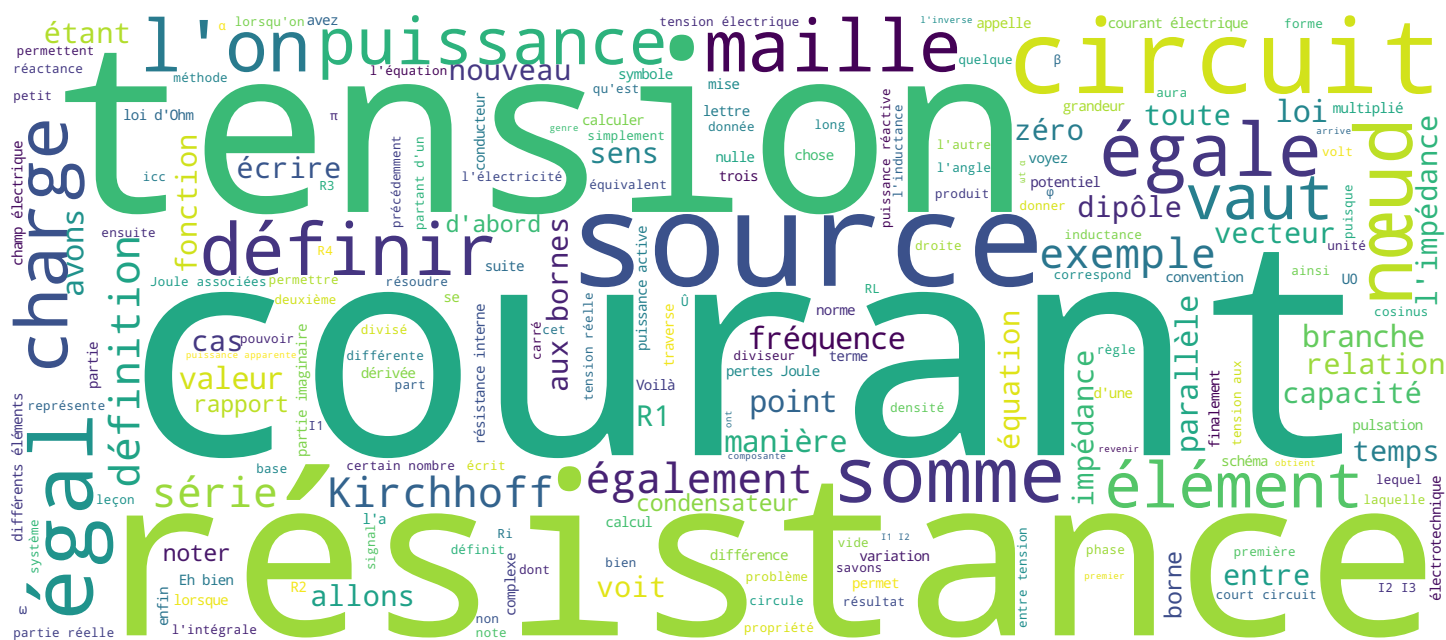


LEÇON 3

Yves PERRIARD & Paolo GERMANO
Laboratoire d'Actionneurs Intégrés



Video





- Introduction
- Charges et potentiel électrique
- Condensateur
- Courant électrique
- Pertes Joule
- Loi d'Ohm
- Inductance
- Conclusion

Electrotechnique I

Bonjour et bienvenue dans cette troisième leçon d'électrotechnique I dédiée aux lois fondamentales de l'électricité. Après une introduction, nous verrons ce que sont les charges et le potentiel électrique, puis le condensateur, le courant électrique, les pertes Joule associées, nous allons découvrir la loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff et enfin, l'inductance qui conclura ce chapitre sur les lois fondamentales et également une petite conclusion.

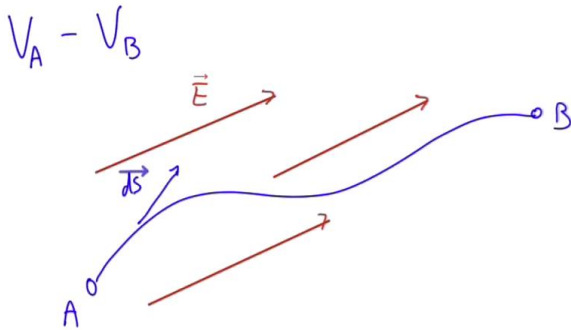
Notes

Summary



0m 03s

Q $1\text{ C} = 1\text{ As}$
charge électrostatique



Electrotechnique I

La charge électrostatique est une quantité d'électricité statique, le symbole représentatif, c'est la lettre Q , l'unité de mesure est le coulomb dont le symbole est C , on a donc un coulomb est égal à un ampère seconde et ceci, la lettre Q , est donc la charge électrostatique. On peut également définir une grandeur très importante dans les lois de l'électricité, c'est la différence d'un potentiel électrique. On va donc écrire ici la différence de potentiel entre deux points V_A et V_B qu'on imagine d'un système comme ceci, baignés dans un champ électrique uniforme, que l'on note comme ceci, et donc on a notre champ électrique ici et notre conducteur, A et B baignés dans ce champ électrique uniforme. On définit également un vecteur de distance ds ici sur ce conducteur entre A et B . On peut donc écrire, je reprends ici, la différence de potentiel, $V_A - V_B$, comme étant la circulation du champ électrique le long du contour reliant A à B qui devient l'intégrale de B à A de ce champ électrique par cet élément de distance ds ou encore, en inversant de A à B , le signe moins disparaît et par définition ceci est la différence de potentiel entre A et B que l'on appelle aussi tension électrique.

Notes

Summary



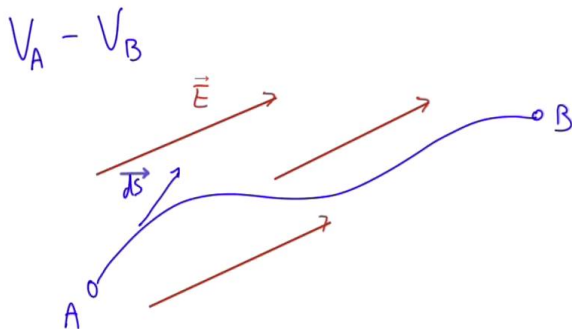
0m 32s

Q \nwarrow charge électrostatique
 $1\text{ C} = 1\text{ As}$

$$V_A - V_B = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = U_{AB}$$

= Tension électrique



Electrotechnique I

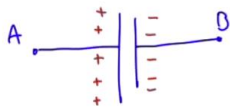
C'est cette tension électrique qui va nous occuper tout au long de ces MOOCs électrotechnique 1 et 2, et nous allons progressivement parler uniquement de tension électrique et non plus de différence de potentiel par extension.

Notes

Summary



2m 42s



propriété C capacité

$$C = \frac{Q}{U_{AB}}$$

Unité : Farad F 1 F = 1 As / V

Electrotechnique I

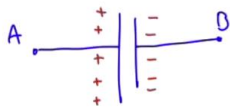
Notes

Le condensateur électrique est un élément très important en électrotechnique, un des trois éléments passifs que nous allons étudier tout au long de ce MOOC. Son symbole est caractérisé par deux plaques verticales sur lesquelles vont en fait s'amasser des charges électriques qui caractérisent la propriété du condensateur. On peut dire que cette propriété du condensateur qu'on appelle la capacité, cette capacité C est définie comme étant le nombre de charges accumulées entre les plaques du condensateur, ces fameux plus et moins qui sont les uns en face des autres, divisé par la tension entre A et B, on va donc ici définir un potentiel A et B également. Le symbole, l'unité de la capacité est le farad, noté F, et un farad vaut un ampère seconde par volt dans les unités du système international MKSA. On peut encore maintenant aller plus loin et définir la relation pour cette capacité entre tension et courant qui va nous être fort utile pour la suite, on l'a vu avec la loi d'Ohm, on le verra pour l'inductance, nous avons besoin de cette relation entre tension et courant pour pouvoir résoudre les circuits électriques par la suite.

Summary



2m 56s



propriété C capacité

$$C = \frac{Q}{U_{AB}}$$

Unité : Farad F $1F = 1As/V$

$$Q = \int i dt$$

$$u = \frac{1}{C} \int i dt \quad \text{ou} \quad i = C \frac{du}{dt}$$

Electrotechnique I

Notes

Nous avons déjà vu la charge électrique, cette charge électrique nous savons que c'est une accumulation de charges, autrement dit c'est l'intégrale du courant par rapport au temps, puisque le courant est justement cette progression de charges dans un circuit, on peut définir ici, par substitution, la tension qui est égale à $1/C$ intégrale de idt , en remplaçant par l'équation que nous avons vu ici. Ou alors, écrire également que le courant c'est la capacité fois la variation de la tension, l'une ou l'autre. Comme on le voit ici, la relation est non-linéaire et la tension dans un condensateur est proportionnelle à l'intégrale du courant par rapport au temps.

Summary



4m 38s

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Variation de charge par unité de temps
→ courant [A]

$$j = \frac{I}{S}$$

← courant
= Densité de courant A/m²
← Surface du conducteur

Electrotechnique I

Notes

Voyons maintenant le courant électrique et les pertes Joule associées. Le courant électrique, comme on l'a déjà un peu évoqué précédemment, est un élément qui permet de quantifier le nombre d'électrons ou de charges qui se déplacent ou qui s'écoulent dans un conducteur, qu'on notera par la lettre I, ici un I que je note volontairement majuscule, dQ sur dt, en somme c'est la variation de charges par unité de temps qui définit le courant électrique. Peut-être encore une chose à dire très importante, ce courant électrique va être noté, ou le symbole du courant; cette unité du courant c'est l'ampère, qui se note A, en majuscule. On peut également définir par la lettre J la densité de courant comme étant ce courant électrique rapporté à une surface, donc on a ici la surface du conducteur dans lequel passe ce courant, ici on a le courant que l'on vient de définir et donc ceci, par définition, est la densité de courant dont l'unité est alors ici ampère par mètre carré. Cette notion de densité de courant va nous être fort utile par la suite pour définir également du point de vue puissance, ce qu'on a droit ou pas droit dans un système défini par la section du conducteur.

Summary



5m 30s

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Variation de charge par unité de temps

→ courant [A]

$$j = \frac{I}{S} = \text{Densité de courant } A/m^2$$

← courant
← Surface du conducteur

Pertes Joule : $P = R \cdot I^2$

Énergie thermique : $W_{th} = \int_t R I^2 dt$

Electrotechnique I

On peut enfin définir les pertes Joule associées à un courant qui traverse une résistance et qui va transformer cette énergie électrique en énergie thermique. Il se produit un phénomène analogue à un frottement qui provoque un échauffement. Ces pertes qui en résultent sont appelées pertes Joule. Et ces pertes Joules, notées P, sont égales à la résistance qui multiplie le courant qui la traverse au carré.

Notes

Summary



$$U_{AB} = R_{AB} I$$

Electrotechnique I

L'énergie thermique qui est dégagée par cette puissance peut être caractérisée de cette manière : on a l'énergie thermique qui est l'intégrale sur le temps de cette puissance : intégrale (RI^2dt) Voici maintenant la définition de la loi d'Ohm, normalement bien connue certainement de la plupart d'entre vous mais qu'il est bon de rappeler dans sa base de cette loi et par la suite également dans les lois de Kirchhoff qui vont suivre et qui nous permettent d'appliquer les conventions que nous avons vu lors de la deuxième leçon. Par définition, la loi d'Ohm est ainsi : on a une tension électrique entre deux bornes A et B qui est égale à cette résistance entre la borne A et B et le courant qui la traverse. Autrement dit, la résistance R_{AB} c'est le rapport entre la tension et le courant, on a donc une relation linéaire pour la résistance ce qui va être extrêmement agréable pour toute la suite de la théorie en électrotechnique, cette résistance, ou plutôt tout ce qui traverse une résistance ressort comme étant la même image, autrement dit, quelque soit l'image de la tension à l'entrée, on aura cette même, entre guillemets, image sur le courant qui traverse cette même résistance.

Notes

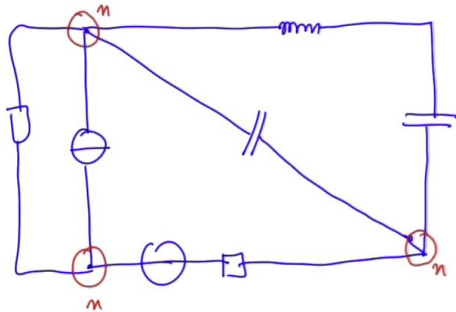
Summary



8m 04s

$$U_{AB} = R_{AB} I \rightarrow R_{AB} = \frac{U}{I}$$

Mailles et Nœuds :



Nœud : n, point de convergence de 3 conducteurs ou plus

Electrotechnique I

J'en viens maintenant à la définition des mailles et des nœuds, de manière générale pour pouvoir plus tard appliquer les lois de Kirchhoff. On va donc ici définir ce que sont mailles et nœuds et pour ce faire, nous allons prendre un exemple nous permettant de bien comprendre ce qu'est un nœud, une maille et également une branche. Alors prenons un exemple dans lequel nous avons différents éléments, que nous n'avons pas forcément encore entièrement vu mais qui nous permettent surtout ici de définir ces problématiques de mailles et de nœuds. Alors voilà un premier élément, je mets plein d'éléments quelconques pour définir ici un circuit. Alors, nous avons ici un circuit quelconque, nous allons essayer de définir ce que sont tout d'abord les nœuds. Eh bien les nœuds, que l'on va noter n si vous le voulez bien, un nœud c'est le point de convergence de trois conducteurs ou plus. Alors, où sont les nœuds dans mon circuit ? On a dit trois conducteurs ou plus, on a donc ici un premier nœud, on a ici un deuxième nœud et on a ici un troisième nœud. Ceci n'est pas un nœud, ceci ici n'est pas un nœud, il n'y a pas d'autres nœuds dans ce circuit. Deuxième définition : une branche, que l'on va noter b.

Notes

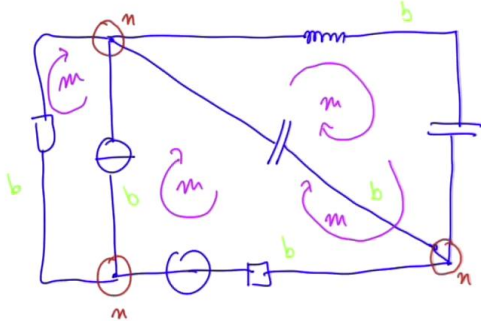
Summary



9m 40s

$$U_{AB} = R_{AB} I \rightarrow R_{AB} = \frac{U}{I}$$

Mailles et Nœuds :



Nœud : n, point de convergence de 3 conducteurs ou plus

Branche : b, éléments situés entre 2 nœuds parcourus par le même courant

Maille : m, ensemble de branches parcourues en partant d'un nœud pour y revenir

Electrotechnique I

Une branche regroupe les éléments situés entre deux nœuds et traversés par le même courant. Donc ce sont les éléments situés entre deux nœuds parcourus par le même courant. Alors, essayons là aussi de noter où sont nos branches. Alors, entre deux nœuds on a ici une branche, on a ici une branche, ici une branche, encore ici et enfin ici. Dernier élément : la maille, que l'on va noter m. Elle est formée d'un ensemble de branches, ensemble de branches parcouru en partant d'un nœud pour y revenir. En partant d'un nœud pour y revenir. Evidemment sans passer deux fois par la même branche. Alors, on peut ici définir une première maille m, on définit ici une seconde maille m, une troisième maille m et éventuellement on peut partir de ceci, revenir là et faire la boucle entière, donc on aurait encore une grande maille m que je note ici. Voilà par définition le nœud, la branche et les mailles qui nous permettent maintenant d'attaquer comme on dit, les lois de Kirchhoff.

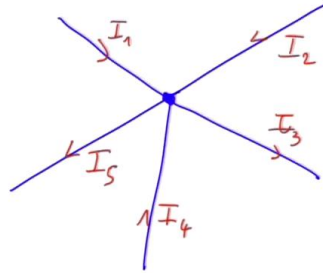
Notes

Summary

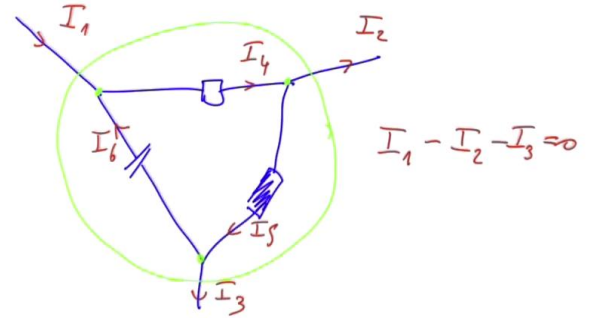


Loi de Kirchhoff pour les nœuds:

$$\sum_j I_j = 0$$



$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$



$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Electrotechnique I

Alors, loi de Kirchhoff tout d'abord pour les nœuds. L'expression de cette loi est assez simple, universelle et absolument géniale; elle dit que la somme des courants sur chaque nœud est égale à zéro. Alors, un exemple. On prend ici des courants divers qui atterrissent tous sur un nœud, alors on va noter ici I1, on va noter I2, I3, I4, et enfin I5. Ce que nous dit Kirchhoff, c'est que si on fait la somme en ce point-là de tous ces courants, ça doit être égal à zéro. Alors on note, on a tout d'abord I1 + I2 - I3, qui sort du nœud, +I4 et -I5 est égal à zéro. Absolument génial et qui nous permet de savoir systématiquement dans tous les nœuds que là, tout ce qui rentre est égal à tout ce qui va sortir, donc nous permet d'écrire ce genre de relation. On peut de manière un peu plus générale, je vous dessine un autre schéma; imaginons un schéma dans lequel vous avez ce genre de circuit avec un I1 ici, un I2 ici et un I3 là, avec pourtant un I5, I6, et ici I4, bien sûr on a un premier nœud, un deuxième nœud, un troisième nœud sur lesquels on peut écrire plein de relations telles que je les ai écrites avant; mais ce que l'on peut constater c'est que l'on imagine ici ça comme un nœud généralisé et on va pouvoir écrire dans cette relation que I1 - I2 - I3 est égal à zéro sans se préoccuper de ce qu'il y a à l'intérieur de ce cercle vert. On appelle ça un nœud généralisé.

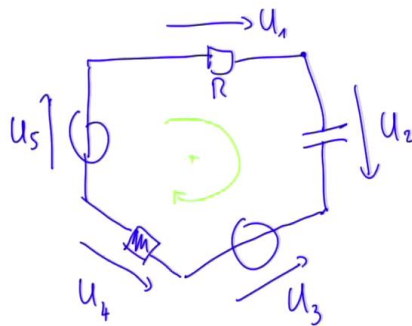
Notes

Summary



Loi de Kirchhoff sur les mailles :

$$\sum_i U_i = 0$$



$$U_1 + U_2 - U_3 - U_4 + U_5 = 0$$

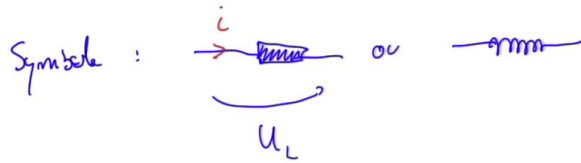
Electrotechnique I

Notes

On va voir maintenant la deuxième loi de Kirchhoff, qui est la loi de Kirchhoff sur les mailles. Que nous dit cette loi de Kirchhoff ? Elle nous dit là aussi que la somme des tensions sur une maille est toujours égale à zéro. Autrement dit, une somme des tensions sur la maille est toujours égale à zéro. Alors, on peut là aussi faire un exemple en prenant ici une tension U_5 , une tension U_1 aux bornes de la résistance ici, puis une tension U_2 aux bornes d'une capacité, donc j'imagine ici un circuit quelconque, une tension U_3 sur une source puis encore ici un élément d'une tension U_4 finalement sur cette inductance. Eh bien, par Kirchhoff, puisqu'ici j'ai bien une maille en partant d'un point et en revenant à cet autre point, je choisis systématiquement pour ma part, le sens horaire pour faire le calcul des mailles toujours dans le même sens, il suffit de définir une fois pour toute un sens pour chacun d'entre nous, on arrive alors à l'équation suivante : c'est que $U_1 + U_2 - U_3 - U_4 + U_5 = 0$ et vous voyez que de manière extrêmement simple, on peut poser des équations soit sur les nœuds, soit sur les mailles, qui permettent de résoudre un certain nombre de choses dans un circuit électrique de manière déjà très simpliste et très évidente.

Summary





$$u_L = L \frac{di}{dt} \quad L \text{ unité en H}$$

Electrotechnique I

Notes

Pour terminer cette leçon, nous allons aborder l'inductance ou la manière dont on écrit et modélise l'inductance, et sa relation physique. L'inductance a comme symbole en électrotechnique un carré plein parfois également noté comme une sorte de ressort comme ceci puisque dans la réalité une inductance est faite d'une bobine ou d'un ensemble de spires de fil de cuivre dans laquelle va se passer un certain nombre de phénomènes magnétiques dans lesquels nous n'entrerons pas maintenant mais qui lient très clairement la relation ou le monde électrique avec le monde magnétique. Nous pouvons par définition dire que la tension aux bornes d'une inductance U_L c'est cette définition de l'inductance L fois la dérivée ou la variation du courant par rapport au temps qui circule dans cette inductance. En somme, l'inductance réagit comme un frein au courant, ou à toute variation de courant, elle va donc créer une différence de potentiel à ses bornes plus la variation de courant sera importante. L'inductance se note, ou l'unité de l'inductance, en henry, symbolisé par la lettre H.

Summary





- Elements de base
- Physique de chaque élément
- Règle des noeux et mailles
- Loi de Kirchhoff

Electrotechnique I

Ceci termine notre leçon, nous avons donc vu les différents éléments de base qui constituent finalement nos différents éléments dans l'étude de l'électrotechnique, c'est-à-dire la résistance, la capacité, l'inductance et les sources et la manière dont elles vont interagir entre elles, la physique de chaque élément, la règle des nœuds et des mailles dans les lois de Kirchhoff qui vont nous permettre de résoudre des circuits électriques et enfin, une application des conventions déjà vues dans les leçons précédentes. Au revoir et à la prochaine leçon.

Notes

Summary



19m 22s