

Relevé avec microordinateur de la fonction de transfert d'un quadripôle

par Jean GASC
L. T. Rascol - 81000 Albi

Bien souvent dans le cours de physique appliquée (notamment section F₂) le professeur est amené à comparer le signal recueilli à la sortie d'un quadripôle passif ou actif avec le signal injecté à l'entrée, et ceci lorsque la fréquence évolue. Ce besoin se fait sentir en particulier dans toute la partie concernant le traitement des signaux analogiques ; les exemples les plus fréquemment rencontrés étant ceux des filtres passifs ou actifs et de tous les montages réalisant une amplification.

L'étude habituellement menée, conduit au calcul de la fonction de transfert et au tracé de l'allure de la courbe représentant selon le cas l'amplification A_v du montage ou celle du gain $G = 20 \cdot \log |A_v|$; ces graphes se font au tableau sans avoir la possibilité simple de l'illustrer expérimentalement. De même la modification de la valeur d'un paramètre (valeur d'une résistance, capacité d'un condensateur...) et la conséquence qui en découle pour le circuit (modification de la fréquence de coupure pour un filtre par exemple) ne peut être vérifiée systématiquement, l'expérience exigeant du temps.

Bien sûr les élèves disposent des séances de travaux pratiques pour relever eux mêmes ce type de courbe, mais limités par le temps, ils ne peuvent examiner un grand nombre de situations possibles, d'autant que la répétition des mesures de même type ne présente pas grand intérêt.

Aussi m'a-t-il semblé, qu'il serait intéressant de demander à l'ordinateur d'effectuer ce type de relevé répétitif et de pouvoir ainsi consacrer plus de temps à l'analyse du phénomène.

PRINCIPE DE LA MESURE

Pour pouvoir faire réaliser cette tâche à l'ordinateur, il est

nécessaire de l'équiper d'une interface qui permette d'effectuer des mesures sur le montage étudié.

Dans notre cas, le quadripôle étudié doit être alimenté avec une tension sinusoïdale, la fréquence devant être évolutive. A chacune des valeurs de la fréquence, il est nécessaire de mesurer la tension de sortie v_s et la tension d'entrée v_e (ou de mesurer des tensions proportionnelles à celles-ci) afin d'en déduire soit l'amplification, soit le gain en tension.

L'interface doit donc posséder deux entrées analogiques (indispensables à la mesure de V_s et v_s) et dans la solution adoptée, une sortie analogique pour fixer la fréquence du signal ainsi que trois sorties logiques pour commander le choix des gammes de fréquence utilisées.

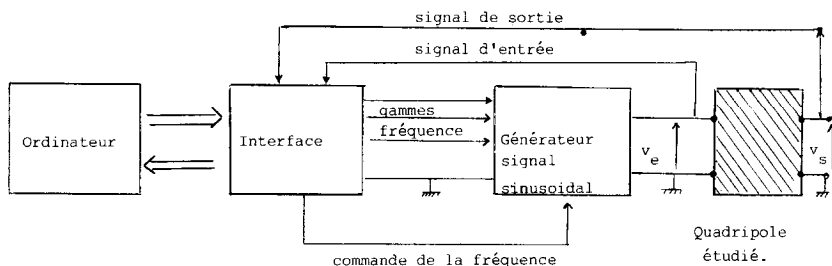


Schéma de principe

La nécessité de disposer d'un signal sinusoïdal nous a conduit à concevoir un générateur à partir du générateur monolithique XR 2206, qui avec quelques composants périphériques remplit cette fonction, la fréquence de l'oscillateur peut être modulée de manière linéaire avec une commande de tension externe pilotée ici par l'ordinateur. La plage de fréquence que nous nous sommes fixés va de 100Hz à 100kHz, elle est découpée en trois gammes : 100Hz – 1kHz ; 1kHz – 10kHz ; 10kHz – 100kHz.

Le rapport déterminant l'amplification du quadripôle $|A_v| = V_s/V_e$ est aussi égal à $V_s \text{ max.}/V_e \text{ max.}$, rapport des tensions maximum ; ce sont ces dernières que nous avons choisi de mesurer parce qu'elles s'obtiennent très facilement.

Nous ne détaillerons pas l'ensemble du montage, ni le programme élaboré permettant la mémorisation et le traitement des résultats, laissant à chacun le soin d'adapter le principe au matériel dont il dispose.

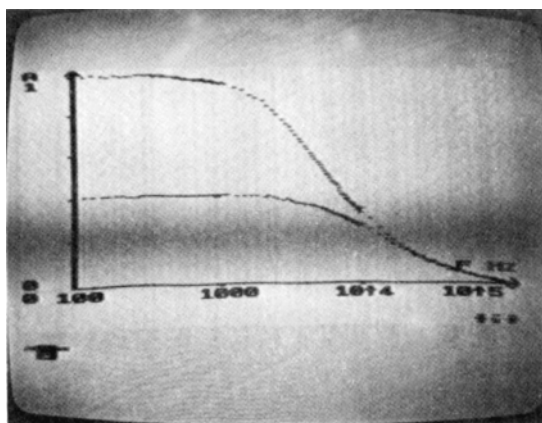
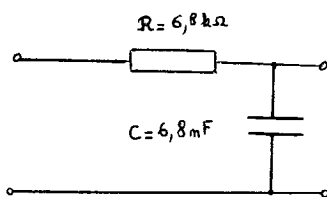
EXEMPLES DE RÉSULTATS OBTENUS

1 - Filtre passe-bas passif

Courbes montrant la modification de l'amplification et de la fréquence de coupure du filtre R-C.

* filtre à vide : $A = 1$

* avec comme charge une résistance de $4,7 \text{ k}\Omega$: $A = 0,4$

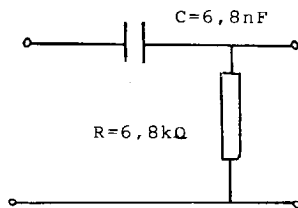


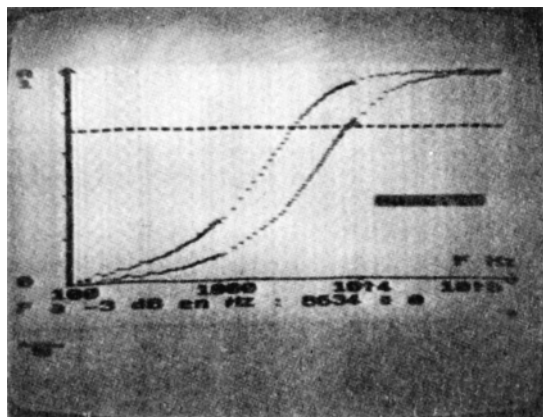
2 - Filtre passe haut passif

* Même étude que précédemment avec le montage passe haut :

– filtre à vide avec F_0 (fréquence de coupure de 3612 Hz, valeur trouvée par l'ordinateur.

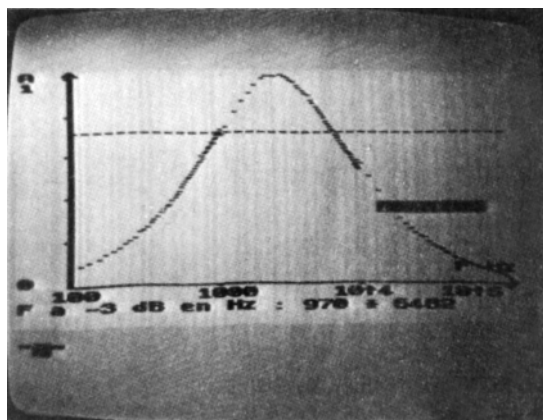
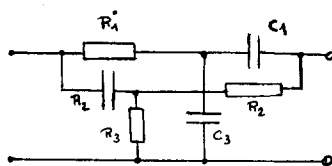
– filtre chargé par une résistance de $4,7 \text{ k}\Omega$ fréquence alors affichée : 8634 Hz.

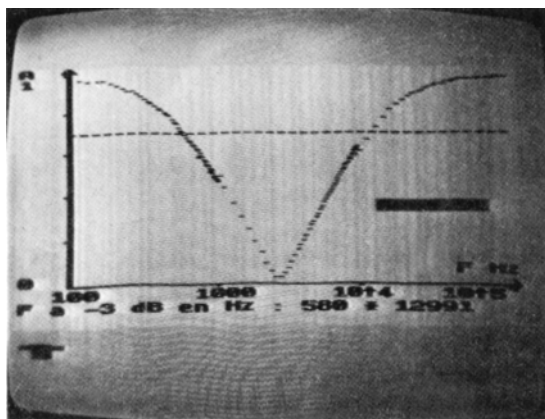
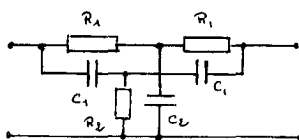




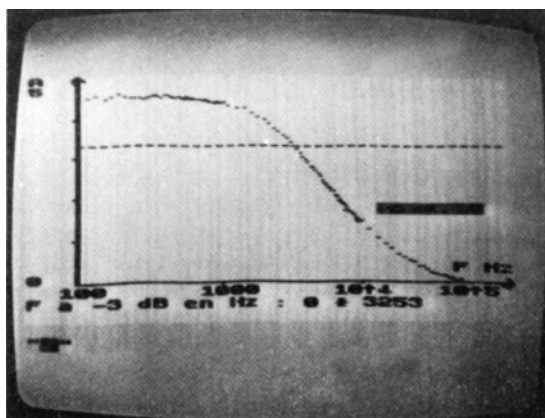
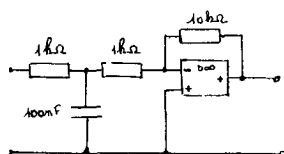
3 - Filtre passe bande

Visualisation de la courbe de réponse en fréquence et de la droite $A = A_0 / \sqrt{2}$ montrant les fréquences de coupure indiquées.



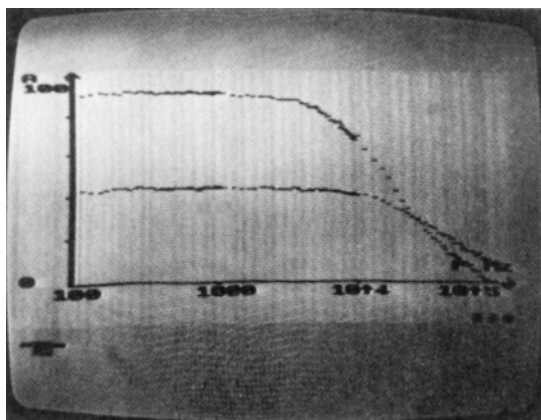
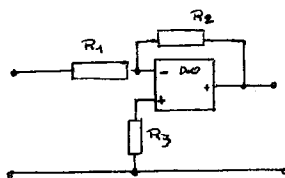
4 - Filtre coupe bande5 - Filtre actif

Il est possible de conduire les mêmes études sur des quadri-pôles actifs.



6 - Amplificateur inverseur à A.O.

Il est possible de tracer plusieurs courbes montrant comment évolue la bande passante avec l'amplification. Ici deux courbes avec un rapport de 2 pour le module de l'amplification, le C.I. utilisé étant un 741.

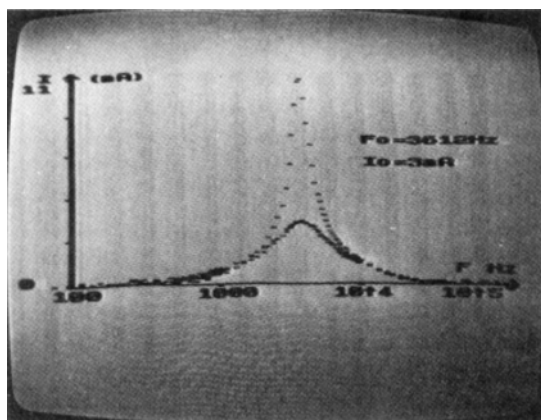


ÉTUDE D'UN CIRCUIT R-L-C EN RÉGIME SINUSOÏDAL

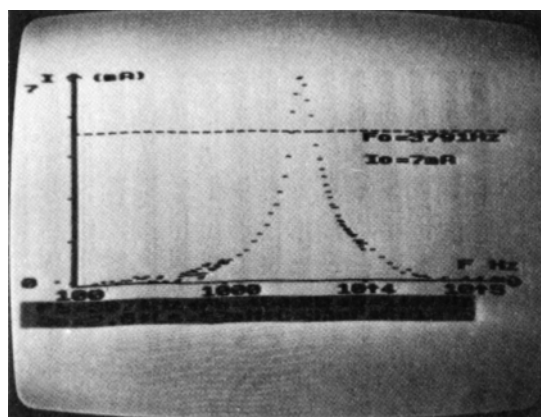
En prélevant la tension aux bornes d'une résistance connue avec une bonne précision pour pouvoir en déduire la valeur de l'intensité et avec un programme légèrement modifié par rapport au précédent, il est possible d'étudier le comportement des circuits R-L-C.

1 - Circuit série

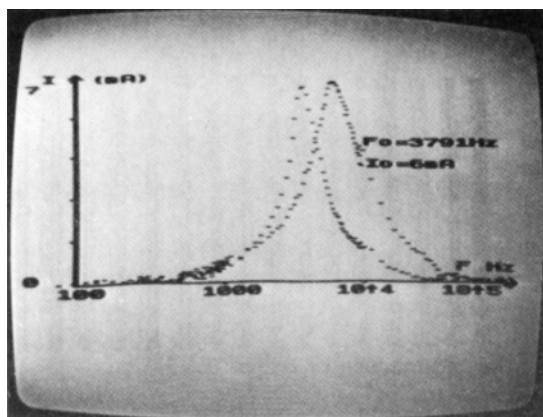
Courbes montrant l'influence de la valeur de la résistance du circuit sur la valeur de l'intensité du courant à la résonance.



* A partir du circuit précédent, une seule courbe mais avec calcul des différents paramètres caractérisant le circuit :

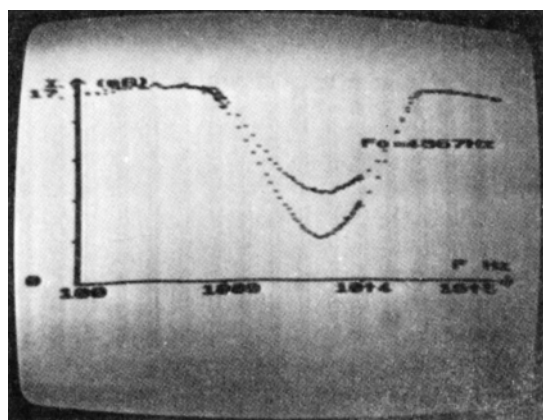


* Effet d'une variation de la valeur de l'inductance dans le circuit série avec modification de la fréquence de résonance (déplacement du maximum de la courbe) sans que le courant maximum ne change.



2 - Circuit R-L-C parallèle

Effet de la modification de la valeur de la résistance du circuit sur la valeur minimale de l'intensité.



Voici quelques résultats obtenus avec le montage évoqué, la durée relativement faible du relevé des mesures et du tracé de la courbe permet ainsi devant les élèves d'avoir un support concret à l'étude menée.