

ELECTRICITE

Analyse des signaux et des circuits électriques

Michel Piou

Chapitre 6 Dipôles électriques actifs

Edition 20/09/2010

numéro d'enregistrement de <Document Libre> : DL-001051-04-06.01.00



« copies autorisées pour un usage non commercial selon la Charte <Document Libre >
<http://www.documentlibre.org/CharteDL.html>

Table des matières

1 POURQUOI ET COMMENT ?	2
2 LES DIPOLES ELECTRIQUES ACTIFS	3
2.1 Source de tension.	3
2.2 Source de courant.	4
2.3 Dualité des modèles série et parallèle.	5
2.4 Association de dipôles actifs.	6
3 PROBLEMES ET EXERCICES.	7
Chap 6. Exercice 1 : Dualité des modèles série et parallèle 1	7
Chap 6. Exercice 2 : Dualité des modèles série et parallèle 2	7
Chap 6. Exercice 3 : Dualité des modèles série et parallèle 3	7
4 CE QUE J'AI RETENU DU CHAPITRE « DIPOLES ELECTRIQUES ACTIFS ».....	8
5 REPONSES AUX QUESTIONS DU COURS	9

Temps de travail estimé pour un apprentissage de ce chapitre en autonomie : 3 heures

Copyright : droits et obligations des utilisateurs

Ce document est extrait de la ressource *Baselecpro* qui est disponible en version numérique sur le site Internet *IUT en ligne*

Associé à *Baselecpro*, j'ai publié un **livre** aux éditions *Ellipses* dans la collection *Technosup* sous le titre « *ÉLECTRICITÉ GÉNÉRALE – Les lois de l'électricité* »

Je ne renonce pas à ma qualité d'auteur et aux droits moraux qui s'y rapportent du fait de la publication de mon document.

Les utilisateurs sont autorisés à faire un usage non commercial, personnel ou collectif, de ce document et de la ressource *Baselecpro*, notamment dans les activités d'enseignement, de formation ou de loisirs. Tout ou partie de cette ressource ne doit pas faire l'objet d'une vente - en tout état de cause, une copie ne peut pas être facturée à un montant supérieur à celui de son support.

Pour tout extrait de ce document, l'utilisateur doit maintenir de façon lisible le nom de l'auteur *Michel Piou*, la référence à *Baselecpro* et au site *Internet IUT en ligne*.

Michel PIOU - Agrégé de génie électrique – IUT de Nantes - FRANCE

DIPÔLES ÉLECTRIQUES ACTIFS**1 POURQUOI ET COMMENT ?****Prérequis :**

Les chapitres 1, 3,4 et 5

La notion de somme de complexes et de produit de complexes.

Le calcul des fractions.

Objectifs :

Dans le chapitre 5, nous avons vu la notion d'impédance pour caractériser le comportement des dipôles passifs linéaires en régime alternatif sinusoïdal.

L'objectif est maintenant de décrire les **sources de tension ou de courant électrique**, puis de développer un nouvel outil pour l'électricien et l'électronicien. Cet outil appelé « dualité des modèles série et parallèle » facilitera le calcul des circuits électriques en régime alternatif sinusoïdal.

Il sera complété au chapitre 7 par les théorèmes de Thévenin, Norton et de superposition en régime alternatif sinusoïdal.

Méthode de travail :

Ce chapitre fera largement appel au calcul, et en particulier au calcul en complexe.

Pour éviter les erreurs de calcul littéral, il faut vérifier l'homogénéité des formules : on peut s'assurer que les deux côtés d'une égalité s'expriment bien avec la même unité ou qu'on n'additionne pas des termes de nature différente (Par exemple : on n'additionne pas des volts et des ohms).

Pour limiter les erreurs de calcul numérique, on peut vérifier l'ordre de grandeur du résultat.

Dans ce chapitre, l'utilisation de schémas sera un aspect important. Pour bien les « voir », il est vivement conseillé de faire des **schémas propres, assez grands et en couleur !** Il faut se convaincre que l'absence de schéma ou la réalisation d'un schéma tout gris et rabougri est source de perte de temps et d'erreurs.

Travail en autonomie :

Pour permettre une étude du cours de façon autonome, les réponses aux questions du cours sont données en fin de document.

Corrigés en ligne :

Pour permettre une vérification autonome des exercices, consulter « Baselecpro » (chercher « baselecpro accueil » sur Internet avec un moteur de recherche)

Baselecpro est disponible en version numérique sur le site Internet *IUT en ligne*
Un livre est disponible aux éditions *Ellipses* dans la collection *Technosup* sous le titre
ÉLECTRICITÉ GÉNÉRALE – Les lois de l'électricité
Michel PIOU - Agrégé de génie électrique – IUT de Nantes - FRANCE

2 LES DIPOLES ELECTRIQUES ACTIFS

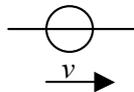
Définition: Contrairement au dipôle « passif », un dipôle est dit « actif » s'il peut fournir en permanence de l'énergie électrique à un circuit extérieur.

2.1 Source de tension.

2.1.1 Source de tension idéale.

Une « **source de tension idéale** » est un dipôle dont la tension aux bornes est indépendante du courant qui le traverse.

On le symbolise de la manière suivante:



La source de tension idéale est un **modèle**.

C'est une description simple pour rendre compte du comportement de certains dipôles dans certaines limites:

Par exemple : une pile électrique 1,5 V est une source de tension presque idéale si on lui fait débiter un faible courant. Si ce dernier est trop élevé, la tension à ses bornes s'effondre et le modèle « idéal » n'est plus adapté.

Autre exemple : une prise domestique 230 V alternatif sinusoïdal / 50 Hz est une source de tension presque idéale tant que le courant qu'on lui prélève reste conforme aux normes. Si le courant est trop élevé, le fusible de protection fond ou le disjoncteur s'ouvre, et dans ce cas ... il faut changer de modèle !

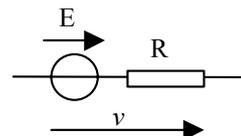
2.1.2 Modélisation d'une source de tension non idéale.

Le modèle « idéal » est quelquefois trop éloigné de la réalité pour qu'on puisse l'utiliser. Il faut alors faire appel à un modèle plus fin, donc hélas plus compliqué.

Nous nous limiterons à deux modèles usuels relativement simples:

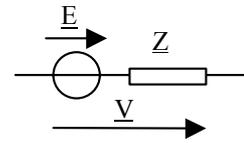
- La tension diminue instantanément d'une quantité proportionnelle au courant i débité.

Pour rendre compte de ce phénomène, on ajoute une résistance dite « interne » en série avec une source de tension idéale.



- La variation de la tension en fonction du courant peut être modélisée par un dipôle linéaire passif (résistance et inductance des conducteurs, capacités entre les conducteurs, capacités de filtrages etc...).

Nous limiterons notre étude au régime alternatif sinusoïdal, car il peut être traité de manière relativement simple en utilisant les complexes. La variation de la tension est alors modélisée par une impédance interne \underline{Z}

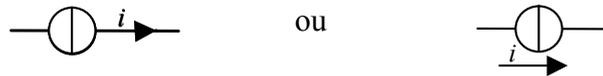


2.2 Source de courant.

2.2.1 Source de courant idéale.

Une « **source de courant idéale** » est un dipôle dont le courant qui le traverse est indépendant de la tension à ses bornes.

On le symbolise de la manière suivante:



La source de courant idéale est un **modèle**.

C'est une description simple pour rendre compte du comportement de certains dipôles dans certaines limites:

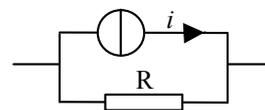
On peut réaliser par des moyens électroniques des sources de courant presque idéales si la tension à leurs bornes ne dépasse pas certaines limites.

2.2.2 Modélisation d'une source de courant non idéale.

Comme pour les sources de tension non idéales, nous nous limiterons à deux modèles usuels relativement simples:

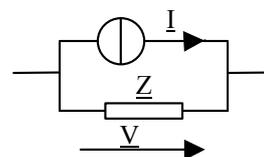
- La tension aux bornes de la source diminue instantanément d'une quantité proportionnelle au courant i débité.

Pour rendre compte de ce phénomène, on ajoute une résistance dite « interne » en parallèle avec une source de courant idéale.



- La diminution de la tension en fonction du courant peut être modélisée par un dipôle linéaire passif (résistance et inductance des conducteurs, capacités entre les conducteurs, capacités de filtrages etc...).

Nous limiterons notre étude au régime alternatif sinusoïdal, car il peut être traité de manière relativement simple en utilisant les complexes et une impédance interne \underline{Z}

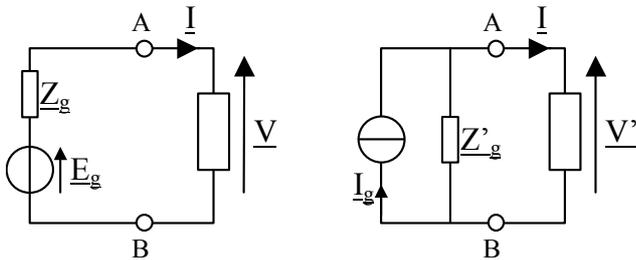


2.3 Dualité des modèles série et parallèle.

Avant toute chose, rappelons qu'en régime alternatif sinusoïdal à fréquence unique une somme de fonctions du temps se traduit dans l'ensemble des complexes par la somme des complexes associés, et que d'autre part la relation tension courant des dipôles passifs s'exprime par la loi d'Ohm généralisée ($\underline{U} = \underline{Z} \cdot \underline{I}$).

Les relations en complexes sont analogues à celles qu'on trouve en courant continu avec les sommes (loi des mailles et loi des nœuds) et la loi d'Ohm. Pour rendre compte de ces relations, on peut donc établir des **schémas dont les paramètres** (tensions, courants, dipôles passifs et générateurs) **sont des complexes**.

Soit en **régime alternatif sinusoïdal** les deux montages suivants:



La source de tension ($\underline{E}_g, \underline{Z}_g$) et la source de courants ($\underline{I}_g, \underline{Z}'_g$) sont de même fréquence, elles débitent sur des dipôles identiques.

Ces deux dipôles sont équivalents si, pour un même courant \underline{I} , on a $\underline{V} = \underline{V}'$ quelle que soit cette valeur de \underline{I} .

Pour déterminer les conditions d'équivalence des deux sources, exprimer \underline{V} en fonction de \underline{E}_g , \underline{Z}_g et \underline{I} puis \underline{V}' en fonction de \underline{I}_g , \underline{Z}'_g et \underline{I} .

En déduire les conditions d'équivalence des deux sources.

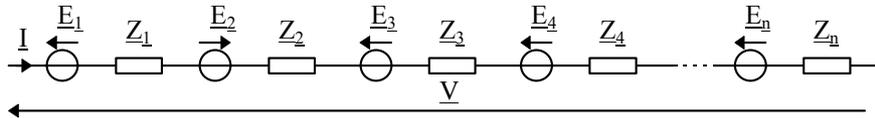
(Réponse 1:)

Le résultat dit « dualité des modèles série et parallèle » ou « dualité Thévenin Norton » est à connaître par cœur.

2.4 Association de dipôles actifs.

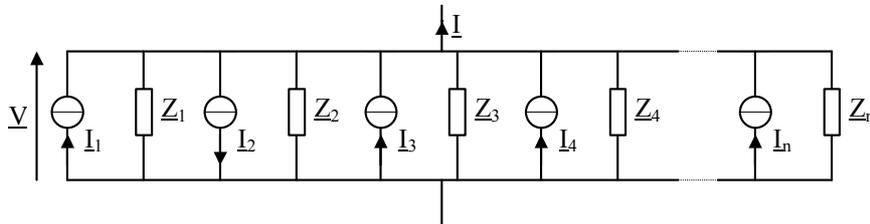
Nous nous limiterons aux associations de sources **alternatives sinusoïdales de même fréquence** et de dipôles passifs linéaires. Nous traiterons donc les différents cas par les complexes.

- Déterminer la source de tension équivalente ($\underline{E}_{eq}, \underline{Z}_{eq}$) aux n sources en série suivantes:



(Réponse 2:)

- Déterminer la source de courant équivalente ($\underline{I}_{eq}, \underline{Z}_{eq}$) aux n sources en parallèle suivantes:

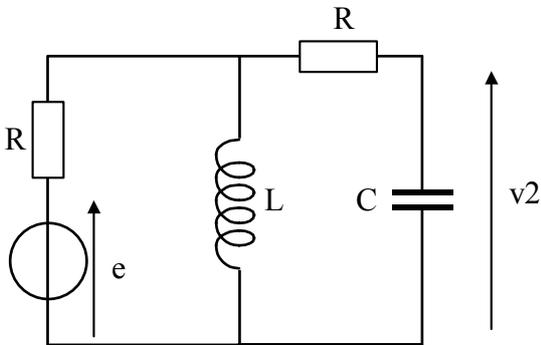


(Réponse 3:)

Conseil : Si on n'a pas de meilleure idée, pour des dipôles en série, utiliser le modèle « série » dit « de Thévenin » (source de tension en série avec une impédance).
 Pour des dipôles en parallèle, utiliser le modèle « parallèle » dit « de Norton » (source de courant en parallèle avec une impédance).

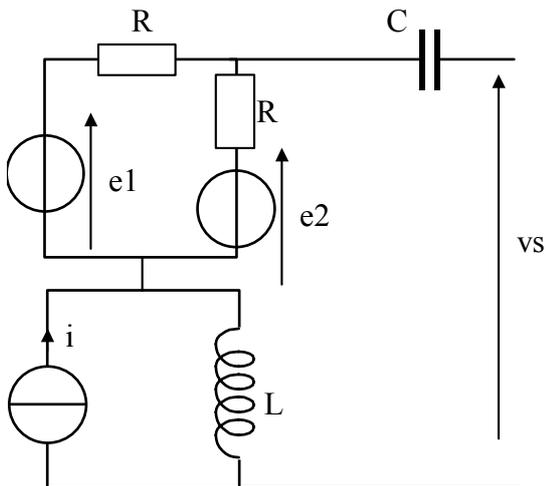
3 PROBLEMES ET EXERCICES.

Chap 6. Exercice 1 : Dualité des modèles série et parallèle 1



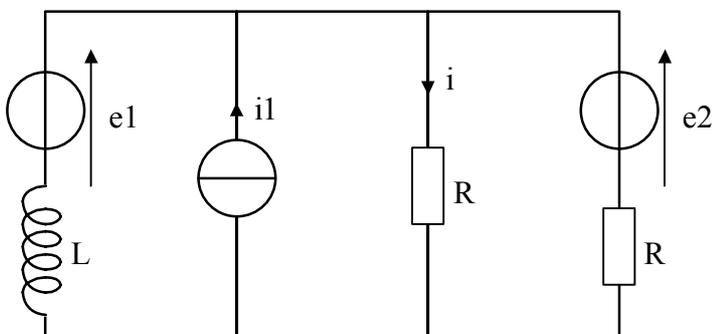
Sachant que $e(t) = 100.\cos(\omega.t)$ et que $R = L.\omega = \frac{1}{C.\omega} = 100 \Omega$, déterminer $v_2(t)$ en utilisant la dualité des modèles de Thévenin et de Norton (modèles série et parallèle).

Chap 6. Exercice 2 : Dualité des modèles série et parallèle 2



Sachant que:
 $e_1(t) = 12.\cos(\omega.t)$
 $e_2(t) = 12.\cos(\omega.t)$
 $i(t) = 1,2.\sin(\omega.t)$
 $R = L.\omega = \frac{2}{C.\omega} = 10\Omega$
 en déduire $v_s(t)$.

Chap 6. Exercice 3 : Dualité des modèles série et parallèle 3



Sachant que:
 $e_1(t) = 100.\sin(\omega.t)$
 $e_2(t) = 200.\cos(\omega.t)$
 $i_1(t) = 2.\cos(\omega.t)$
 $R = L.\omega = 100\Omega$
 en déduire $i(t)$.

4 CE QUE J'AI RETENU DU CHAPITRE « DIPOLES ELECTRIQUES ACTIFS ».

- 1) Représenter les modèles série (de Thévenin) et parallèle (de Norton) d'un dipôle linéaire actif en régime alternatif sinusoïdal, et préciser la relation complexe que doivent vérifier les éléments pour que ces deux modèles soient équivalents
- 2) Quel est le modèle à utiliser en priorité lorsque des dipôles actifs sont en série ?
- 3) Quel est le modèle à utiliser en priorité lorsque des dipôles actifs sont en parallèle ?

5 REPONSES AUX QUESTIONS DU COURS

Réponse 1:

$$\left. \begin{aligned} \underline{V} &= \underline{E}_g - \underline{Z}_g \cdot \underline{I} \\ \underline{V}' &= \underline{Z}'_g \cdot (\underline{I}_g - \underline{I}) = \underline{Z}'_g \cdot \underline{I}_g - \underline{Z}'_g \cdot \underline{I} \end{aligned} \right\} \forall \underline{I} : \underline{V} = \underline{V}' \Leftrightarrow \forall \underline{I} : \underline{E}_g - \underline{Z}_g \cdot \underline{I} = \underline{Z}'_g \cdot \underline{I}_g - \underline{Z}'_g \cdot \underline{I}$$

$$\Leftrightarrow \forall \underline{I} : \underline{E}_g - \underline{Z}'_g \cdot \underline{I}_g = (\underline{Z}_g - \underline{Z}'_g) \underline{I} \Leftrightarrow \underline{Z}_g - \underline{Z}'_g = 0 \text{ et } \underline{E}_g - \underline{Z}'_g \cdot \underline{I}_g = 0$$

$$\Leftrightarrow \boxed{\underline{E}_g = \underline{Z}'_g \cdot \underline{I}_g \text{ et } \underline{Z}_g = \underline{Z}'_g}$$

La dualité modèle « série » (de Thévenin) / modèle « parallèle » (de Norton) s'exprime donc de la même façon qu'en courant continu.

[Retour](#)

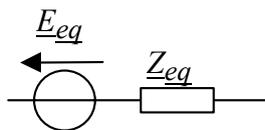
Réponse 2:

$$\underline{V} = \underline{E}_1 + \underline{Z}_1 \cdot \underline{I} - \underline{E}_2 + \underline{Z}_2 \cdot \underline{I} + \underline{E}_3 + \underline{Z}_3 \cdot \underline{I} + \underline{E}_4 + \underline{Z}_4 \cdot \underline{I} + \dots + \underline{E}_n + \underline{Z}_n \cdot \underline{I}$$

$$\Leftrightarrow \underline{V} = (\underline{E}_1 - \underline{E}_2 + \underline{E}_3 + \underline{E}_4 + \dots + \underline{E}_n) + (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4 + \dots + \underline{Z}_n) \underline{I}$$

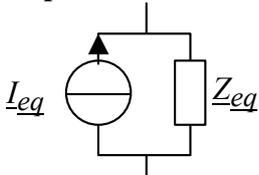
$$\Leftrightarrow \begin{cases} \underline{E}_{eq} = \underline{E}_1 - \underline{E}_2 + \underline{E}_3 + \underline{E}_4 + \dots + \underline{E}_n \\ \underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4 + \dots + \underline{Z}_n \end{cases}$$

On peut donc remplacer le dipôle considéré par le dipôle suivant :



[Retour](#)

Réponse 3:



$$\underline{I}_{eq} = \underline{I}_1 - \underline{I}_2 + \underline{I}_3 + \underline{I}_4 + \dots + \underline{I}_n$$

$$\underline{Z}_{eq} = (\underline{Z}_1^{-1} + \underline{Z}_2^{-1} + \underline{Z}_3^{-1} + \underline{Z}_4^{-1} + \dots + \underline{Z}_n^{-1})^{-1}$$

[Retour](#)