

Electrocinétique

L'électrocinétique est l'étude des charges en mouvement sous l'action d'un champ électrique extérieur créé par une différence de potentiel.

1-Courant électrique

Le courant électrique est le déplacement des porteurs de charges (électrons ou ions) dans un conducteur sous l'effet d'un champ électrique,

- Un courant électrique apparaît dans un conducteur quand une différence de potentiel est établie entre les bornes de ce dernier.
- L'intensité d'un courant (notée I) est un débit de charges (quantité de charges par unité du temps) donnée par : $i = \frac{dq}{dt}$ L'intensité du courant est donnée en Ampère (A), qui correspond à 1 C/s. Le courant électrique se mesure par l'ampèremètre.

2-Tension électrique

La tension électrique est une différence de potentiel électrique entre deux points d'un circuit. La tension est mesurée avec un voltmètre qui la donne en Volt (V).

Loi des nœuds, Loi des mailles :

Pour étudier les circuits électriques il faut définir quelques termes :

Un **dipôle** est un élément de circuit relié au reste du circuit par deux bornes.

Une branche est un ensemble de dipôles reliés par des fils de connexion et disposés en série.

Un nœud est un point où se rejoignent au moins deux branches.

Une maille est un ensemble de branches se refermant sur elles-mêmes.

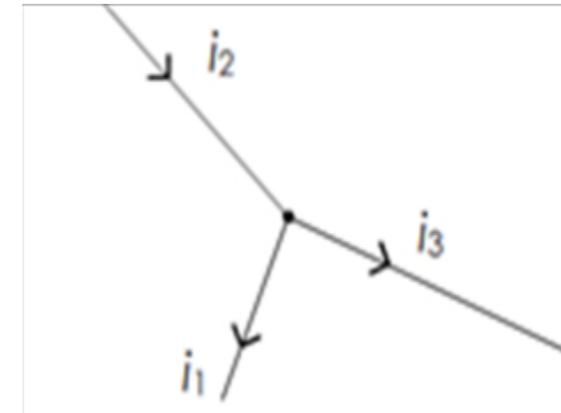
Sens du courant : Le courant électrique circule dans le sens décroissant des potentiels, c'est-à-dire dans le sens du champ électrique. Ainsi, le sens choisi conventionnellement est contraire au sens des charges négatives.

Loi des nœuds :

- Un nœud d'un réseau est une interconnexion où arrivent trois fils ou plus.
- Un nœud n'est jamais connecté à un autre nœud que lui-même.
- Dans un circuit quelconque la quantité de charge électrique est conservée et cette conservation dans un nœud se traduit par la conservation du courant.
- Donc, le courant qui entre doit être égale à celui qui en sorte.

exemple: $I_2 = I_1 + I_3$. En général, pour un nœud qui contient plusieurs courants entrants et sortant du nœud la loi des nœuds se traduit par :

$$\sum I_{entrant} - \sum I_{sortant} = 0$$



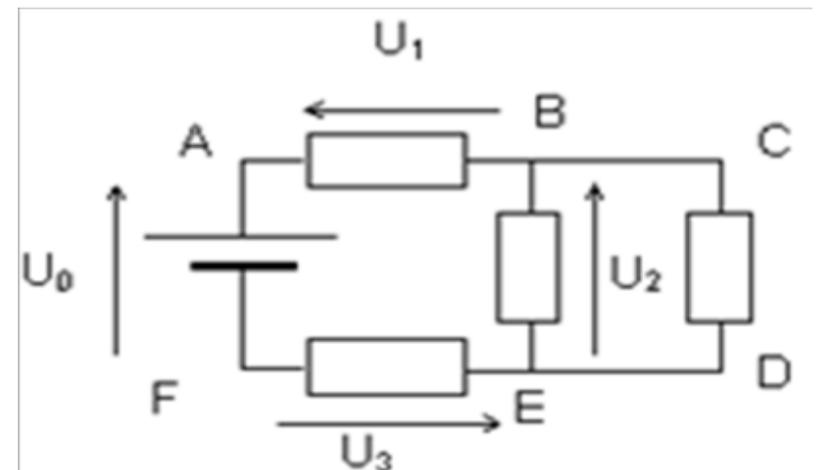
Loi des mailles

-Une **branche** est constituée d'une association en série d'un ou plusieurs dipôles (fils, résistance, bobine, ...), c'est une portion de circuit **située** entre deux **nœuds** : dans le circuit ci-contre, BAFE est une branche, BCDE et BE également.

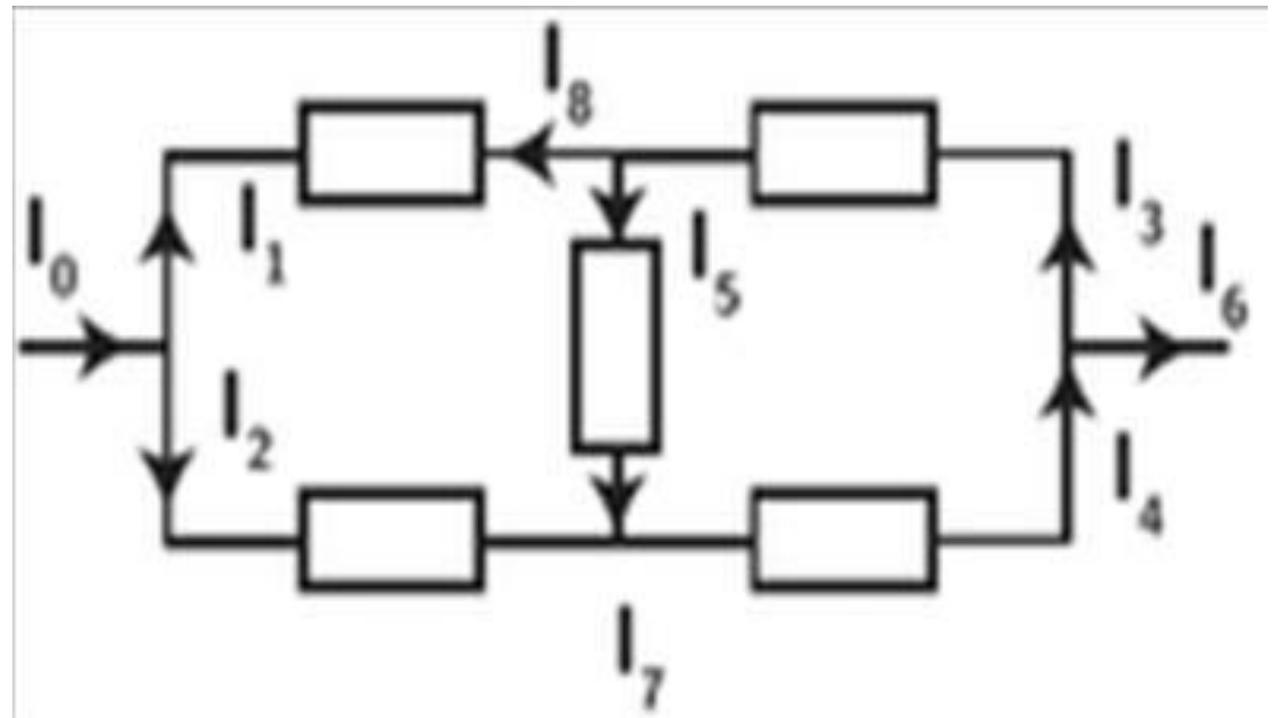
-Une **maille** est une partie du réseau constituée d'un ensemble de branches formant un **circuit fermé** dans lequel un nœud n'est rencontré qu'une seule fois. Dans le circuit ci-contre, ABEFA est une maille et BCDEB également. A partir de la conservation de la quantité des charges dans une maille la somme des différences de potentiel aux bornes des branches formant cette maille est nulle.

Dans cet exemple,

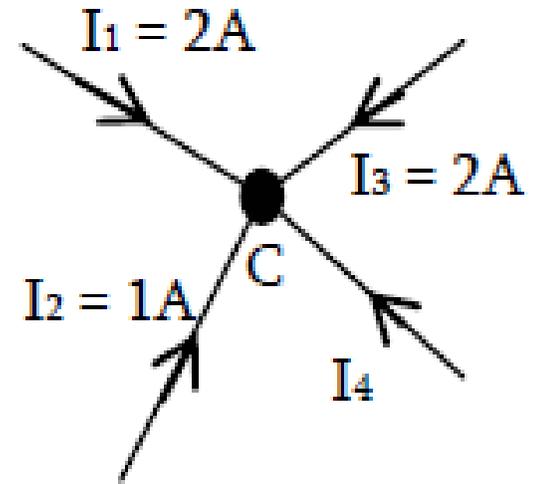
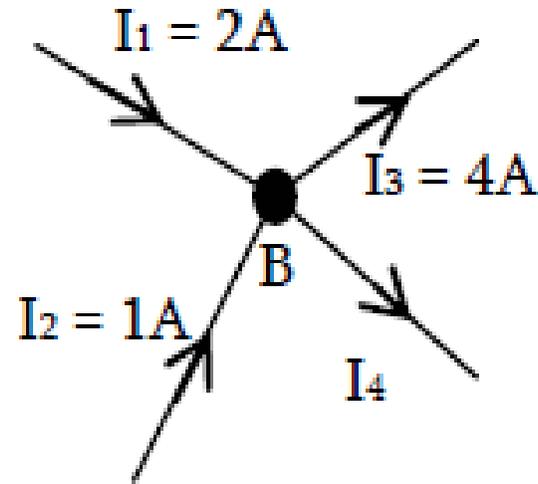
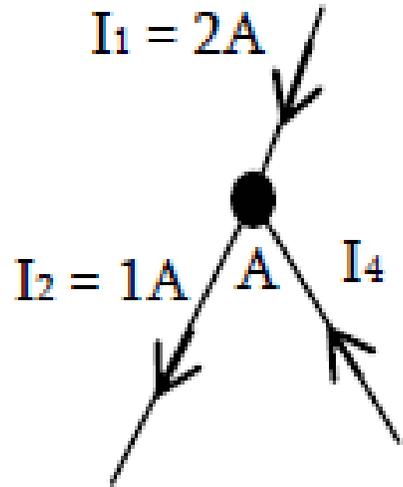
$$-U_0 + U_1 + U_2 + U_3 = 0$$



Application : Identifier les nœuds dans le circuit, et donner les équations liant les courants



Loi des nœuds : Déterminer la valeur de I_4 sur tous les schémas suivants :

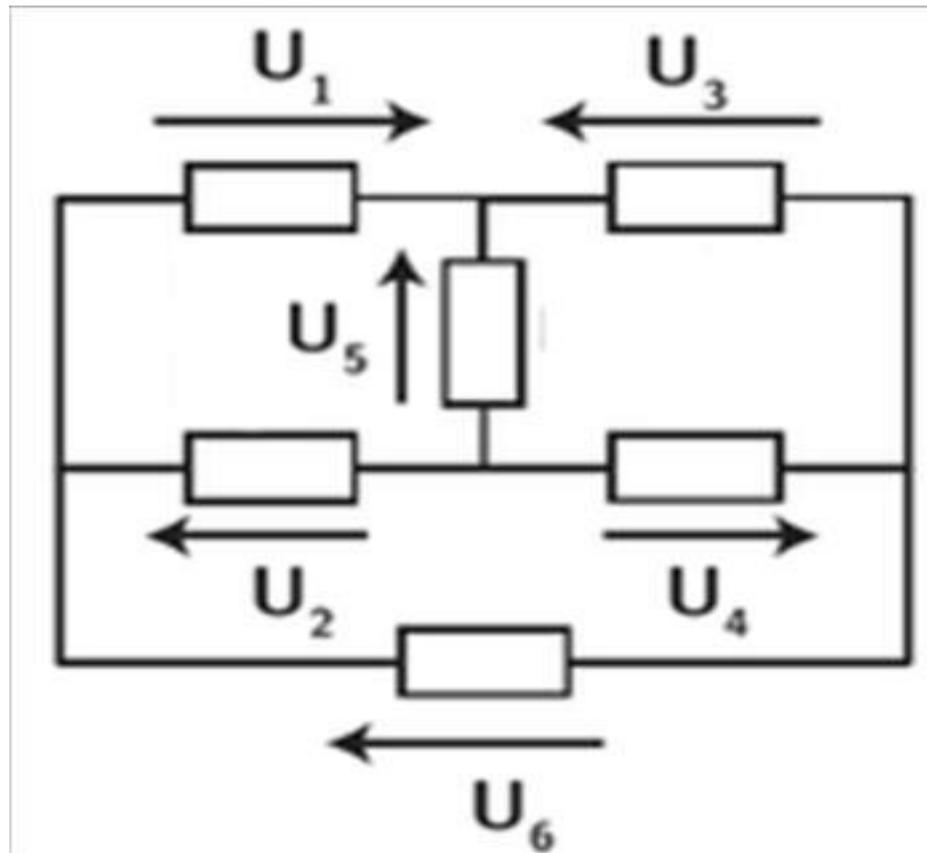


Nœuds : A : $I_4 = I_2 - I_1 = 1 - 2 = -1A$

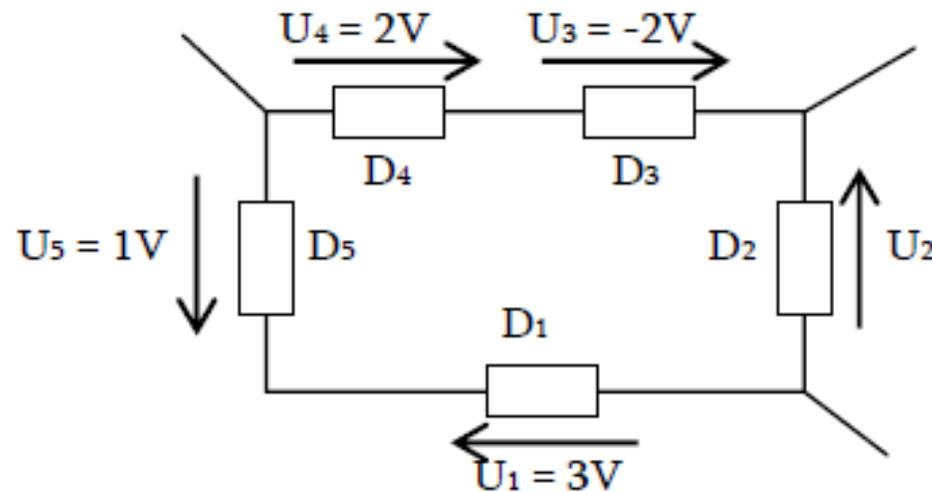
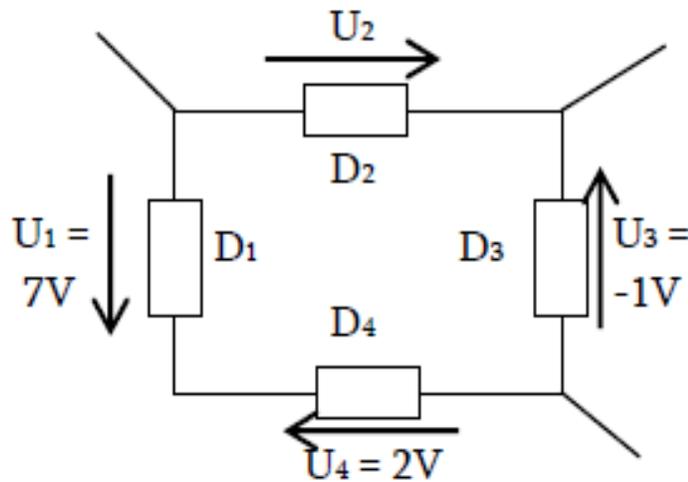
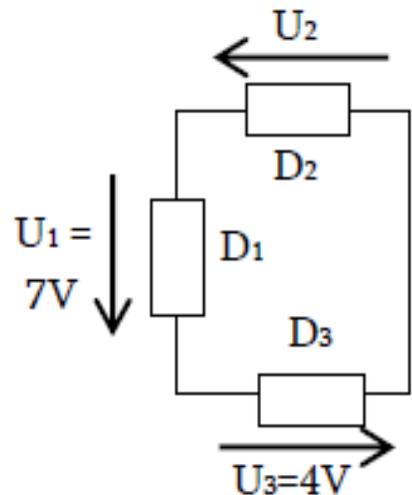
Nœuds : B : $I_4 = I_1 + I_2 - I_3 = 2 + 1 - 4 = -1A$,

Nœuds : C : $I_4 = -I_1 - I_3 - I_2 = -2 - 1 - 2 = -5A$

Application : Identifier les mailles dans le circuit, et donner les équations liant les tensions



Loi des mailles : Calculer les valeurs des tensions U_2 :



Maille 1 : $U_2 = -U_1 - U_3 = -7 - 4 = -11V$,

Maille 2 : $U_2 = U_1 - U_4 + U_3 = 7 - 2 - 1 = 4V$,

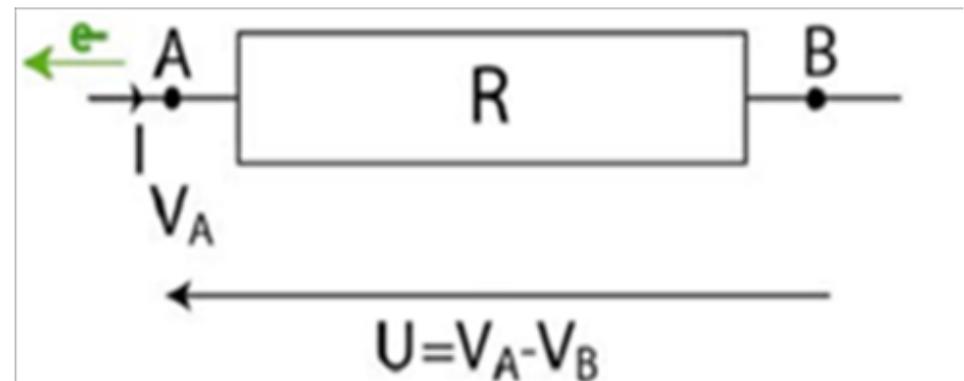
Maille 3 : $U_2 = U_3 + U_4 + U_1 - U_5 = -2 + 2 + 3 - 1 = 2V$

2- Loi d'ohm (Résistance)

2.1- Définition

Une résistance est un dipôle qui transforme toute l'énergie qu'il reçoit sous forme de chaleur.

La résistance est mesurée par l'Ohmètre et donnée en Ohm (Ω).



2.2- Loi d'Ohm

Lorsqu'on applique une différence de potentiel aux bornes de la résistance électrique il y a passage d'un courant de la borne A vers la borne B à travers la résistance.

$$U = V_A - V_B > 0$$

La résistance qui lie ces paramètres est dite loi d'Ohm :

$$U = RI$$

Cette loi peut être mise sous la forme : $I = GU$ avec

$G = \frac{1}{R}$ est la conductance qui s'exprime en $(1/\Omega)$.

Dans une résistance le courant électrique qui la parcourt est de sens inverse à la tension à ses bornes.

1 Association série

Soient trois résistances R_1 , R_2 et R_3 montées en série entre deux bornes A et D. Ces trois résistances sont parcourues par un courant I par effet d'une différence de potentiel $U = U_{AD}$.

Les trois résistances sont parcourues par le même courant I alors que chacune à sa propre différence de potentiel entre ses bornes.

La tension entre les bornes A et D est donnée par la loi des mailles :

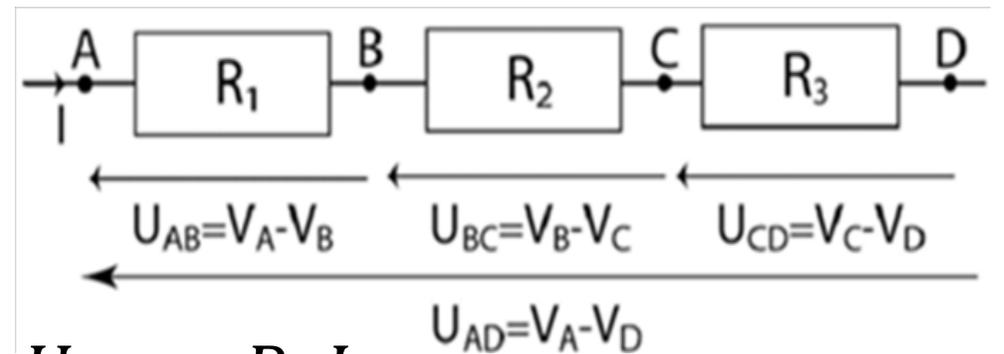
$$U = U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD}$$

Soit R la résistance équivalente à ces trois résistances. Donc, par application de la loi d'Ohm

on a : $U = RI$, $U_{AB} = R_1 I$, $U_{BC} = R_2 I$, $U_{CD} = R_3 I$.

Alors : $RI = I(R_1 + R_2 + R_3)$, ce qui donne : $R = R_1 + R_2 + R_3$

$$R = \sum_{i=1}^N R_i$$



b- Association en parallèle

Soient trois résistances R_1 , R_2 et R_3 montées en parallèle entre deux bornes A et B. Ces trois résistances soumises à une même différence du potentiel $U = U_{AD}$. Les trois résistances ont une même différence du potentiel entre leurs bornes, alors que chacune est parcourue par son propre courant.

Le courant I est donné par la loi des nœuds : $I = I_1 + I_2 + I_3$.

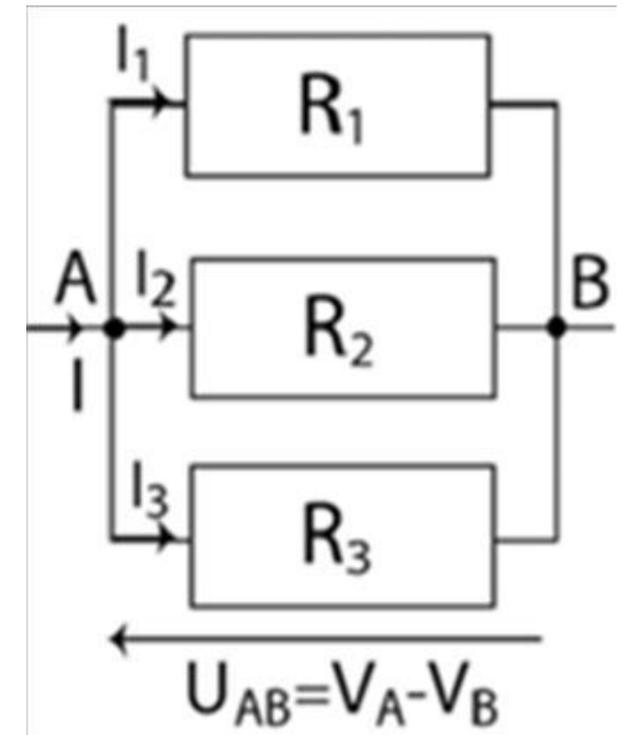
Soit R la résistance équivalente à ces trois résistances. Donc, par application

de la loi d'Ohm on a : $I = \frac{U}{R}$, $I_1 = \frac{U}{R_1}$, $I_2 = \frac{U}{R_2}$, $I_3 = \frac{U}{R_3}$

Alors $\frac{U}{R} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) U$,

ce qui donne $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

la résistance équivalente est : $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$



Exercice

Les résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 sont montées avec un générateur idéal dont la tension

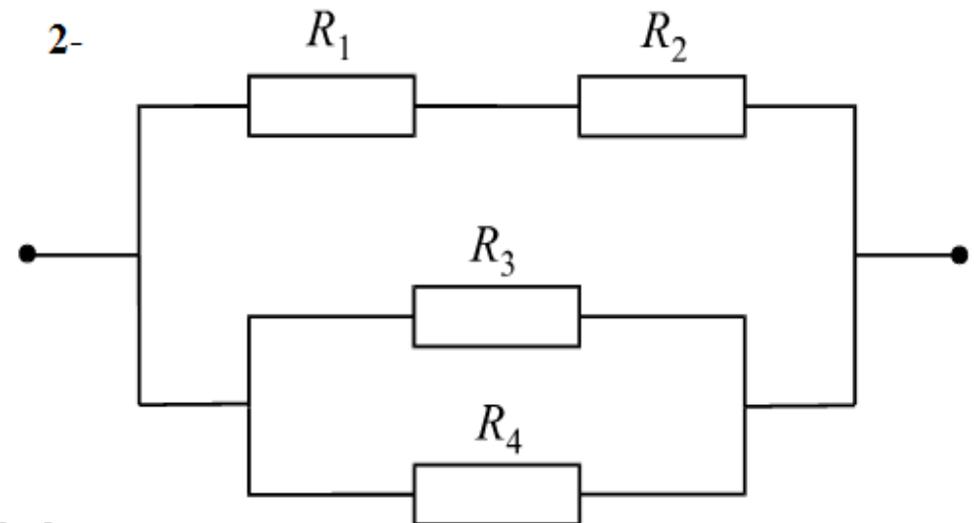
entre ses bornes est U . calculer la résistance équivalente, sachant que :

$$R_1 = 100\Omega, R_2 = 400\Omega, R_3 = 200\Omega, R_4 = 100\Omega$$

Solution

$$\begin{aligned} R_{12} &= R_1 + R_2 = 500\Omega \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\ &= \frac{R_{12}R_3 + R_4R_{12} + R_4R_3}{R_{12}R_3R_4} \end{aligned}$$

$$R_{eq} = \frac{R_{12}R_3R_4}{R_{12}R_3 + R_4R_{12} + R_4R_3} = 58.82\Omega$$



Condensateurs

un condensateur répond à la caractéristique :

$$Q = C U$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

où C la **capacité** du condensateur. Celle-ci s'exprime en farad (F) ; elle dépend de la géométrie du condensateur et de la nature de l'isolant placé entre les armatures. Un condensateur représenté schématiquement par :



Groupement de condensateurs

Groupement en série :

Tous les condensateurs emmagasinent la même charge Q à cause du phénomène d'influence. La tension entre les extrémités de tout l'ensemble est égale à la somme des tensions

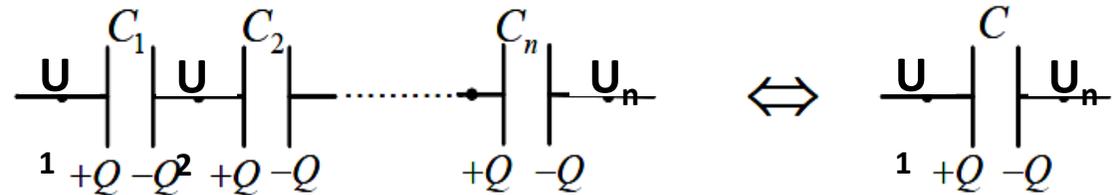
$$U = U_1 - U_n = (U_1 - U_2) + (U_2 - U_3) + \dots + (U_{n-1} - U_n)$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \dots + \frac{Q}{C_n} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

En général, si un circuit contient N condensateurs C_1, C_2, \dots, C_N montés en série alors la

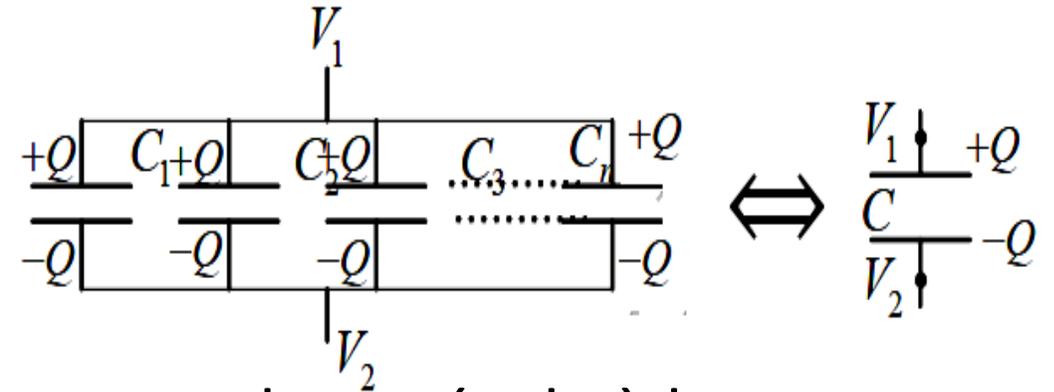
résistance équivalente est :

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$



Groupement en parallèles :

Tous les condensateurs sont soumis à la même tension U . L'expérience prouve que la charge Q_i de chaque condensateur est proportionnelle à sa capacité C_i . La charge totale est égale à la somme des charges :



$$Q = UC = UC_1 + UC_2 + UC_3 + \dots + UC_n$$

$$UC = U(C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n)$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

En général, si un circuit contient N résistances $C_1, C_2 \dots \dots C_N$ montées en parallèle alors la

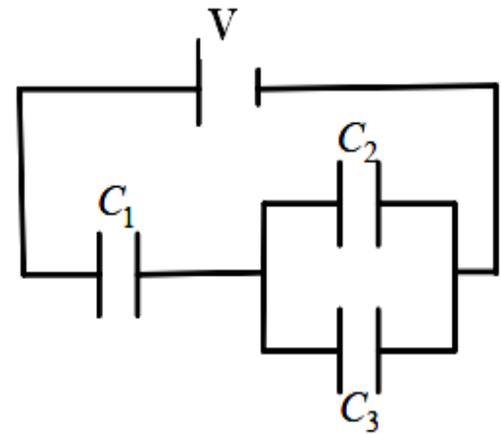
résistance équivalente est : $C = \sum_{i=1}^N C_i$

Exercice

Un générateur de tension continue et trois condensateurs sont assemblés comme indiqué sur la figure ci-dessous : $U = 3\text{v}$, $C_1 = 30\ \mu\text{F}$, $C_2 = 10\ \mu\text{F}$, et $C_3 = 5\ \mu\text{F}$.

Calculer la capacité équivalente ?

Quelle est la charge Q totale



Solution

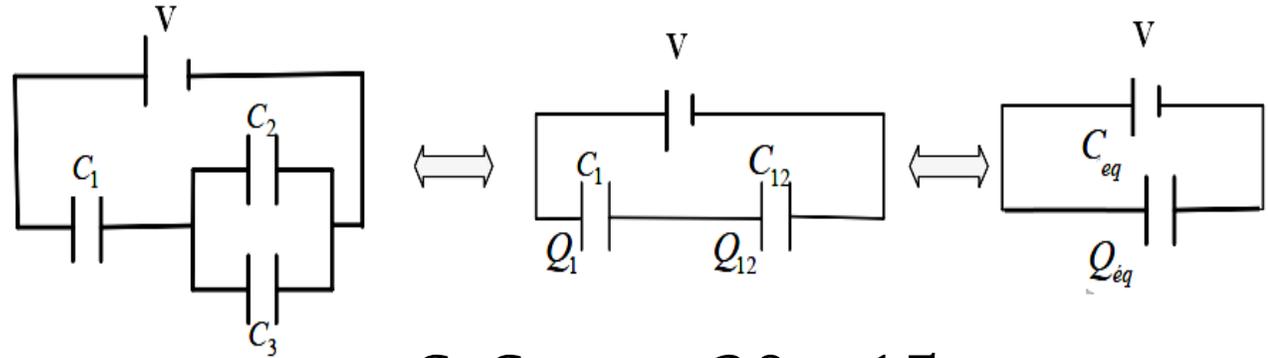
On peut simplifier le montage comme indiqué sur la figure suivante :

Les condensateurs C2 et C3 sont montés en parallèle, soit C12 leur capacité équivalente :

$$C_{12} = C_3 + C_2 \Rightarrow C_{12} = 15 \mu F$$

Les condensateurs C12 et C1 sont montés en série, soit C_{eq} leur capacité équivalente :

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{12}} = \frac{C_1 + C_{12}}{C_1 C_{12}} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_1 C_{12}}{C_1 + C_{12}} = \frac{30 * 15}{30 + 15} = 10 \mu F$$

La charge totale du système est : $Q_{eq} = UC_{eq} = 3 * 10 = 30 \mu C$

