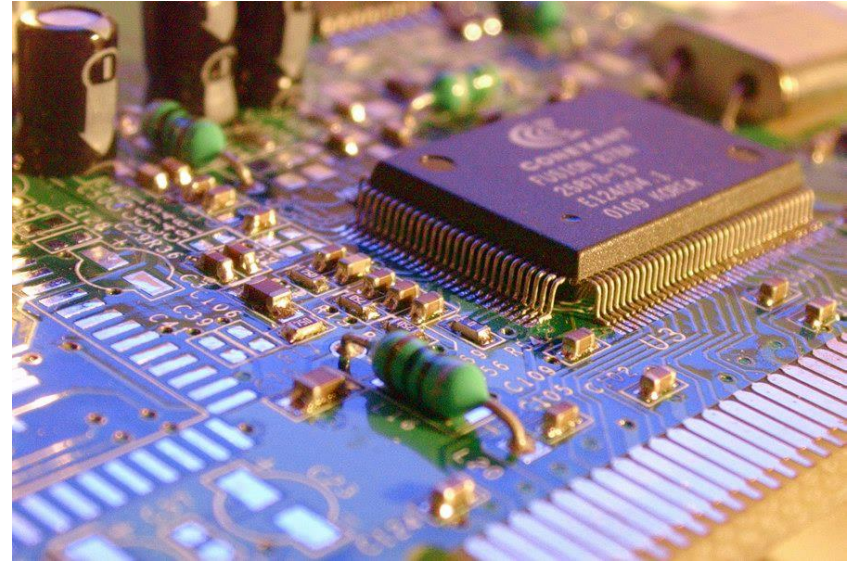


Electronique analogique

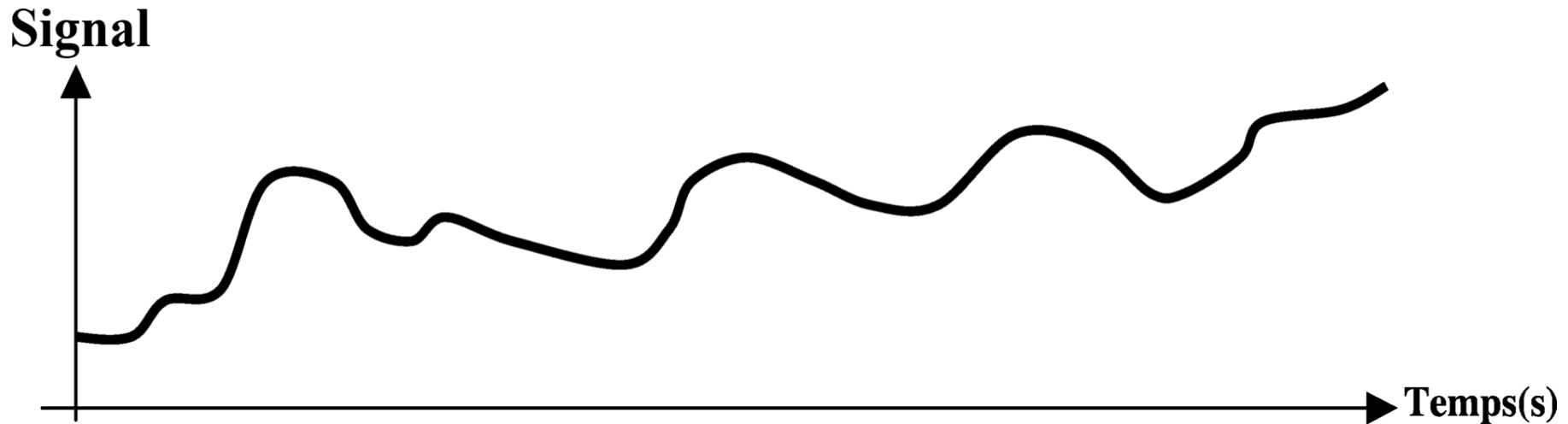


Electronique (source : wikipedia)

- L'électronique est une branche de la physique appliquée, traitant de la mise en forme et de la gestion de signaux électriques, permettant de transmettre/recevoir mais aussi traiter, mémoriser,... des informations.
- On associe souvent l'électronique à l'utilisation de faibles tensions et courants électriques. Les faibles grandeurs électriques généralement utilisées dans les applications électroniques, s'expliquent en partie par le fait que si une information peut être transmise avec peu d'énergie, il y a peu d'intérêt à la transmettre avec beaucoup. Par analogie, lorsque deux personnes veulent échanger une information, elles pourraient le faire en parlant fort. Toutefois, si parler à un volume normal suffit à la transmission de l'information, c'est en général ce qu'elles préfèrent faire, évitant ainsi les contraintes liées au fait de parler fort. À noter qu'il existe une discipline nommée « électronique de puissance », mais celle-ci est proche de l'électrotechnique.

Électronique analogique

- **L'électronique analogique** est la discipline traitant des systèmes électroniques sur des grandeurs (tension, courant, charge) à variation continue. Elle diffère de l'électronique numérique dans laquelle ces dernières sont quantifiées. On emploie le terme « analogique » car les grandeurs électriques utilisées sont à l'image du signal à traiter (analogues).



- **L'électronique numérique** est un domaine scientifique s'intéressant aux systèmes électroniques dont les états parcourent un ensemble fini de possibilités.

Un exemple d'application simple et pratique

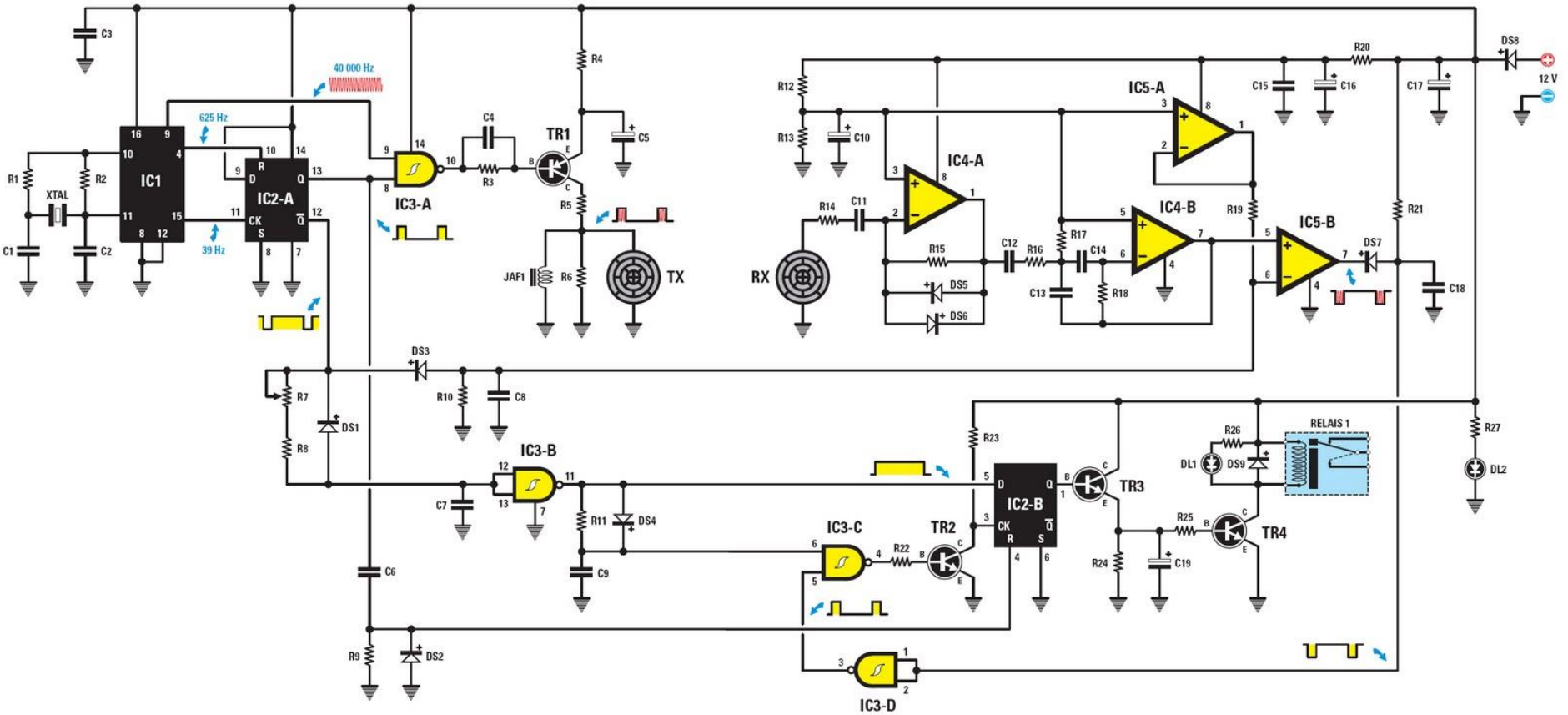
Radar anti-recul pour voiture

Si vous percutez régulièrement le mur du fond de votre garage, amochant irrémédiablement le pare-chocs, ce radar est fait pour vous !

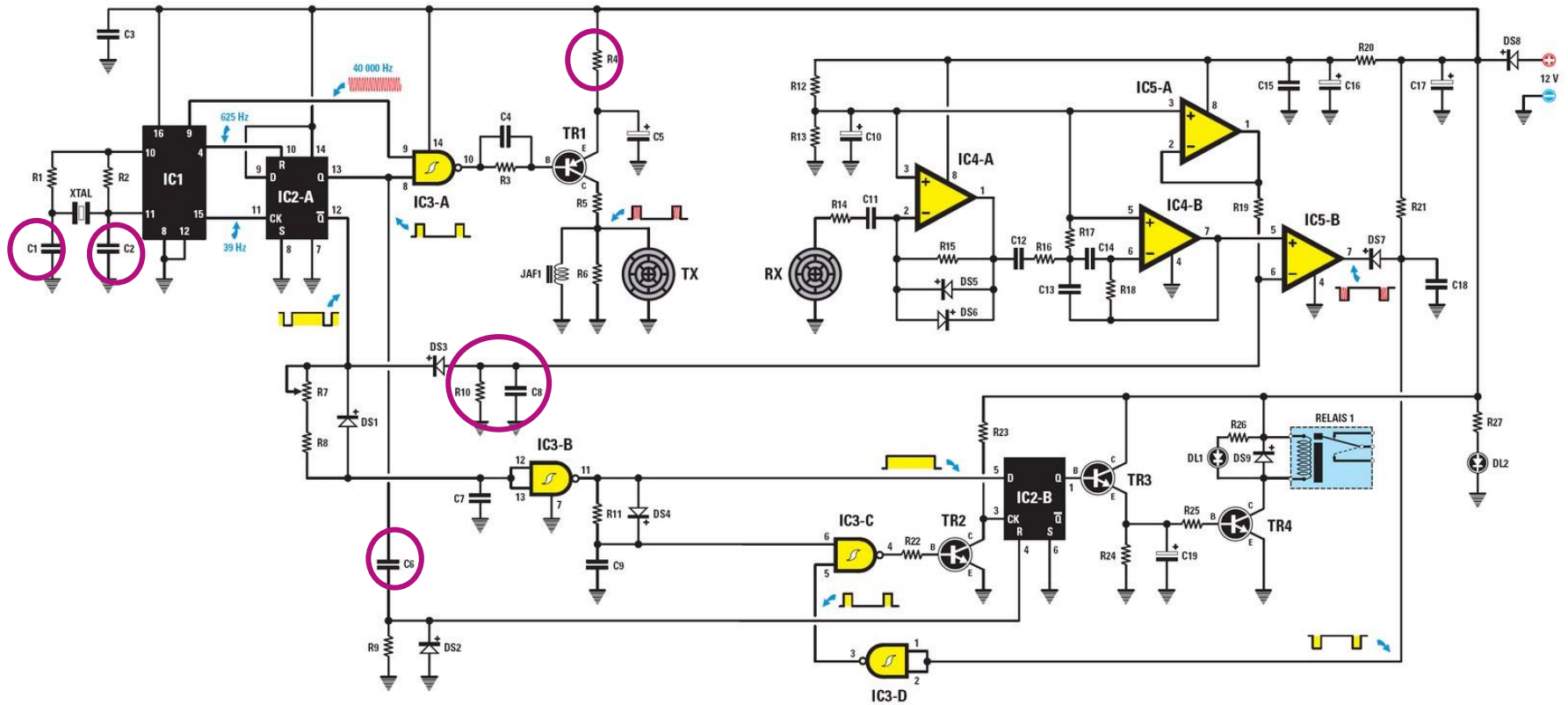


- Il suffit de le fixer sur le mur et de le régler de manière à allumer une lampe lorsque la partie arrière du véhicule se trouve à une distance de 10 à 15 centimètres de distance. Utile pour quiconque doit garer en marche arrière des fourgons, des remorques ou même simplement des voitures de sport, qui ont une mauvaise visibilité vers l'arrière.
- Ce radar peut également être utilisé comme alarme, s'il est réglé de sorte que le relai soit excité chaque fois qu'une personne passe devant les capsules ultrasoniques. Les contacts du relai peuvent être utilisés pour actionner une sirène ou bien pour déclencher le flash d'un appareil photo.

Radar anti-recul (suite)

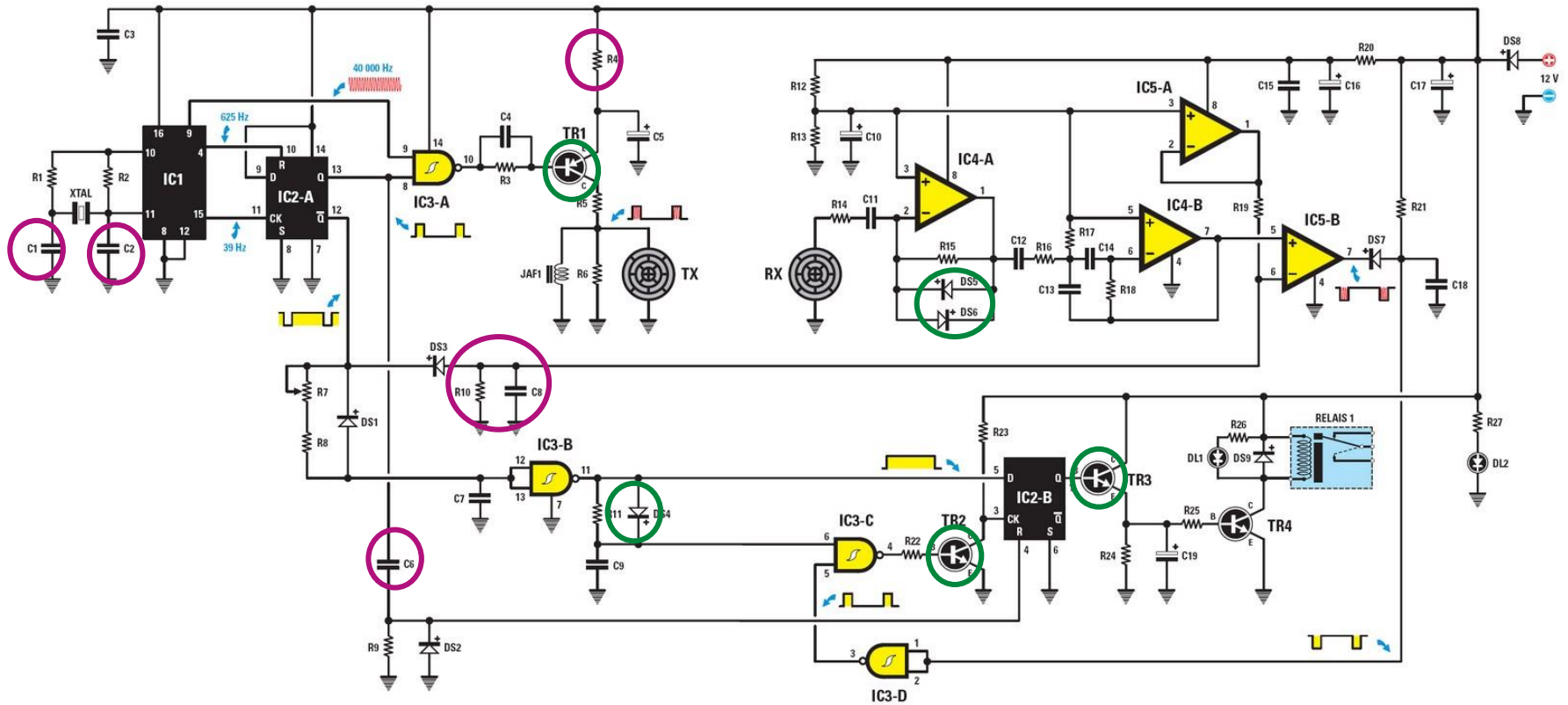


Radar anti-recul (suite)



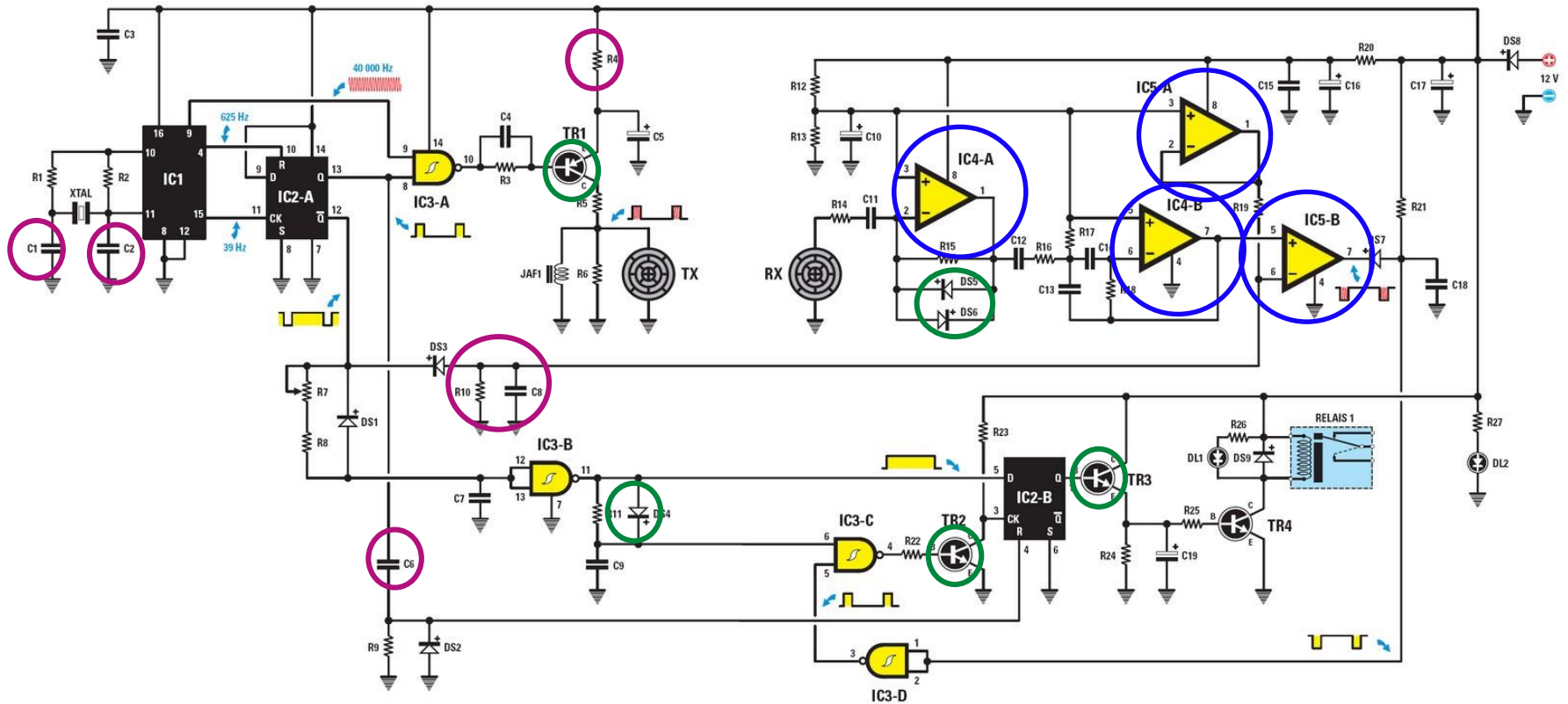
Composants passifs discrets : résistances, condensateurs et self inductances

Radar anti-recul (suite)



Composants passifs discrets : résistances, condensateurs et self inductances
Composants actifs discrets : diodes, transistors

Radar anti-recul (suite)

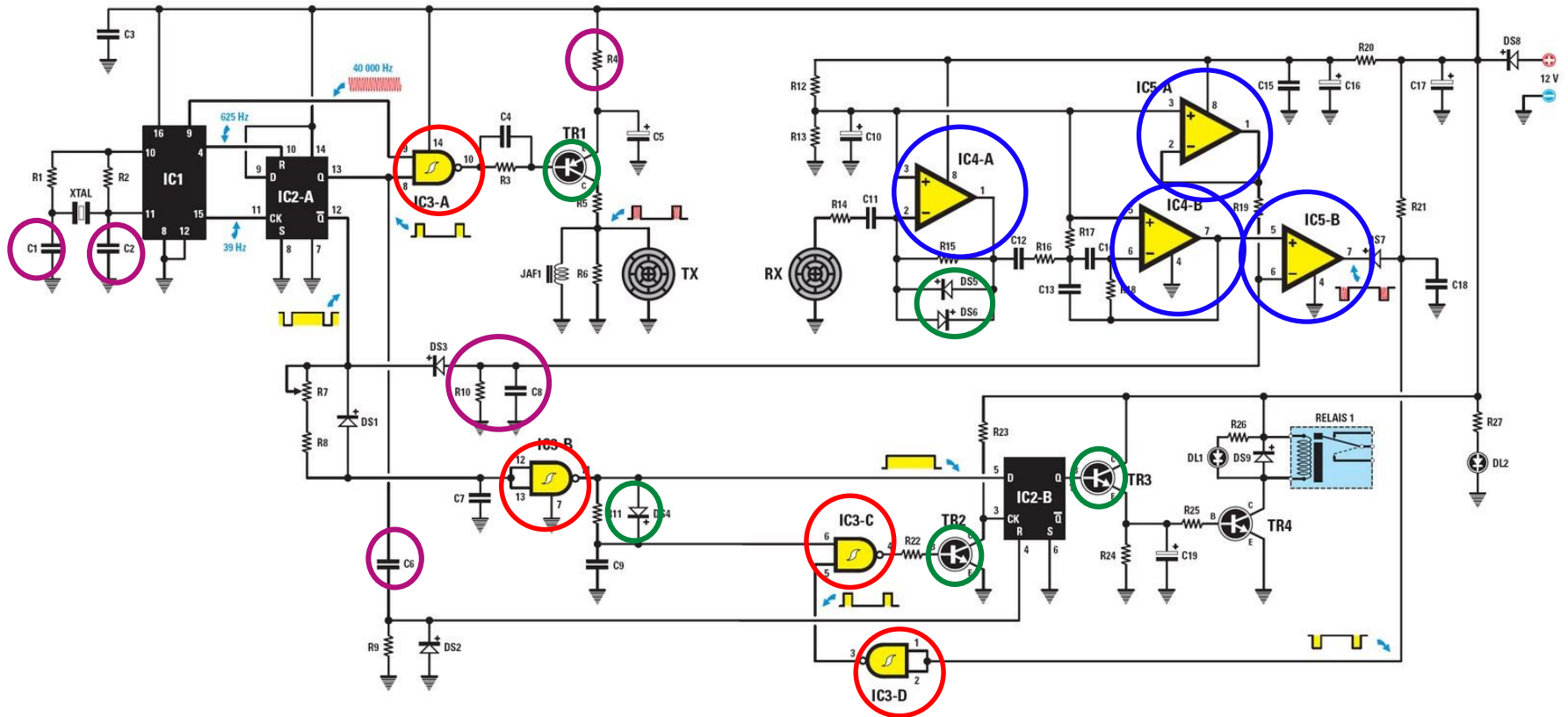


Composants passifs discrets : résistances, condensateurs et self inductances

Composants actifs discrets : diodes, transistors

Circuits intégrés analogiques simples : Amplificateurs opérationnels

Radar anti-recul (suite)



Composants passifs discrets : résistances, condensateurs et self inductances

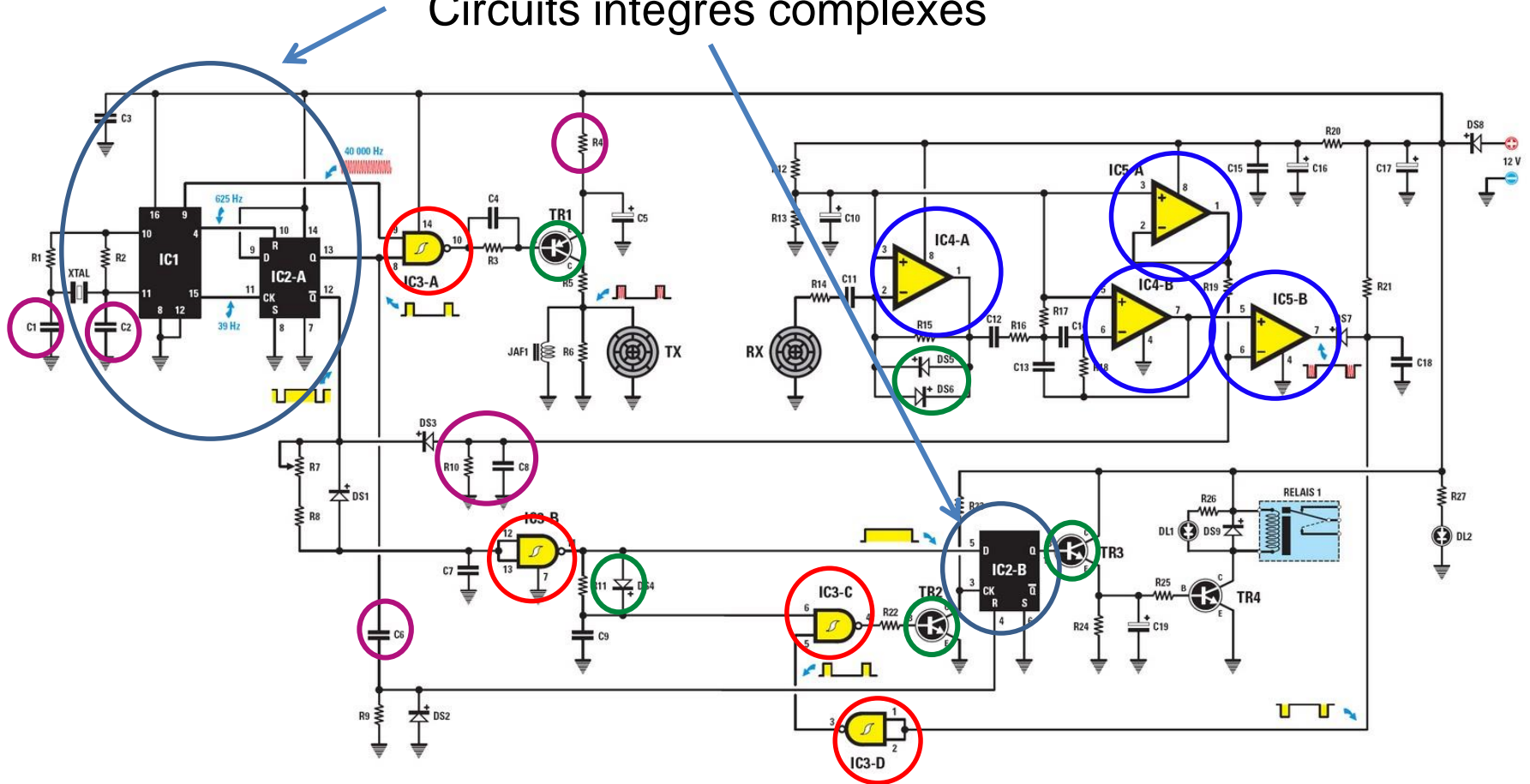
Composants actifs discrets : diodes, transistors

Circuits intégrés analogiques simples : Amplificateurs opérationnels

Circuits intégrés logiques simples : portes logiques

Radar anti-recul (suite)

Circuits intégrés complexes



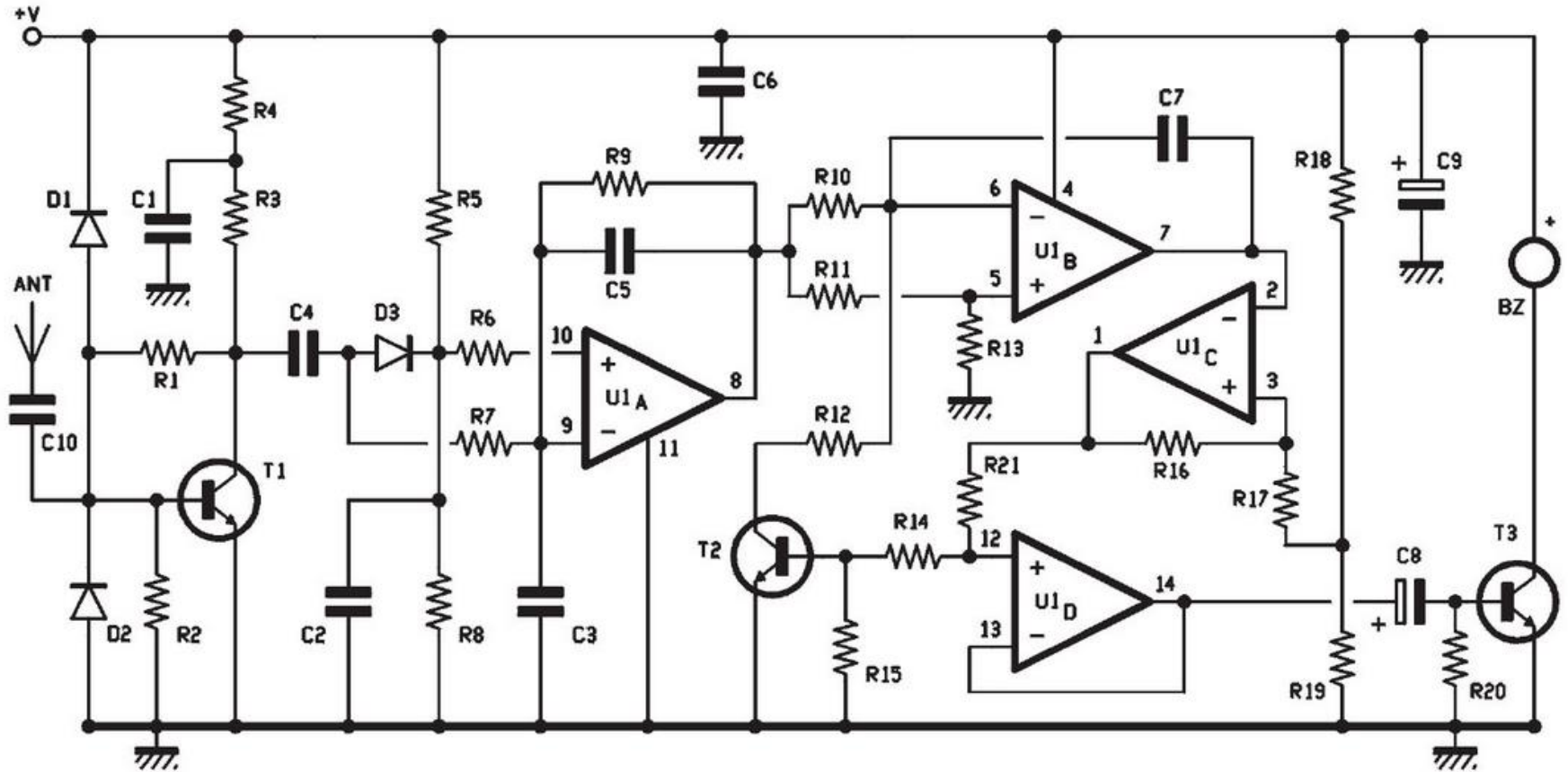
Composants passifs discrets : résistances, condensateurs et self inductances

Composants actifs discrets : diodes, transistors

Circuits intégrés analogiques simples : Amplificateurs opérationnels

Circuits intégrés logiques simples : portes logiques

Un détecteur de micros espion ou autre appareil émettant de radiofréquences

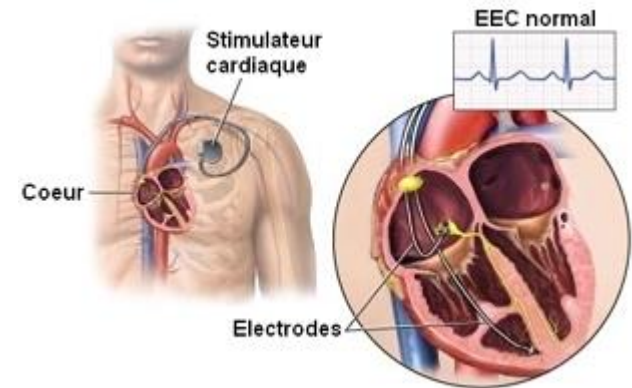
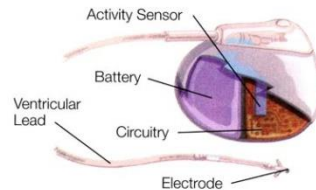


Source : https://www.schema-electronique.net/2018/07/un-detecteur-de-micros-espion-ou-autres_25.html

Electronique Analogique

- Pourquoi étudier l'électronique analogique ?

- Parce qu'on y est obligé !
- Parce qu'il y a plein d'applications intéressantes... et simples
- Parce qu'il y a plein d'applications intéressantes... et compliquées, voire très compliquées



- Parce que le monde est analogique
- Parce que les méthodes d'étude s'appliquent à beaucoup d'autres domaines scientifiques

Pour finir

- ...une petite vidéo
- <https://www.youtube.com/watch?v=twjtOesoiY8>

Moodle et IUT en ligne

- <https://moodle1.u-bordeaux.fr/>
- http://public.iutenligne.net/electronique/piou_fruitet_fortun/baselecpro/acquisition/pdf/DL-001051-04-00.01.00.pdf

Quelques vidéos de base

- <https://www.youtube.com/watch?v=1xPjES-sHwg>

- Bases sur I et V

- <https://www.youtube.com/watch?v=8gvJzrjwjds>

- Explications « électronique » sur les passages de courant avec sous-titrage en français

- <https://www.youtube.com/watch?v=Gc1wVdbVI0E>

- Bases technologiques sur résistances

<https://openclassrooms.com/courses/l-electronique-de-zero/l-amplification-d-un-signal>

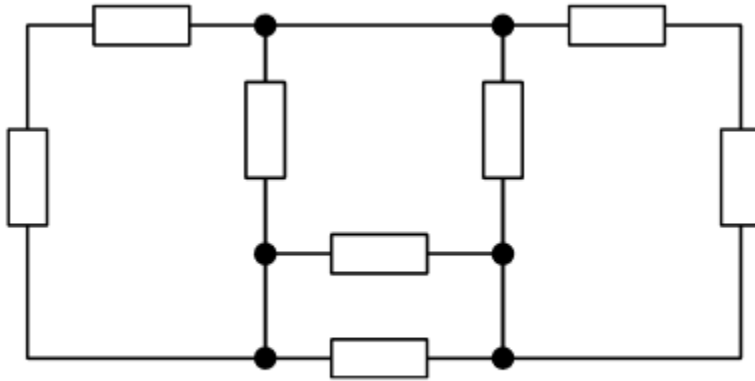
Electronique analogique



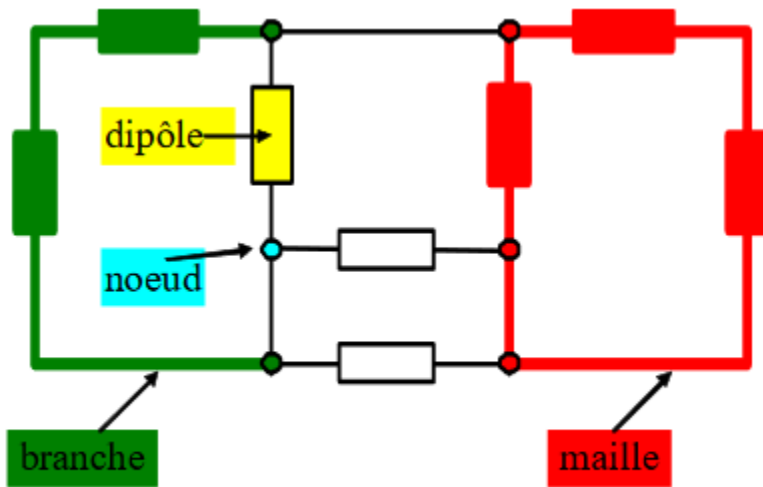
Rappels sur les circuits électriques



Définitions, vocabulaire



Réseau électrique: Ensemble d'éléments électriques reliés entre eux et susceptibles d'être parcourus par des courants électriques.



Dipôle: Tout ensemble d'éléments électriques situés entre deux **nœuds**.

Branche: Ensemble de dipôles placés en série entre deux nœuds.

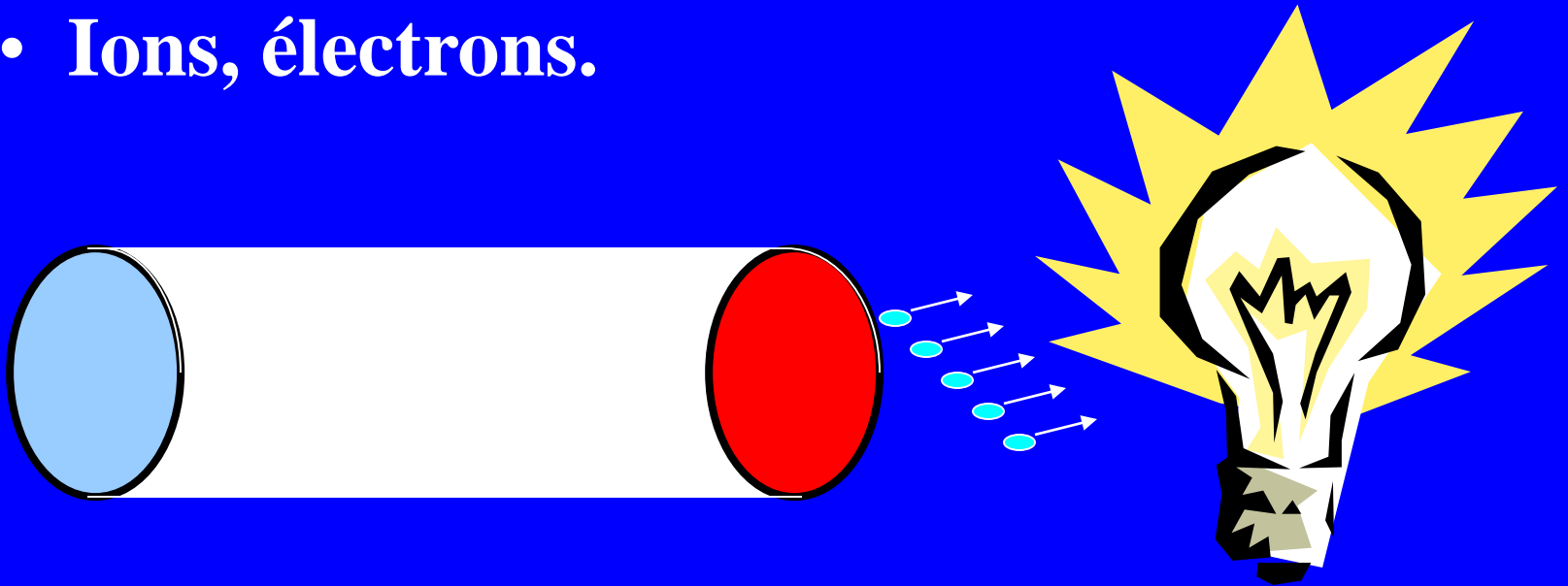
Maille: Ensemble de branches constituant une boucle fermée.

Courant électrique.

- Nature du courant.
- Intensité du courant.
- Représentation de l'intensité.
- Mesure de l'intensité.
- Loi des nœuds.

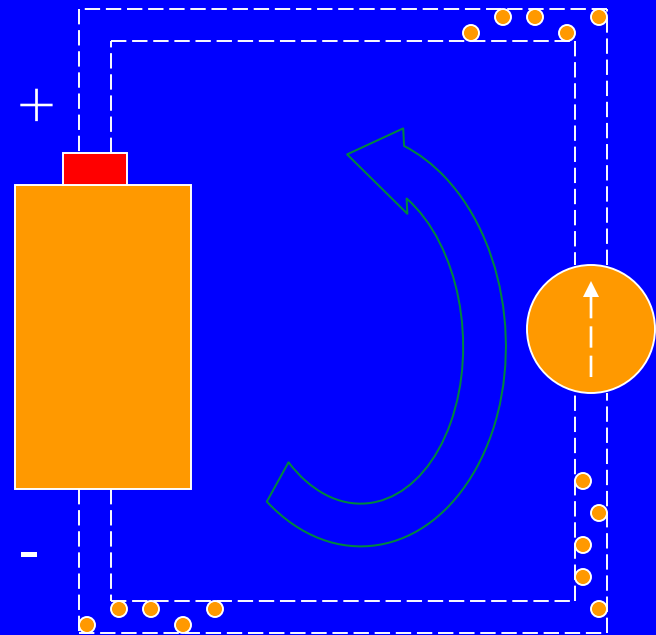
Nature du courant.

- Le courant électrique est un déplacement de charges électriques dans la matière.
- Ions, électrons.



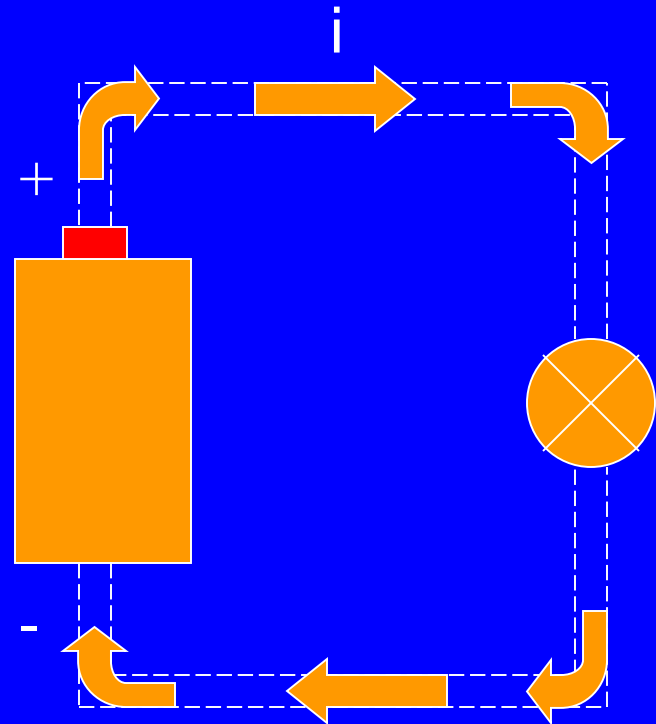
Circulation des électrons.

- Les électrons chargés négativement circulent :
de la borne –
vers la borne +
du générateur.



Courant électrique

Le sens de circulation conventionnel du courant électrique i est de la borne + vers la borne - du générateur.



Quantité d'électricité

- L'unité de charge électrique est le coulomb (C).
- La charge d'un électron est égale à
- $1,6 \times 10^{-19}$ C.



Charles-Augustin Coulomb, né le 14 juin 1736 à Angoulême et mort le 23 août 1806 à Paris, est un officier, ingénieur et physicien français

Intensité du courant.

L'intensité i du courant est la vitesse de déplacement des charges.

Il s'exprime donc par le quotient de la quantité d'électricité dQ par la durée dt de passage du courant. (expression de la dérivée)

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

- *i en ampères.*
- *Q en coulombs.*
- *t en secondes.*

Unité de l'intensité du courant

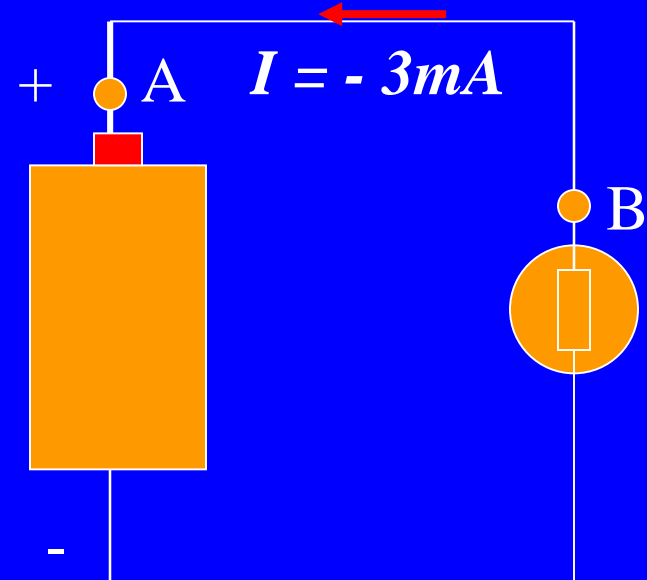
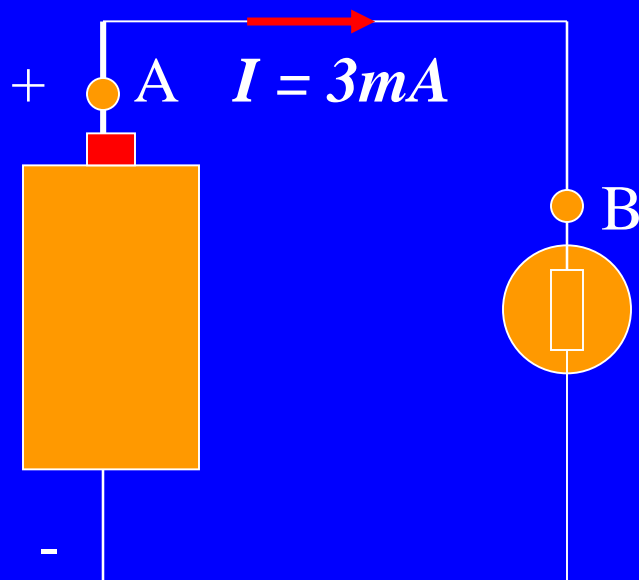
- L'unité d'intensité est l'**ampère (A)**
- Multiples :
 - Le kilo ampère : $1\text{kA} = 10^3 \text{ A}$
- Sous-multiples :
 - Le milliampère : $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$
 - Le microampère : $1\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$
 - Le nanoampère : $1\text{nA} = 10^{-9} \text{ A}$



André-Marie Ampère (Lyon, 20 janvier 1775 – Marseille, 10 juin 1836) est un mathématicien, physicien, chimiste et philosophe français.

Représentation d'un même courant électrique

- Deux manières de représenter un courant de 3 mA circulant de A vers B.

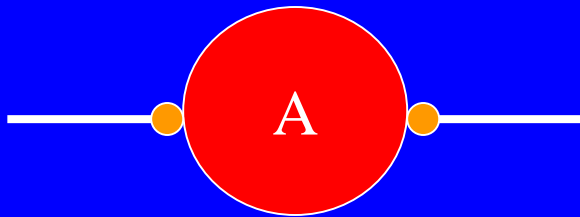


Représentation de l'intensité.

- **Le courant électrique est représenté sur les schémas par une flèche qui n'indique pas forcément son sens réel.**
- **L'intensité du courant est une grandeur algébrique ;**
- **sa valeur est :**
 - **positive lorsque le courant circule dans le sens de la flèche.**
 - **négative dans le cas contraire.**

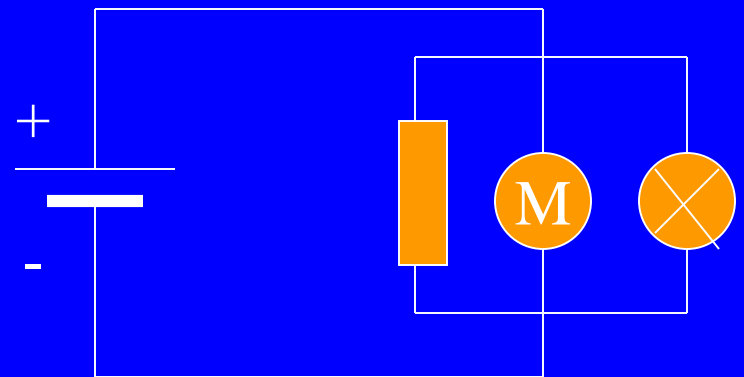
Utilisation de l'ampèremètre.

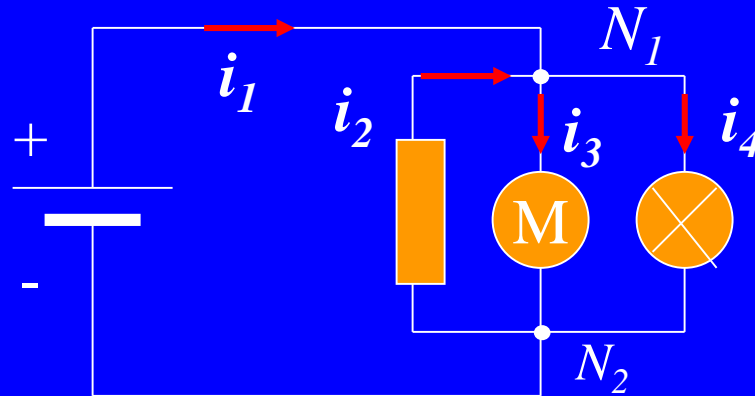
- L'intensité se mesure avec un ampèremètre placé en série dans le circuit.
- Symbole de l'ampèremètre.



Définition d'un nœud et analyse.

- Un nœud est un point de circuit où aboutissent plusieurs conducteurs.
- La somme des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des courants qui en partent.





- **Ce circuit comporte deux nœuds : N_1 et N_2 .**
- **Ces deux nœuds ne sont pas indépendants**
- **On oriente les courants « au hasard »**
- **Au nœud N_1 , on peut écrire la relation suivante entre les intensités des courants :**

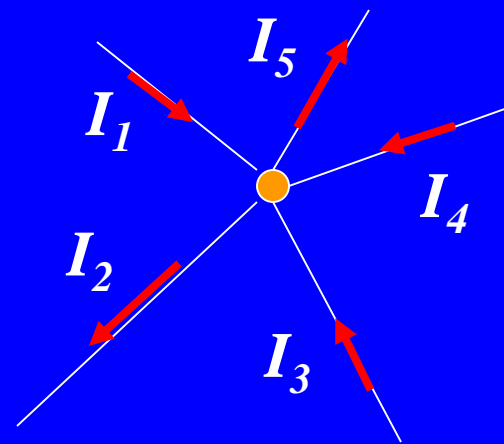
$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4$$

Loi des Nœuds.

- *Plus généralement, la somme des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des courants qui en partent.*

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

- **Exemple de Nœud**



Potentiels - Tensions.

- Différence de potentiel.
- Représentation de la tension.
- Potentiel de référence.
- Mesure des tensions.
- Loi des mailles.
- Ordres de grandeur des tensions.

Différence de potentiel.

- **Le potentiel d'un point caractérise son niveau électrique ; il s'exprime en volts (V).**
- **La circulation du courant électrique entre deux points d'un circuit est due à une différence de potentiel entre ces deux points.**
- **La différence de potentiel est aussi appelée tension elle s'exprime en volts (V).**

Le comte Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, né à Côme le 18 février 1745 et mort dans cette même ville le 5 mars 1827, est un physicien et chimiste lombard.

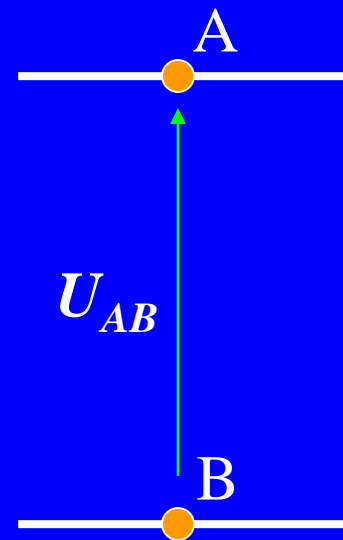


Représentation de la tension.

- La tension entre deux points A et B est notée U_{AB} .
- U_A est le potentiel du point A, U_B celui du point B.

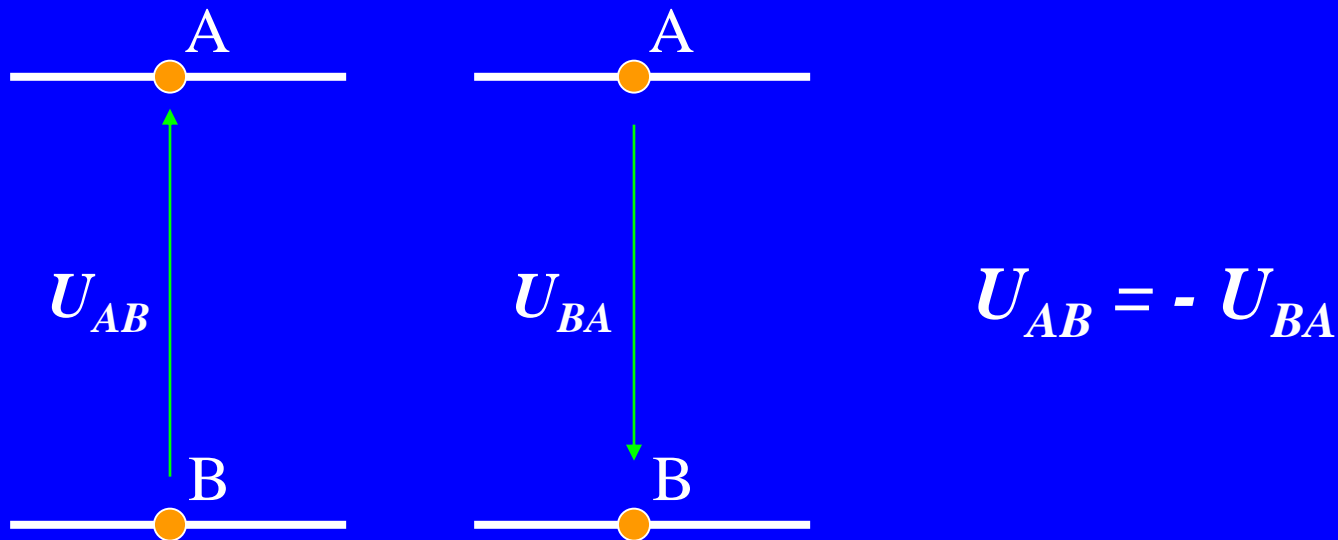
$$U_{AB} = U_A - U_B.$$

- U_A en volts ; U_B en volts ; U_{AB} en volts.



$U \rightarrow$ Grandeur Algébrique.

- **La tension est une grandeur algébrique représentée par une flèche.**



Potentiel de référence

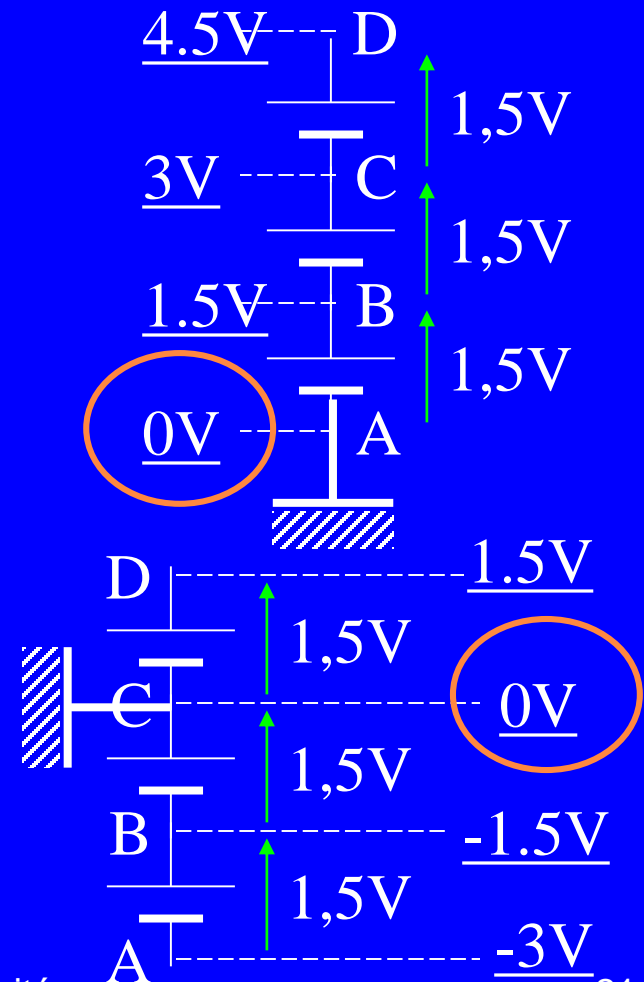
- **Le potentiel d'un point n'est pas mesurable, c'est un nombre qui dépend du point choisi comme potentiel zéro ou potentiel de référence.**

Potentiel en différents points.

- Les tensions aux bornes des piles sont toujours les mêmes.
- Par contre, les potentiels soulignés dépendent du point de référence.



- Ce symbole représente le point de référence (masse)



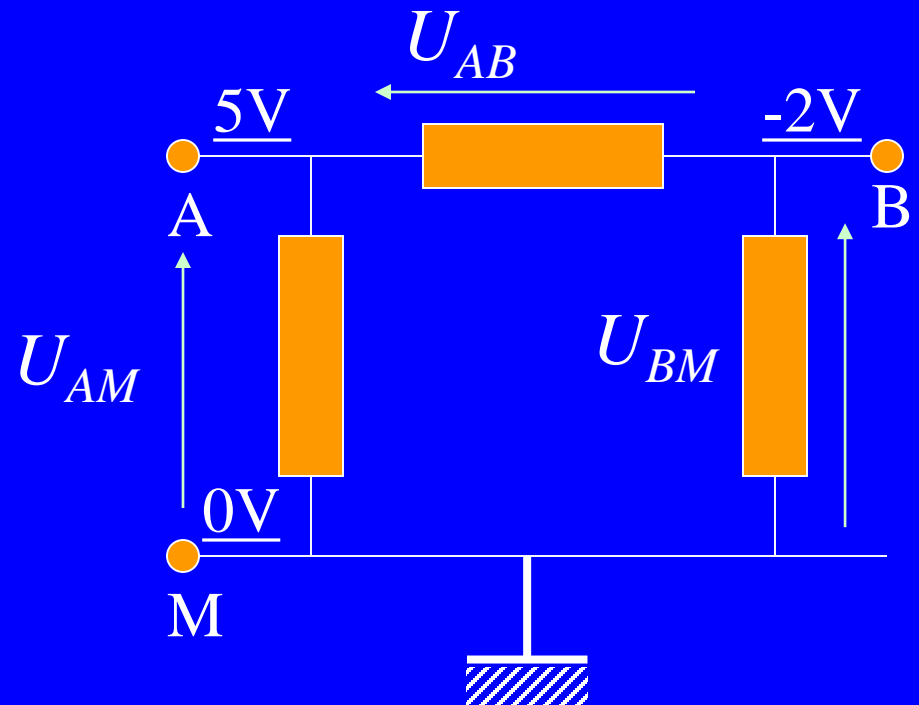
Potentiel en différents points : exercice

- **Calculez les potentiels**

- ❖ U_{AB}

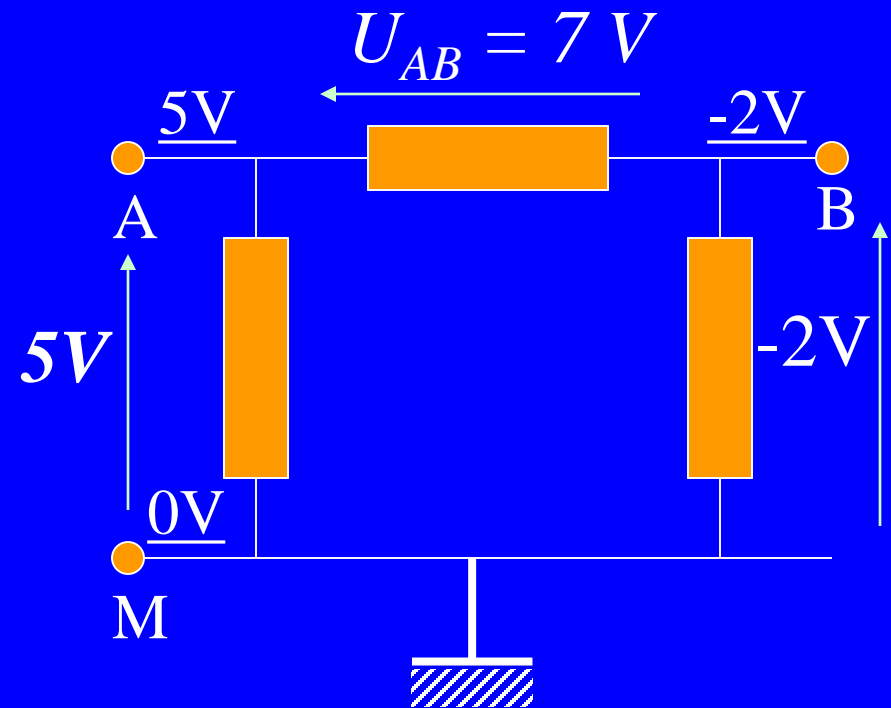
- ❖ U_{AM}

- ❖ U_{BM}



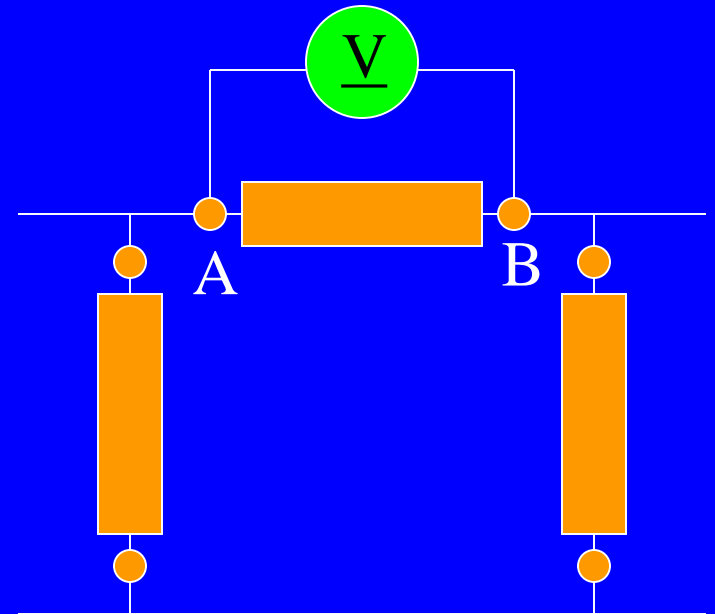
Potentiel en différents points : corrigé

- ❖ $U_{AB} = U_A - U_B$
- ❖ $U_{AM} = U_A - U_M$
- ❖ $U_{BM} = U_B - U_M$



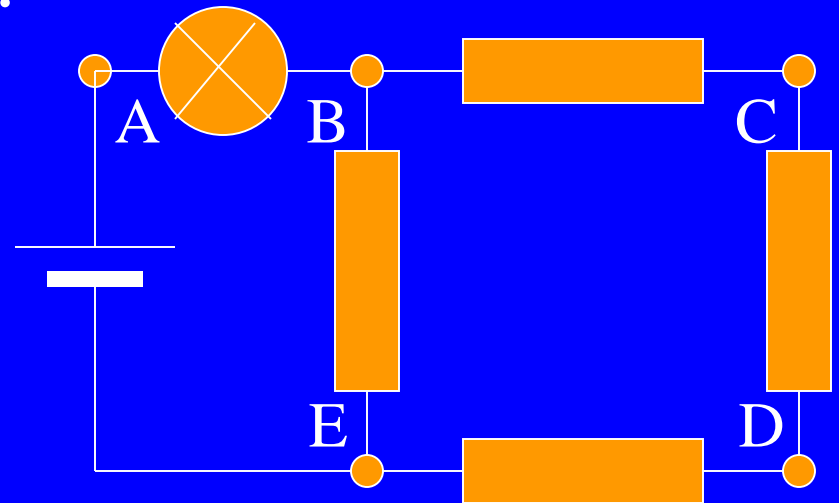
Mesure des tensions

- *La tension se mesure avec un VOLTMÈTRE.*
- *Le voltmètre se monte en dérivation sur le circuit.*



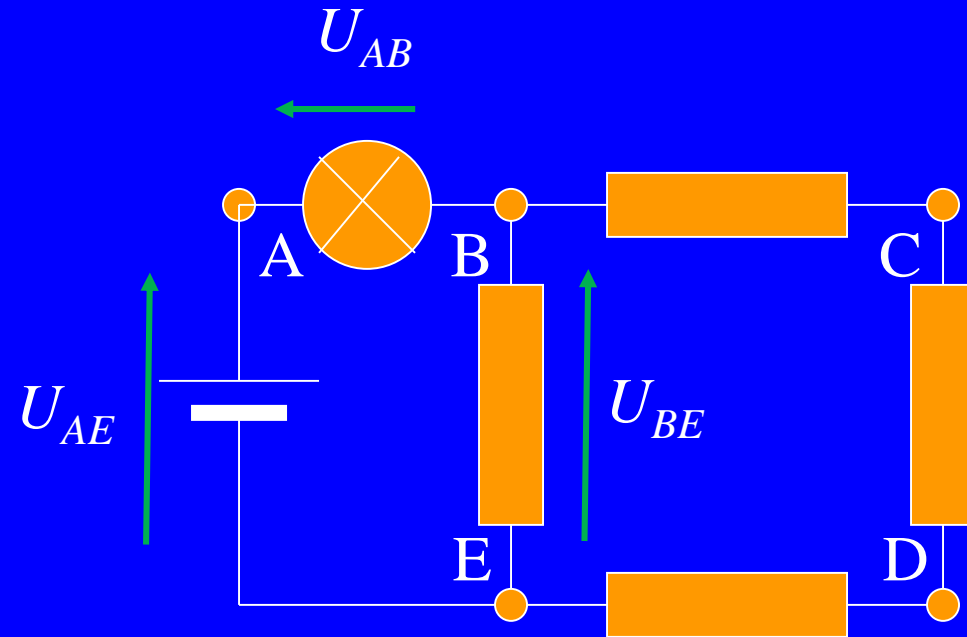
Loi des mailles.

- *Un circuit fermé est une maille.*
- *Dans ce montage, on peut définir 3 mailles : ABE; BCDE; ABCDE.*



- La somme algébrique des tensions rencontrées en parcourant une maille est nulle.

Étude de la maille ABEA.



- $$U_{AB} + U_{BE} + U_{EA} = 0 \text{ V}$$

- *Ce qui peut s'écrire :*

$$U_{AE} = U_{AB} + U_{BE}$$

Voir par exemple : https://www.youtube.com/watch?v=UIOALzE5Q_w

<https://www.youtube.com/watch?v=acgYuH0pIN0>



Charles-Augustin Coulomb, né le 14 juin 1736 à Angoulême et mort le 23 août 1806 à Paris, est un officier, ingénieur et physicien français



André-Marie Ampère (Lyon, 20 janvier 1775 – Marseille, 10 juin 1836) est un mathématicien, physicien, chimiste et philosophe français.

Le comte Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, né à Côme le 18 février 1745 et mort dans cette même ville le 5 mars 1827, est un physicien et chimiste lombard.

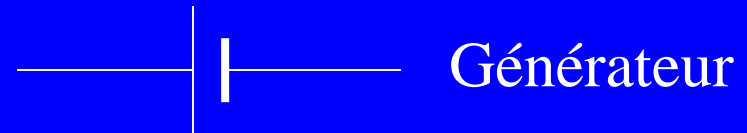
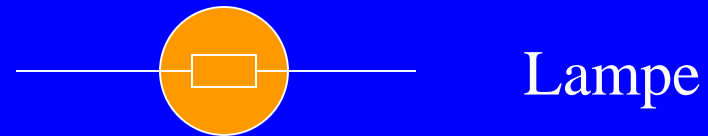


Dipôles.

- Définition.
- Caractéristiques d'un dipôle.

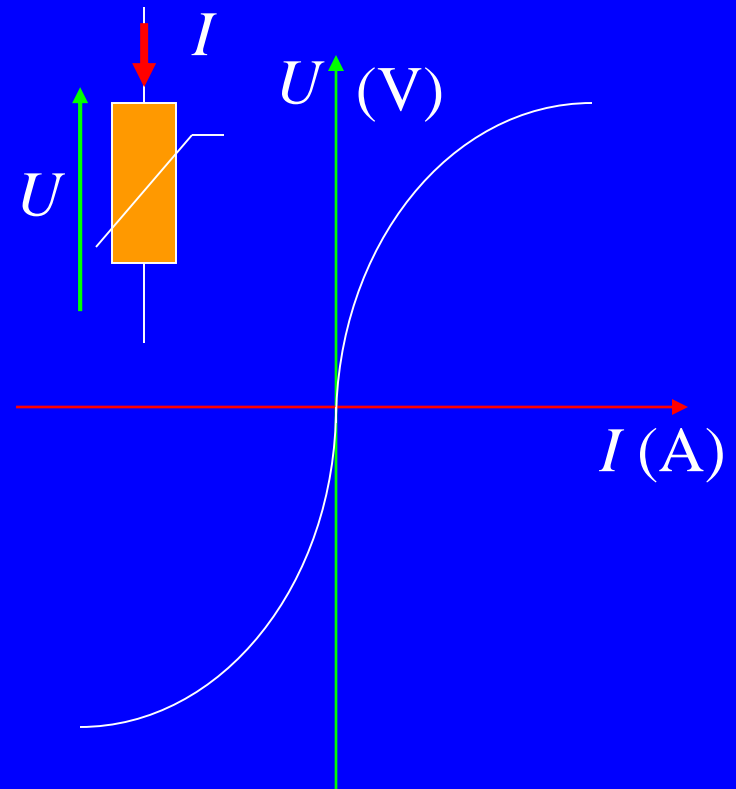
Définition d'un dipôle.

- Un dipôle est une portion de circuit comprise entre deux bornes (pôles).



Caractéristique d'un dipôle.

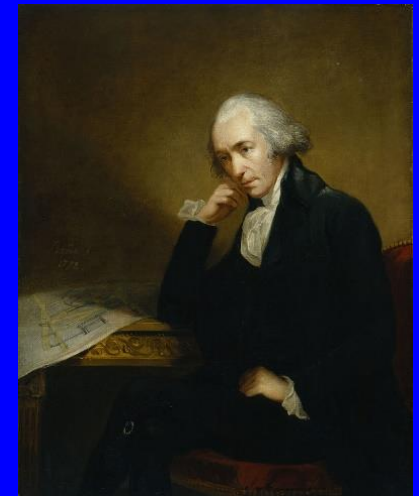
- Dipôle passif.
- Dipôle actif.
- Dipôle linéaire.
- Dipôle non-linéaire.
- Dipôle symétrique (non polarisé).
- Dipôle polarisé.



Puissance et énergie.

- Puissance instantanée
- Puissance moyenne
- Énergie

James Watt, né le 19 janvier 1736 à Greenock en Écosse et mort le 25 août 1819 à Heathfield Hall, dans sa maison à Handsworth est un ingénieur écossais dont les améliorations sur la machine à vapeur furent une des étapes clé dans la révolution industrielle

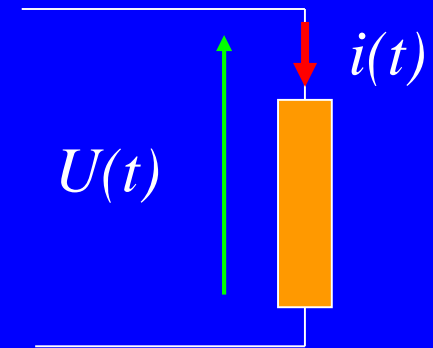


Définitions de la Puissance

- La puissance électrique instantanée mise en jeu entre deux points d'un circuit est égale au produit de la tension entre ces deux points par l'intensité du courant qui le traverse à l'instant considéré.

$$P_i(t) = u(t) i(t)$$

- P en watts
- u en volts
- i en ampères



- La puissance électrique moyenne mise en jeu entre deux points d'un circuit pendant une durée T s'exprime donc :

$$P = P_{\text{moyenne}} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) i(t) dt$$

Énergie électrique

- Définition

En physique, la puissance reflète la vitesse à laquelle un travail est fourni. C'est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie.

$$P_i(t) = \frac{dW}{dt}$$

W est l'énergie, en joules

$$W = \int P_i(t) dt$$

Le joule est donc un watt.seconde

- Lien entre puissance et énergie électriques

$$P_i(t) = u(t) i(t) \quad P = P_{moyenne} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) i(t) dt$$

$$W = \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) i(t) dt = T.P_{moyenne}$$

Unités d'énergie

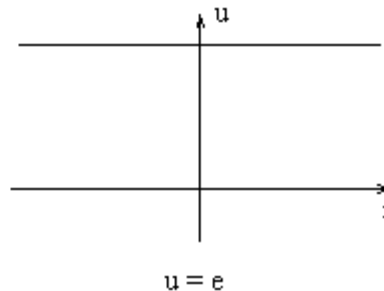
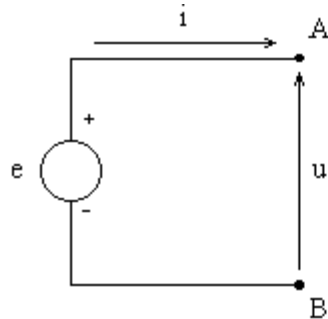
- *L'unité d'énergie W est le joule (J).*
- *Une autre unité d'énergie utilisée en électricité, est le watt-heure (Wh) et son multiple le kilowatt-heure (kWh).*
- $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}.$
- $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}.$

James Prescott Joule, né le 24 décembre 1818 à Salford, près de Manchester (Angleterre) et mort le 11 octobre 1889 à Sale (Angleterre), est un physicien anglais.



Sources de courant et de tension

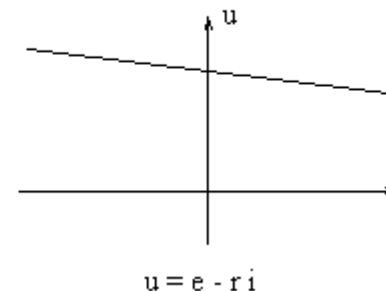
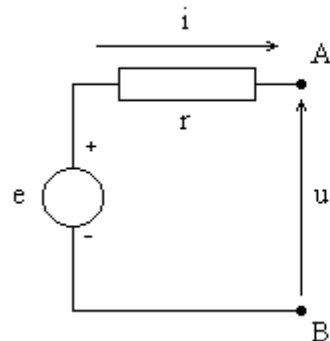
- Un générateur de tension idéal délivre une tension indépendante du courant débité. Cette tension est la force électromotrice (f.e.m.) du générateur.



$$v_A - v_B = e = \text{cste} \quad \forall i$$

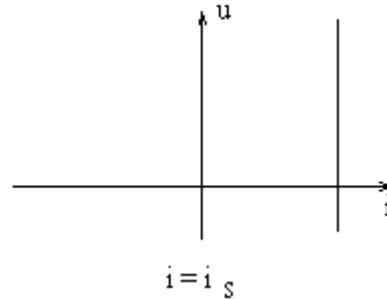
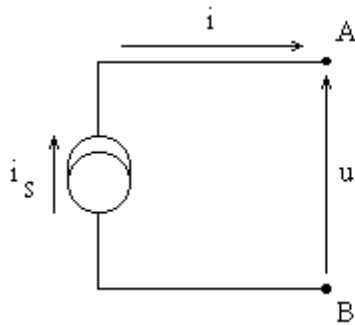
- La résistance interne d'un générateur de tension idéal est nulle, ce n'est pas le cas pour un générateur réel. Un générateur réel est modélisé par un générateur idéal en série avec sa résistance interne.
- La résistance interne induit une chute de tension qui dépend de la charge branchée à ses bornes.

$$u = e - r i.$$



Sources de courant et de tension

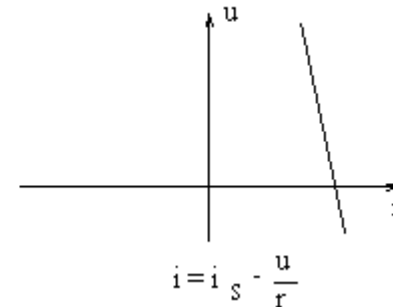
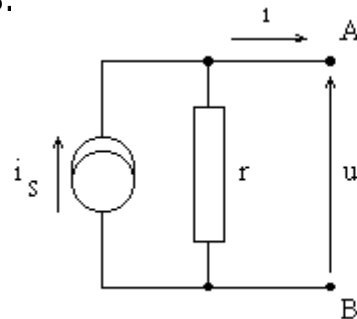
- Un générateur de courant idéal délivre un courant d'intensité indépendante de la tension à ses bornes.



$$i = i_S = \text{cste} \quad \forall u$$

- La résistance interne d'une source de courant idéale est infinie. Pour un générateur réel on tient compte de sa résistance interne, en le modélisant par une source idéale de courant idéale en parallèle avec sa résistance interne r .
- La résistance interne induit une chute de courant qui dépend de la charge branchée à ses bornes.

$$i = i_S - \frac{u}{r}$$



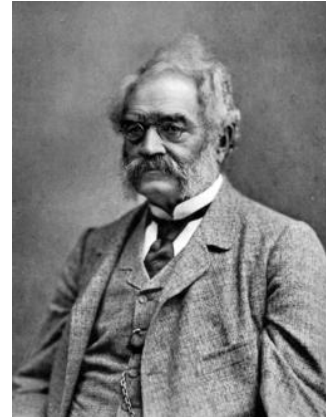
Sources de courant et de tension

- On distingue deux types de source de tension. Une source indépendante est une source dont la valeur de la f.e.m. est constante et ne dépend pas du circuit.
- De même on distingue les sources de courant indépendantes et les sources de courant commandées qui dépendent d'une grandeur électrique du circuit.
- Une source commandée, contrôlée, ou liée est une source dont la valeur de la f.e.m. (ou du courant) dépend d'une quantité externe à la source, par exemple une tension ou une intensité du circuit.

Résistance électrique

- La résistance électrique traduit la propriété d'un composant à s'opposer au passage d'un courant électrique : c'est l'une des causes de perte en ligne d'électricité.
- Elle est souvent désignée par la lettre R et son unité de mesure est l'ohm (symbole : Ω).

Georg Simon Ohm, né le 16 mars 1789 à Erlangen et mort à 65 ans le 6 juillet 1854 à Munich, est un physicien allemand ayant étudié à l'université d'Erlangen.



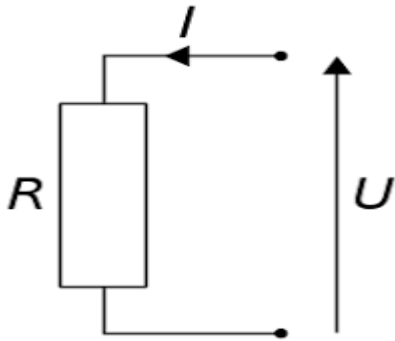
Ernst Werner von Siemens, né le 13 décembre 1816 à Lenthe, mort le 6 décembre 1892 à Berlin, est un inventeur et industriel allemand, magnat du génie électrique.

- La conductance électrique est une représentation de la capacité d'un corps à laisser passer le courant. Elle est donc l'inverse de la résistance.
- Elle est souvent désignée par la lettre G et son unité de mesure est le siemens (symbole : S)

$$G = \frac{1}{R}$$

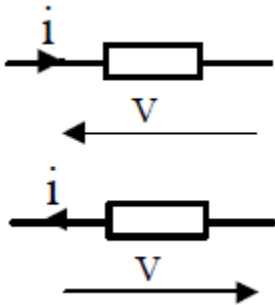
Résistance électrique : loi d'Ohm algébrique

- La résistance électrique traduit la propriété d'un composant à s'opposer au passage d'un courant électrique (l'une des causes de perte en ligne d'électricité). Elle est souvent désignée par la lettre R et son unité de mesure est l'ohm (symbole : Ω). Elle est liée aux notions de résistivité et de conductivité électrique.

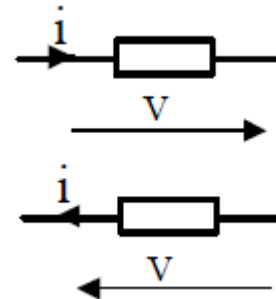


Attention au sens de U et de I . Ces grandeurs ont un signe.

- R est toujours positif
- U et I peuvent être positifs ou négatifs



Loi d'Ohm
 $V = + RI$

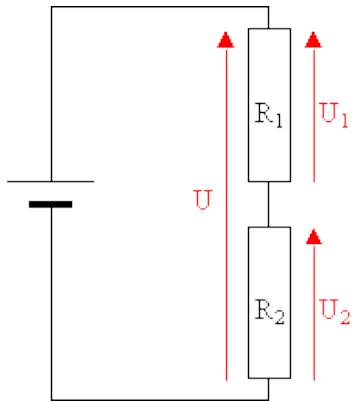


Loi d'Ohm
 $V = - RI$

Association de résistances en série

- Définition

Deux résistances sont en série si et seulement si elles sont traversées par le même courant d'intensité I



- Résistance R équivalente à deux résistances en série

Loi d'Ohm appliquée à chacune des résistances

$$U_1 = R_1 I \quad U_2 = R_2 I$$

La tension U aux bornes de l'ensemble est égale à la somme des tensions aux bornes de chacune d'elles

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I$$

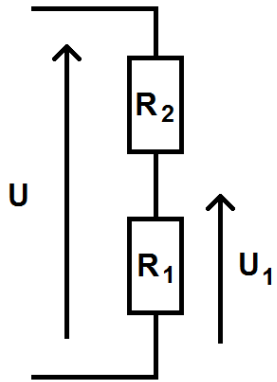
Résistance équivalente $R = U/I$

$$R = R_1 + R_2$$

Cette relation peut se généraliser pour un nombre quelconque de résistances.

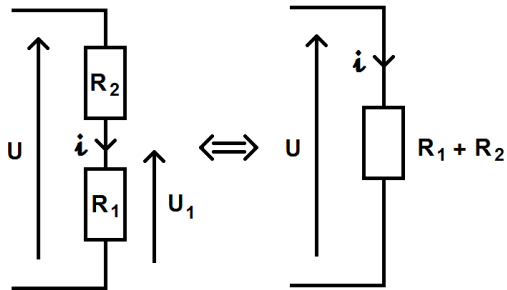
La résistance d'un ensemble de résistances en série est égale à la somme de leurs résistances.

Pont diviseur de tension



On a deux résistances **en série**

On cherche U_1 , la tension aux bornes d'une résistance, en fonction de la tension U qui est la tension aux bornes de l'ensemble des deux résistances



$$U_1 = R_1 i$$

$$i = \frac{U_1}{R_1}$$

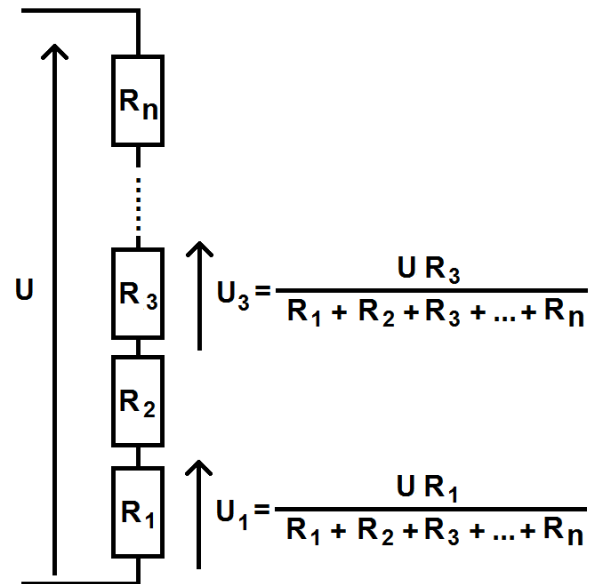
$$U = (R_1 + R_2) i$$

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

$$U_1 = \frac{U R_1}{R_1 + R_2}$$

Pont diviseur de tension : généralisation

- Les résistances doivent être en série (parcourues par le même courant)

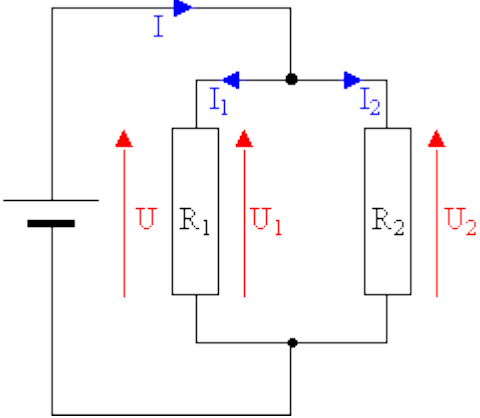


Association de résistances en parallèle

- Définition

Deux résistances sont en parallèle (ou dérivation) si et seulement si elles ont la même différence de potentiel à leurs bornes

- Résistance $R = U/I$ équivalente à deux résistances en parallèle



$$U_1 = U_2 = U$$

Loi des nœuds

$$I = I_1 + I_2$$

$$U = R_1 I_1 = R_2 I_2 = R I$$

Loi des potentiels aux nœuds

$$\frac{U}{I} = \frac{U}{I_1} + \frac{U}{I_2} = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Conductance équivalente

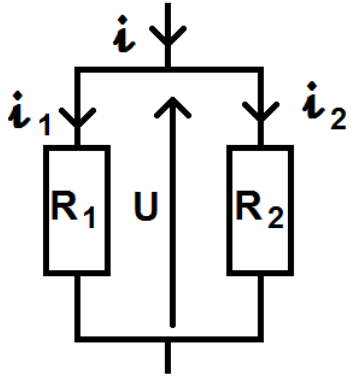
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{Soit } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

La relation sur les conductances peut se généraliser pour un nombre quelconque de résistances.

La conductance d'un ensemble de résistances en parallèle est égale à la somme de leurs conductances.

Pont diviseur de courant



On a deux résistances **en parallèle**

On cherche i_1 , le courant qui circule dans la résistance R_1 , en fonction du courant i qui circule dans l'ensemble des deux résistances

$$U = R_1 i_1 = R i$$

$$\text{avec } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \text{ d'où}$$

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

Outils de mise en équation d'un circuit électronique

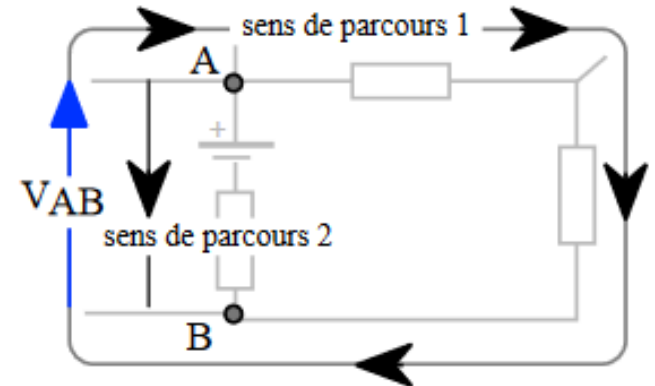
- Dans un schéma électrique ou électronique complexe, on ne peut pas, en général, spontanément indiquer le sens réel du courant dans chaque branche.
- Dans ces conditions, on orientera au hasard les courants inconnus et l'on utilisera la loi d'Ohm algébrique pour mettre le schéma en équations et connaître, après résolution, le sens réel des courants compte-tenu du signe des résultats.

Loi d'Ohm algébrique

1.1 Vecteur potentiel et sens de parcours imposé dans le schéma.

Considérons deux nœuds A et B d'un schéma. On définit le vecteur potentiel V_{AB} de telle manière que la première lettre A constitue la flèche du vecteur et B la queue.

Les sens de parcours dans le schéma sont définis par la direction indiquée par le vecteur V_{AB} .



1.2 Loi d'Ohm algébrique appliquée à une maille du schéma.

La loi d'Ohm algébrique donne un signe aux courants, aux générateurs de tension et aux vecteurs potentiels. Le signe est lié au sens de parcours dans les branches du schéma et obéit aux règles suivantes :

- Si le sens du courant est opposé au sens de parcours : affecter le courant du **signe négatif**.*
- Si le sens du courant identique au sens de parcours : affecter le courant du **signe positif**.*
- Lorsqu'on rencontre un générateur de tension, on lui affecte le signe du pôle par lequel on « entre » dans le générateur.*
- Tout vecteur potentiel est assimilable à une différence de potentiel dont le pôle + correspond à la flèche du vecteur et le pôle - à la queue. On applique donc la règle précédente.*

Loi d'Ohm algébrique : exemple

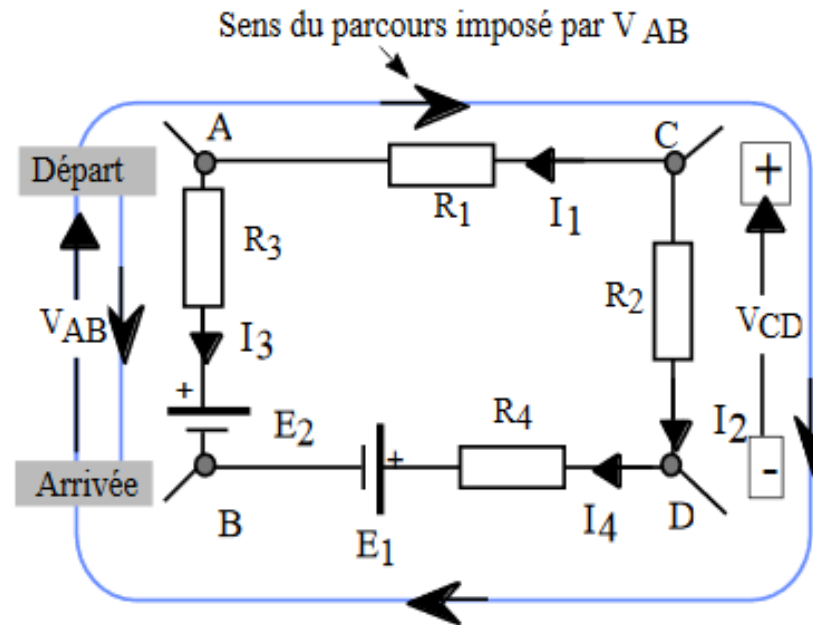
Dans le réseau ci-contre, exprimons le vecteur potentiel V_{AB} qui définit deux sens de parcours (ACDB ou AB). En exploitant la loi d'Ohm algébrique (§1.2 a et b), on obtient :

$$V_{AB} = -R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 + E_1 \quad (1)$$

$$V_{AB} = +R_3 I_3 + E_2 \quad (2)$$

On peut introduire dans l'équation (1) le vecteur potentiel V_{CD} compte tenu de §1.2d :

$$V_{AB} = -R_1 I_1 + V_{CD} + R_4 I_4 + E_1 \quad (3)$$



Voir aussi : <https://www.youtube.com/watch?v=uSPjmnexnpY>

[https://www.youtube.com/watch?v=z4p-](https://www.youtube.com/watch?v=z4p-IU7BSAo&list=PLD4oboh_eIE1_I_BNfg774fV1kXDa0_Km&index=3)

[IU7BSAo&list=PLD4oboh_eIE1_I_BNfg774fV1kXDa0_Km&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=z4p-IU7BSAo&list=PLD4oboh_eIE1_I_BNfg774fV1kXDa0_Km&index=3)