ONDES ET SIGNAUX

CHAPITRE 21 DU LIVRE

Physique Chimie | 16



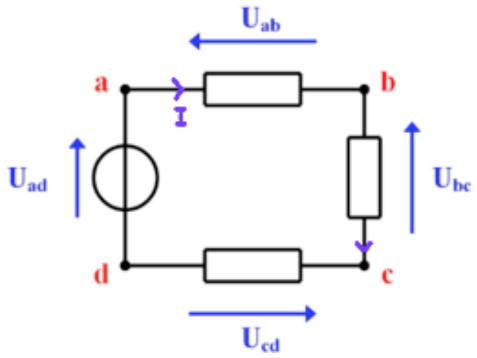
DYNAMIQUE DES CIRCUITS ELECTRIQUES

Notions et contenus	Capacités exigibles
Intensité d'un courant électrique en régime variable. Comportement capacitif. Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard. Modèle du condensateur. Relation entre charge et tension	Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges. Capacité d'un condensateur. Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles. Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle. Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, d'un multimètre ou d'une carte d'acquisition, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité. Modèle du circuit RC série: charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique. Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge. Capteurs capacitifs. Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs. Étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC. Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope. Capacité mathématique: Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.

PREMIERE PARTIE: LES LOIS DES CIRCUITS ELECTRIQUES

1) La loi des mailles: $\Sigma U = 0$

~~Une onde progressive est la propagation d´une perturbation périodique. Cette onde est caractérisée par~~:



- Le circuit est en série: il est constitué d´une seule *maille*.
- Le dipôle actif est en co*nvention générateur**
- Les dipôles passifs sont en *convention récepteur***

* co*nvention générateur: **On représente la tension dans le même sens que l´intensité***

** co*nvention récepteur: **On représente la tension dans le sens inverse de l´intensité***

Formulation de la loi des mailles:

DANS UNE MAILLE FERMEE, LA SOMME DES TENSIONS EST NULLE.

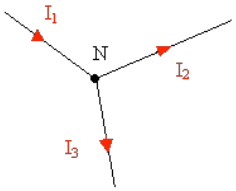
✎ *Application:* **Appliquez la loi des mailles au circuit précédent**

$$U_{cd} + U_{bc} + U_{ab} - U_{ad} = 0$$

$$U_{ad} = U_{cd} + U_{bc} + U_{ab}$$

2) La loi des nœuds

On parle de **nœud** dans un circuit électrique dès lors que l'on a **plusieurs branches**. "*Plusieurs branches*" signifie simplement qu'il y a **connexion entre trois fils, au moins.**



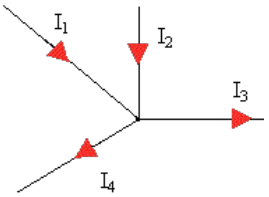
Formulation de la loi des nœuds:

LA SOMME ALGEBRIQUE DES INTENSITES DES COURANTS ENTRANT DANS UN NŒUD EST NULLE.

✎ *Application1:* **Appliquez la loi au nœud précédent**

$I_1=I_2+I_3$ ou $I_1-I_2-I_3=0$

✎ *Application2:* **Appliquez la loi au nœud suivant**



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

3) Rappel sur la définition de l´intensité:

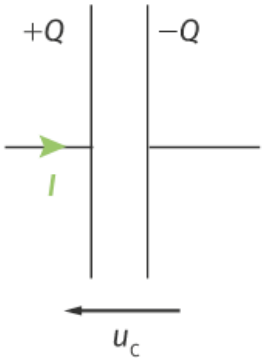
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad I = \frac{dQ}{dt}$$

I: Intensité en Ampère **(A), Q**=Charge électrique en circulation **(Coulomb) et t:** le temps **(en secondes).**

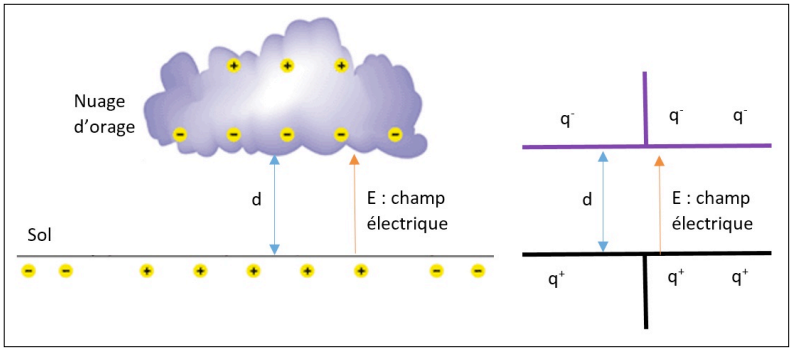
L´intensité est le débit de charges à un endroit d´un circuit électrique.

DEUXIEME PARTIE: LES CONDENSATEURS

1) Qu´est ce qu´un condensateur?



Un **condensateur** est un dipôle électrique constitué de deux plaques conductrices proches l'une de l'autre et séparées par un isolant (on parle aussi de diélectrique).



Le système Terre/ nuage est un condensateur naturel

2) La capacité d´un condensateur

Elle est définie comme le coefficient de proportionnalité entre la charge totale d´une armature (Q en Coulomb) et la tension aux bornes du condensateur (en Volts):

$$Q = C \times u_c$$

L´unité de la capacité d´un condensateur est le **Farad** (F). Elle dépend de plusieurs paramètres comme la *distance entre les armatures*, leur *surface*, la *géométrie générale* du condensateur ou encore la *nature du matériau isolant* séparant les deux plaques.

Pour un *condensateur plan*, la capacité se calcule grâce à la formule (pas à retenir):

$$C = \varepsilon \times \frac{S}{e}$$ S: surface des plaques, e: distance entre les plaques, ε: caractéristique de l´isolant.

✎ *Démonstration:* **Ecrire à l´aide des formules du cours, la relation entre intensité du courant circulant dans un circuit et la tension qui apparaît aux bornes du condensateur:**

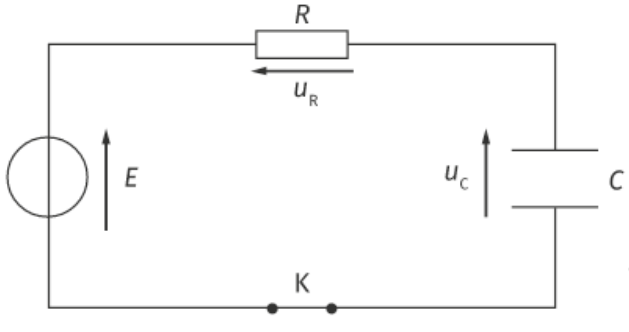
$$I = \frac{dQ}{dt}$$ **et** $$Q = C \times u_c$$ (C en F, U en V et Q en C)

$I = \frac{d(C \times u_c)}{dt}$ **donc:** $I = C \times \frac{du_c}{dt}$ **(car C est constant)**

$$I = \frac{d(C \times u_c)}{dt} = \frac{dC}{dt} \times u_c + \frac{du_C}{dt} \times C$$

TROISIEME PARTIE: CHARGE D´UN CONDENSATEUR

1) Dispositif expérimental



à t=0, on ferme l´interrupteur K, le générateur de tension E (appelée force électromotrice)

produit une intensité qui charge le condensateur de capacité C.

2) Ecriture et résolution de l´équation différentielle

✎ *Démonstration:* **Ecrire la loi des mailles dans ce circuit puis établir l´équation différentielle décrivant l´évolution de la tension du condensateur lors de sa charge sous la forme:** $\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau} \times u_c = b$

Loi des mailles: $E-U_R-U_C=0$

Selon la loi des mailles :

$$u_C + u_R = E$$
$$u_C + R \cdot i = E$$
$$u_C + R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} = E$$
$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{R \cdot C} = \frac{E}{R \cdot C}$$

On divise tout par R*C

le temps caractéristique s´écrit donc: $\tau = R*C$

(τ en s, R en Ω et C en F)

✎ *Résolution:* **Ecrire la solution de cette équation différentielle en tenant compte des conditions initiales** (la tension u_c est nulle pour t=0)

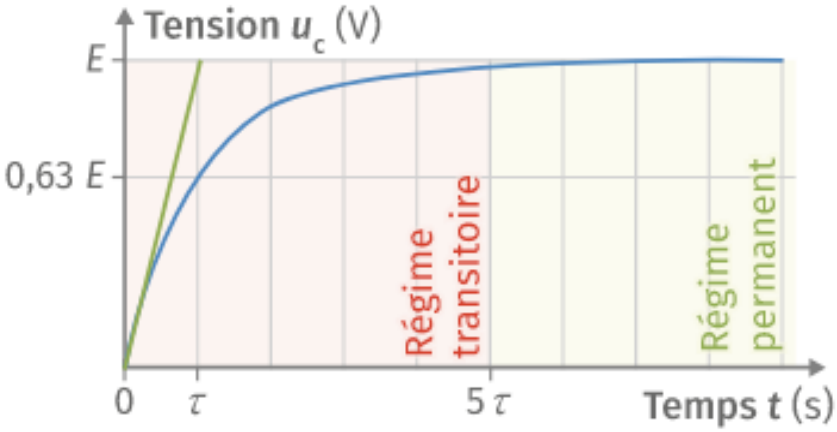
Solution générale de l´équation homogène: $u_c = A \times e^{-\frac{t}{\tau}}$

Solution particulière: $\mathbf{u_c = E}$

On fait la somme: $u_c = A \times e^{-\frac{t}{\tau}} + E$

On détermine la constante grâce aux CI: à t=0, $u_c=0$ **donc** $0 = A + E$ donc A=-E

On remplace: $u_c = -E \times e^{-\frac{t}{\tau}} + E = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$



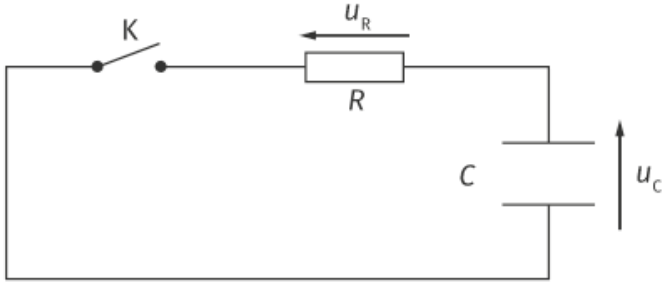
0,63

On remplace t par τ dans l´équation différentielle: $u_c = E \times (1 - e^{-\frac{\tau}{\tau}}) = E \times (1 - e^{-1})$

Le **temps caractéristique** correspond au temps pour que u_C **atteigne 63%** de sa valeur finale.

QUATRIEME PARTIE: DECHARGE D´UN CONDENSATEUR

1) Dispositif expérimental



à t=0, on ferme l´interrupteur K, le condensateur se décharge dans la résistance R.

2) Ecriture et résolution de l´équation différentielle

Démonstration: **Ecrire à nouveau la loi des mailles dans ce circuit puis établir l´équation différentielle décrivant l´évolution de la tension du condensateur lors de sa décharge sous la forme:** $\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau} \times u_c = 0$

Loi des mailles: $u_C+u_R=0$ donc: $u_C+Ri=0$ avec: $i = C \times \frac{du_c}{dt}$

donc: $u_C + RC \times \frac{du_c}{dt} = 0$ **On divise par RC:** $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_C}{RC} = 0$ **ou**

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = 0$$

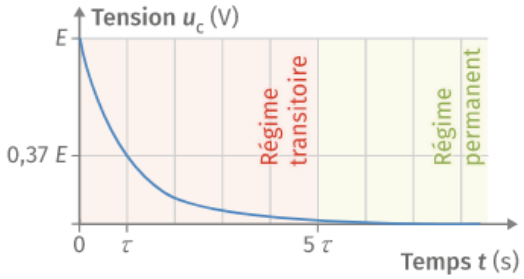
$\tau = R \times C$

Résolution: **Ecrire la solution de cette équation différentielle en tenant compte des conditions initiales** (la tension u_c vaut E pour t=0)

Solution l'équation: $u_c = A \times e^{-\frac{t}{\tau}}$

On détermine la constante grâce aux CI: à t=0, $u_c = E$ **donc:** A=E

La solution s'écrit: $u_c = E \times e^{-\frac{t}{\tau}}$



0,37

On remplace t par τ dans l'équation différentielle: $u_c = E \times e^{-\frac{\tau}{\tau}} = E \times e^{-1} = \frac{E}{e}$

Le **temps caractéristique** correspond au temps pour que u_C **atteigne 37%** de sa valeur **initiale**.

CINQUIEME PARTIE: CAPTEURS CAPACITIFS

Voir la partie 4 du cours du livre pour cette partie