pas question de comparer la ligne coaxiale à une ligne à fils parallèles qui a des pertes très réduites et, de ce fait, peut fonctionner avec un ROS élevé, de l'ordre de 20 à 30.

Nous allons déterminer le ROS limite, de façon que les pertes supplémentaires qu'il engendre dans la ligne, ne produisent aucun affaiblissement sensible du signal reçu par une station d'écoute. On peut admettre comme raisonnable un affaiblissement supplémentaire de 0,8 dB, ce qui se traduit par une diminution du signal reçu d'environ 0,13 unité S, que l'on ne peut pas discerner. Exemple : la ligne coaxiale ES de la **figure 3** est constituée par du KX4 ; sa longueur est de 30 mètres. Pour ROS = 1, l'affaiblissement à la fréquence 3,8 MHz est de 0,3 dB. Si on admet un affaiblissement supplémentaire de 0,8 dB dû au ROS, l'affaiblissement total atteindra 1,1 dB. La **figure 5** indique en fonction du ROS mesuré à l'**entrée** de la ligne, et pour plusieurs affaiblissements de ligne (de 0,1 à 1,5 dB), l'affaiblissement total dans la ligne. Lorsque celui-ci atteint 1,1 dB, on lit sur la courbe 0,3 dB que le ROS correspondant vaut 6,3, ce qui équivaut à un ROS réel de valeur 8, mesuré à l'antenne. Dans ce cas, la tension et l'intensité à un ventre, ont pour valeurs efficaces respectives 447 V et 9 A, pour transporter une puissance de 500 W en télégraphie ([3]).

3.4 - Avantages du procédé

Avouez que ce procédé (adaptation conjuguée à l'entrée de la ligne), comparé à celui de la **figure 2,** présente bien des avantages. Enumérons les :
- on n'a pas besoin de fignoler le réglage de l'antenne,
- l'adaptation est réglable, à partir de la station, et, de ce fait, elle est bonne pour toutes les fréquences de la bande, contrairement au montage précédent,
- l'émetteur fournit toujours à la ligne la puissance maximum disponible, à condition que l'impédance à adapter soit compatible avec les possibilités du transmatch.

① →	IMPÉDANCE EN OHMS				→ ②
	R	X	R	X	
E	35	+ 75	35	- 75	T
B	17,5	+ 42,5	17,5	- 42,5	B'
L	10	- 10	10	+ 10	S

3.5 - Mesures d'impédance

Reportons nous à la **figure 6a.** Les dimensions de la ligne ES sont mesurées en fonction de la longueur d'onde λ. Sur cette installation, nous allons faire, à la fréquence f correspondant à cette longueur d'onde, des essais et mesures qui nous permettront de comprendre ce qui caractérise l'adaptation conjuguée.

Le transmatch est réglé pour obtenir un ROS de 1 dans la ligne MF. Ensuite, nous déconnectons cette ligne de l'entrée F du transmatch et la remplaçons par une résistance équivalente de valeur 50 Ω. Au moyen d'un pont approprié, nous mesurons les valeurs des impédances, vues dans le sens ① aux points E, B, L, puis dans le sens ②, aux point S, B', T. Les **figures 6b** et **6c** montrent comment on mesure l'impédance en T, p en L.

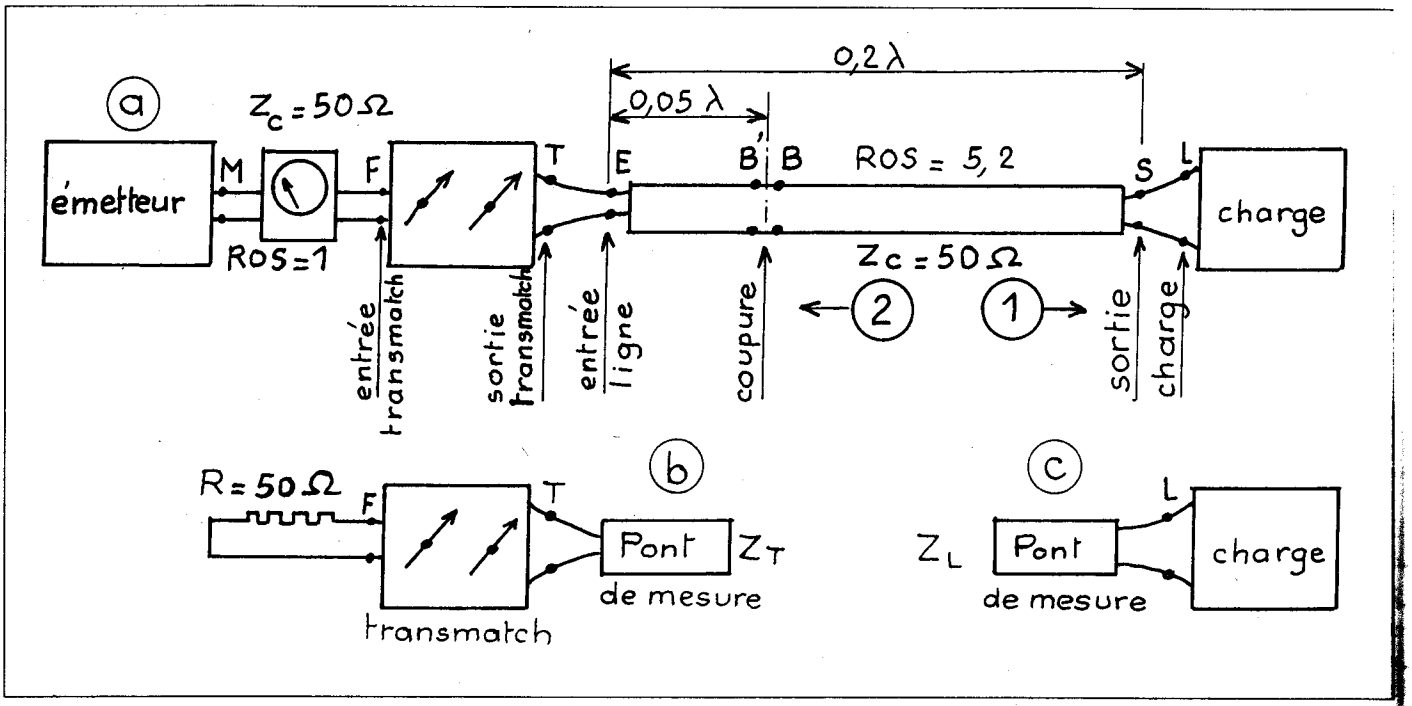
Nous obtenons les résultats suivants (bleau ci-dessus).

3.6 - Propriétés de l'adaptation conjugu Commentaires

Grâce au transmatch, nous avons réali l'adaptation conjuguée en E, à l'entrée de ligne. Les valeurs des impédances Z_B et Z_L prouvent. Mais nous constatons qu'en to les points du circuit, il y a aussi adaptati conjuguée, notamment en B, B' et en S et Comme nous l'avons signalé au paragrap 1.5 du chapitre 1, le circuit antenne, lign transmatch, est un circuit résonant, puisq tout élément réactif est annulé par un éléme de même valeur et de signe contraire. Il e est de même pour l'antenne dont la réactan capacitive de - 10 Ω est annulée par l réactance inductive de + 10 Ω que présen la ligne en S. Il ne faut pas en déduire qu'ave le transmatch, on peut faire varier le RO dans la ligne ES, ni modifier les propriété de l'antenne.

Il serait souhaitable que les fabricants d transmatch conçoivent des appareils ayan des possibilités d'adaptation plus étendue qui ne se limitent pas à un ROS de 3, comm c'est souvent le cas. La plupart de ces app reils comportent une inductance variable deux CV.

FIGURES 6



Le réglage correct peut être obtenu pour plusieurs combinaisons des valeurs l'inductance et des capacités.
Pour avoir le minimum de pertes dans le transmatch, on choisira la combinaison qui correspond au minimum d'inductance et au maximum de capacité.
Pour terminer, je dirai que, toutes les fois que vous accordez votre transmatch, vous imitez Monsieur Jourdain en faisant une adaptation conjuguée sans le savoir.

DOCUMENTATION

« Réflections » par W. Maxwell, W2DU, Editions ARRL.

NOTES

(1) Voir le Radio-REF d'octobre 1981 à la page 655 « Pertes en ligne » par F6ELM.

(2) Expression empruntée à W2DU.

(3) Lorqu'une ligne fonctionne avec du ROS, l'intensité efficace à un ventre est égale à l'intensité dans la même ligne, qui transporterait la même puissance utile, avec un ROS égal à 1, multipliée par la racine carrée du ROS. C'est la même chose pour la tension.

MODIFICATION DES BATTERIES ICOM BP2, 3, 4, 5

F1FBH, *Pierre Poilbarbe*

J'utilise souvent, lors de mes déplacements, un petit appareil portable de la famille des Icom IC2. La batterie livrée avec l'appareil comporte une prise de raccordement sur la batterie de la voiture, elle est notée 13,8 V, et le câble d'origine (réf. : IC-CP1) est pourvu de la prise adéquate pour le raccordement sur l'allume cigare. La documentation, il faut l'avouer, fait bien état, et seulement, « charging time : 15 h ».

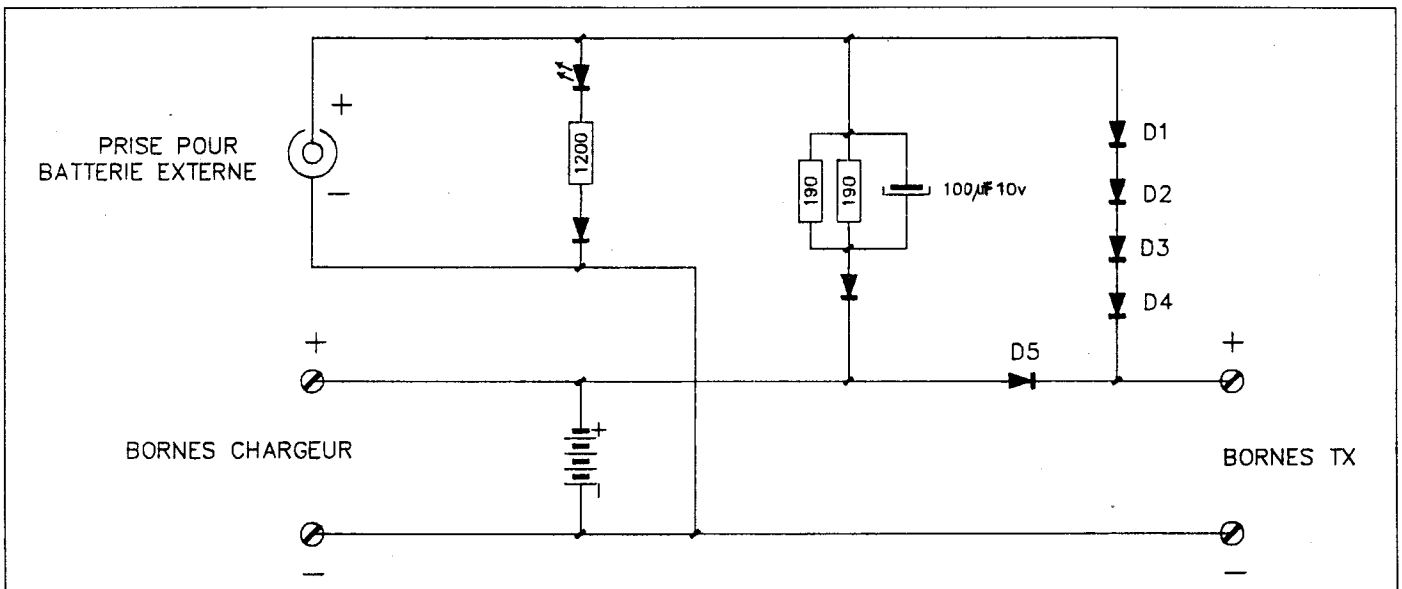
Ayant été surpris par des batteries vides lors de QSO en mobile, alors que mon TX était bien raccordé sur l'allume cigare, j'ai résolu de pallier ce défaut de la façon suivante.

Après avoir démonté la batterie, j'ai relevé le schéma suivant, auquel j'ai ajouté les diodes D1 à D5 (1N4001 ou similaire). On trouve un voyant LED de présence de tension et un jeu de deux résistances de 190 Ω en parallèle afin d'obtenir une charge de la batterie à partir de 13,8 V du véhicule. La batterie BP3 faisant 8,4 V, l'intensité de charge théorique est donc de 56 ou 37 mA spécifiés suivant l'état de la batterie du véhicule (12 ou 13,8 V en charge).
Il est évident qu'après 3 ou 4 heures d'écoute, même avec très peu de temps d'émission, la batterie du poste rend l'âme toujours au moment où il ne faut pas. L'adjonction des diodes D1 à D4 permet de retrouver une tension correcte sur le TX soit 11,4 ou 9,6 V, toujours suivant la tension du véhicule. La diode D5 protège la batterie du TX de tout retour d'intensité excessif. La présence de cette diode est très légèrement défavorable en émission puisque la puissance annoncée du TX est fonction de la tension suivant le tableau ci-dessous :

Batterie	Tension	Puissance
BP2	7,2 V	1,0 W
BP3	8,4 V	1,5 W
BP4	9 V (piles)	1,5 W
BP4	7,2 V	1,0 W
BP5	10,8 V	2,3 W

La batterie BP5 n'est pas pourvue de la prise extérieure, mais elle est facile à monter, la place est suffisante.

BATTERIE ICOM BP2, 3, 4



D1 à D5 ajoutées au montage d'origine