

Grenzüberschreitende Aktivitäten

In Basel trafen sich Ende April die Initiatoren der QSL-Sammlungen Saar und der Schweiz. OM Leo H. Jung, DH4AIB (im Bild rechts) übergab eingegangene HB9-QSLs an die schweizerische Sammlung, OM Sigi Bill, HB9DLE, bekannt aus der DXCC-Honor Roll, revanchierte sich mit Doubletten und Kopien historischer deutscher QSL-Karten. Die Sammlung von OM Bill möchte die Zeugnisse Schweizer Amateurfunkgeschichte im eigenen Lande bewahren, OM Jung das Andenken an die deutschen Oldtimer der Vor- und Nachkriegszeit einschliesslich des Saargebiets und des Saarlandes. Foto: HB9DKV



TECHNIK

Redaktion: Dr. Peter Erni (HB9BWN), Römerstrasse 34, 5400 Baden
Packet: HB9BWN @ hb9aj E-Mail: hb9bwn@uska.ch

Tutorial: Aspects de la puissance (Première partie)

Olivier Pilloud HB9CEM, 22 Ch. de Champvent, 1008 Jouxens-Mezery

1 INTRODUCTION

La puissance se manifeste sous différents aspects, et c'est une notion que le citoyen moyen, même radio-amateur, a quelquefois de la peine à appréhender dans toutes ses subtilités. Bien entendu, étant donné la complexité et l'étendue du sujet, il n'est pas possible ici d'en faire une étude complète, mais nous allons tenter d'en débroussailler les aspects en rapport avec la technique, et en particulier les points se rapportant plus directement au monde du radio-amateur.

1.1 Définitions

Différentes unités sont utilisées pour représenter la puissance, selon que l'on s'occupe d'électricité ou de mécanique. De plus, certaines de ces unités, sont soit périmées, soit d'un usage peu courant.

Le travail ou l'énergie sont des termes équivalents. Les unités principales de travail sont le Joule (J), le Watt-heure ou kilowatt-heure (kWh). Cette dernière unité nous permet de détecter que le travail est une puissance, utilisée pendant une certaine durée. Ceci est confirmé lorsque l'on sait que le Joule vaut 1 Watt-seconde (Ws).

Il découle donc que l'unité de puissance usuelle est le Watt (W), et comme un Joule vaut 1 W.s (Watt.seconde), la puissance peut aussi se mesurer en J/s. Une autre unité de puissance est encore en usage courant, bien que périmée, le cheval-vapeur (ch, CV ou hp).

1.2 Que vaut réellement un cheval vapeur

Avant de continuer, arrêtons-nous un instant sur le cheval en tant qu'unité de puissance. Certains documents donnent la puissance équivalente à 1 cheval comme étant de 736 W et d'autres comme équivalent à 746 W. Cette différence est faible, mais demande que l'on éclaire ce point, d'autant plus que ceci nous permettra de nous forger une vision mécanique de la puissance.

Cette différence provient en fait de la définition du cheval vapeur, unité initialement créée par des mécaniciens. Cette définition plutôt arbitraire – le cheval animal n'étant pas exactement quantifiable – est basée sur un chiffre rond, 75 kg m/s en Europe (kilogrammes. mètre/seconde) et 550 lb ft/s en Amérique (550 livres.pied/seconde). Pour calculer la puissance correspondant à ces deux définitions du cheval, il faut encore faire intervenir

l'accélération due à la gravité, soit 9,81 m/s². Le tableau suivant résume ces calculs.

Définition du cheval-vapeur.

	Europe	Amérique
Définition	75 kg m/s	550 ft lb/s
Conv. en métrique ^a	75 kg m/s	76.11 kg m/s
Puiss. équivalente ^b	735,5 W	746,4 W

a. En utilisant 454 g par livre et 30,48 cm par pied.

b. En utilisant 9,807 m/s².

Et voilà la clé du mystère; les chevaux américains sont légèrement plus puissants que les chevaux européens (1,5%).

Cette petite incursion dans la mécanique nous a aussi permis de déterminer que la puissance peut-être définie en termes d'une masse (kg) déplacée verticalement, c'est-à-dire contre la gravité (m) par unité de temps (s).

1.3 Electricité

Ces considérations mécaniques derrière nous, passons aux aspects de la puissance électrique.

En électricité, la puissance est définie comme le produit de la tension et du courant:

$$P = U \cdot I$$

Cette relation, par diverses manipulations et substitutions par la loi d'Ohm prend les formes suivantes:

$$P = I^2 \cdot R \quad P = U^2 / R$$

Ces définitions ne sont bien entendu valables que si l'on est en courant continu ou en courant alternatif en présence de charges uniquement résistives. Lorsque l'on est en présence de charges réactives (inductances, condensateurs) cela se complique quelque peu comme nous allons le voir ci-dessous.

2 PUISSANCE EN COURANT CONTINU

C'est le cas le plus simple, la puissance est déterminée en considérant le courant et la tension pour une résistance. Dans ce cas, la puissance est dissipée entièrement en chaleur dans la résistance. Ce qui implique que la résistance chauffe. C'est pourquoi les dimensions physiques de la résistance sont en rapport avec la puissance qu'elle doit pouvoir

dissiper, de façon à pouvoir transmettre cette chaleur au milieu ambiant (l'air) sans brûler.

Une résistance est un élément quasi-parfait si l'on considère son rôle de transformateur d'énergie en calories.

Il est intéressant ici de noter qu'en électricité, le seul élément capable de dissiper de la puissance est la résistance. Nous verrons ci-dessous des cas où il ne semble pas qu'une résistance seule intervienne, et même dans ces cas, on finira par ne trouver qu'une résistance pour dissiper la puissance.

3 PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

En courant alternatif, le cas de la puissance se complique un peu, il faut maintenant tenir compte d'un éventuel déphasage entre la tension et le courant. Un tel déphasage est nécessairement dû à un (ou des) élément réactif, telle une bobine ou un condensateur.

Tant que le circuit considéré est uniquement résistif, le courant est toujours proportionnel à la tension et suit fidèlement cette dernière dans ses variations périodiques.

Un circuit résistif tel que décrit ci-dessus est un circuit qui ne contient que des résistances ou dans lequel les autres éléments (bobines ou condensateurs) peuvent être ignorés (nous en reparlerons ci-dessous).

3.1 Circuit purement réactif

Un tel circuit qui ne comporte que des éléments réactifs ne peut bien entendu pas réellement exister, car tout élément impose des pertes dans un circuit qui peuvent être assimilées à une résistance; c'est cependant un cas théorique intéressant.

Trois cas peuvent se présenter, soit le circuit ne comporte qu'une seule inductance, et le courant est déphasé de 90° en retard sur la tension; soit le circuit ne comporte qu'un condensateur et le courant est en avance de 90° sur la tension; soit le circuit comporte un certain nombre de condensateurs et d'inductances et il se comporte comme l'un ou l'autre de ces éléments. Dans le cas d'un circuit série, l'élément avec la plus forte impédance prime, alors que dans le cas d'un circuit parallèle, celui qui a la plus faible impédance l'emporte (plus forte admittance). Voyons à titre d'illustration un exemple de ce dernier cas.

Et ce troisième cas se réduit donc à l'un des deux premiers. *voir Fig. 1*

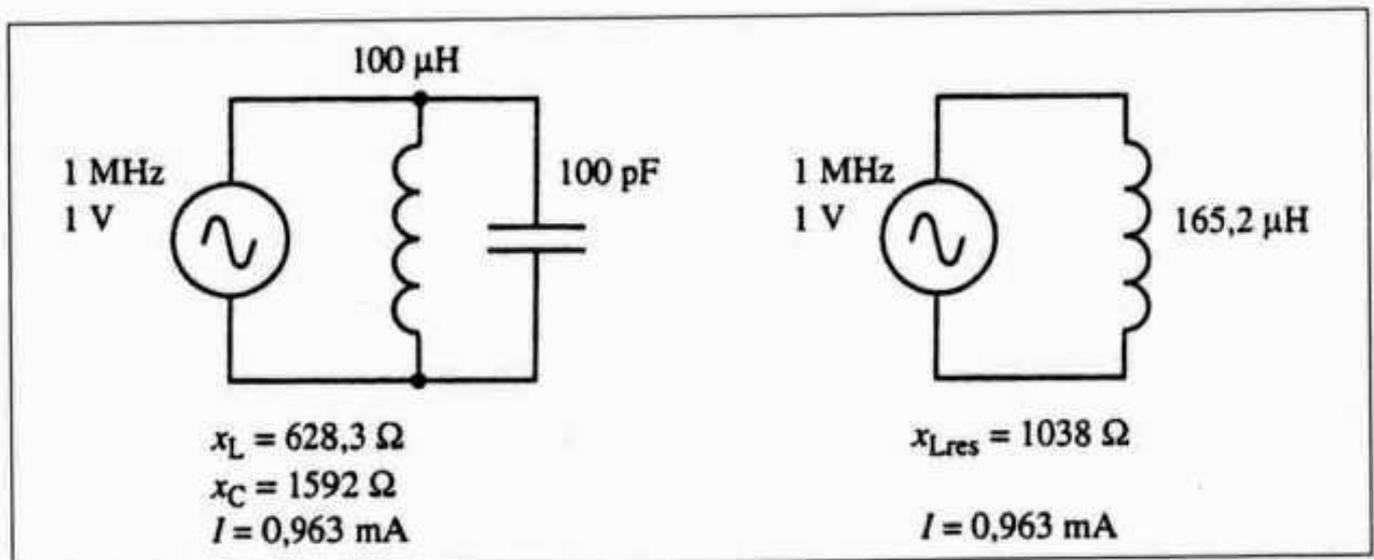


Fig. 1: Un circuit parallèle LC peut (sauf à la résonance) se réduire à une simple réactance, ici une inductance, sans modifier le comportement du circuit (à la fréquence considérée).

3.2 Les 3 sortes de puissance dans un circuit purement réactif

En alternatif, 3 «sortes» de puissance peuvent être calculées:

La puissance apparente: $P_{app} = U \cdot I$

La puissance réelle: $P_{réelle} = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$

La puissance réactive: $P_{réact} = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$
où φ représente l'angle de déphasage entre la tension et le courant.

Dans les circuits purement réactifs, le déphasage est de 90° et le cosinus de 90° vaut zéro alors que le sinus de 90° vaut 1.

Nous voyons alors que dans les trois formules ci-dessus, la puissance réelle est nulle, et que la puissance réactive est égale à la puissance

apparente. Cela implique que toute la puissance qui est consommée par le circuit durant l'une des alternances est rendue à la source lors de l'alternance suivante. Le circuit ne consomme donc aucune puissance réelle. En fait, dans la section suivante, nous pourrons généraliser ce résultat, et nous verrons que quel que soit le circuit, seule une résistance est à même de dissiper de la puissance. Voici une illustration de ce phénomène (Figure 2), en considérant un circuit capacitif (un simple condensateur aux bornes d'une source de tension), siège d'un courant de 1 A, avec une source de tension de 1 V (valeurs de crête). Les parties grisées représentent le produit des valeurs instantanées du courant et de la tension.

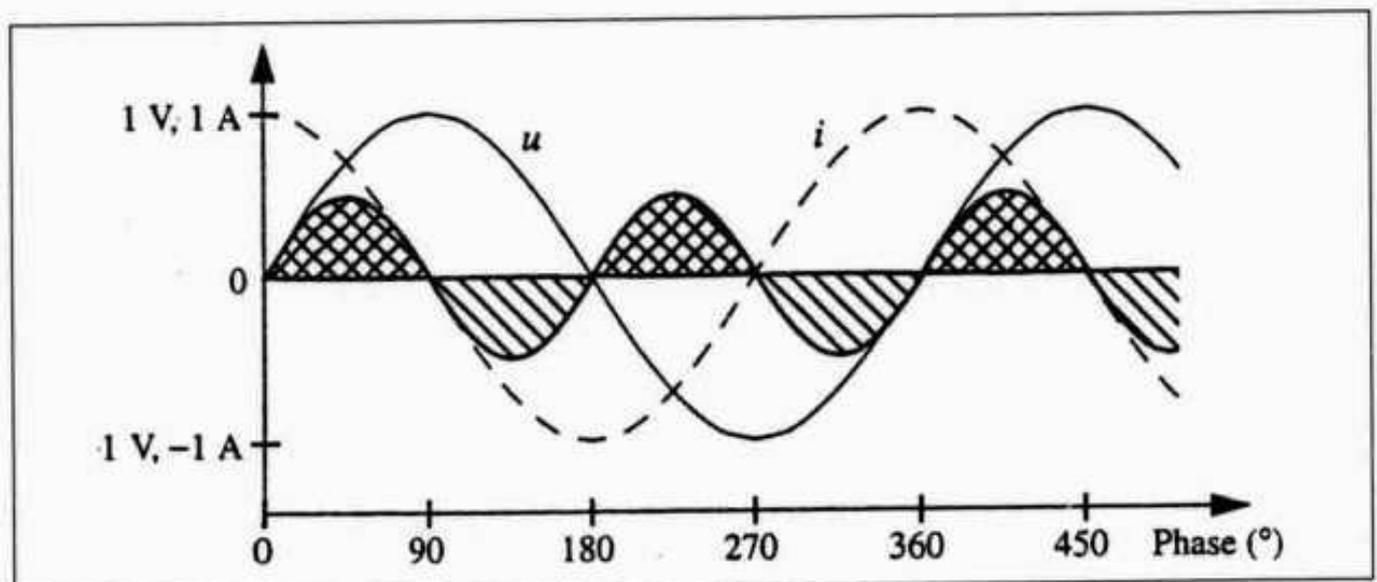


Fig. 2: Ce diagramme illustre la puissance dans un circuit purement capacitif.

Nous constatons que cette courbe est une sinusoïde de fréquence double dont certaines parties sont positives et d'autres négatives. Quand la courbe est positive (zone hachurée croisée), il est aisé de concevoir que le condensateur absorbe une certaine puissance, mais quand la courbe est négative (zone hachurée simple), nous devons admettre que le condensateur rend cette puissance au circuit.

En fait, pendant une partie du cycle le condensateur se charge, accumulant ainsi de l'énergie et pendant l'autre partie du cycle cette énergie est restituée à la source. Comme de plus la surface au-dessus de la courbe est la même que la surface au-dessous de la courbe, la puissance absorbée est identique à la puissance restituée. Le circuit ne consomme aucune puissance.

C'est de là que vient le mot réactif qui signifie «agir de nouveau» puisque toute la puissance absorbée est renvoyée à la source de façon à ce qu'elle puisse agir à nouveau.

Pour résumer, notons qu'un circuit purement réactif ne consomme aucune puissance réelle mais qu'il est le siège d'une puissance apparente qui est la puissance absorbée par le circuit et d'une puissance réactive qui est la puissance rendue par le circuit.

4 CIRCUITS COMPORTANT UN ÉLÉMENT RÉSISTIF

Deux cas peuvent être distingués, soit le circuit réactif comporte une (ou des) résistances en plus de ses éléments réactifs, soit le circuit

est purement réactif. Nous avons déjà examiné le cas d'un circuit purement réactif, voyons maintenant le cas d'un circuit comportant une ou des résistances.

4.1 Circuits réactifs comportant une résistance

Un tel circuit peut contenir un certain nombre d'éléments réactifs et de résistances, mais peut généralement être simplifié sous forme d'un circuit composé d'une seule résistance et d'un seul élément réactif. Un exemple chiffré serait très similaire à celui de la Figure 1, et pour les sceptiques, il suffit de se référer à la loi de Thévenin qui permet de simplifier tout circuit comportant un nombre arbitraire d'éléments en un circuit simple comportant une source et une charge (complexe).

Dans un tel circuit, le déphasage doit nécessairement être inférieur à 90° qui est le déphasage maximum possible sans résistance: dans une résistance le déphasage est de 0° , dans un élément réactif il est de 90° , dans un circuit composé, comme celui qui nous intéresse ici, nous sommes dans un cas intermédiaire, et selon la valeur des composants en jeu, le déphasage peut varier de presque 0° à pas loin de 90° (à l'exception de certains circuits comportant plusieurs boucles).

Dans un tel circuit on peut mettre en évidence les trois sortes de puissance mentionnées au Paragraphe 3.2 ci-dessus, mais maintenant, le déphasage n'est plus de 90° et la puissance réelle n'est plus nulle.

La Figure 3 illustre ce point de façon similaire au cas du Paragraphe 3.2.

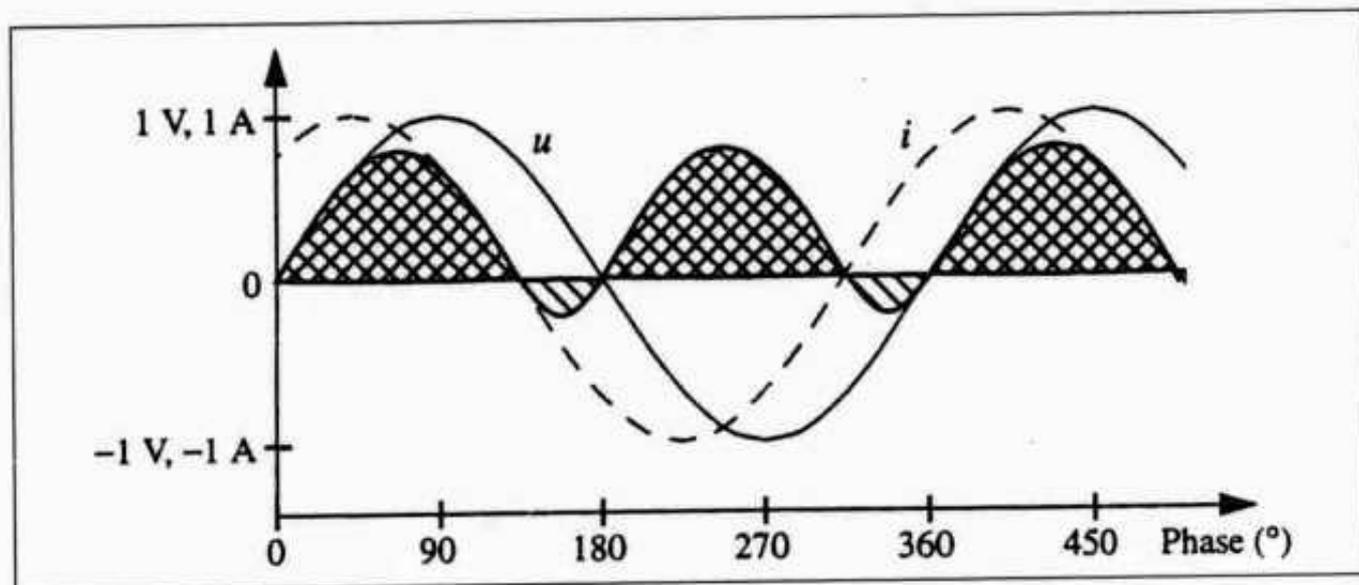


Fig. 3: Illustration de la puissance réelle dans le cas d'un circuit RC. Ici le déphasage est de 45° . Notons que la tension efficace est de 0,707 V et le courant efficace de 0,707 A.

Ici encore, la puissance réelle est la différence des 2 zones hachurées. On voit maintenant qu'une puissance réelle existe. Voici le calcul pour les 3 types de puissance, avec un déphasage de 45° ce qui implique que dans le cas d'un circuit RC, l'impédance du condensateur à la fréquence considérée est identique à la résistance:

La puissance apparente:

$$P_{app} = U_{eff} \cdot I_{eff} = 0,5 \text{ W}$$

La puissance réelle:

$$P_{réelle} = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(45^\circ) = 0,354 \text{ W}$$

La puissance réactive:

$$P_{réact} = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin(45^\circ) = 0,354 \text{ W}$$

Ces 3 puissances sont liées par le théorème de Pythagore, et l'on voit que:

$$P_{app} = \sqrt{P_{réelle} + P_{réact}}$$

Note: la mention de puissance instantanée, rencontrée quelquefois, est une notion vide de sens; en effet, il faut appliquer une puissance pendant un certain temps pour effectuer un travail. Nous verrons cependant ci-dessous que l'on peut considérer une puissance de pointe, mais nous serons obligés de considérer une période complète d'un signal alternatif.

Encore une note, concernant le vocabulaire. On rencontre fréquemment dans la littérature technique anglo-saxonne le sigle *RMS* pour exprimer une tension efficace ou une puissance réelle. Ces trois lettres signifient *Root Mean Square* (Racine, Moyenne, Carré), ce qui est en quelque sorte la définition de la tension efficace:

$$U_{eff} = U_{RMS} = \sqrt{\left(\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (u(t))^2 \cdot dt \right)}$$

Pour évaluer cette expression, on considère un certain nombre (ici infini) d'échantillons de tension u pendant un intervalle représentatif (ici une période T). On effectue la somme des carrés de ces valeurs, puis on prend la racine du tout. Cette opération compliquée revient, dans le cas particulier d'une sinusoïde, à multiplier la valeur de crête de la tension par $1/\sqrt{2} = 0,707$, ce qui est la définition de la tension efficace.

Il n'est toutefois pas correct d'appeler puissance *RMS* la puissance efficace puisque la multiplication de cette puissance par $\sqrt{2} = 1,414$ ne donne pas la puissance de crête.

4.2 Cas de la résonance

Il existe un cas particulier de circuit réactif, celui de la résonance. En effet, nous savons que l'impédance d'une bobine augmente en fonction de la fréquence, alors que celle d'un condensateur diminue dans les mêmes conditions; il doit donc, pour chaque combinaison d'inductance et de capacitance exister une fréquence à laquelle les impédances du condensateur et de la bobine sont identiques. Cette fréquence est bien entendu la fréquence de résonance du circuit.

Qu'y a-t-il de si particulier lorsque les impédances des deux éléments réactifs sont identiques? La réponse se trouve dans le déphasage. En effet dans les 2 sortes d'éléments le déphasage est de 90° , mais de signe opposé, ce qui revient à dire que suivant les cas, la tension ou le courant peuvent tout simplement s'annuler! Examinons brièvement chacun des 2 cas possibles, soit pour le circuit série et pour le circuit parallèle.

- circuit série: dans un circuit série, le courant est nécessairement le même dans les deux composants réactifs. La tension dans la bobine est en avance de 90° sur ce courant alors que dans le condensateur, la tension est en retard de 90° sur ce même courant. Ces deux tensions sont donc en opposition et s'annulent.
- circuit parallèle: dans un circuit parallèle, la tension est nécessairement la même aux bornes des deux composants réactifs. Le courant dans la bobine est en retard de 90° sur cette tension alors que dans le condensateur, le courant est en avance de 90° sur cette même tension. Ces deux courants sont donc en opposition et s'annulent.

Notons qu'à la résonance, il est ainsi possible d'annuler la tension aux bornes d'une bobine au moyen d'un condensateur placé en série avec cette dernière et réciproquement. Il en va de même du courant dans un composant réactif qui peut être annulé par l'utilisation appropriée de l'autre type de composant réactif monté en parallèle.

Pour revenir à la puissance dans un circuit à la résonance, considérons le circuit RLC série suivant, et voyons quelle est la puissance qu'il dissipe. voir Fig. 4

Première approche: la puissance dans la bobine est nulle, puisque comme vu ci-dessus, la puissance apparente et la puissance réactive y sont identiques. Dans le cas du condensateur, la situation est exactement la

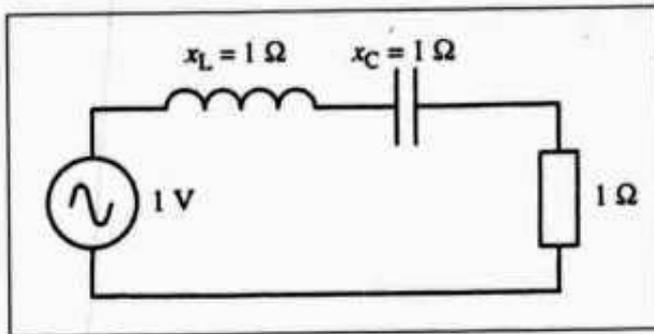


Fig. 4: Le courant dans ce circuit vaut 1 A puisque, comme nous sommes à la résonance, $X_L = -X_C$ et qu'ainsi la seule impédance dans le circuit est la résistance de 1 Ω.

même. Finalement pour la résistance, une certaine puissance est dissipée qui correspond au produit du courant dans la résistance et de la tension à ses bornes.

Conclusion, seule la résistance dissipe de la puissance.

Seconde approche: puisque les tensions aux bornes de la bobine et du condensateur s'annulent, la puissance dissipée dans ces deux composants considérés ensemble est forcément nulle (multiplication par zéro). Seule la résistance, parcourue par le même courant, voit une tension «non-annulée» à ses bornes; ainsi seule la résistance est à même de dissiper de la puissance.

Conclusion, seule la résistance dissipe de la puissance.

Le cas de la résonance n'est donc pas différent du cas hors résonance: seule la résistance dissipe de la puissance. En fait, dans toutes les catégories de circuits, pour qu'une puissance soit dissipée, il est nécessaire qu'il y ait au moins une résistance, seul élément à même de dissiper de la puissance.

5 PUISSANCE ET IMPÉDANCE, TRANSFERT DE PUISSANCE

La puissance doit en général être utilisée, et pour ce faire, elle doit être transmise d'un appareil à un autre (par exemple d'un émetteur à une antenne). Comme nous le savons ce transfert ne se fait de façon appropriée que dans des conditions bien déterminées. On parle alors de transfert optimal de puissance. Le transfert optimal de puissance c'est cependant pas toujours la règle, comme nous le verrons plus loin.

5.1 Transfert optimal de puissance

Voyons pour commencer un petit exemple simple permettant de mettre en évidence les principes de base. voir Fig. 5

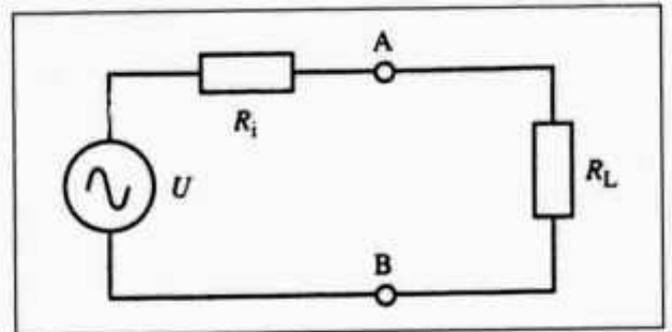


Fig. 5: Circuit composé d'une source réelle (avec résistance interne) et d'un charge.

Considérons le circuit de la Figure 5. La source réelle est composée de la source idéale U et de la résistance interne R_i . La puissance dans la charge R_L est donnée par:

$$P_{R_L} = U_{R_L} \cdot I_{R_L} = \frac{U \cdot R_L}{R_i + R_L} \cdot \frac{U}{R_i + R_L} = \frac{U^2 \cdot R_L}{(R_i + R_L)^2}$$

U et R_i sont des constantes et nous voulons déterminer pour quelle valeur de R_L la puissance consommée (dissipée dans R_L) est maximale. Pour cela nous pouvons prendre la dérivée par rapport à R_L de l'expression ci-dessus et l'égaliser à zéro. Après quelques lignes de maths, on obtient:

$$U^2 \cdot (R_L^2 - R_i^2) = 0$$

Ce qui a pour solutions $U = 0$ qui ne nous intéresse pas et $R_L = R_i$ qui est la réponse cherchée. Le transfert maximal de puissance se fait donc lorsque la charge est égale à la résistance de la source.

En courant alternatif, le problème se complique quelque peu. En effet, si l'un des circuits «producteur» ou consommateur de puissance comporte une réactance, cette dernière va «ajouter de l'impédance» dans le circuit et ainsi empêcher un transfert optimal de puissance. Si dans la Figure 5 ci-dessus, une inductance faisait partie du circuit interne de la source, elle se trouverait effectivement en série dans le circuit.

Intuitivement, on réalise que sans dissiper de puissance elle-même, cette inductance aurait pour effet de diminuer le courant total, diminuant de ce fait la puissance disponible dans la charge. Il n'y a là rien pour nous étonner puisque nous avons violé le principe qui

demande que pour un transfert maximal de puissance, la charge et la source soient de valeurs égales.

Là cependant, quelque chose devrait attirer notre attention, si la charge était identique à la source, il est impossible que cela améliore la situation; une seconde inductance en série avec la charge ne ferait qu'aggraver le problème; mais le petit commentaire fait dans la section sur la résonance prend ici toute sa signification, en effet, par une impédance de type opposé, il est possible «d'annuler» la partie réactive de l'impédance de la source.

Passons encore par un exemple chiffré pour démontrer ceci, et calculons la valeur de la capacité à même d'annuler l'effet d'une inductance de 100 nH à 14 MHz. voir Fig. 6

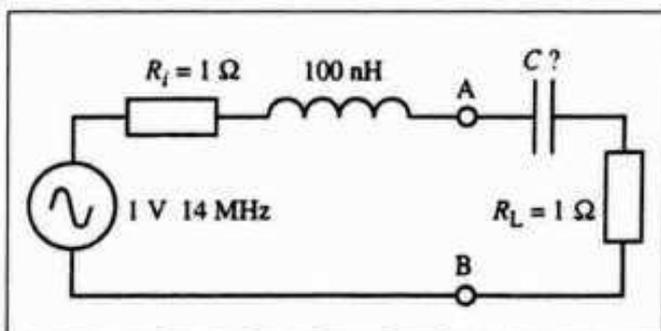


Fig. 6: Ici encore, ce circuit est composé d'une source de tension réelle, ayant une impédance interne équivalente à une résistance de 1 Ω en série avec une inductance de 100 nH, et d'une charge de 1 Ω. La capacité à compenser la partie inductive de la source.

À 14 MHz, l'inductance présente une impédance de $X_L = 8,80 \Omega$.

À cette même fréquence, un condensateur ayant cette impédance a une capacité de 1,29 nF. Notons en passant que puisque ces deux éléments ont une impédance égale (mais opposée) ils ont ensemble une fréquence de résonance de 14 MHz. Avec ces valeurs, l'impédance totale dans le circuit est donnée par:

$$Z_{tot} = \sqrt{(R_i + R_L)^2 + (x_L - x_C)^2}$$

Puisque X_L et X_C sont égaux, l'impédance se réduit à: $R_i + R_L$.

Nous nous retrouvons dans le cas idéal d'une source et d'une charge uniquement résistives. Un tel calcul est superflu puisqu'il serait iden-

tique à ceux que nous avons déjà effectués ci-dessus, dans la section sur la résonance.

Il importe maintenant de légèrement modifier notre conclusion précédente qui voulait que la charge et la source soient égales pour un transfert optimal de puissance. Ceci est effectivement valable en courant continu, mais une meilleure formulation de cette règle existe, qui est valable dans tous les cas, mais qui fait appel à des notions mathématiques complexes:

Pour un transfert optimal de puissance, il faut que la charge soit le **conjugué complexe** de l'impédance de la source.

En clair cela signifie que la partie résistive de la charge doit être identique à la partie résistive de la source, et que la partie réactive de la charge doit être égale mais de signe contraire à la partie réactive de la source (la réactance doit être du type opposé).

5.2 Transfert non-optimal de puissance

Il n'est souvent pas acceptable de perdre la moitié de la puissance disponible dans la source, et l'on peut alors se contenter d'un arrangement non-optimal du point de vue de la puissance, mais favorisant le transfert de tension ou de courant.

Si l'impédance de la source est faible par rapport à la charge, on obtiendra une tension maximale aux bornes de la charge (cas de la porte d'un FET par exemple). Si au contraire, la charge est de faible valeur par rapport à l'impédance de la source, on se trouvera en présence d'un transfert de courant, développant une faible tension aux bornes de la charge (cas de la base d'un transistor par exemple).

Dans ces deux cas, la puissance dissipée dans la source est faible. voir Fig. 7

À titre d'illustration, la Figure 7 montre la puissance dissipée dans une résistance de charge (courbe mince) en fonction de la valeur de cette charge par rapport à l'impédance de la source (R_L/R_S). On constate que cette puissance est maximale lorsque le rapport des résistances vaut 1 (elles sont égales). La seconde courbe (épaisse) donne la tension aux bornes de la résistance de charge en fonction du même rapport. On constate vers la droite du graphe que la tension dans la charge peut être relativement élevée, alors que la puissance dissipée est faible.

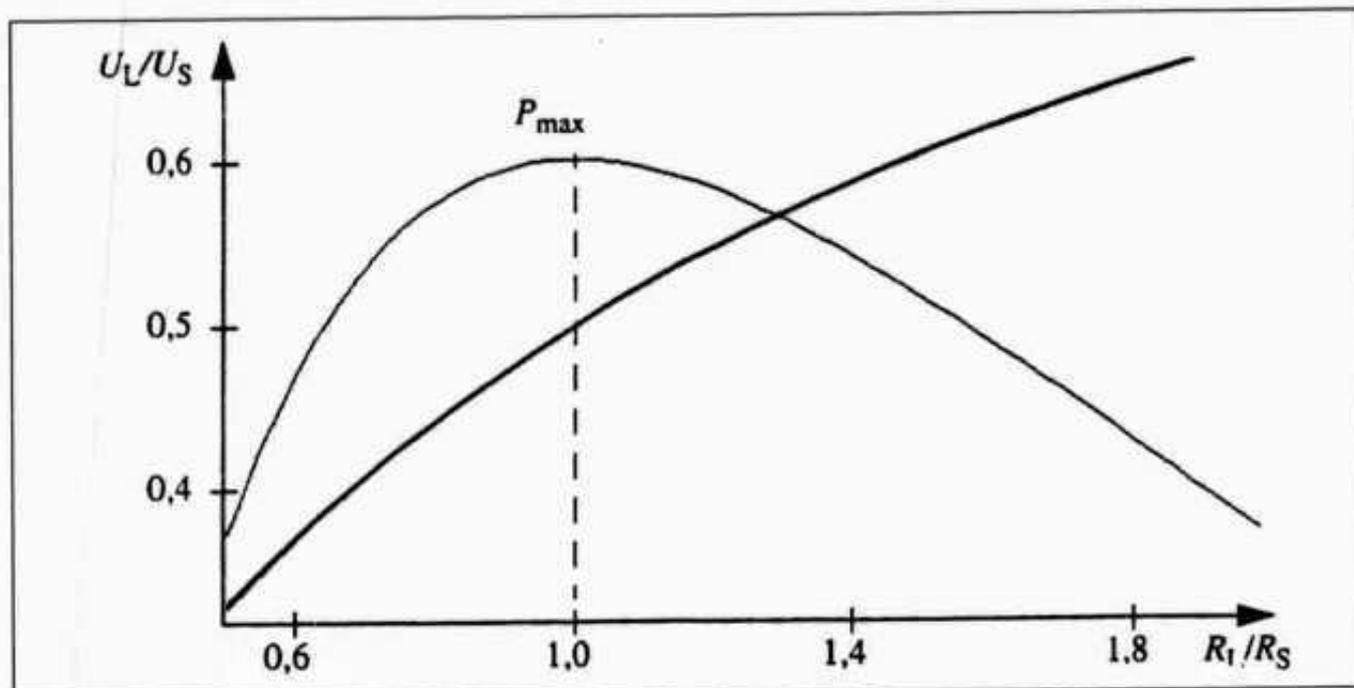


Fig. 7: Puissance dissipée en fonction de la résistance de charge. L'axe horizontal représente le rapport de la charge par la source; quand ce rapport vaut 1, ces deux valeurs sont identiques et la puissance dans la charge est maximale (courbe mince). L'échelle de gauche, se rapportant à la courbe grasse, indique la part de la tension disponible aux bornes de la charge.

6 RENDEMENT (PUISSANCE UTILE, DISSIPÉE, CONSOMMÉE)

Dans la pratique, nous n'avons pas toujours pour but de chauffer des résistances, en fait, à l'exception du radiateur (de chauffage) nous préférons utiliser la puissance à d'autres fins: actionner la membrane d'un haut-parleur pour entendre de la musique, faire avancer une voiture ou émettre un signal par notre antenne, pour ne citer que quelques cas.

Cependant, nous avons constaté que la plupart des appareils que nous utilisons produisent une puissance utile mais aussi de la chaleur inutile.

Ce phénomène est souvent dû à la résistance interne de l'appareil; résistance qui dissipe une certaine puissance, proportionnellement à la puissance fournie à la charge.

À ce stade, une petite remarque s'impose concernant la résistance interne: ne peut-on pas la supprimer? Pourquoi inclure cette résistance dans les circuits?

En réalité, cette résistance est rarement incluse volontairement et rien ne peut-être fait pour la supprimer totalement. Elle est due aux imperfections des composants, ou dans d'autres cas elle est simplement nécessaire, par exemple pour l'adaptation à une ligne de

transmission. Lorsqu'elle a pour cause les imperfections du circuit, cette résistance est symbolique et regroupe en un élément toutes les contributions des divers composants du circuit. Quand elle est nécessaire, on tient compte des contraintes du circuit et l'on n'ajoute que la part qui manque pour atteindre l'impédance requise.

Notons que lorsque l'on parle des imperfections du circuit, il n'est pas seulement question des résistances parasites, telle celle d'un conducteur, mais aussi des résistances utiles et indispensables à la polarisation du circuit.

Cette résistance interne, qui symbolise en un élément l'ensemble des pertes du circuit dissipe une partie de la puissance totale disponible, et provoque un échauffement de la source (l'appareil qui fournit la puissance).

Revenons encore au cas ci-dessus (Figure 5), que se passe-t-il lorsque l'impédance de la source est le plus faible possible, et en tous cas faible par rapport à la charge.

La puissance perdue en chaleur dans la source est ainsi minimale, et une certaine puissance utile est aussi disponible et dissipée dans la charge. Cependant, comme vu ci-dessus (Figure 7), cette puissance,

n'est pas la puissance maximale que pourrait fournir ce circuit en théorie.

En pratique, le dimensionnement des composants du circuit «source» ne permettra peut-être pas de fournir une puissance supérieure sans dommage, dans ce cas le circuit ne pourra pas prétendre fournir la puissance maximale théorique.

Il y a donc 3 sortes de puissances pour caractériser un appareil consommateur de puissance, soit: la puissance fournie à la charge (antenne, haut-parleur), la puissance perdue en chaleur dans l'appareil fournisseur de puissance, et la somme de ces deux puissances, qui est la puissance totale consommée par l'appareil.

C'est là qu'intervient la notion de rendement, puisqu'en minimisant la puissance perdue en chaleur, une plus grande partie de la puissance absorbée se retrouvera dans la charge, ou inversement, en minimisant la puissance

perdue en chaleur, pour une puissance donnée dans la charge, on diminuera la puissance consommée.

Le rendement s'exprime en % ou sous forme d'un chiffre sans unités inférieur à 1. Si d'aventure, vous vous trouvez en présence d'un rendement supérieur à 1, revoyez vos calculs ou déposez d'urgence un brevet et devenez le maître du monde! Vous venez d'inventer une machine qui fournit plus d'énergie que ce qu'elle absorbe.

7 CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

Cette première section a permis de voir et de mettre en évidence les aspects de base de la puissance, d'une part en courant continu et d'autre part en courant alternatif, en se limitant pourtant à des cas simples. La seconde partie de cet article mettra en évidence les aspects HF de la puissance, en usage dans le monde des transmissions radio.

HAMBÖRSE

Tarif für Mitglieder der USKA: Bis zu 4 Zeilen Fr. 10.-, jede weitere Zeile Fr. 2.-. Nichtmitglieder: Bis zu 4 Zeilen Fr. 18.-, jede weitere Zeile Fr. 4.-. Angebrochene Zeilen werden voll berechnet.

Suche Militär Funkmaterial der CH-Armee: Sender, Empfänger und Zubehör für meine Sammlung. Zustand unwichtig, wird restauriert. Auch Einzelteile sind für mich interessant (Röhren, Umformer, Ersatzteile, Verbindungskabel, Reglemente, Techn. Unterlagen etc). Daniel Jenni, 3232 Ins, Tel. P 032/313 24 27.

Für den **Aufbau meiner Sammlung** historischer Telekommunikation suche ich **zu kaufen:** Kurzwellen-Empfänger der 20er- bis 50er-Jahre (Markengeräte und Eigenbauten), Radioapparate, Röhren, Literatur, Prospekte, Werbematerial, usw. Defektes Material wird sorgfältig restauriert. Roland Anderau (HB9AZV), Gurtenstrasse 15, 3122 Kehrsatz, Tel. 031/961 72 27.

Verkaufe: Yaesu FT-990 KW-TRX, N-SSB Filter, Service-Manual, Fr. 2400.-; ICOM IC-271H 2-m-all-mode TRX, 100W-out, inkl. Vorverstärker, Fr. 1200.-; ICOM IC-471H 70 cm-all-mode TRX, 75W-out, Service-Manual, Fr. 1200.-, MFJ-247 HF-SWR Analyzer, Fr. 250.-; Geräte in gutem Zustand, müssen abgeholt werden, Tel. 034/4220453, hb9gaa@arrl.net.

zu verkaufen: Kenwood TM-V7E (Blaues Wunder) mit Externkabel Fr. 480.-; Siemens schnurloses Telefon mit 2 Handies Fr. 280.-;

CD Player DENON CDC-635, neuwertig Fr. 180.-; HP Logic Dart 3-Kanal handheld Logikanalysator Fr. 280.-; HP Jornada 680 Organizer mit Farbdisplay, Windows CE, Internetbrowser, neu Fr. 680.-; Toshiba Tecra T-8000CDT/366 PII MMX, 64MB, 14.1" TFT, 6.5GB, 24-fach CD, neu sowie Docking Station 2xISA oder 3xPCI Fr. 3680.-; R. Hirt HB9MAQ, Tel. 01/980 00 01.

Verkaufe: KW-Transceiver Sommerkamp FT 277B 100W, 1,8 – 30MHz, USB/LSB, CW, AM mit Zubehör (Antenne W3DZZ, Messgeräte etc.) alles UFB-Zustand und sehr günstig abzugeben. Ferner versch. kompl. old man-Jahrgänge ab 1974. HB9BCH, Tel./Fax 041/781 23 12 abends.

Suche: Drake TX/RX, Zubehör, WH7, CW75, RV7. Suche Hallicrafters TX/RX alle Modelle, Zubehör auch defekt. Tel. 076/322 47 48.

zu verkaufen: Gegen Höchstgebot Cush-Craft 4-el Beam mit 40 m Zusatz, Ham IV Rotor NP 2300.-; Fernbed. Umschaltung SSB für 4 Antennen NP Fr. 517.-, 3-Bd Handy Icom Delta/1E NP Fr. 1342.-; Alles opt. und techn. einwandfrei, kaum gebraucht. Detaillierte Liste auf Wunsch per e-mail. HB9CBW, P: 01/813 22 95 oder e-mail huberhr@attglobal.net