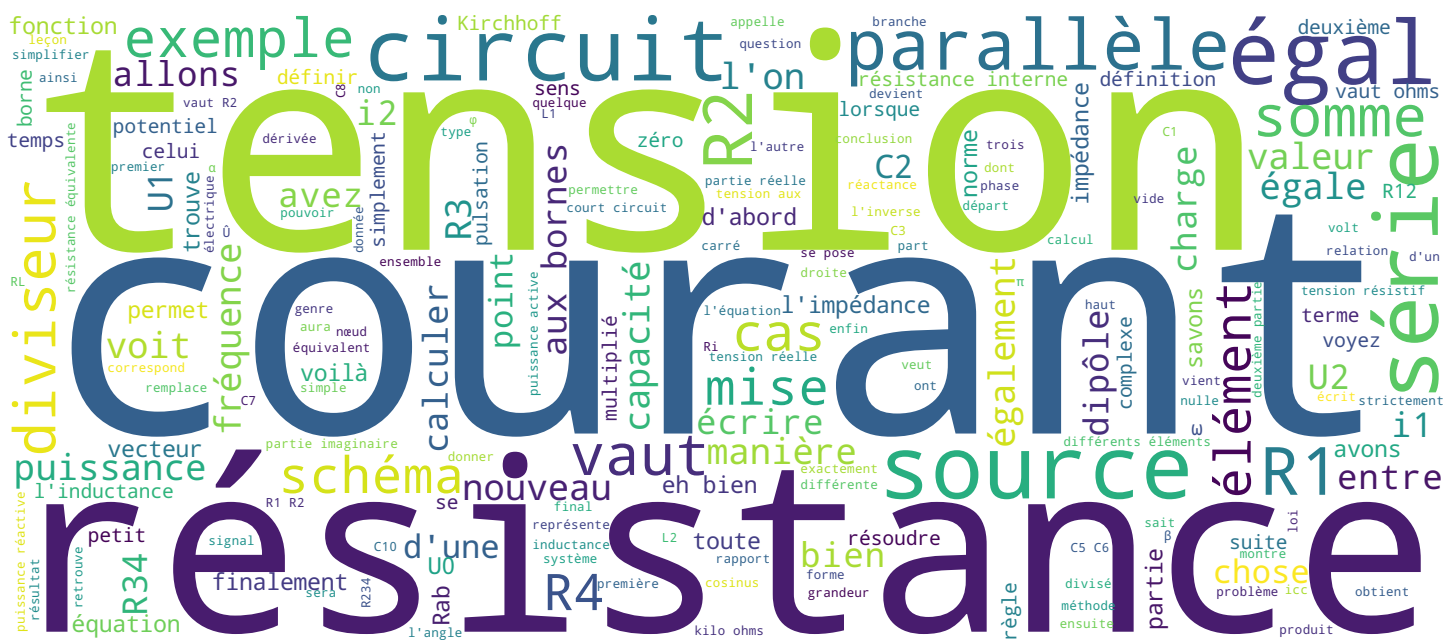


## LECON 6

Yves PERRIARD & Paolo GERMANO  
Laboratoire d'Actionneurs Intégrés





- Circuits combinés série-parallèle
- Diviseurs de tension
- Diviseurs de courant
- Conclusion

Electrotechnique I

Bonjour et bienvenue dans ce MOOC ou dans cette leçon dédiée à l'analyse et la résolution de circuits linéaires, la deuxième partie de notre chapitre. Nous allons voir dans cette deuxième partie les circuits combinés, séries parallèles lorsqu'on a plusieurs éléments qui sont ensemble, en série et en parallèle. Et nous allons ensuite voir deux éléments ou deux modèles très spéciaux mais très très communs finalement dans les schémas électriques que sont les diviseurs de tension et les diviseurs de courant.

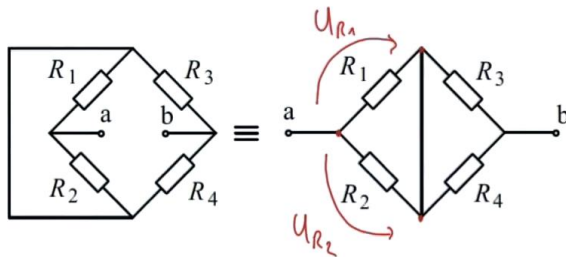
Notes

Summary



0m 04s

## Exemple avec des résistances



Electrotechnique I

Et enfin, une conclusion pour cette leçon. On va commencer par un exemple. Un exemple ici qu'avec des résistances, un exemple extrêmement clair, pour voir qu'il est très difficile ici dans ce schéma de savoir si  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  sont en série ou sont en parallèle sachant qu'on souhaite calculer une équivalence de ce dipôle entre a et b. Quand on est dans un cas comme celui-ci, la première chose à faire c'est de redessiner le schéma autrement, de le triturer, de l'inverser pour permettre de dégager une vision plus claire du schéma. C'est ce qu'on fait ici, en sortant a et b et en redessinant le même schéma. Vous avez toujours le court-circuit entre  $R_1$   $R_3$ , vous avez ici entre  $R_1$   $R_3$ , et  $R_2$   $R_4$  ce schéma qui se ferme et donc on a strictement la même chose. Et ici on peut constater un certain nombre de choses. On constate que la tension qui est ici aux bornes de  $R_1$ , cette tension qu'on va appeler  $U_{R1}$ , elle est la même que cette tension qui est ici,  $U_{R2}$ . Pourquoi ? Parce que ce potentiel est le même que celui-ci et ce potentiel est le même pour  $R_1$  et pour  $R_2$ . Donc  $U_{R1}$   $U_{R2}$  étant équivalents nous savons que  $R_1$   $R_2$  est en parallèle.

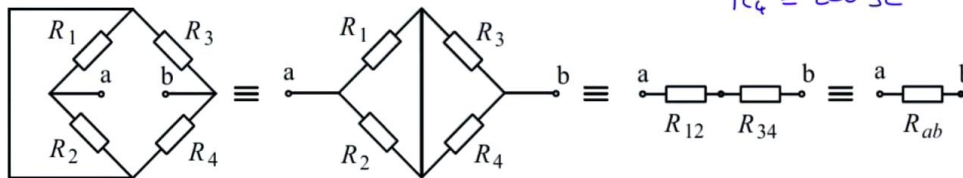
Notes

Summary



0m 34s

## Exemple avec des résistances



$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 8 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_4 &= 200 \Omega \end{aligned}$$

$$R_{12} \Rightarrow R_m = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \equiv R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{ab} = R_{12} + R_{34} = 1792 \Omega$$

Electrotechnique I

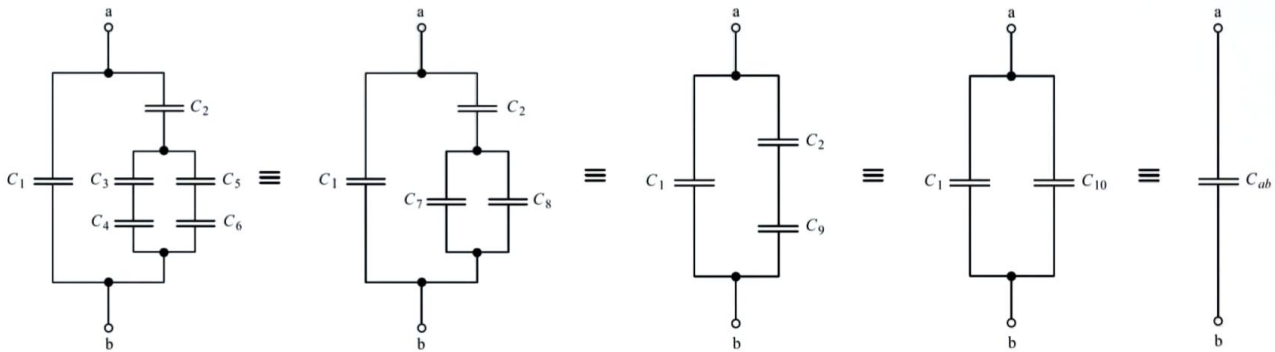
On peut faire la même chose avec R3 et R4 qui sont en parallèle et donc on peut écrire que ce schéma se transforme en R12 et R34 et ces deux sont en série puisque le courant qui circule entre ces deux blocs va être maintenant équivalent. Et pour finir on a l'équivalence entre a et b, Rab. Alors comment on calcule ce Rab ? Et bien, exemple pour R12. Tout d'abord R12. Nous savons que pour calculer R12, R12 c'est un sur l'inverse de la somme des résistances donc un sur R1 plus un sur R2. Ceci nous permet d'écrire que R12 est égal à R1 fois R2 sur R1 plus R2. On peut bien sûr écrire la même chose pour R34 qui de la même manière va s'écrire R3 fois R4 sur R3 plus R4. Et enfin Rab étant la mise en série de R12 et R34, ça devient la somme de R12 plus R34 donc Rab c'est R12 plus R34. Alors on peut faire un petit exemple numérique, on donne par exemple R1 à 2 kilo-ohms, R2 à 8 kilo-ohms, R3 à 5 kilo-ohms et enfin R4 à 200 ohms et on obtient un Rab si vous faites le calcul complet de tout ce qu'on vient d'indiquer vous allez trouver 1792 ohms.

Notes

Summary



## Exemple avec des capacités



Electrotechnique I

Alors on peut faire exactement la même chose avec les capacités et je vous montre ici de nouveau un schéma relativement complet. Comment fait-on pour résoudre un schéma comme celui-ci ? Tout d'abord première question. Quels sont les éléments qui vont être en série et en parallèle ? Il est toujours très bien de se poser la question de « Est-ce en parallèle ? », « Est-ce en série ? ». Tout d'abord on a une tension qu'on va appeler  $U_1$  qui est exactement la même qu'ici  $U_1$ . Ça veut dire que  $C_3$   $C_4$  sont en parallèle avec  $C_5$   $C_6$ . On voit aussi que le courant qui circule ici, on va l'appeler  $i_3$ , il va être le même que le courant qui passe ici,  $i_4$  donc  $C_3$  et  $C_4$  sont en série. De même,  $C_5$   $C_6$  sont en série. Et ainsi de suite on se pose ces questions. On peut donc écrire que  $C_3$   $C_4$  étant en série on le remplace par  $C_7$ ,  $C_5$   $C_6$  on le remplace par  $C_8$ , on a alors  $C_7$   $C_8$  en parallèle qui va devenir  $C_9$  et qui va se retrouver en série avec  $C_2$  puis en parallèle avec  $C_1$  et au final nous avons notre capacité  $C_{ab}$  qui termine. Alors on peut, évidemment donner les différents éléments. Tout d'abord, ce  $C_7$  qu'on a écrit avant.  $C_7$  où c'est en série, ses capacités donc nous avons l'inverse de la capacité qui est la somme des inverses; on retrouve donc les mêmes règles, on a  $C_3$  fois  $C_4$  sur  $C_3$  plus  $C_4$ .

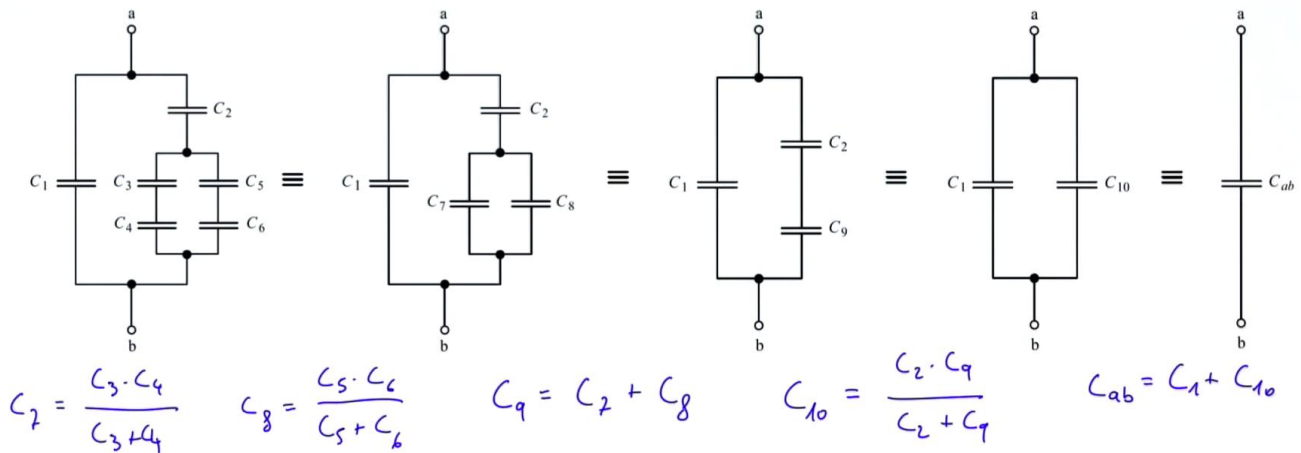
Notes

Summary



4m 08s

## Exemple avec des capacités



Electrotechnique I

Ensuite on a C8, qui de la même manière se calcule comme étant C5 fois C6 sur C5 plus C6. On a ensuite C9. C9 c'est la mise en parallèle de C7 et C8 donc simplement la somme de C7 et C8. Enfin, on a C10. Qu'est-ce que c'est C10 ? C'est la mise en série de C2 et C9. On va donc avoir C2 fois C9 divisé par C2 plus C9. Et enfin, on a au final Cab, la mise en parallèle de C1 et C10 et c'est simplement la somme de C1 plus C10 que nous venons de calculer. Et voilà comment on simplifie un schéma lorsqu'on a la mise en série parallèle de différents éléments comme ici la capacité.

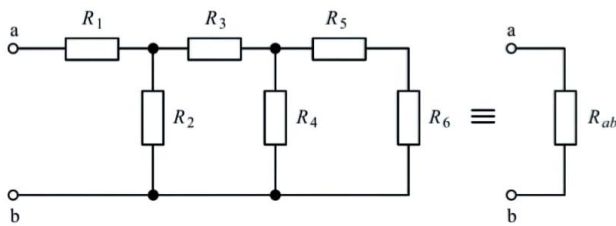
Notes

Summary



5m 49s

## Exemple de circuit en échelle



$$R_{ab} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5 + R_6}}}}$$

Electrotechnique I

Je vous montre encore un exemple particulier de circuit qui pourrait faire penser qu'ici on est ni en série ni en parallèle. Alors, oui et non, on appelle ça un circuit en échelle. On voit ici que R5 R6 sont en série, puis en parallèle avec R4 qui de nouveau est en série avec R3 puis en parallèle avec R2, ainsi de suite. On peut ainsi calculer cette résistance Rab de manière successive en commençant par R1, R1 auquel on ajoute tout ceci donc on a 1 sur R2 plus 1 sur 1 sur R3 plus 1 sur 1 sur R4 plus 1 sur R5 plus R6. Et voilà finalement cette mise en échelle des différents éléments en série qui nous permet de simplifier et d'avoir qu'une seule résistance équivalente.

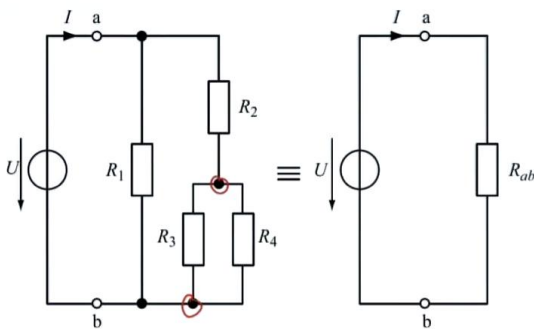
Notes

Summary



6m 47s

## Exemple de circuit complet



$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{234} = R_2 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{ab} = \frac{R_1 \cdot R_{234}}{R_1 + R_{234}}$$

$$U = 73.45 \text{ V}$$

Electrotechnique I

Voilà encore un autre exemple de circuit complet avec ici des résistances. De nouveau dans ce schéma-là, quelles sont les résistances qui sont parallèles, en série ? On a clairement ici  $R_3$  et  $R_4$  qui sont en parallèle, elles sont à la même tension; ces deux points ici ont le même potentiel pour  $R_3$   $R_4$  et ceci le même potentiel pour  $R_3$   $R_4$ . Ensuite si on simplifie ceci par  $R_{34}$  ça va être en série avec  $R_2$ . Puis le tout va être en parallèle avec  $R_1$ . Donc voilà la manière de résoudre un circuit comme celui-là. On peut donc résumer de cette manière, on va avoir  $R_{34}$  qui vaut  $R_3$  fois  $R_4$  sur  $R_3$  plus  $R_4$ . On a ensuite  $R_2$  en série avec  $R_{34}$ , on va l'appeler  $R_{234}$ , c'est-à-dire  $R_2$  plus ce qu'on vient de calculer précédemment,  $R_3$  fois  $R_4$  sur  $R_3$  plus  $R_4$ . Enfin  $R_{ab}$  sera la mise en parallèle de  $R_1$  et  $R_{234}$ . Donc  $R_{ab}$  au final c'est  $R_1$  fois  $R_{234}$  sur  $R_1$  plus  $R_{234}$ . On peut ici faire un calcul numérique pour se donner une idée. On a, si on prend comme exemple numérique,  $U$  est égal 73,45 volts par exemple. Un exemple de mesure fait dernièrement sur ce type de circuit avec  $R_1$  qui vaut 22 ohms,  $R_2$  qui vaut 36 ohms,  $R_3$  qui vaut 18 ohms et  $R_4$  qui vaut 15 ohms.

Notes

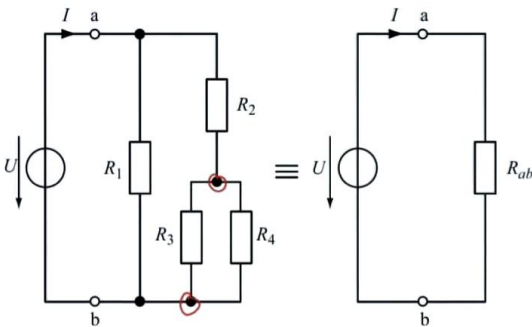
Summary



7m 51s



## Exemple de circuit complet



$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{234} = R_2 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{ab} = \frac{R_1 \cdot R_{234}}{R_1 + R_{234}}$$

$$U = 73.45 \text{ V}$$

$$R_1 = 22 \Omega$$

$$R_2 = 36 \Omega$$

$$R_3 = 18 \Omega$$

$$R_4 = 15 \Omega$$

$$R_{ab} = 14.69 \Omega$$

$$U = R_{ab} \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R_{ab}} = 5 \text{ A}$$

Electrotechnique I

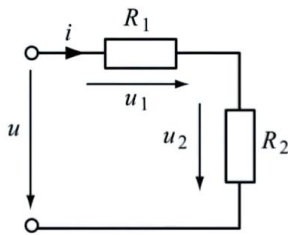
Alors si on se pose la question d'abord comme je vous l'ai dit précédemment de que vaut ce  $R_{ab}$ , et bien on trouve ce  $R_{ab}$  final qui vaut 14,69 ohms. Il est alors maintenant évident pour répondre à une question initiale qu'on pourrait se poser « Que vaut le courant débité par la source ? ». Nous savons que  $U$  est égal à  $R_{ab}$  fois  $i$ . Et si nous cherchons le courant  $i$  qui vaut  $U$  sur  $R_{ab}$ , on découvre alors que ce courant vaut simplement 5 ampères.

Notes

Summary



## Diviseur de tension résistif



$$U_1 + U_2 = U$$

$$R_1 \cdot i + R_2 \cdot i = U$$

Electrotechnique I

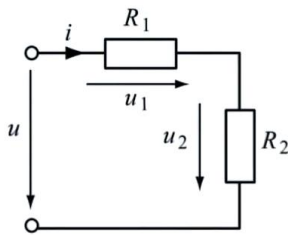
Nous passons maintenant à un circuit familier qu'on retrouve très souvent dans un ensemble plus complet d'un modèle électrique qu'est le diviseur de tension résistif. Pourquoi on appelle ça le diviseur de tension résistif ? Eh bien parce que si on a ici une tension de départ  $U$  avec 2 résistances en série, aux bornes de la deuxième résistance, donc en l'occurrence ici  $U_2$ , on aura un  $U_2$  plus petit que le  $U$  de départ et donc ceci nous permet de découpler, diviser, séparer -- voyez ça comme vous voulez -- la tension de départ en une tension plus basse, plus intéressante pour tel ou tel circuit. Par exemple, vous avez du 24 volts qui arrivent par une source mais vous souhaitez obtenir du 5 volts pour telle et telle raison, eh bien, avec le choix judicieux de  $R_1$  et  $R_2$ , on peut calculer  $U_2$  de telle manière que ceci fasse exactement les 5 volts souhaités. Comment est-ce qu'on définit ou comment est-ce qu'on calcul ce genre de chose ? Eh bien, on applique ici simplement la loi d'Ohm. Nous savons que la somme des tensions  $U_1$  plus  $U_2$  est égale à  $U$ . Nous savons que  $U_1$  c'est  $R_1$  fois  $i$  et que  $U_2$  vaut  $R_2$  fois  $i$ . Tout ceci étant égal toujours à  $U$  donc  $i$  vaut  $U$  sur  $R_1$  plus  $R_2$ .

Notes

Summary



## Diviseur de tension résistif



$$U_1 + U_2 = U$$

$$R_1 \cdot i + R_2 \cdot i = U$$

$$\Rightarrow i = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = R_2 \cdot i = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Electrotechnique I

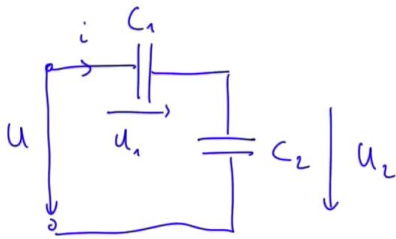
Puisque  $U_1$  vaut  $R_1$  fois  $i$  et  $U_2$  vaut  $R_2$  fois  $i$  on obtient finalement que pour  $U_2$ , qui est ici, qui vaut  $R_2$  fois  $i$ , c'est égal à  $U$  fois  $R_2$  sur  $R_1$  plus  $R_2$ . Ceci me permet donc de calculer de manière générale et de manière rapide, que vaut cette tension  $U_2$ , si j'ai bien choisi  $R_1$  et  $R_2$ , je peux faire ici un diviseur de tension. Et ceci peut se faire évidemment non pas qu'avec des résistances -- donc ce sera le diviseur de tension résistif ici - - mais on peut le faire également avec un diviseur de tension capacitif.

Notes

Summary



## Diviseur de tension capacitif



$$U_1 = U \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

Electrotechnique I

Dans ce cas là, on reprend exactement le même schéma que précédemment et donc on va avoir ici une tension  $U$  aux bornes duquel on a deux capacités qui vont me permettre,  $C_1$  et  $C_2$ , de faire strictement la même chose qu'avant, avec toujours  $U_1$  et toujours ici  $U_2$ , et de diviser cette tension ici entre  $C_1$  et entre  $C_2$ . Alors dans ce cas là, on peut aussi se convaincre très rapidement que  $U_1$ , par les mêmes lois de Kirchhoff que l'on a fait précédemment,  $U_1$  va être égal à  $U$  fois  $C_2$  sur  $C_1$  plus  $C_2$ . Et ce sera la règle pour un diviseur de tension capacitif.

Notes

Summary



## Diviseur de tension inductif

$$U_1 = U \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad U_2 = U \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

Electrotechnique I

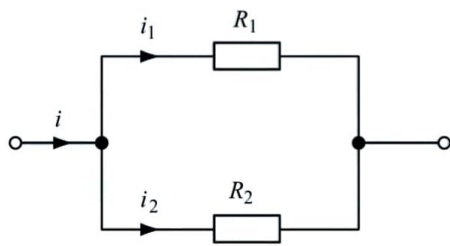
Enfin, le diviseur de tension inductif, donc de nouveau le même schéma, je ne redessine pas ici le schéma mais on va retrouver, en fait puisque les règles de mise en série sont les mêmes que pour les résistances avec l'inductance, de manière identique on trouve que  $U_1$  est égal à  $U$  qui multiplie  $L_1$  sur  $L_1$  plus  $L_2$ , et de là-même on peut aussi écrire que  $U_2$  est égal à  $U$  qui multiplie  $L_2$  sur  $L_1$  plus  $L_2$ . Donc c'est assez facile de se souvenir que finalement la règle pour le diviseur de tension inductif suit le même genre de relation que le diviseur de tension résistif.

Notes

Summary



## Circuits diviseurs de courant



$$i = i_1 + i_2$$

$$U_1 = U_2 = R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2$$

$$i_1 = i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i_2 = i \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Electrotechnique I

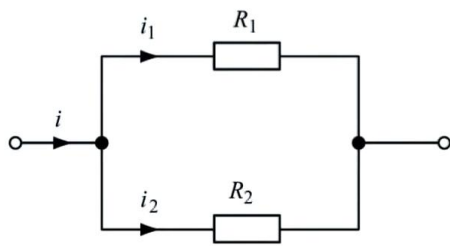
Maintenant le diviseur de courant. Alors vous avez ici un autre phénomène, donc le courant arrive de cette borne du dipôle, il se sépare en deux sur deux résistances. On a ce genre de problématique extrêmement fréquemment dans un circuit. On a bien  $R_1$  et  $R_2$  en parallèle mais si on souhaite calculer  $i_1$  ou  $i_2$  il est exclu de résoudre ce circuit en remplaçant  $R_1$  et  $R_2$  par une seule résistance. On aurait alors  $i_1$  et  $i_2$  « noyés dans la résistance équivalente ». On doit donc ici garder ces deux résistances et calculer ici séparément ce que valent  $i_1$  et  $i_2$ . On va ici le faire de manière extrêmement simple de nouveau. On peut appliquer ici les lois de Kirchhoff. On sait que  $i$  est égal à  $i_1$  plus  $i_2$ . On sait aussi que  $U_1$  qui est égal à  $U_2$  est égal à  $R_1$  fois  $i_1$  mais c'est aussi égal à  $R_2$  fois  $i_2$ . Et de tout ceci, on trouve de manière simple que  $i_1$  est égal à  $i$  total qui multiplie  $R_2$  sur  $R_1$  plus  $R_2$  et on trouve de même  $i_2$  est égal à  $i$  qui multiplie  $R_1$  sur  $R_1$  plus  $R_2$ . Donc de manière très rapide, si on se pose la question de comment se sépare finalement ces deux courants, ces deux résistances, on voit de manière évidente comment calculer le courant  $i_1$  ou le courant  $i_2$ .

Notes

Summary



## Circuits diviseurs de courant



$$i = i_1 + i_2$$

$$U_1 = U_2 = R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2$$

$$i_1 = i \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad i_2 = i \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Electrotechnique I

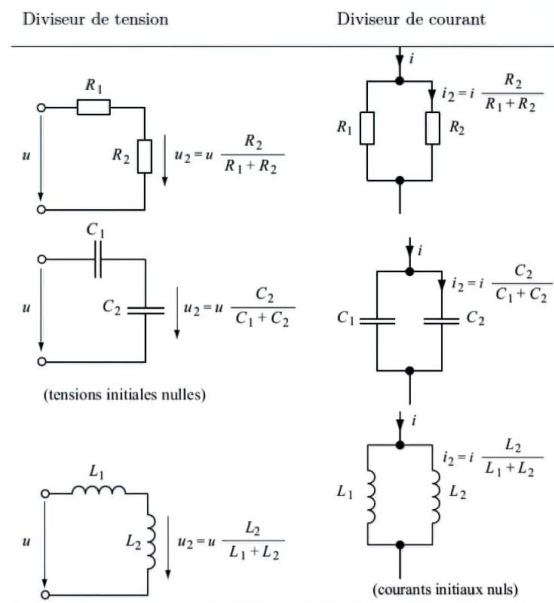
Un cas particulier qu'on peut voir ici, c'est si  $R_1$  et  $R_2$  sont égal. Par exemple vous prenez  $R_1$  et  $R_2$  égal à 100 ohms, vous aurez 100 divisé par 200 et vous aurez donc égal à 0,5, il est donc logique que  $i_1$  et  $i_2$  soient égal à 0,5 fois le courant. On a donc le courant qui se divise de manière uniforme de part et d'autre de ces deux résistances égales. On peut faire une analogie aussi là à des circuits hydrauliques. Si on a deux tuyaux de même section, donc la même résistance hydraulique avec un seul robinet qui amène ici de l'eau eh bien on aura autant d'eau, un débit équivalent à gauche et à droite par le fait que cette résistance est la même. Un autre cas particulier qu'on peut voir ici c'est le cas où  $R_1$  vaut 0. Alors dans ce cas-là, on met un fil et on a une autre résistance. La question se pose, alors où va le courant ? Vous voyez tout de suite ici dans  $i_1$ .  $i_1$  vaut  $i$  fois  $R_2$  sur  $R_2$ . Si  $R_2$  vaut 0 on a 1. Ça veut dire que tout le courant  $i$  quelque soit la résistance  $R_2$ , si  $R_1$  vaut 0, tout le courant va vers le haut et donc  $i_1$  est égal à  $i$ ,  $i_2$  est égal à 0.

Notes

Summary



# CONCLUSION



Electrotechnique I

En conclusion, je ne vous donne pas ici les règles pour le diviseur de courant capacitif et le diviseur de courant inductif, je préfère vous donner une récapitulation avec diviseurs de tension, diviseurs de courant, avec la résistance, la capacité et l'inductance, et donc sur ce tableau, vous avez tous les éléments nécessaires pour dans le cas où vous avez ces éléments qui apparaissent dans un circuit, calculer de manière plus rapide la division du courant là où vous le souhaitez, la tension  $U_2$  ou la tension  $U_1$  en général. Merci.

Notes

Summary



17m 09s