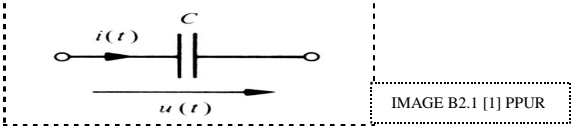


## SOMMAIRE

- B2.1 Première approche**
- B2.2 Condensateur - capacité**
- B2.3 Tension de service**
- B2.4 Résistance d'isolement et facteur de pertes**
- B2.5 Schéma équivalent**
- B2.6 Régime permanent (sinusoïdal)**
- B2.7 Réactance capacitive**
- B2.8 En régime impulsionnel**
- B2.9 Circuit oscillant**
- B2.10 Bibliographie**

### B2.1 Première approche

Selon la Méthode d'analyse, M. J.Neuenschwander	
<b>SYMBOLE*</b>	 <p>IMAGE B2.1 [1] PPUR</p>
<b>FONCTION*</b>	<p>La fonction générique d'un condensateur est celle d'un réservoir de tension électrique, après lui avoir déplacé les électrons de ses électrodes métalliques.</p> <p>Ce qui signifie que la tension aux bornes du condensateur varie en fonction du courant de charge ou de décharge qui lui est imposé. Si aucun courant ne circule, le condensateur conserve la tension à ses bornes au moment de l'arrêt.</p>
<b>SPECIFICATIONS* TYPES*</b>	<p>Capacité nominale C [F]</p> <p>Tension de service [V]</p> <p>Tolérance [%]</p> <p>Facteur de pertes <math>\text{tg}\delta</math> et coefficient de températures [1/K].</p>
<b>TECHNOLOGIE</b>	<p>Il est composé de deux électrodes métalliques séparées par un isolant. Ce système est réalisé soit par des feuilles enroulées, empilées ou placées de manière tubulaire. La métallisation d'une plaquette de céramique est également une technique utilisée.</p> <p>Ils sont protégés des influences extérieures par une couche de vernis, un enrobage de masse isolante (résine) ou un boîtier d'aluminium.</p>
<b>UTILISATIONS</b>	<p>Dans les alimentations comme condensateurs de filtrage.</p> <p>Ils servent également de liaisons ou de découplages pour bloquer une composante continue et favoriser le passage de la composante alternative (ou signal) d'une tension.</p> <p>Ils composent les circuits résonants associés aux bobines.</p> <p>Peuvent encore déparasiter, compenser une charge inductive ou servir au démarrage de moteurs.</p>
<b>METHODE DE CONTRÔLE*</b>	<p>A l'ohmmètre, seul les condensateurs de grandes valeurs peuvent laisser apparaître le courant initial, sinon uniquement un court-circuit peut être identifié.</p> <p>A l'oscilloscope, le suivi d'un signal peut indiquer la défaillance d'un condensateur. Seuls les capacimètres donnent une valeur, en Farad, pour vérifier le composant.</p>

Il n'est peut-être pas inutile de préciser ici qu'un bon praticien a besoin de connaître "par coeur" les indications suivies de l'astérisque \* pour une pratique efficace du dépannage des circuits électroniques.

## B2.2 Condensateur - capacité

Lorsque deux surfaces conductrices sont placées l'une vers l'autre et soumises à une tension électrique, nous constatons une accumulation de charges électriques dans l'espace isolant qui les séparent. Tout composant qui présente une telle propriété est un condensateur.

$$\text{Capacité} = \frac{\text{Quantité d'électricité déplacée}}{\text{Tension à ses bornes}} = \frac{Q}{U} = \frac{I \times t}{U} \quad [\text{F} = \text{As/V}]$$

Nous pouvons également dire qu'un condensateur est caractérisé par la propriété de conserver une tension à ses bornes, lorsque une certaine quantité de charges électriques est déplacée dans ses électrodes, soit:

Lorsque un courant de 1 Ampère charge un condensateur durant 1 seconde et que la tension à ses bornes est de 1 Volt, la capacité vaut 1 Farad.

Ce phénomène représente une accumulation locale d'énergie, qui n'est pas dissipée en chaleur comme dans une résistance, mais qui peut au contraire être restituée à la source.

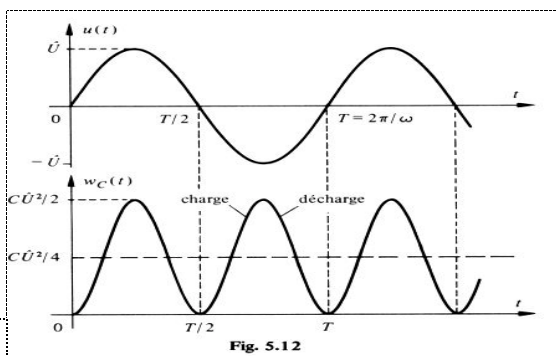


IMAGE B2.2 [1] PPUR

Fig. 5.12

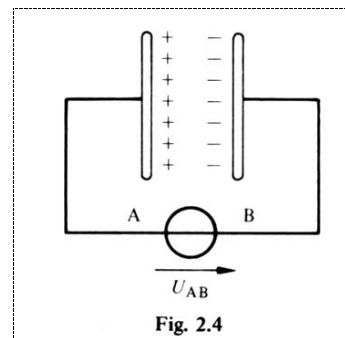


Fig. 2.4

IMAGE B2.3 [1] PPUR

La valeur nominale de la capacité dépend essentiellement des dimensions des surfaces, de la distance les séparant ainsi que de la nature du matériau isolant (diélectrique) utilisé. Traduit en formules, nous obtenons:

$$C = \frac{\epsilon \times A}{D} \quad [\text{F}]$$

Avec  $\epsilon$  : Permittivité absolue [F/m]  
 $A$  : Surface commune aux deux électrodes conductrices [m<sup>2</sup>]  
 $d$  : Distance séparant les électrodes [m] (= épaisseur du diélectrique)  
 $\epsilon_0$  : Permittivité du vide (ou air)  $8,86 \cdot 10^{-12}$  [F/m]  
 $\epsilon_r$  : Permittivité relative du diélectrique [sans unité]

$$\text{et } \epsilon = \epsilon_0 \times \epsilon_r$$

La permittivité relative exprime de combien de fois le phénomène de capacité est meilleur (ou plus grand) que dans le vide d'air ou à l'air libre. Une permittivité relative de  $\epsilon_r = 8$  pour un diélectrique signifie que l'on obtient une capacité 8 fois plus grande, pour les mêmes dimensions, que si les électrodes n'étaient séparées que par de l'air.

Pour obtenir des condensateurs de grande capacité, il est indispensable de disposer d'une grande surface commune aux deux électrodes avec une faible distance entre elles et d'un diélectrique à haute permittivité relative.

Ce qui pose des contraintes de résistance à l'isolation (rigidité diélectrique) et d'encombrement. De plus, le diélectrique doit posséder des performances en stabilité vis-à-vis de la température, du vieillissement ou de la fiabilité (variation de capacité en %).

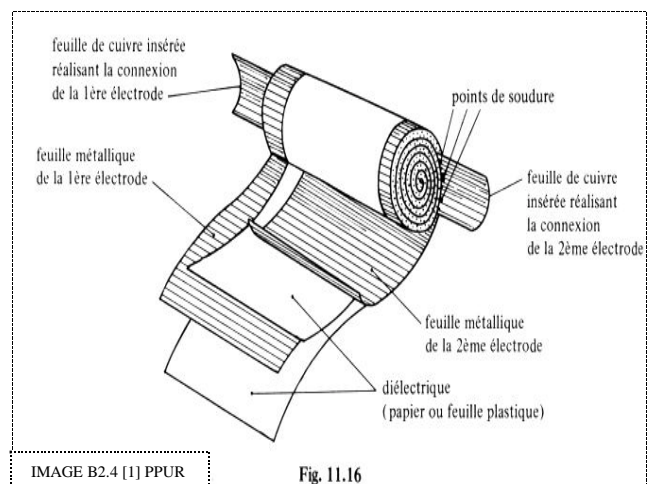


IMAGE B2.4 [1] PPUR

Fig. 11.16

De manière générale, la durée de vie d'un condensateur diminue avec l'accroissement de la tension appliquée et de la température ambiante.

### B2.3 Tension de service

Un condensateur est prévu pour fonctionner de manière permanente pour une tension précise. La tension de service est une caractéristique aussi importante que la valeur nominale de capacité et est toujours indiquées sur le composant.

La valeur indiquée sur le boîtier représente généralement la valeur maximale en régime permanent pour laquelle les spécifications du condensateurs restent valables. La pratique nous montre que les valeurs mesurées dans les circuits électroniques sont situées aux alentours de 60% de la tension de service.

### B2.4 Résistance d'isolement et facteur de pertes

Tout diélectrique utilisé pour la réalisation de condensateurs ne peut avoir des caractéristiques idéales. Un léger courant de fuite est inévitable lorsque une tension est appliquée et nous pouvons parler de résistance d'isolement du diélectrique (donné en mégaohm). Cette résistance d'isolement diminue avec le vieillissement, il peut également dépendre des conditions climatiques.

D'autre part, lorsque le condensateur est utilisé en alternatif, l'énergie nécessaires aux molécules du diélectrique pour suivre le changement de sens du champ électrique entraîne une puissance moyenne consommée et perdue. Ces pertes, appelées "par hystérésis électrique", sont à peu près proportionnelles à la fréquence.

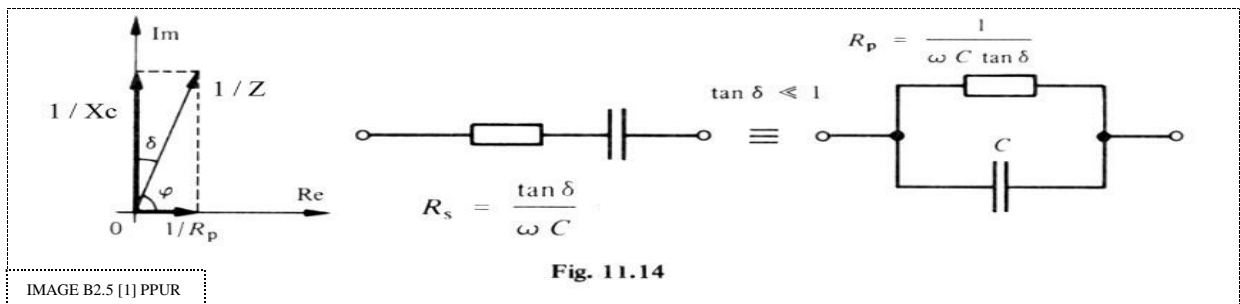


IMAGE B2.5 [1] PPUR

L'ensemble des pertes par courant de fuite et par hystérésis peut être symbolisée par une résistance et imaginée soit en série  $R_s$ , soit en parallèle  $R_p$ . Les fabricants nous donnent le facteur de pertes qui est le rapport de la puissance perdue avec la puissance réactive idéale.

Le facteur de pertes est important en régime alternatif et peut s'exprimer par le rapport trigonométrique des vecteurs de tensions comme illustrés sur l'image ci-dessus.

### B2.5 Schéma équivalent

Si nous observons d'un peu plus près le comportement d'un condensateur dans un circuit électronique, nous obtenons un schéma équivalent plus complet. Comme pour les résistances, le mode de fabrication et la présence inévitable des fils de connexions entraînent l'apparition d'une composante inductive, appelée inductivité propre  $L$ .

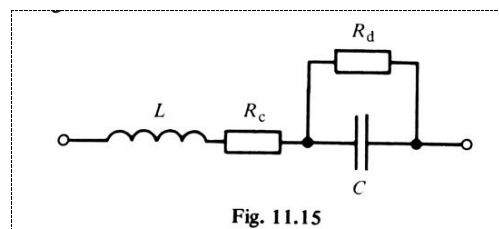


IMAGE B2.6 [1] PPUR

La résistance  $R_c$  représente les résistances des connexions, la résistance  $R_d$  la valeur équivalente des pertes dans le diélectrique et  $C$  la valeur de la capacité admise idéale.

## B2.6 Régime permanent (sinusoïdal)

Lorsque nous voulons connaître le comportement d'un composant en alternatif, nous pouvons aisément le mesurer à l'aide d'appareils électroniques simples: Générateurs de signaux, oscilloscopes, multimètres.

Le régime permanent le plus pratique pour bien l'analyse en alternatif est obtenu avec un signal sinusoïdal. Nous pouvons nous attendre à ce que le condensateur aie un comportement similaire lorsqu'il est utilisé avec un signal usuel (audio, vidéo, data,...).

Nous constatons que la tension et le courant ont la même forme mais sont décalés l'un par rapport à l'autre de 90 degrés ou d'un quart de période.

Le courant dans le condensateur est en avance sur la tension à ses bornes lorsqu'il est alimenté en alternatif.

Il faut noter que si nous avons l'impression qu'un courant traverse le condensateur, il ne s'agit en fait que du déplacement des électrons dans les électrodes métalliques et les connexions au circuit. Il n'y a bien sûr aucun courant dans le diélectrique.

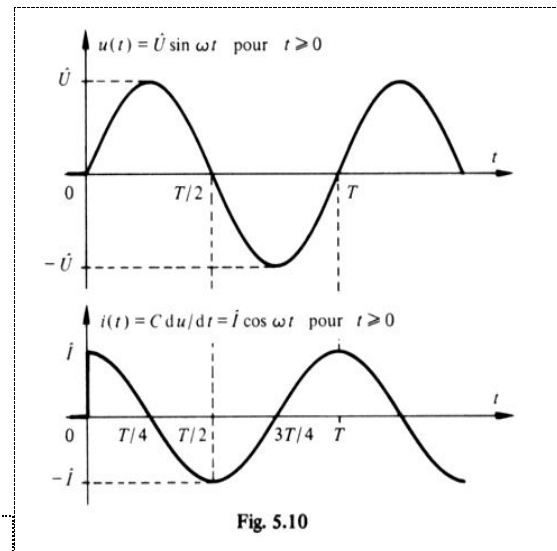


IMAGE B2.7 [1] PPUR

Fig. 5.10

## B2.7 Réactance capacitive

Le comportement du condensateur en fonction de la fréquence entraîne une grande variation du rapport tension - courant. Lorsque la fréquence tend vers zéro, l'amplitude du courant est pratiquement nulle et la capacité se comporte comme un circuit ouvert. A l'inverse, lorsque la fréquence est élevée, c'est l'amplitude de la tension qui tend vers zéro et la capacité se comporte comme un court-circuit.

Nous parlons de réactance capacitive  $X_C$  exprimé en ohm  $[\Omega]$  pour illustrer le comportement du condensateur en fonction de la fréquence. Cette propriété permet de réaliser des circuits électroniques qui pourront trier des fréquences, empêcher une plage de fréquence de passer (comme dans le cas des filtres passe-haut par exemple), etc.

## B2.8 Régime impulsionnel

Il est utile de connaître (ou d'analyser) le comportement d'un condensateur en régime impulsionnel lorsqu'il est utilisé pour des signaux digitaux ou pour étudier ce qui se passe au moment de l'enclenchement (parfois au moment du déclenchement).

Nous parlons de phénomènes transitoires et pouvons les mesurer avec un signal de "saut à l'unité", ou simplement en situation de ON -OFF. Considérons le circuit simplifié ci-dessous et observons son comportement par la forme des diverses tensions et du courant dans le circuit.

La forme du courant dans le circuit est identique à la tension aux bornes de la résistance car la loi d'ohm reste valable  $i(t) = u_R(t) / R$ . Notons que la tension sur la résistance a changé de polarité selon que le condensateur est en régime de charge ou de décharge. Cette propriété est utilisée pour réaliser des circuits électroniques capables de détecter une différence de tension (différenciateurs) ou pour déclencher des systèmes.

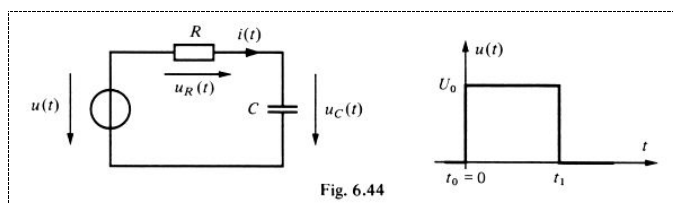


Fig. 6.44

IMAGE B2.8 [1] PPUR

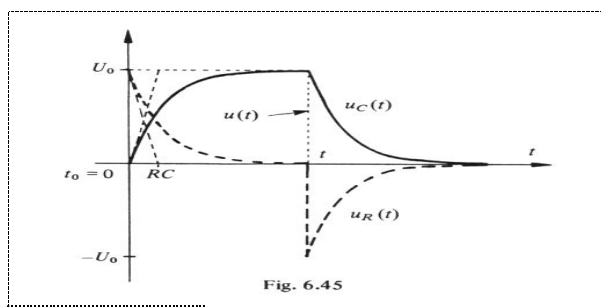


Fig. 6.45

IMAGE B2.9 [1] PPUR

La vitesse du phénomène transitoire visible dépend de la constante de temps du circuit donné par le produit de R et C, exprimé par la lettre grecque Tau:  $\tau = R \times C$  [s].

### B2.9 Circuit oscillant

Dans les circuits électroniques, les condensateurs sont souvent associés aux bobines. Ils peuvent être couplés soit en série soit en parallèle, le résultat est le même. Chacun de ces composants emmagasine de l'énergie l'un sous forme électrostatique (C) et l'autre électromagnétique (L).

Le condensateur et la bobine emmagasinent l'énergie à tour de rôle; ces deux composants s'échangent mutuellement l'énergie électrique en jeux. Cet échange se fait à une vitesse bien précise. Elle dépend de la valeur des composants L et C.

Si nous regardons l'évolution du courant dans un circuit série dès l'enclenchement de l'alimentation, nous constatons que l'échange est de forme sinusoïdale et la fréquence se calcule d'après la formule  $\omega^2 \cdot L \cdot C = 1$ , avec  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ . Elle est appelée fréquence d'oscillation  $f_0$  ou fréquence de résonance  $f_r$ .

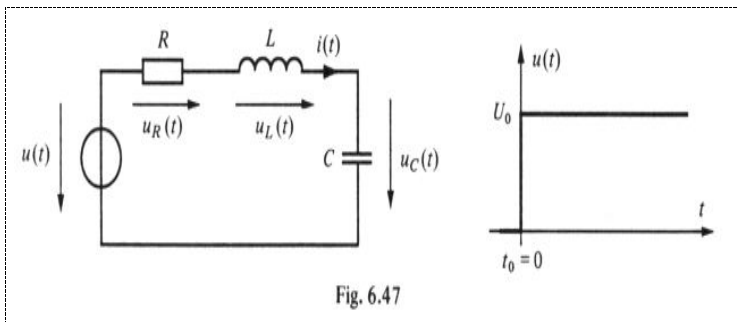


Fig. 6.47

IMAGE B2.10 [1] PPUR

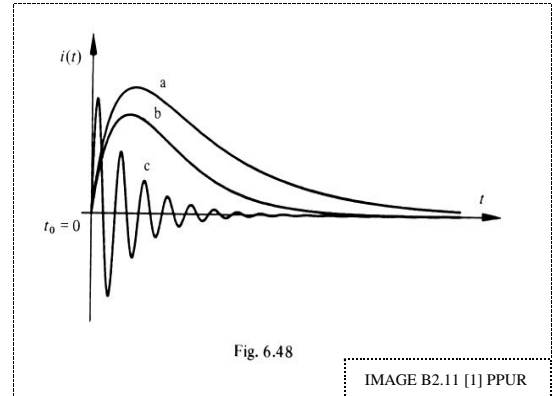


Fig. 6.48

IMAGE B2.11 [1] PPUR

Un circuit oscillant, appelé également circuit RLC, est le siège d'oscillations dites amorties si la valeur de la résistance totale du circuit ne dépasse pas une valeur critique. D'après le graphique de droite ci-dessus, le circuit est appelé

- sur-critique pour la courbe a
- critique pour la courbe b
- à oscillation amorties pour la courbe c

Cette propriété oscillante fait que les circuits RLC varient d'impédance apparente en fonction de la fréquence.

Un circuit oscillant série présente une petite impédance à la fréquence d'oscillation et une grande impédance pour toutes les autres fréquences.

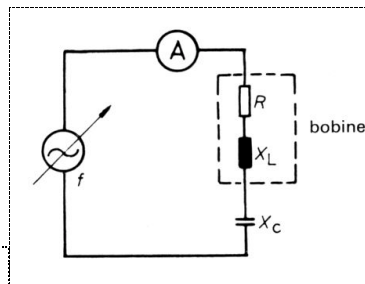


IMAGE B2.12 [1] PPUR

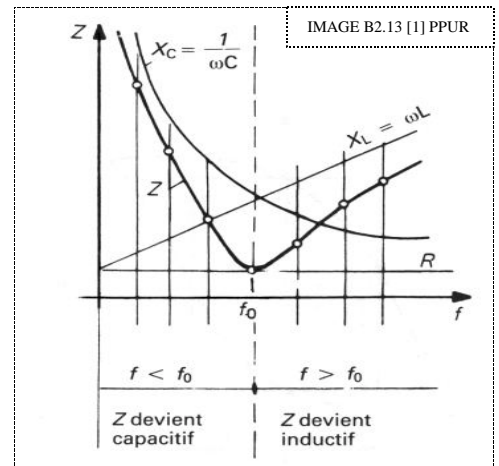


IMAGE B2.13 [1] PPUR

Un circuit oscillant parallèle présente une grande impédance à la fréquence d'oscillation et une petite impédance pour toutes les autres fréquences.

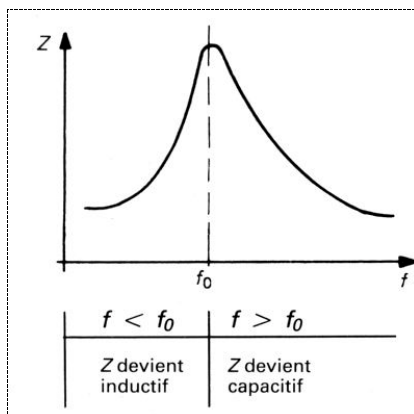


IMAGE B2.14 [1] PPUR

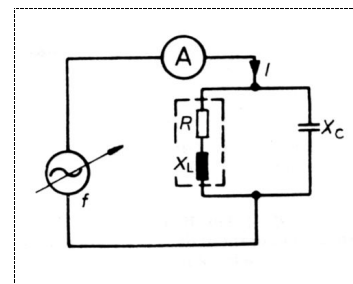


IMAGE B2.15 [1] PPUR

Les circuits oscillants peuvent donc sélectionner une fréquence parmi d'autres ce qui est très utilisé en électronique de télécommunication.

## B2.10 Bibliographie

Niveau étudiant:

- ALBERT PAUL MALVINO *Principes d'électroniques*  
Paris McGraw-Hill 1988 (3e éd.) ISBN: 2-7042-1176-0
- C. CIMELLE & R. BOURGERON *Guide du technicien en électronique*  
Paris Hachette 1995 ISBN: 2-01-16-6868-9

Collection ETAPES: R.MERAT, R.MOREAU, L.ALLAY, J.-P.DUBOIS, J.LAFARGUE, R.LE GOFF

*Electronique analogique*  
Paris Nathan 1992 ISBN: 2.09.176893.6

*Electronique numérique*  
Paris Nathan 1993 ISBN: 2.09.176117.6

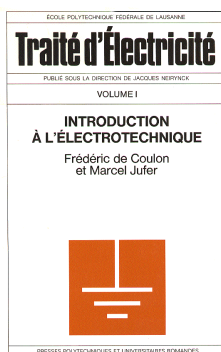
*Electronique de puissance*  
Paris Nathan 1992 ISBN: 2.09.176079

C.SERMONDADE, A.TOUSSAINT

*Régulation tome 1&2*  
Paris Nathan 1994 ISBN T1: 2.09.176-895-3  
ISBN T2: 2-09-176704-2

Niveau ingénieur:

Collection TRAITE D'ELECTRICITE: (Presses Polytechniques et Universitaires Romandes)  
Site web: <http://www.ppur.org>



FREDERIC DE COULON & MARCEL JUFER

**[1] Introduction é l'électrotechnique**  
Lausanne PPUR 1995 (7e éd.) ISBN: 2-88074-041-X

HANSRUEDI BÜHLER

*Electronique de réglage et de commande*  
Lausanne PPUR 1990 (3e éd.) ISBN: 2-88074-056-8

*Electronique de puissance*  
Lausanne PPUR 1978 (1ère éd.) ISBN: 2-604-00017-2

*Réglage de systèmes d'électronique de puissance Volumes 1, 2 et 3*  
Lausanne PPUR 1997 ISBN: 2-88074-341-9 Vol.1  
ISBN: 2-88074-342-7 Vol.2  
ISBN: 2-88074-397-4 Vol.3

*Convertisseurs statiques*  
Lausanne PPUR 1991 ISBN: 2-88074-230-7