

Licence « Sciences pour l'ingénieur »

DS 2.3 - Énergétique et circuits électriques

Franco FERRUCCI
franco.ferrucci@upf.pf

Contenu

- *Loi l'Ohm, Résistance & Conductance*
 - *Loi d'Ohm*
 - *Résistivité des matériaux*
 - *Circuit ouvert & court-circuit*
 - *Résistances en série et diviseur de tension*
 - *Résistances en parallèle et diviseur de courant*
 - *Ampèremètre, voltmètre et ohmmètre*
 - *Caractéristiques tension-courant des dipôles.*
- *Sources de tension et courant*
 - *Sources indépendantes*
 - *Sources dépendantes*
 - *Sources idéales vs. sources réelles*

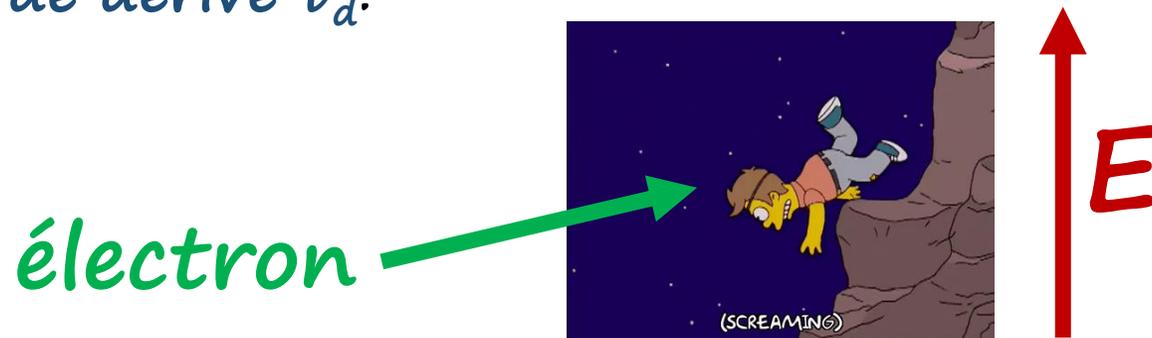


*Loi d'Ohm, Résistance &
Conductance*

Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Déplacement des Électrons :

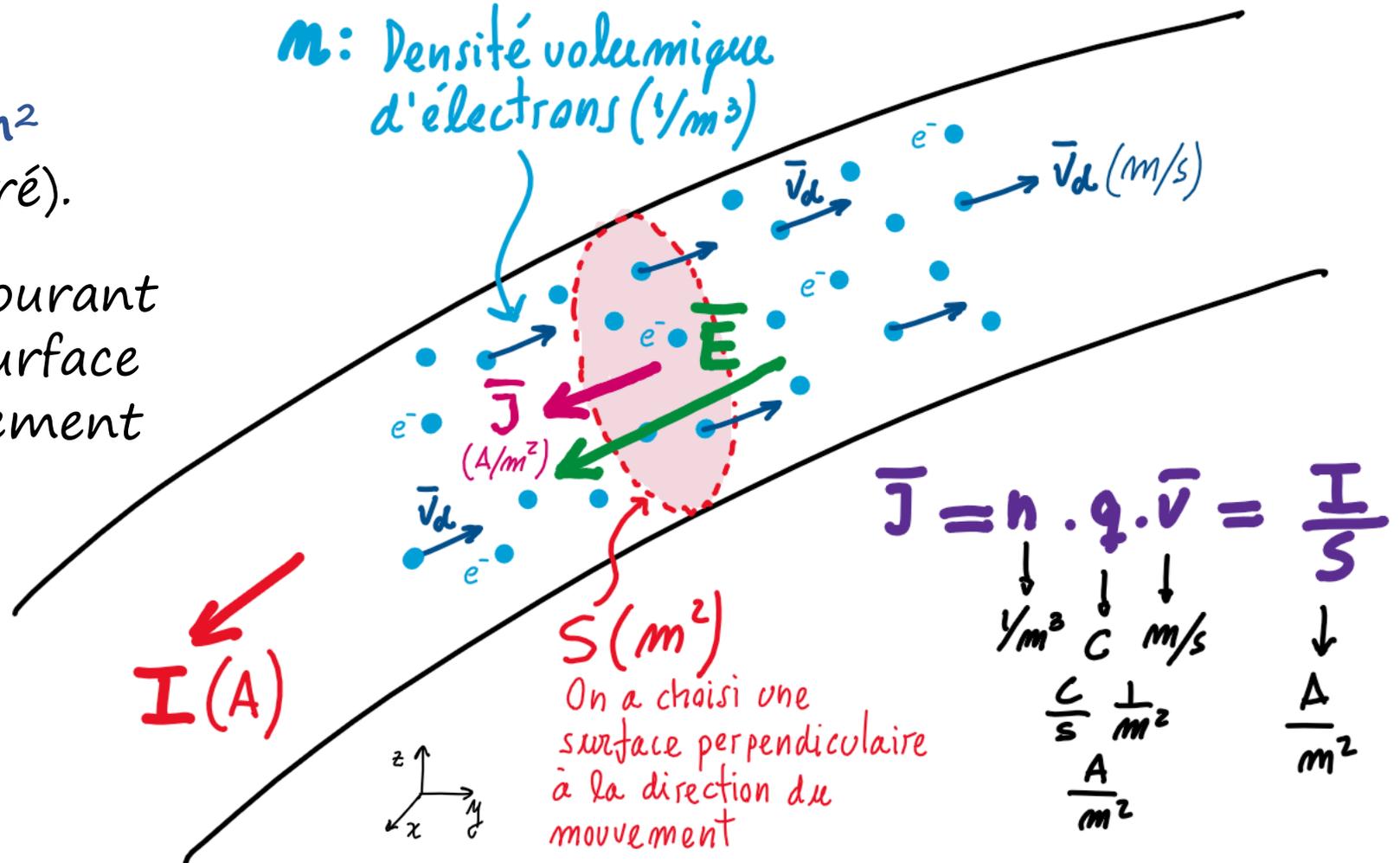
- Dans un conducteur (ex. : fil de cuivre), un **champ électrique E** est créé par une **différence de potentiel (tension U)**.
- Ce champ exerce une force sur les **électrons libres** : $F = q \times E = -e \times E$, où $q = -e$ est la charge d'un électron.
- Les électrons, accélérés par E , **se déplacent opposée au champ** (car $q < 0$).
- Cependant, ils entrent en **collision avec les atomes fixes du matériau**, ce qui limite leur mouvement. Les é. atteignent ainsi une **vitesse moyenne constante** appelée **vitesse de dérive v_d** .



Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

La densité de courant J

- La densité de courant J représente le flux de charge électrique par unité de surface.
- Elle est exprimée en A/m^2 (Ampères par mètre carré).
- Dit autrement, c'est le courant électrique par unité de surface traversée perpendiculairement au courant : $J=I/A$



Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Déplacement des Électrons :

- On trouve que, pour certains matériaux, la vitesse de dérive v_d est proportionnelle au champ électrique E .
- Cette proportionnalité est décrite par la **résistivité** ρ ou la **conductivité** σ d'un matériau, et elle est à l'origine de la **forme locale de la Loi d'Ohm**.

$$\left. \begin{array}{l} \bar{E} \propto \bar{v}_d \\ \bar{J} = n \cdot q \cdot \bar{v}_d \end{array} \right\}$$

$$\bar{E} \propto \bar{J}$$

⇓

ρ : résistivité ($\Omega \cdot m$)

$$\bar{E} = \rho \bar{J} \rightarrow \text{Loi d'Ohm (locale)}$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \Rightarrow \quad [\rho] = \frac{V}{A} \cdot m = \underbrace{\Omega}_{\Omega} \cdot m$$

Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Déplacement des Électrons :

- On trouve que, p est proportionnelle à v_d et
- Cette proportionnalité est caractéristique du matériau, et elle est notée ρ .

$$\vec{E} \propto \vec{v}$$

$$\vec{J} = n \cdot q \cdot \vec{v}$$

$$\text{Conductivité} = \frac{1}{\text{Résistivité}}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Unités:

$$[\rho] = \Omega \cdot m$$

$$[\sigma] = \frac{1/\Omega}{m} = \frac{S}{m}$$

S: Siemens

$$V/m = [\rho] \cdot \frac{A}{m^2} \Rightarrow [\rho] = \frac{V}{A} \cdot m = \Omega \cdot m$$

v_d et

conductivité σ d'un matériau est l'inverse de la résistance ρ (Ohm).

$\Omega \cdot m$)

(locale)

Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Loi d'Ohm « macroscopique »

Loi d'Ohm (locale) $\rightarrow \vec{E} = \rho \vec{J}$

Si \vec{E} et \vec{J} sont tous les deux uniformes à l'intérieur du dispositif:

$$\left\{ \begin{array}{l} |\vec{E}| = \frac{U_i - U_f}{L} = \frac{\Delta U}{L} \\ |\vec{J}| = \frac{I}{S} \end{array} \right.$$

En 1-D:

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

x: direction dans laquelle on étudie la variation du potentiel

$$|\vec{E}| = \rho \cdot |\vec{J}|$$

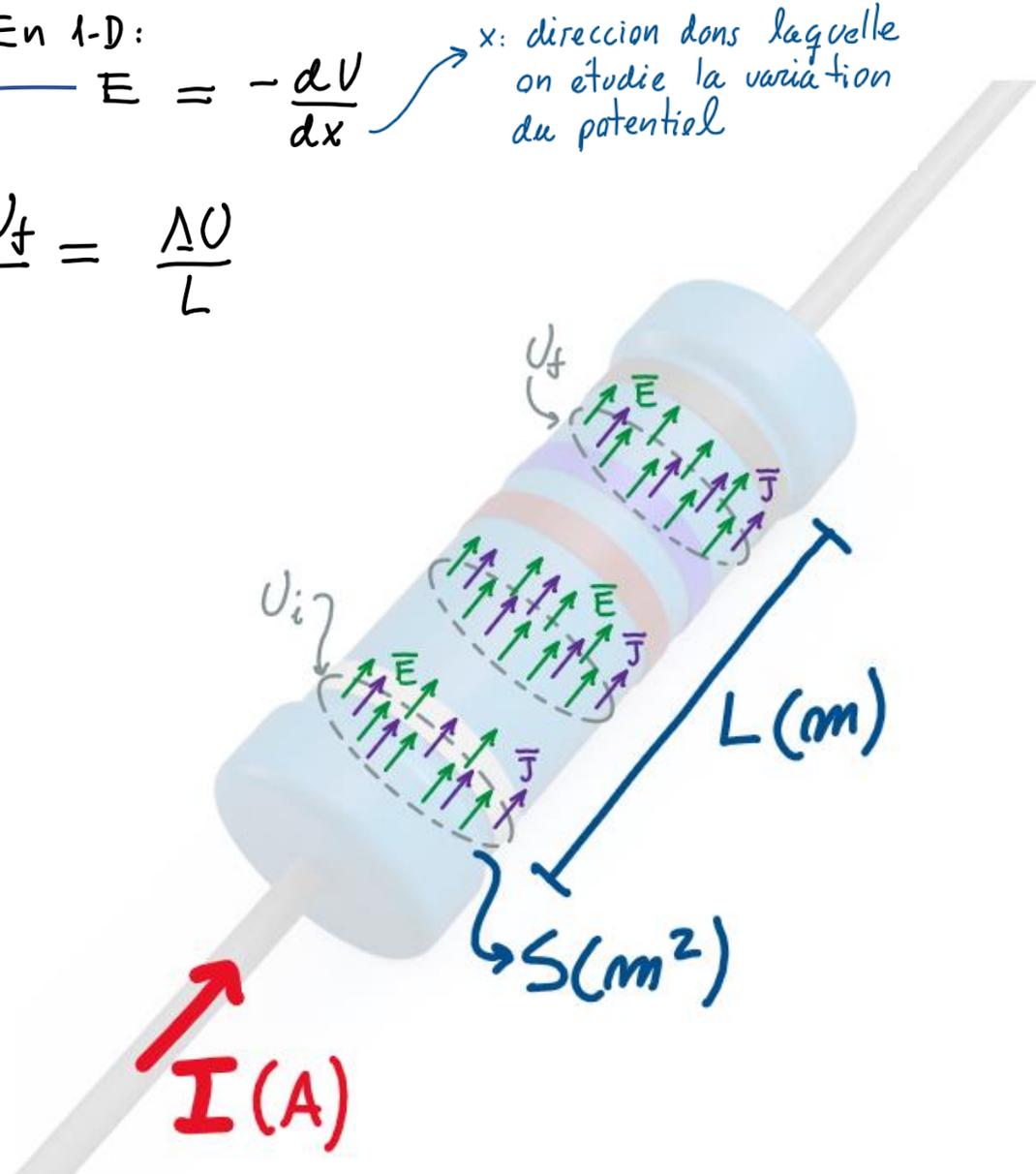
$$\frac{\Delta U}{L} = \rho \cdot \frac{I}{S} \rightarrow \Delta U = \underbrace{\frac{\rho \cdot L}{S}}_{\text{Résistance}} I$$

$$V = \frac{\Omega \cdot m \cdot m \cdot A}{m^2}$$

$$V = \Omega \cdot A$$

$$\Delta U = R \cdot I$$

Loi d'Ohm



Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Loi d'Ohm « macroscopique »

Loi d'Ohm (locale)

Si \vec{E} et \vec{J} sont + uniformes à l'intérieur

$$|\vec{E}| = \rho \cdot |\vec{J}|$$

$$\frac{\Delta U}{L} = \rho \cdot \frac{I}{S}$$

$$V = \frac{\Omega \cdot m \cdot m}{m^2}$$

$$V = \Omega \cdot A$$

$$\text{Conductance} = \frac{1}{\text{Résistance}}$$

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

Unités:

$$[R] = \Omega \text{ (Ohm)}$$

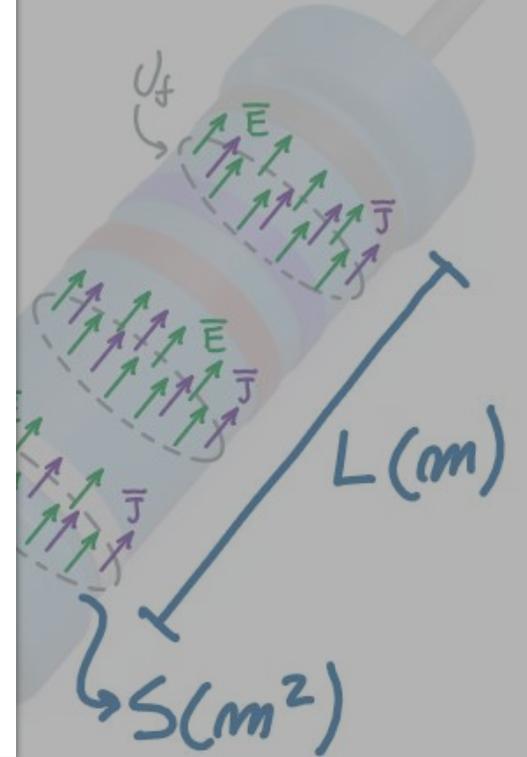
$$[\sigma] = \text{Siemens}$$

Loi d'Ohm

$I(A)$

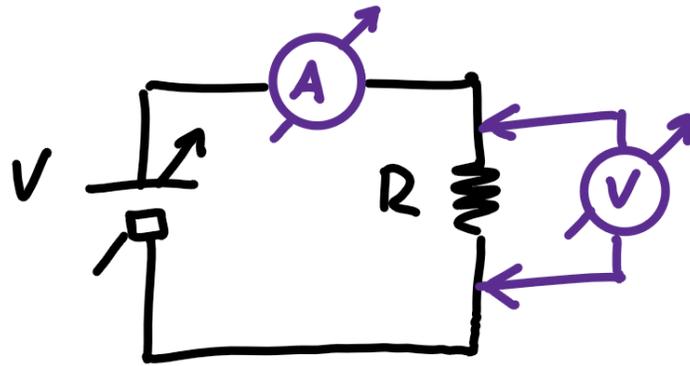
En 1-D:

x: direction dans laquelle on étudie la variation du potentiel

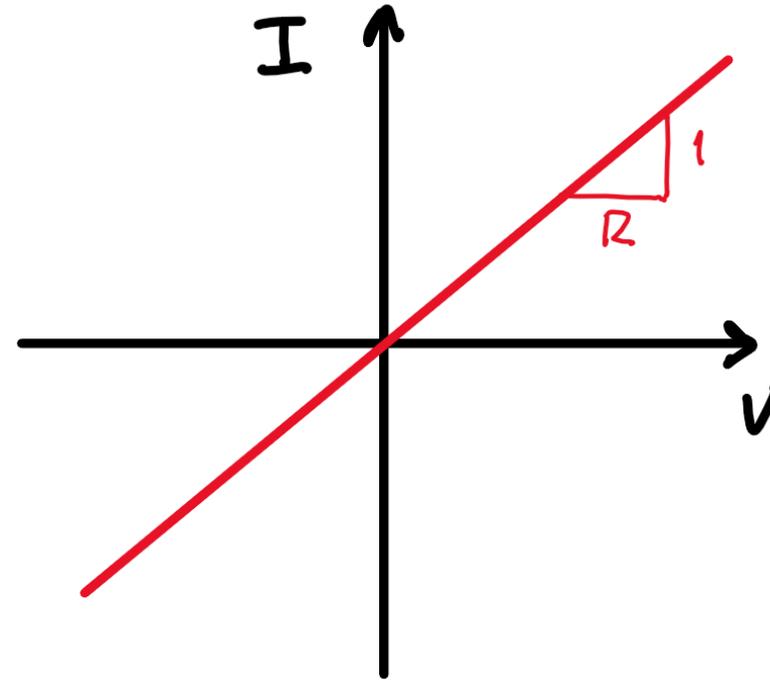


Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Loi d'Ohm « macroscopique »



Banc d'essai avec une source d'alimentation variable



Caractéristique Tension-Tension (VI) d'une résistance

laquelle
riation

Loi d'

Si \bar{E}

uniform

$|\bar{E}|$

$\frac{\Delta U}{L}$

L

V

$$V = R \cdot A$$

Loi d'Ohm

I (A)

(m)

Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Loi d'Ohm « macroscopique »



Georg Simon Ohm (1798 – 1854)



Le circuit galvanique, traité mathématiquement

die Elektrizität in dem berührenden Körper auf den Raum R und an allen Orten von gleicher Stärke verbreitet werde, und zugleich, daß an der Berührungsstelle selber die Kette und der Körper einerlei elektrische Kraft, nämlich u besitzen, so ist offenbar uR die in den Körper eingegangene Elektrizitätsmenge, und es muß sein

$$(u, -u) r = uR,$$

woraus man erhält

$$u = \frac{u, r}{r + R}.$$

Die Intensität der von dem Körper aufgenommenen Elektrizität wird also um so mehr der gleich sein, welche die Kette an der berührten Stelle vor der Berührung besaß, je mehr R gegen r verschwindet; sie wird die Hälfte davon betragen, wenn $r = R$ ist, und

Loi d'
Si \vec{E}
uniform

$$|\vec{E}| = \frac{\Delta U}{L}$$

v

$$v = \Omega \cdot A$$

Loi d'Ohm

$I(A)$

Loi d'Ohm, Résistance & Conductance

Résumé des grandeurs physiques

Grandeur	Symbole	Définition	Formule	Unité SI
Résistivité	ρ	Aptitude d'un matériau à s'opposer au passage du courant électrique.	$\rho = R \cdot S / L$	$\Omega \cdot m$
Conductivité	σ	Capacité d'un matériau à conduire le courant électrique.	$\sigma = 1 / \rho$	S/m
Résistance	R	Opposition d'un composant au passage du courant électrique.	$R = \rho \cdot L / S$ $R = U / I$	Ohm (Ω)
Conductance	G	Facilité avec laquelle un composant laisse passer le courant électrique.	$G = 1 / R$	Siemens (S)



Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Résistance équivalente

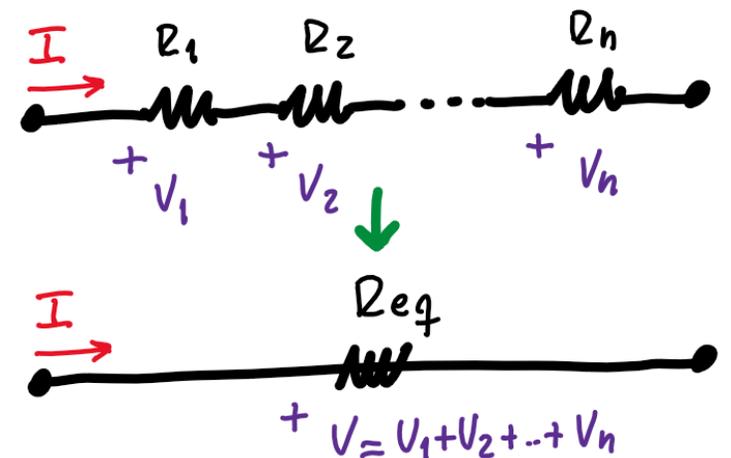
C'est la **résistance unique** qui remplacerait plusieurs résistances dans un circuit tout en conservant **le même effet électrique sur le reste du circuit**.

Association en série : Lorsque plusieurs résistances R_1, R_2, \dots, R_n sont connectées en série,

- la tension totale est la somme des tensions individuelles.
- le courant I est le même à travers chaque résistance,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Effet : La résistance totale **augmente**.



Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Résistance équivalente

C'est la **résistance unique** qui remplacerait plusieurs résistances dans un circuit tout en conservant **le même effet électrique sur le reste du circuit**.

Association en parallèle : Lorsque plusieurs résistances R_1, R_2, \dots, R_n sont connectées en parallèle,

- la tension U est la même aux bornes de chaque résistance,
- le courant total est la somme des courants individuels.

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$$

$$R_{eq} = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n}$$

Effet : La résistance totale **diminue**.

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Cas particulier : deux résistances en parallèle

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Résistance équivalente

C'est la résistance unique qui permet de remplacer tout en conservant le même comportement.

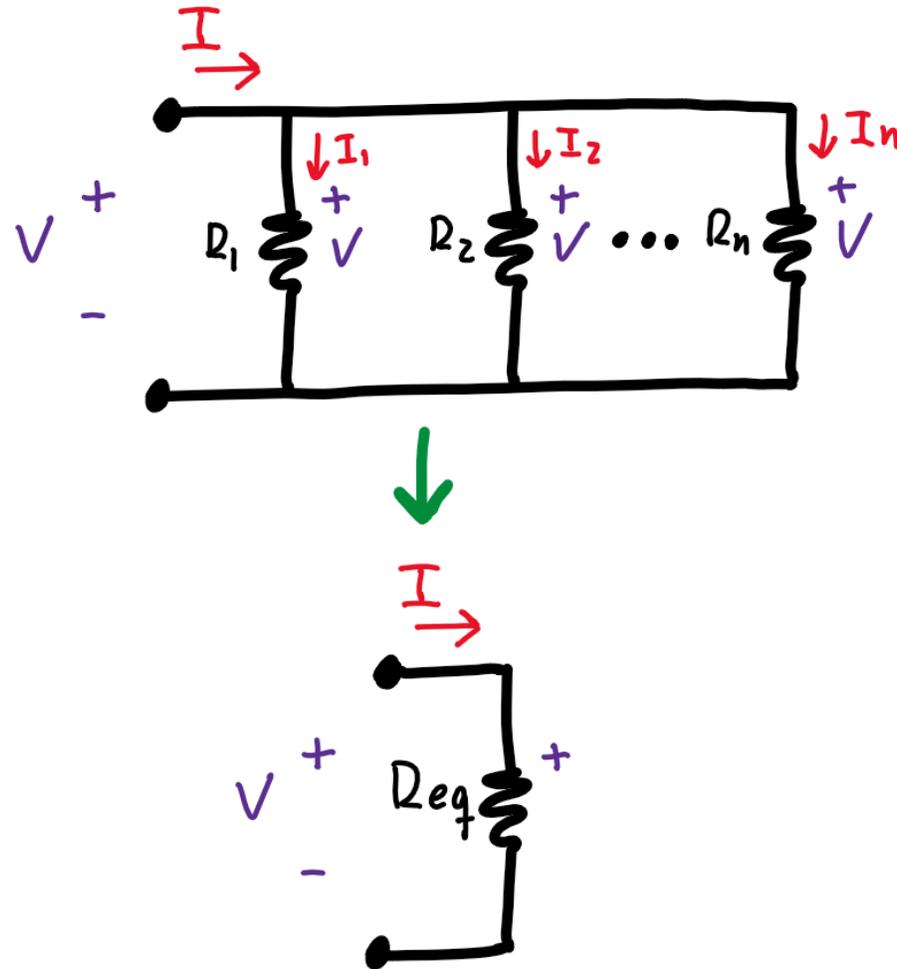
Association en parallèle
Les résistances sont connectées en parallèle.

- la tension U est la même à travers toutes les résistances.
- le courant total est la somme des courants qui traversent chaque résistance.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Effet : La résistance totale est plus petite que la plus petite des résistances.

Association en parallèle :



La tension est la même à travers toutes les résistances dans un circuit en parallèle.

R_2, \dots, R_n sont des résistances.

ce,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Cas particulier : deux résistances en parallèle

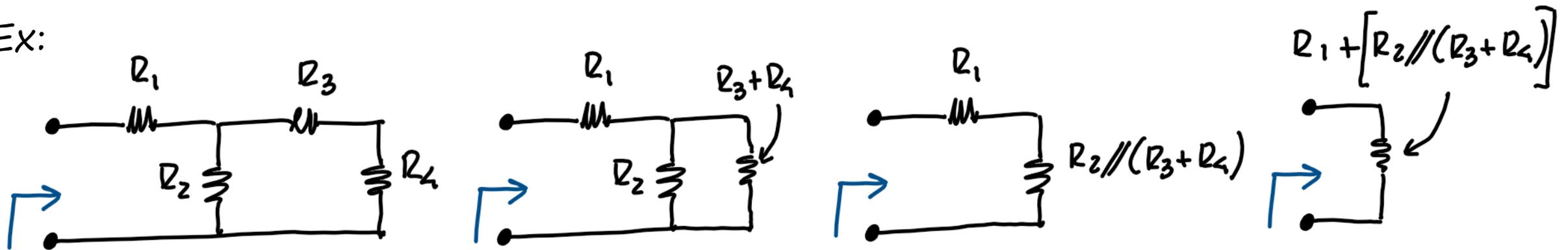
Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Résistance équivalente

C'est la **résistance unique** qui remplacerait plusieurs résistances dans un circuit tout en conservant le même effet électrique sur le reste du circuit.

Cas mixte : On simplifie d'abord les groupes en série ou parallèle, puis on applique les formules successivement.

Ex:



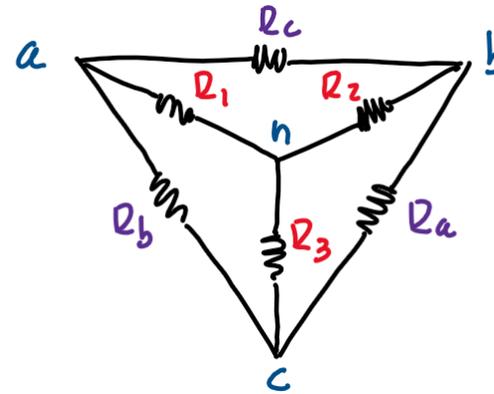
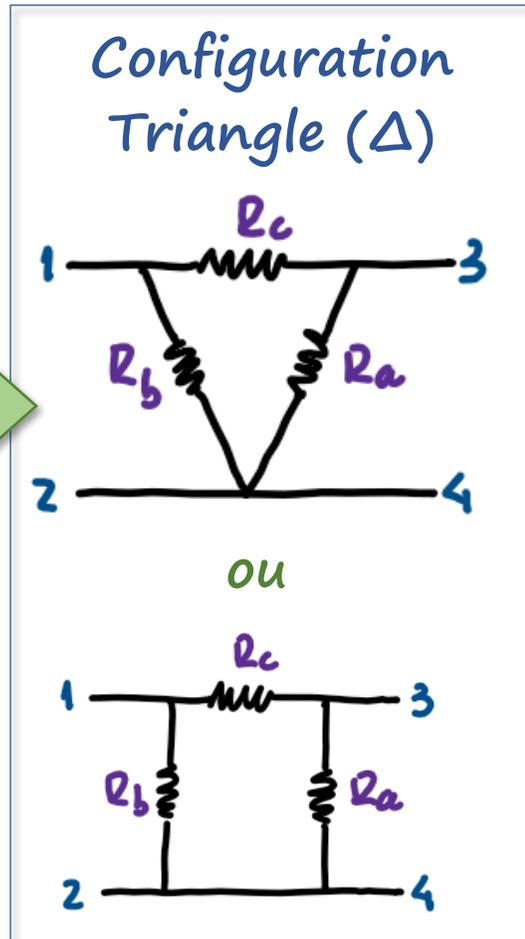
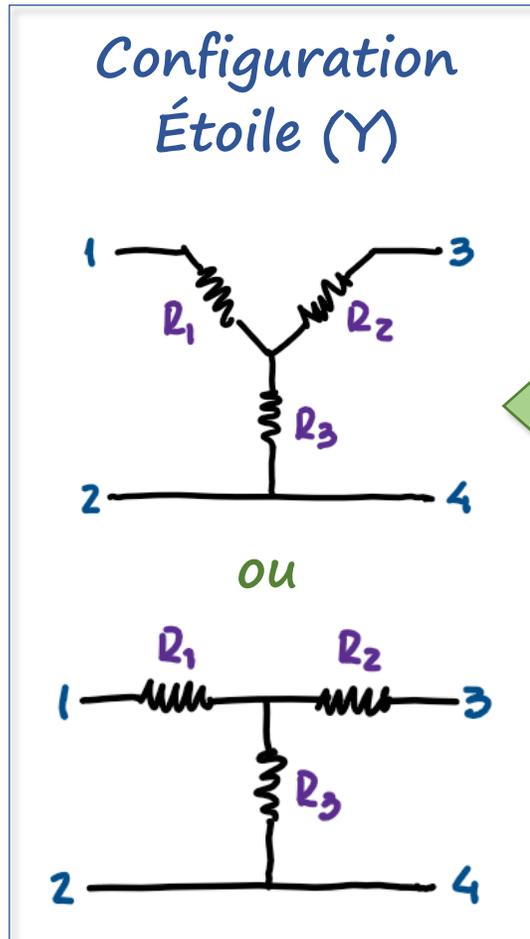
$$R_{eq} = R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}$$

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Résistance équivalente

Cas des circuits non réductibles à de simples séries ou parallèles

→ Transformations étoile (Y) ↔ triangle (Δ)



La transformation d'un circuit (Y ↔ Δ) n'affecte pas les courants et tensions dans le reste du circuit 👍

Y → Δ :

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_3}$$

Δ → Y :

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

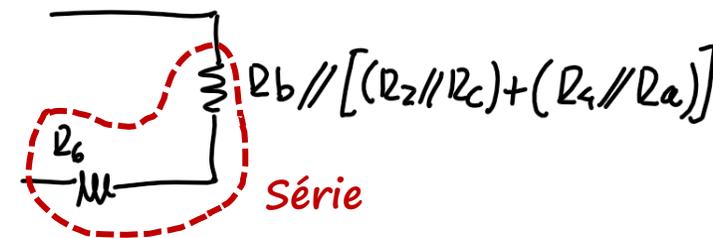
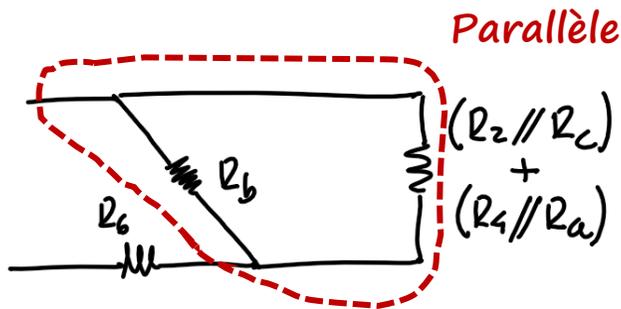
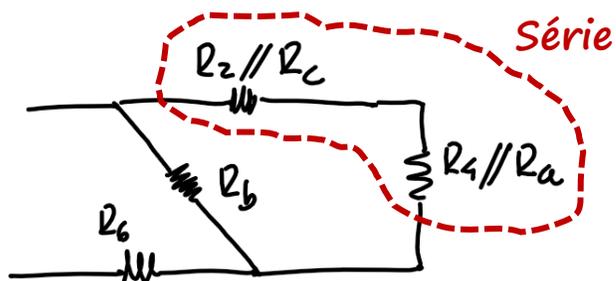
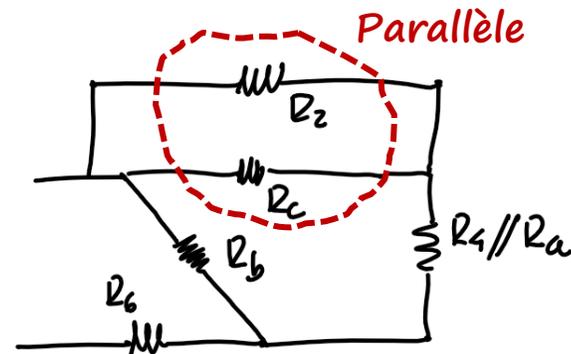
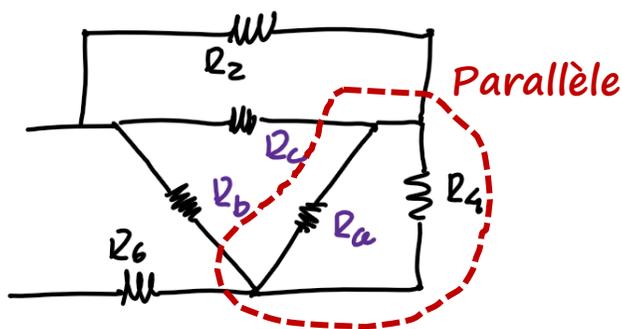
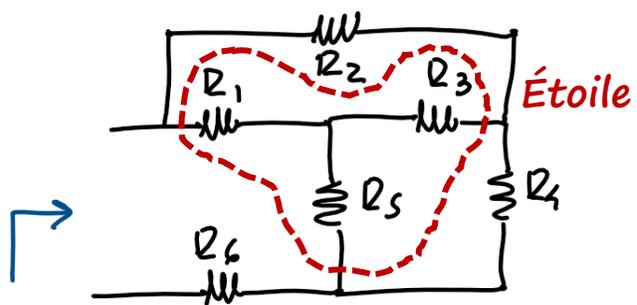
$$R_2 = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Résistances équivalentes

Exemple :



$$R_{eq} = R_6 + \left\{ R_b // \left[(R_2 // R_3) + (R_4 // R_a) \right] \right\}$$



$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_3}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

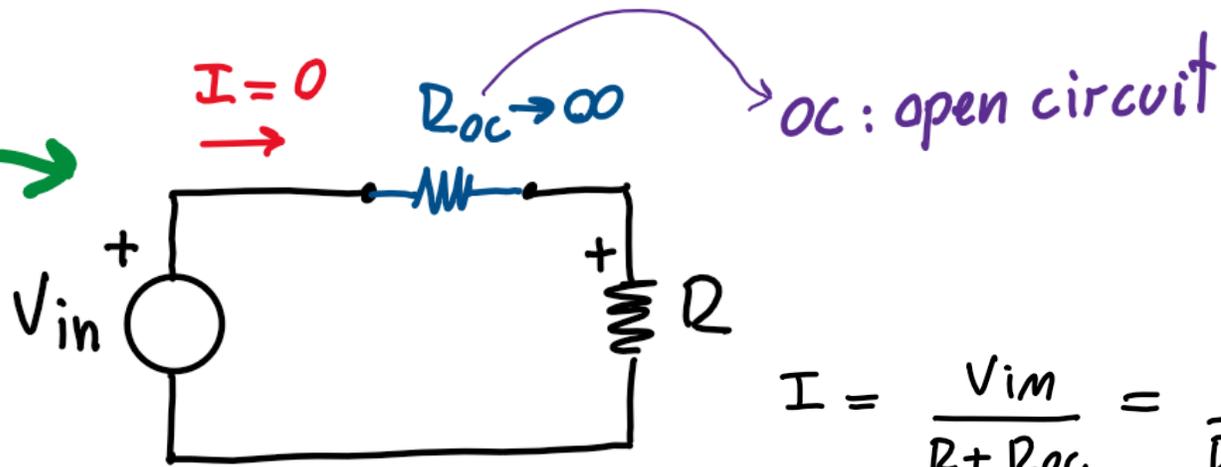
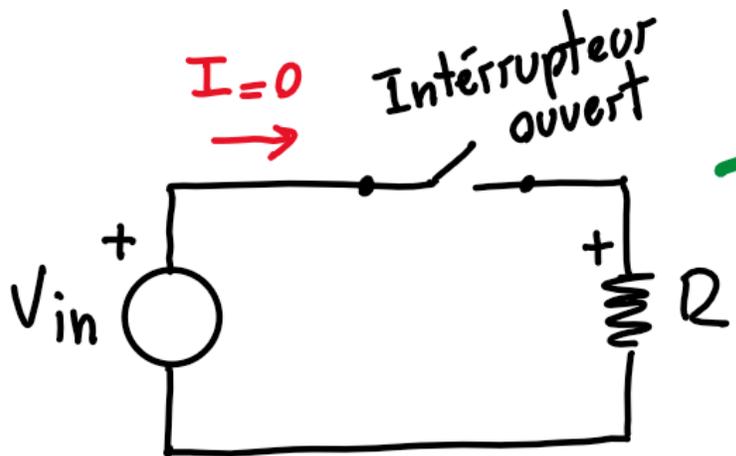
Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Circuit ouvert & court-circuit

Circuit ouvert : Il n'y a pas de chemin fermé pour le courant.

- Le courant est nul : $I=0$
- Une **tension peut exister** entre les bornes ouvertes, selon les conditions imposées par le reste du circuit.
- On peut interpréter un circuit ouvert comme étant connecté par une résistance infinie : $R \rightarrow +\infty$.

Exemples : Interrupteur ouvert, fil déconnecté.



$$I = \frac{V_{in}}{R + R_{oc}} = \frac{V_{in}}{R + \infty} = \frac{V_{in}}{\infty} = 0$$

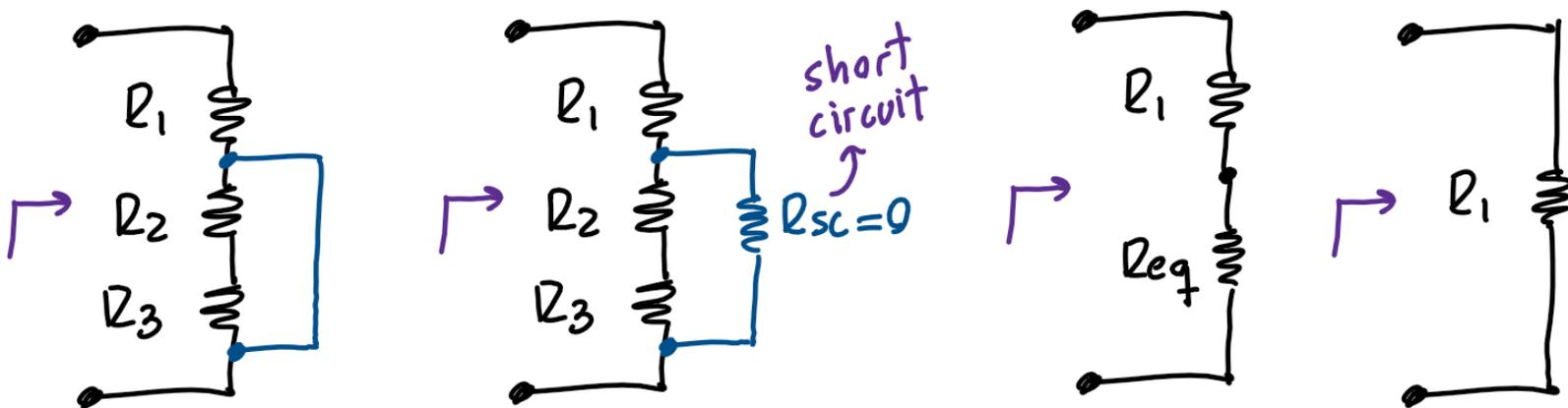
Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Circuit ouvert & court-circuit

Court-circuit : Les deux bornes sont reliées par un conducteur quasi parfait (résistance négligeable).

- La tension est nulle entre les bornes : $V=0$
- Le **courant peut être très élevé**, limité uniquement par les autres éléments du circuit.
- On peut modéliser un court-circuit par une résistance nulle : $R \approx 0$.

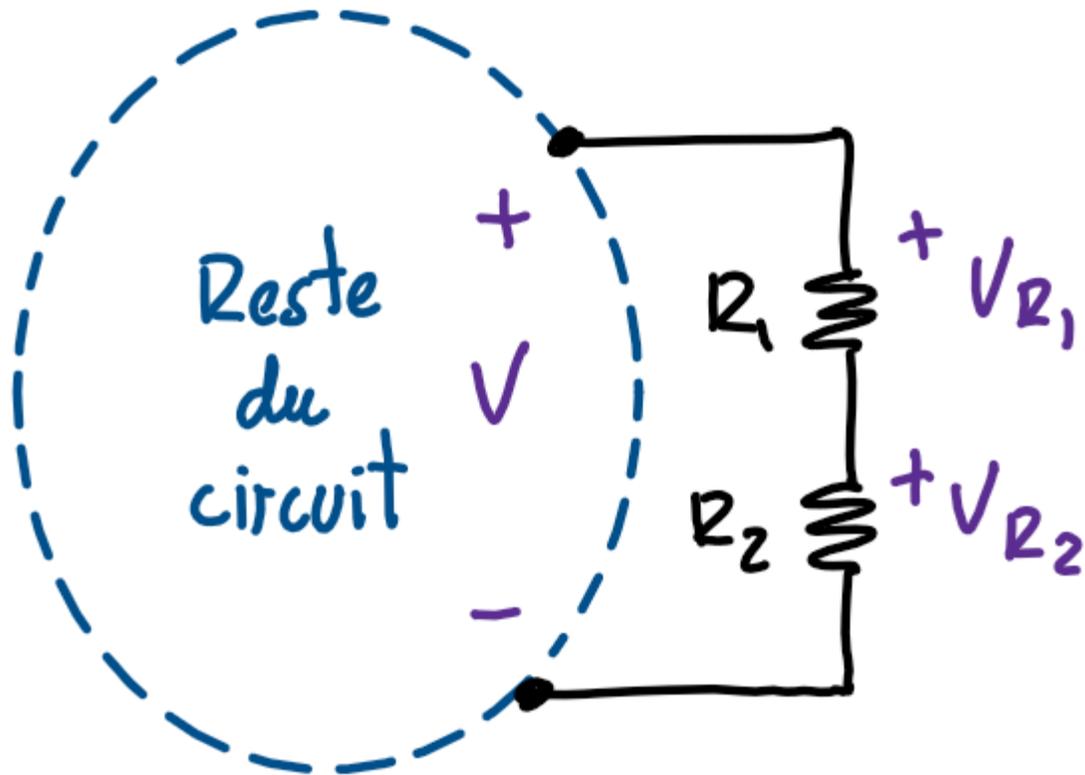
Exemples : fils directement reliés sans résistance, ou erreur de câblage.



$$R_{eq} = (R_2 + R_3) // R_{sc}$$
$$= \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_{sc}}{R_2 + R_3 + R_{sc}} = \frac{(R_2 + R_3) \cdot 0}{R_2 + R_3 + 0} = 0 \Omega$$

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Diviseur de tension



$$V_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V$$

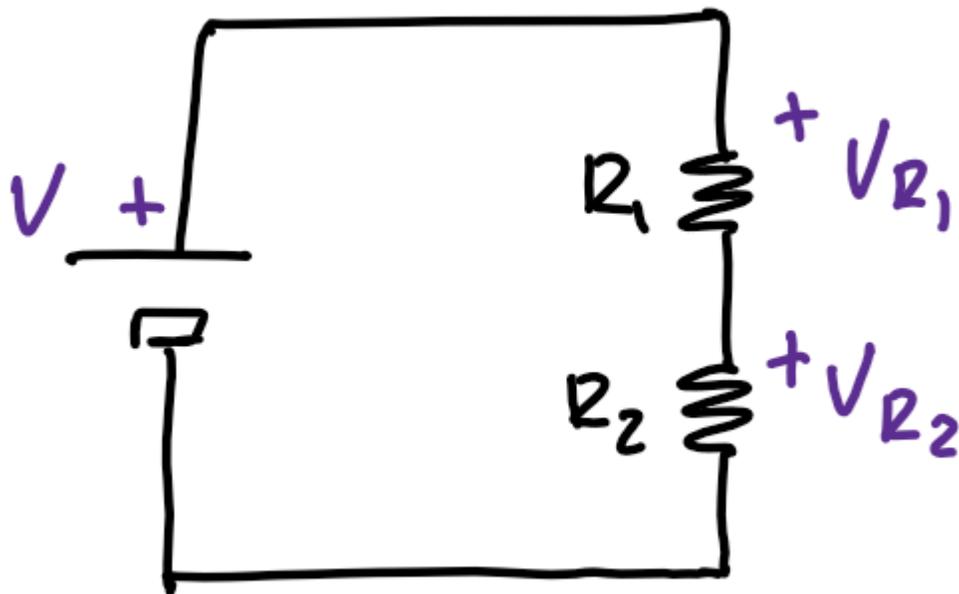
$$V_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V$$

Attention : La tension V est celle qui est présente *une fois que les résistances ont été connectées* entre les deux bornes en question, et non la tension mesurée avant la connexion de R_1 et R_2 .

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Diviseur de tension

Exemple : Tension aux bornes de l'une des deux résistances connectées à une source de tension.



$$V = 12V$$

$$R_1 = 50\Omega$$

$$R_2 = 200\Omega$$

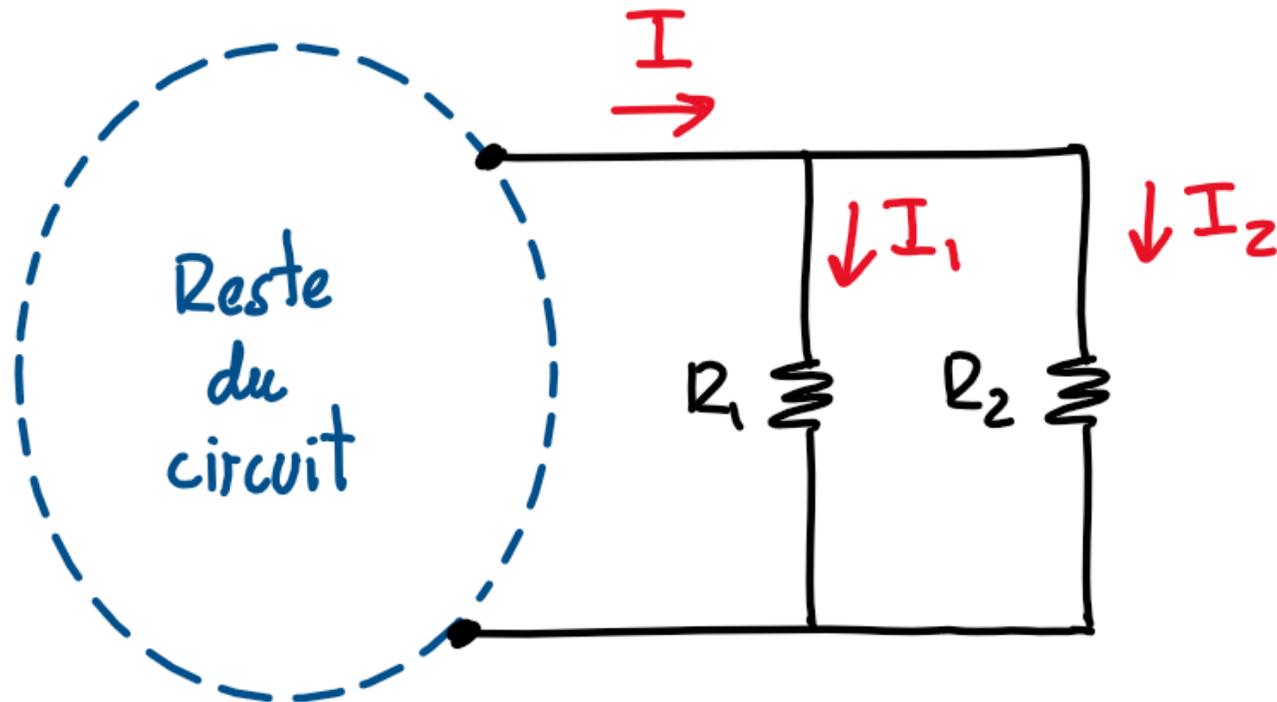
$$V_{R_2} = \frac{200\Omega}{200\Omega + 50\Omega} \cdot 12V$$

$$V_{R_2} = 9,6V$$

N.B. : Si une dérivation est présente entre R_1 et R_2 , la formule du diviseur de tension ne s'applique plus ! ⚠ ⚠ ⚠

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Diviseur de courant



$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

Attention : Le résultat n'est valable que si les deux résistances sont les seules voies pour le courant.

Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Appareils de mesure en électricité

L'ampèremètre :

- **Fonction** : Mesure l'intensité du courant électrique dans un circuit.
- **Caractéristiques** :
 - Se connecte **en série** dans le circuit.
 - Sa **résistance interne est quasi nulle** (proche de 0Ω) pour laisser passer le courant sans le modifier.
 - Laisse passer le courant qu'il mesure \Rightarrow Nécessité d'ouvrir le circuit pour le connecter, puis de le refermer pour mesurer.
 - Exception : pince ampérométrique.

- **Symbole** :  ou 



Multimètre avec
mesure de courant



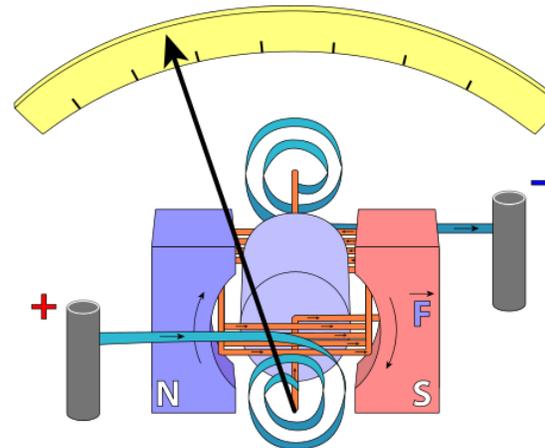
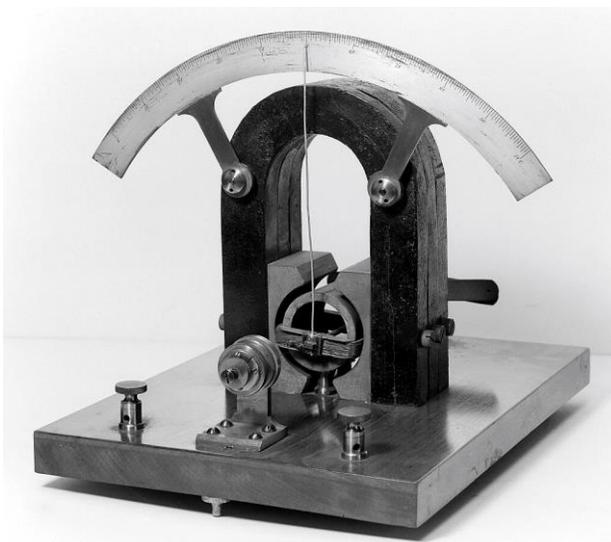
Pince ampérométrique

Galvanomètre à cadre mobile (1820)

- Premier ampèremètre *passif*.
- Inventé par Johann Schweigger en 1820, nommé en hommage à Luigi Galvani.
- Mesure le courant faible par déviation d'une aiguille :
 - Un courant crée un champ magnétique qui interagit avec un aimant fixe
 - Cette interaction génère une force mécanique.
 - Un ressort spiral ramène l'aiguille à zéro lorsque le courant cesse.



J. Schweigger
1779 -1857



Luigi Galvani
1737-1798

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Galvanom%C3%A8tre>



Exemple : Ampèremètre dans notre labo :

mettix **MTX 204**
TRMS AC digital multimeters

TRMS True RMS = True Root Mean Square
⇒ mesure la **valeur efficace**

A : 0.002 A à 10 A (AC/DC)

mA : 6 mA à 600 mA (AC/DC)

µA : 10 µA à 6,000 µA (AC/DC)

Connexion **10A⁺**. Entrée protégée par **fusible** 10A

Connexion **mA/µA⁺**. Entrée protégée par un fusible de 630mA

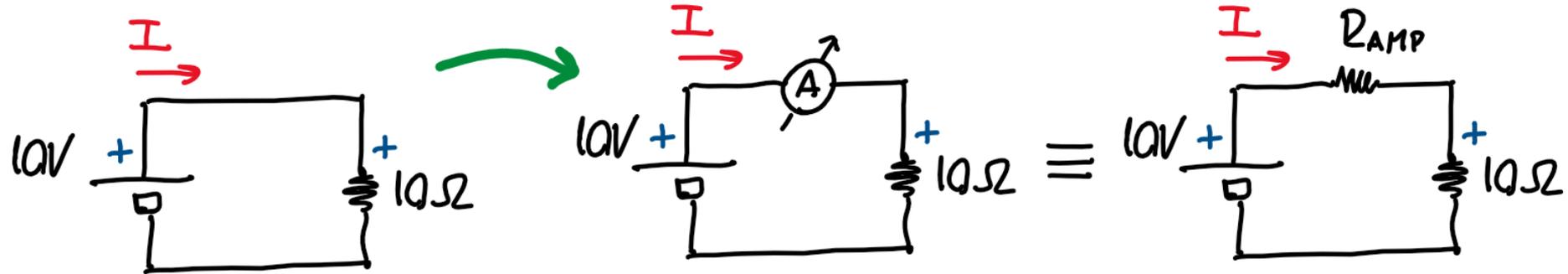
Connexion **COM**. Commune à tous les modes



Ampèremètre : modèle équivalent

- Un ampèremètre est souvent modélisé par une faible résistance branché en série dans le circuit.
- Doit perturber le moins possible le circuit mesuré (résistance interne très faible).

Exemple :



$$I = \frac{10V}{10\Omega} = 1A$$

Si $R_{AMP} = 1m\Omega,$

$$I = \frac{10V}{10,001\Omega} = 0,99990A$$

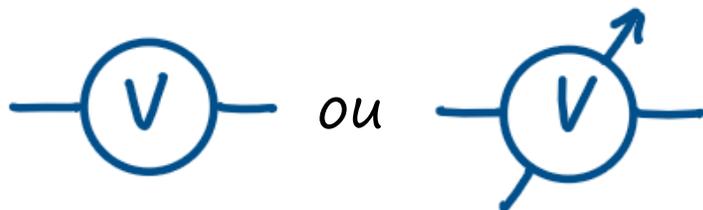
Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Appareils de mesure en électricité

Le voltmètre :

- **Fonction** : Mesure la tension électrique entre deux points d'un circuit.
- **Caractéristiques** :
 - Se connecte **en parallèle** aux points du circuit.
 - Sa **résistance interne est très grande** (idéalement infinie) pour ne pas perturber le circuit mesuré.
 - Il ne nécessite pas d'ouvrir le circuit pour être branché, contrairement à l'ampèremètre.

- **Symbole** :



Multimètre avec mesure de tension



Exemple : Ampèremètre dans notre labo :

metrix **MTX 204**
TRMS AC digital multimeters

TRMS True RMS = True Root Mean Square
⇒ mesure la **valeur efficace**

mV : 10 mV à 600 mV (AC/DC). $R_{IN} = 10\text{ M}\Omega$

V : 0.6 V à 1000 V (AC/DC). $R_{IN} = 10\text{ M}\Omega$

V « LowZ » mesure en AC avec faible impédance d'entrée pour éliminer les tensions parasites. $R_{IN} = 500\text{ k}\Omega$

Connexion **V⁺**. Entrée sans protection par fusible

Connexion **COM**. Commune à tous les modes



Applications pratiques de la Loi d'Ohm

Appareils de mesure en électricité

L'ohmmètre :

- **Fonction** : Mesure la valeur d'une résistance électrique.
- **Mode opératoire** :
 - Applique une faible tension interne aux bornes de la résistance inconnue (0,2V ... 3V).
 - Mesure le courant résultant qui traverse cette résistance.
 - Affiche la valeur calculée selon la loi d'Ohm : $R = U/I$.

Précaution : le composant ou la résistance doit être **hors tension et déconnecté** du circuit lors de la mesure.



Multimètre avec
mesure de résistance

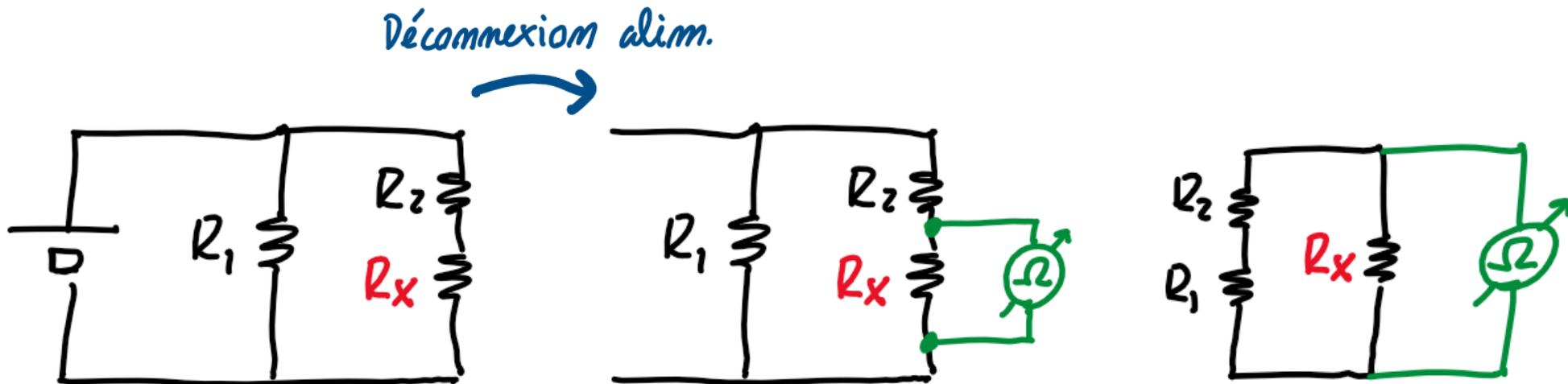
Applications pratiques de la Loi d'Ohm

App

Ok, j'ai débranché l'alim de mon circuit... mais si j'ai pas envie de déconnecter ma résistance ?

On mesure alors la « **résistance vue** » par l'ohmmètre.

Exemple : Je connecte l'ohmmètre sur **R_x**



N.B. : Il suffit de **déconnecter une seule borne** de la résistance qu'on veut mesurer 👍

$$\begin{aligned} R_{\text{mesurée}} &= R_x // (R_1 + R_2) \\ &= \frac{R_x (R_1 + R_2)}{R_x + R_1 + R_2} \end{aligned}$$



mesure de résistance

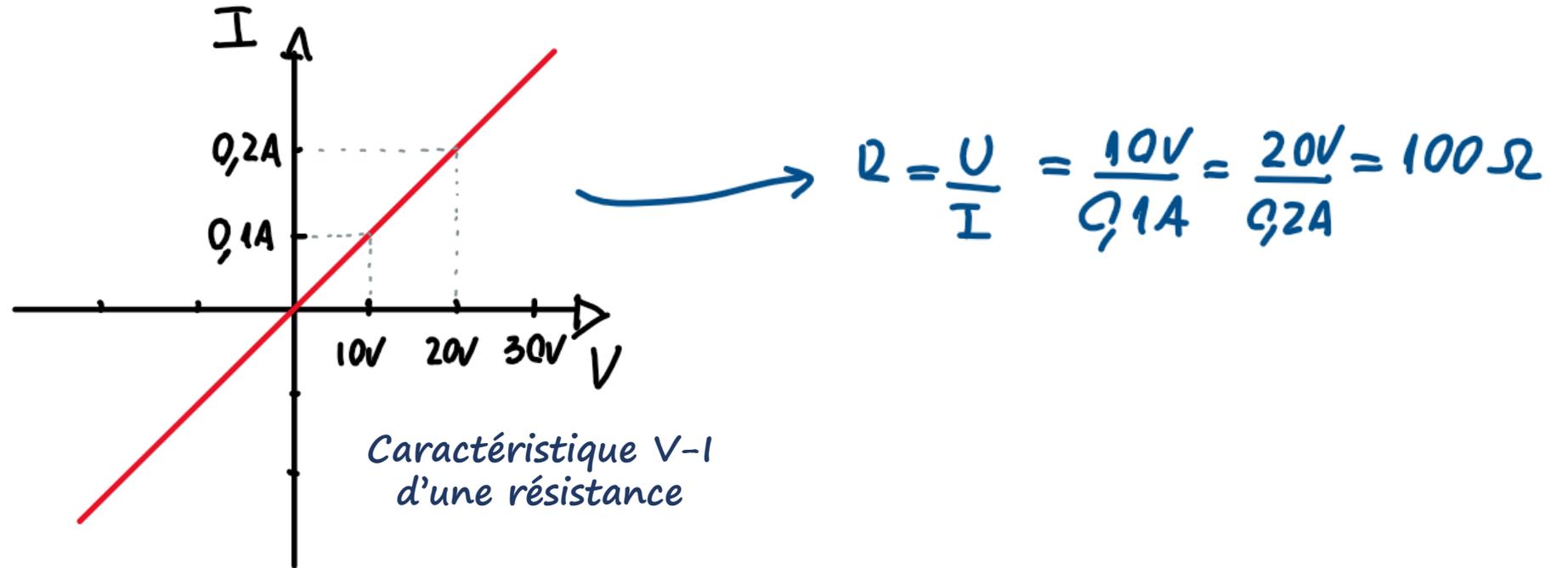


Caractéristique Tension-Courant

Caractéristique Tension-Courant

Définition : Courbe représentant la relation entre la tension (V) et le courant (I) aux bornes d'un composant électrique.

Exemple :



Intérêt :

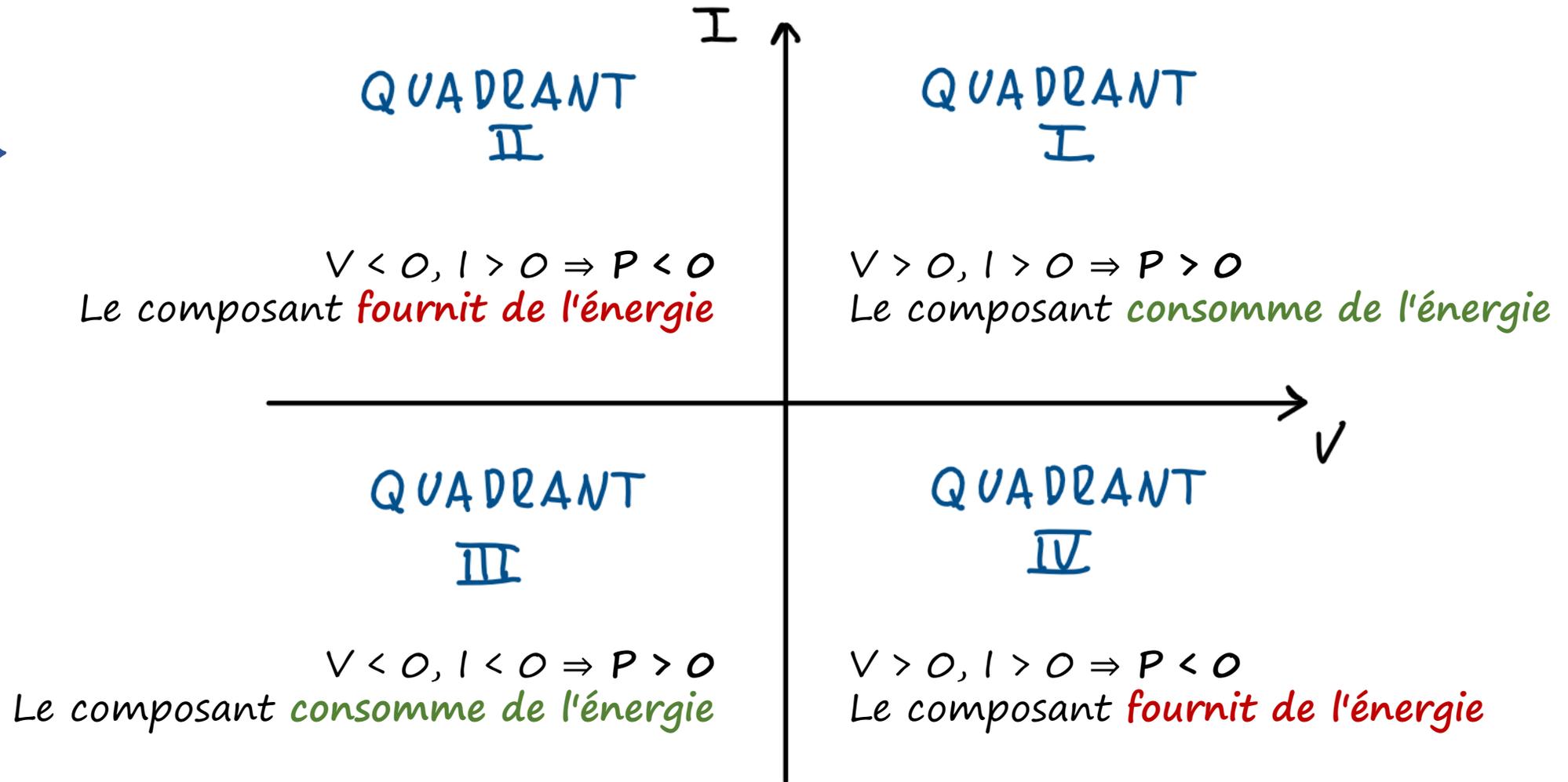
- Permet d'identifier facilement la nature du composant.
- Visualise la réponse électrique d'un élément en fonction du courant ou de la tension imposée.

Caractéristique Tension-Courant

Les Quadrants

La caractéristique $V-I$ est souvent divisée en 4 quadrants :

Cas convention
« dipôle passif »
(récepteur)

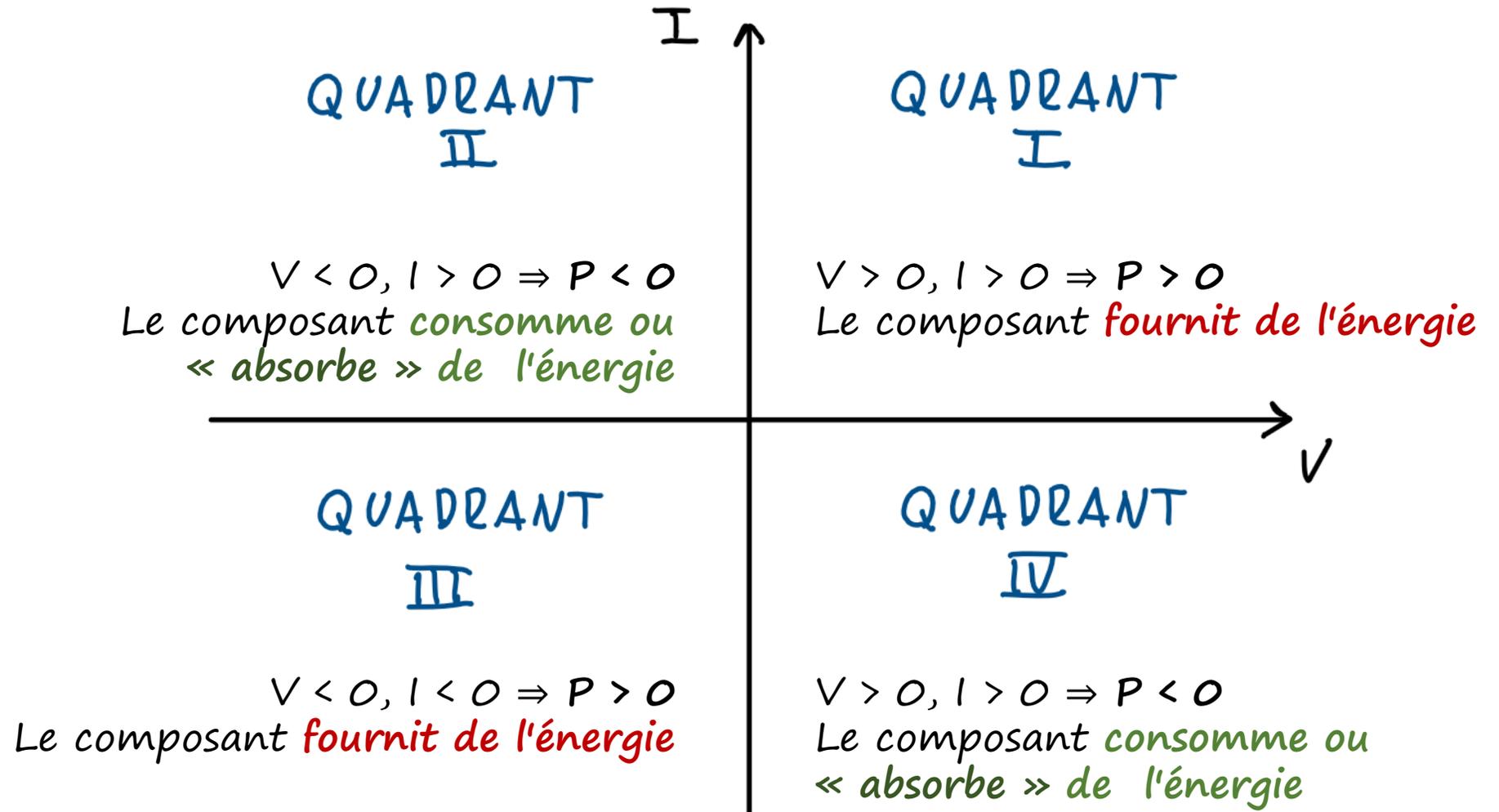
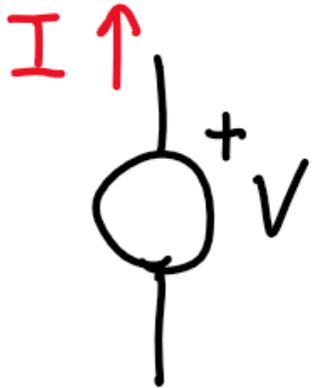


Caractéristique Tension-Courant

Les Quadrants

La caractéristique $V-I$ est souvent divisée en 4 quadrants :

Cas convention
« dipôle actif »
(générateur)



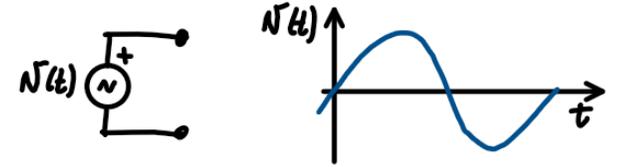
Caractéristique Tension-Courant

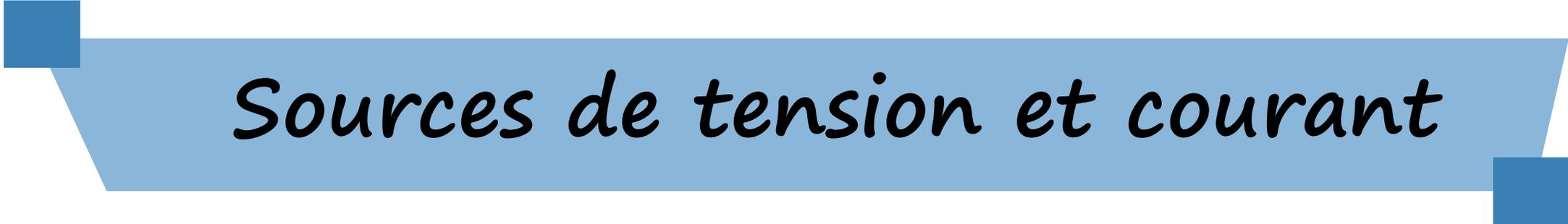
Question : **Tous les dispositifs ont-ils une caractéristique V-I ?**

Réponse : **Non !**

Exemples :

- **Une source de tension sinusoïdale** : v varie avec le temps
 $v(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t)$, donc pas de relation V-I fixe.
- **Un condensateur** : $i(t) = C \cdot dv/dt$, la relation dépend du taux de variation de $v(t)$, pas une courbe statique.
- **Une bobine** : $v(t) = L \cdot di/dt$, la relation dépend du taux de variation de $i(t)$, pas une courbe statique.
- **Un moteur** : la tension et courant dépendent du couple mécanique et de la vitesse.





Sources de tension et courant

Sources de tension et courant

Généralités

- Rôle : Fournissent l'énergie électrique dans un circuit.
- Deux grandes familles :
 - **Sources indépendantes** : Délivrent une tension ou un courant fixe, indépendamment des conditions du circuit.
 - **Sources dépendantes** : Leur tension ou courant varie en fonction d'une autre grandeur dans le circuit.



Batterie
alcaline 9V



Pile alcaline
1,5V



Batterie Plomb
12V



Source
d'alimentation de
banc

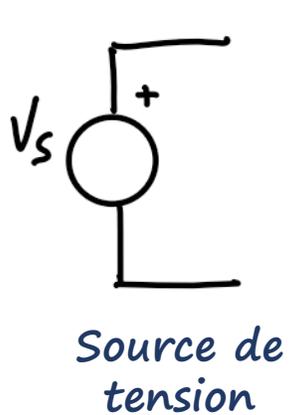


Pile 1,25V Nickel-
Metal-Hybride, NiMH
(rechargeable)

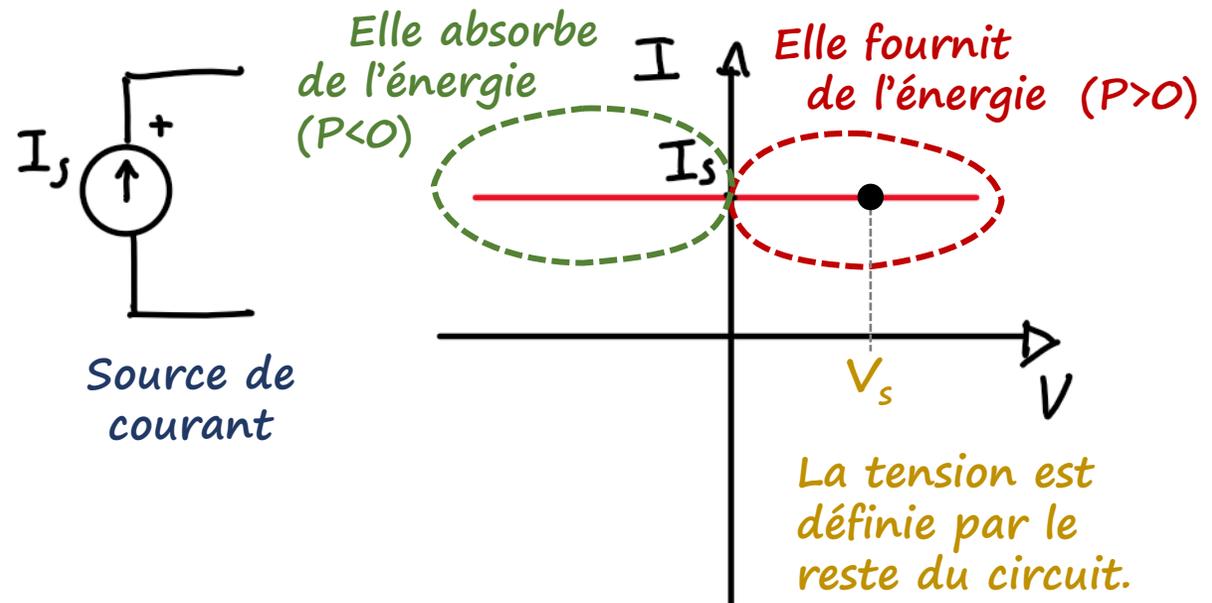
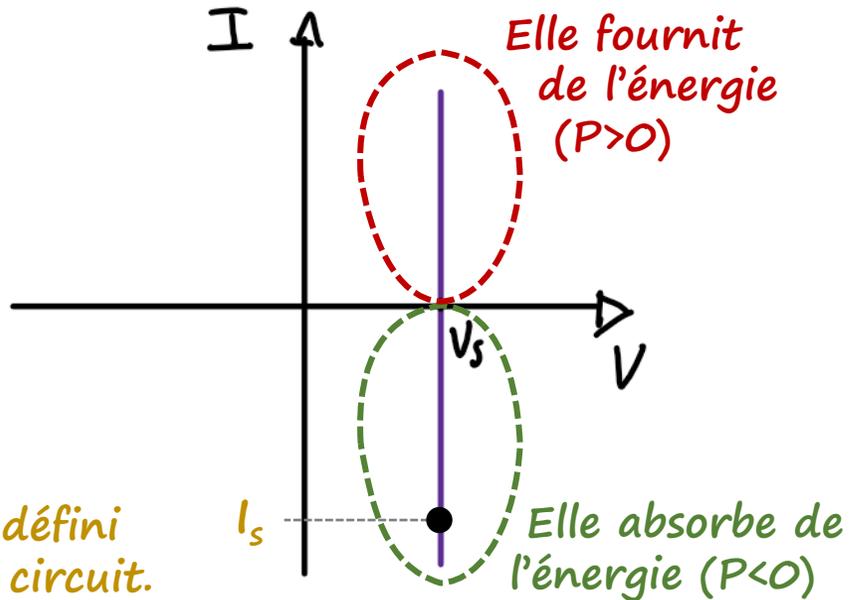
Sources de tension et courant

Sources Indépendantes

- **Définition** : Fournissent une tension ou un courant constant, indépendamment des autres variables du circuit.
- **Exemples** :
 - Source de tension : Batterie (ex. 9V fixe).



Le courant est défini par le reste du circuit.



Sources de tension et courant

Sources Dépendantes

- **Définition** : La tension ou le courant dépend d'une autre grandeur dans le circuit (ex. tension ou courant ailleurs).
- **Types** :
 - Tension contrôlée par tension (**VCVS** : Voltage-Controlled Voltage Source).
 - Tension contrôlée par courant (**CCVS** : Current-Controlled Voltage Source).
 - Courant contrôlé par tension (**VCCS** : Voltage-Controlled Current Source).
 - Courant contrôlé par courant (**CCCS** : Current-Controlled Current Source).
- **Applications** : modélisation d'amplificateurs, transistors, circuits intégrés.

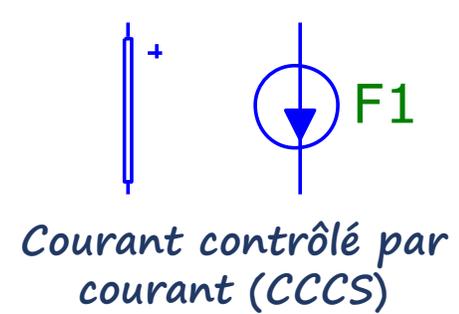
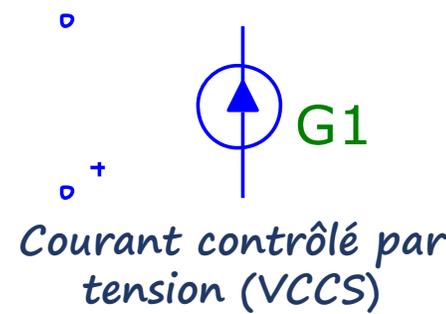
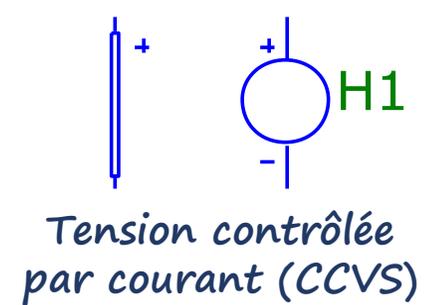
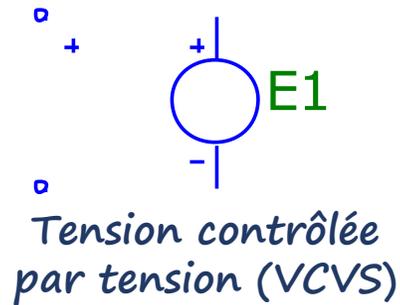
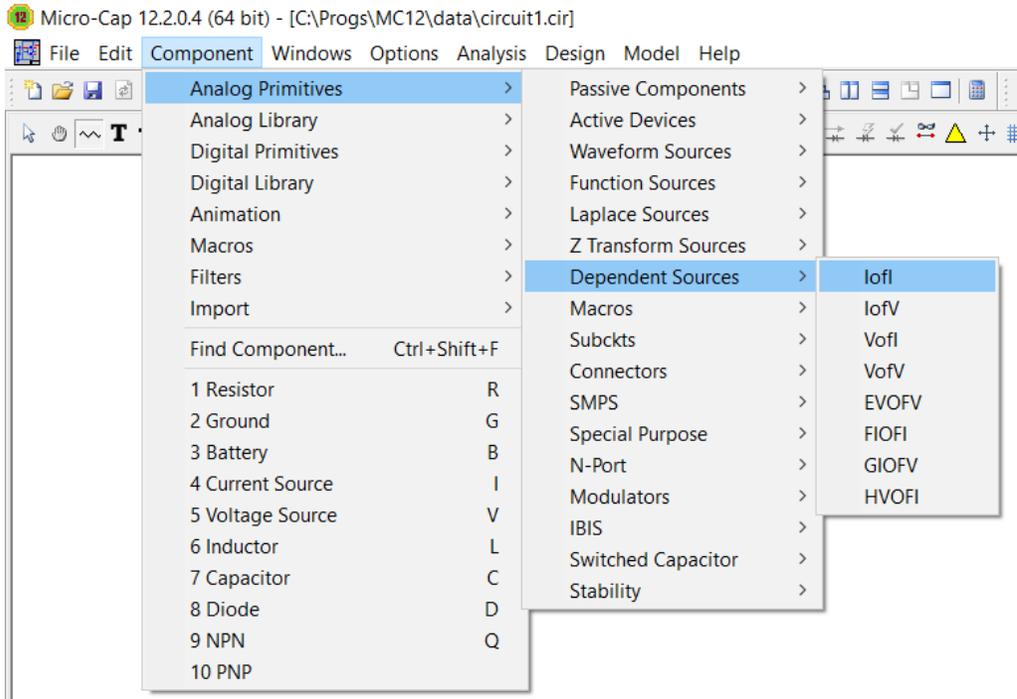
Sources de tension et courant

Sources Dépendantes

Microcap

Gratuit, Windows, Disponible dans vos clients légers

Téléchargeable depuis Espadon ou sur <https://en.wikipedia.org/wiki/Micro-Cap>



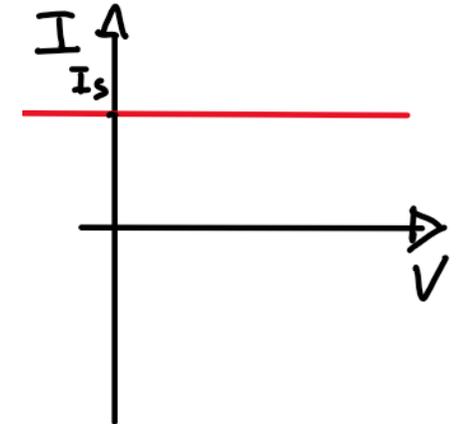
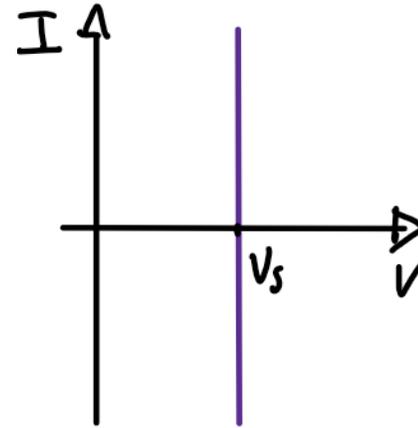
circuit
ce).
rce).
ce).
rce).

Sources de tension et courant

Sources Idéales vs. Sources Réelles

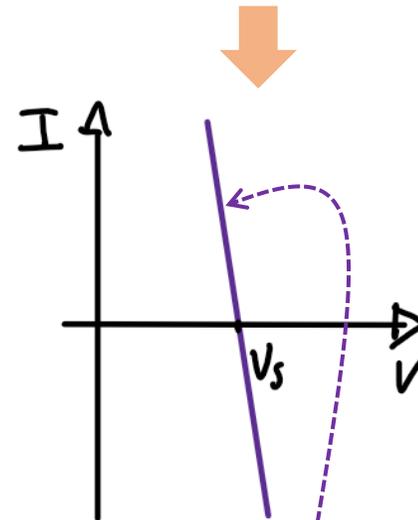
Sources idéales :

- Source de tension : fournit une tension constante, indépendamment du courant.
- Source de courant : fournit un courant constant, indépendamment de la tension.

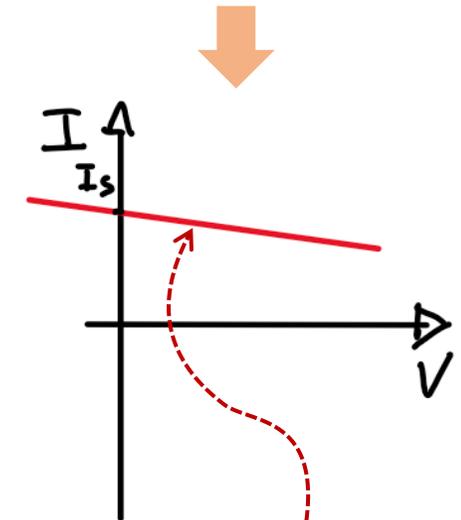


Sources réelles :

- Source de tension : la tension diminue quand le courant augmente.
- Source de courant : le courant diminue quand la tension augmente.



La tension diminue avec l'augmentation du courant



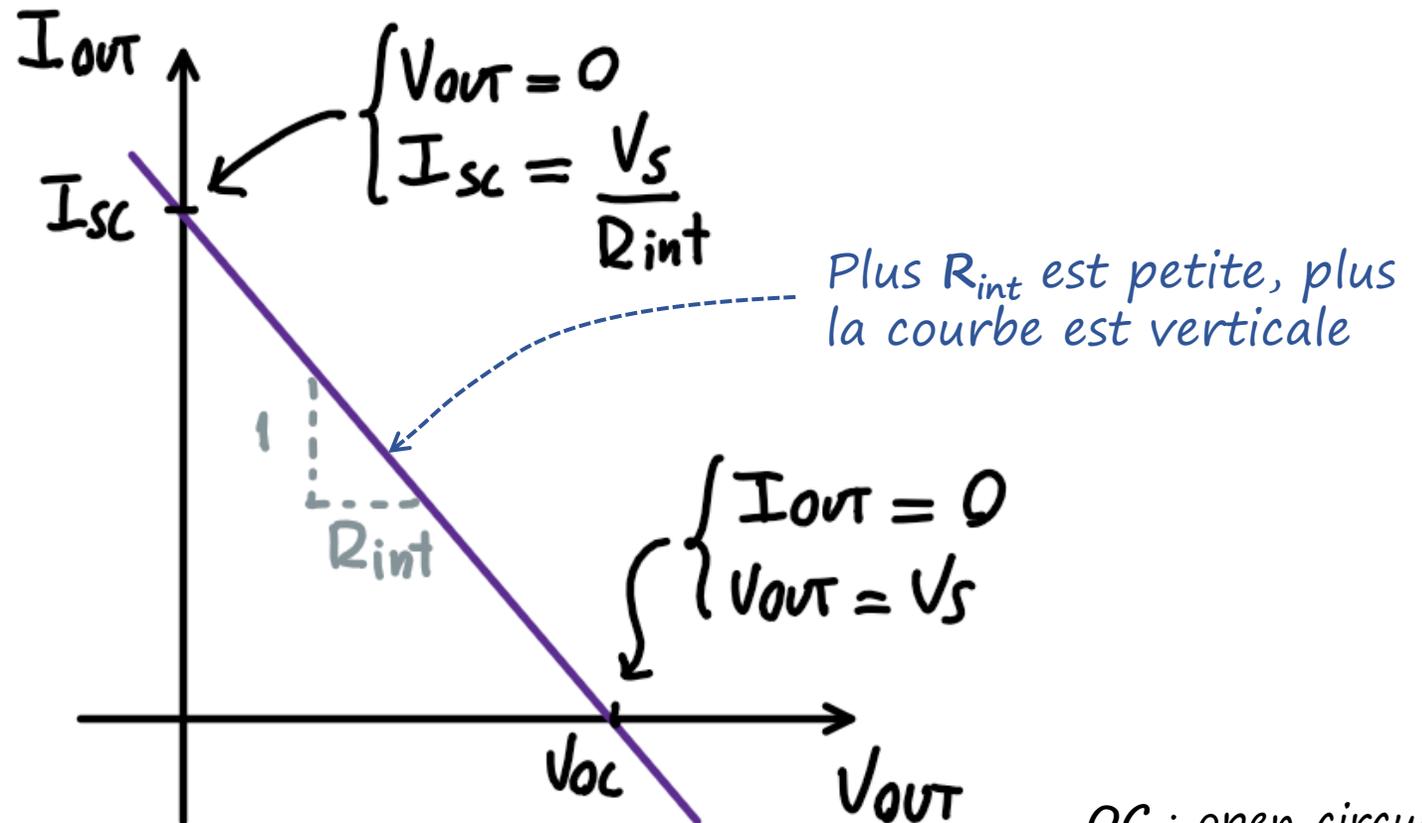
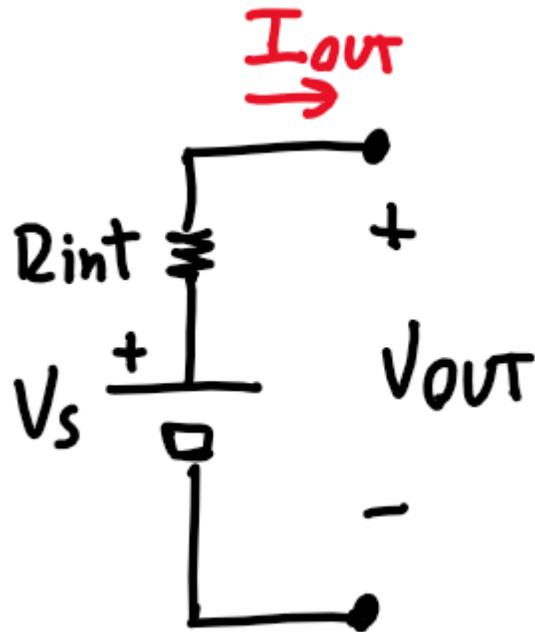
Le courant diminue avec l'augmentation de la tension

Sources de tension et courant

Sources Réelles

Elles sont modélisés par une source idéale, plus une résistance interne R_{int} .

1. **Source de tension** : résistance en série avec la source idéale



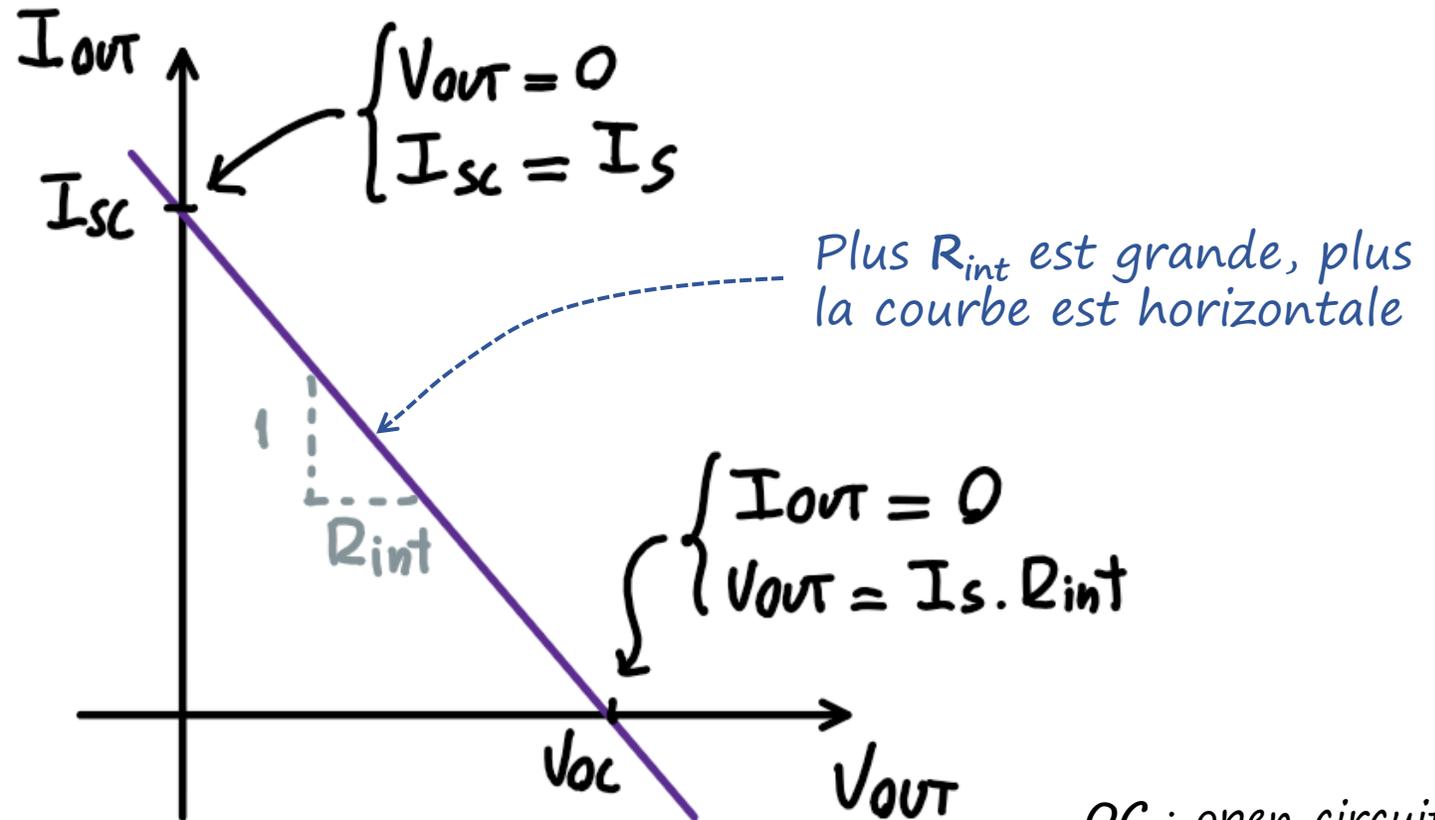
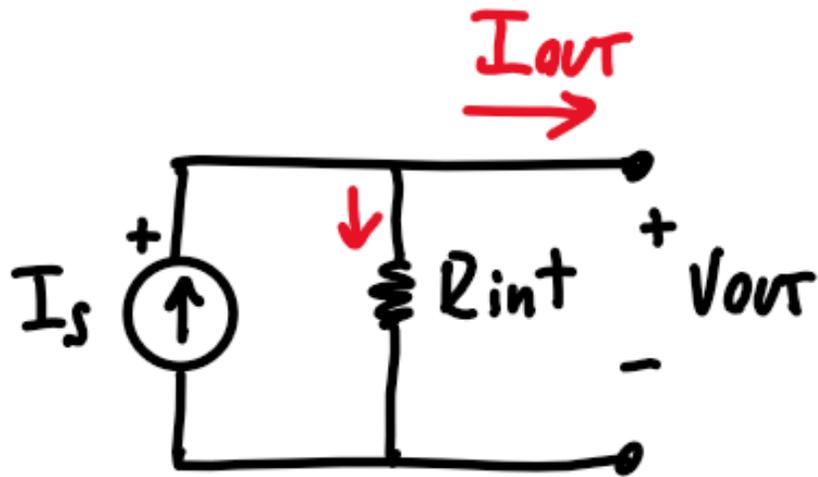
OC : open circuit
SC : short-circuit

Sources de tension et courant

Sources Réelles

Elles sont modélisées par une source idéale, plus une résistance interne R_{int} .

2. **Source de courant** : résistance en parallèle avec la source idéale



OC : open circuit
SC : short-circuit

Sources de tension et courant

Sources Réelles

Elles sont modélisées par une source idéale plus une résistance interne R

2. Soit **Pourquoi une source de courant réelle est-elle modélisée avec une résistance en parallèle (et non en série) ?**

- Une résistance en série **n'affecterait pas le courant** imposé par la source, puisqu'elle laisserait passer exactement le même courant.
- Une résistance en parallèle, au contraire, permet de **dériver une partie du courant** fourni par la source idéale. Ainsi, le courant réellement disponible aux bornes de sortie dépendra de la charge connectée.

I_s



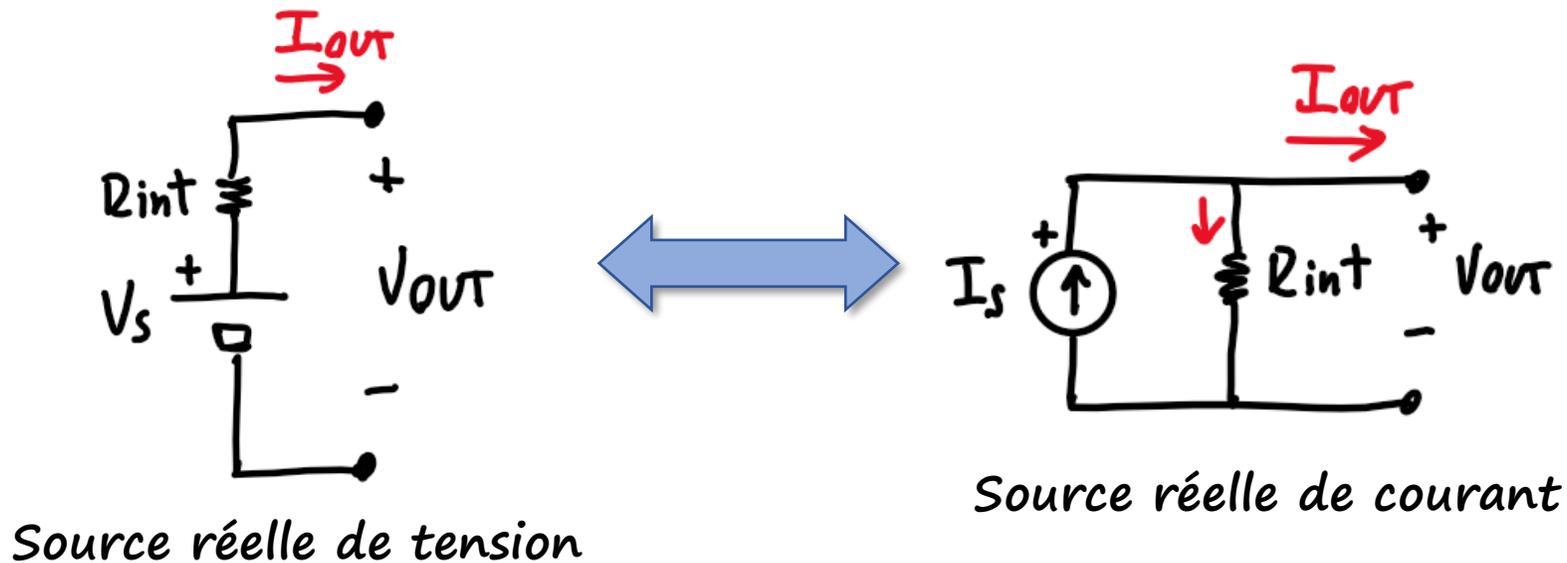
OC : open circuit
SC : short-circuit

, plus
ntale

Sources de tension et courant

Source réelle de tension \leftrightarrow Source réelle de courant

- Une source de tension réelle peut être remplacée par une source de courant réelle équivalente, et inversement.
- Cette transformation ne modifie pas les tensions et courants dans le reste du circuit.
- Formule de transformation : $I_s = V_s / R_{int}$ (les résistances R_{int} sont les mêmes)



Sources de tension et courant

Source réelle de tension ↔ Source réelle de courant

ATTENTION : Réalité vs. Modélisation

- Ces modèles des sources réelles sont simplifiés mais très utilisés en pratique.
- En réalité, des composants comme une batterie possèdent des comportements plus complexes : effets de la température, état de charge, cyclage, vieillissement, etc.

Exemple d'un cas réel →

DURACELL®

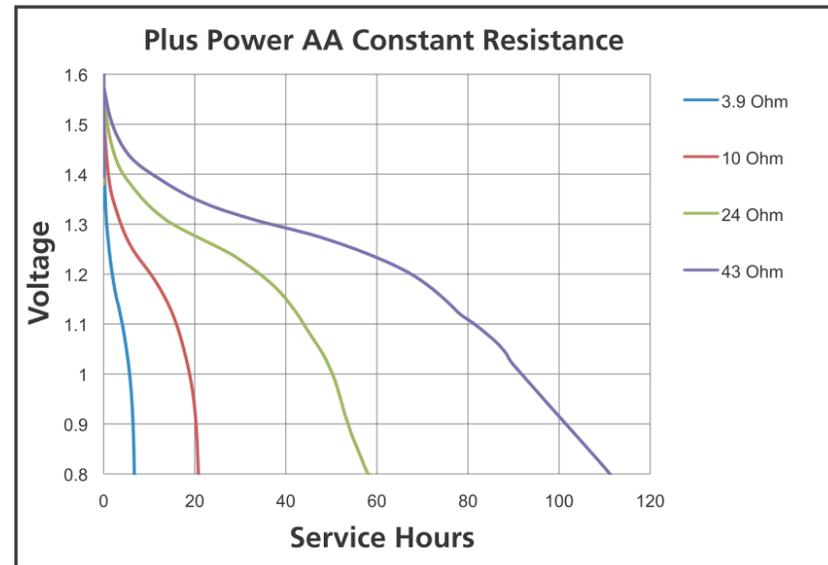


MN1500

Size: AA (LR6)

Alkaline-Manganese Dioxide Battery

Zn/MnO₂



[Référence](#)

Source réelle de tension

Source réelle de courant



Māuruuru !