

Chapitre 2

Vademecum d'électricité



Le "vademecum d'électricité": c'est quoi?

- "électricité"
 - l'électronique, c'est d'abord de l'électricité
 - beaucoup de difficultés rencontrées pour résoudre des circuits électroniques sont souvent d'ordre purement électrique
- "vademecum"
 - document de référence
 - manuel de survie à l'usage des électroniciens

Un petit truc...

- cherchez l'utilité des notions qu'on vous enseigne
 - la bonne question est: "à quoi ça sert?"



Les 7 "péchés capitaux"

- 1) utiliser les mauvaises unités
 - ex: $V = 3\text{ A}$
- 2) utiliser des ordres de grandeur non réalistes
 - ex: $I = 3000\text{ A}$ en électronique de signal
- 3) ne pas définir (sens des flèches, nom, etc) les grandeurs utilisées dans les équations
- 4) appliquer les théorèmes linéaires sur des systèmes non-linéaires
 - ex: théorème de superposition dans un circuit à diode
- 5) mal utiliser les axes dans un plan de Bode
 - ex: graphe à l'envers, log du log, etc
- 6) utiliser les phaseurs pour calculer une réponse indicielle
- 7) proposer pour une capacité ou une inductance un comportement non réaliste
 - = comportement contredisant les lois temporelles ou l'impédance

Chapitre 2.1: Notions fondamentales

2.1.1 - Schémas

La charge est l'équipement/composant connecté en aval d'un montage

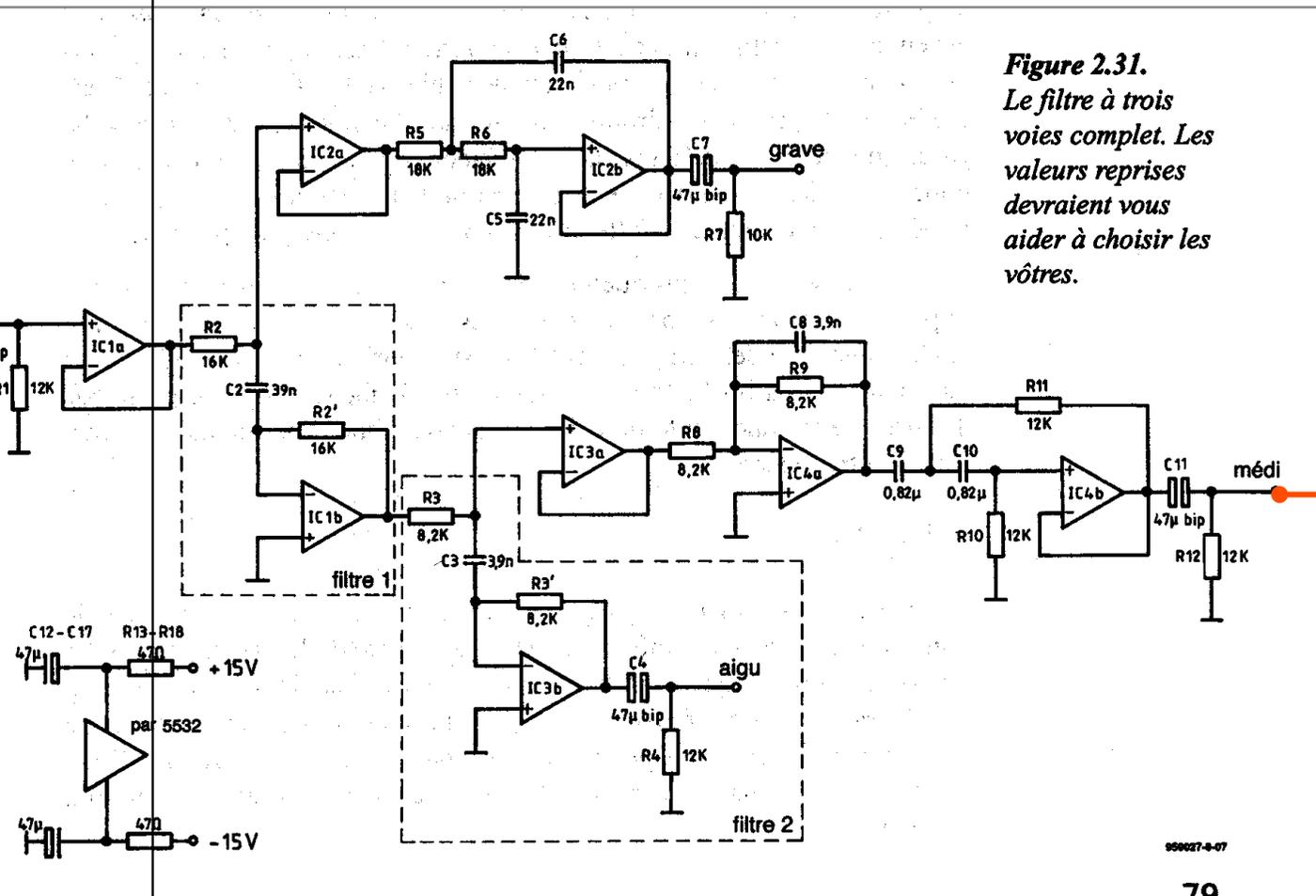
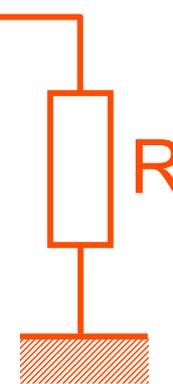


Figure 2.31.
Le filtre à trois voies complet. Les valeurs reprises devraient vous aider à choisir les vôtres.



Lorsque la charge est absente, le montage fonctionne à vide

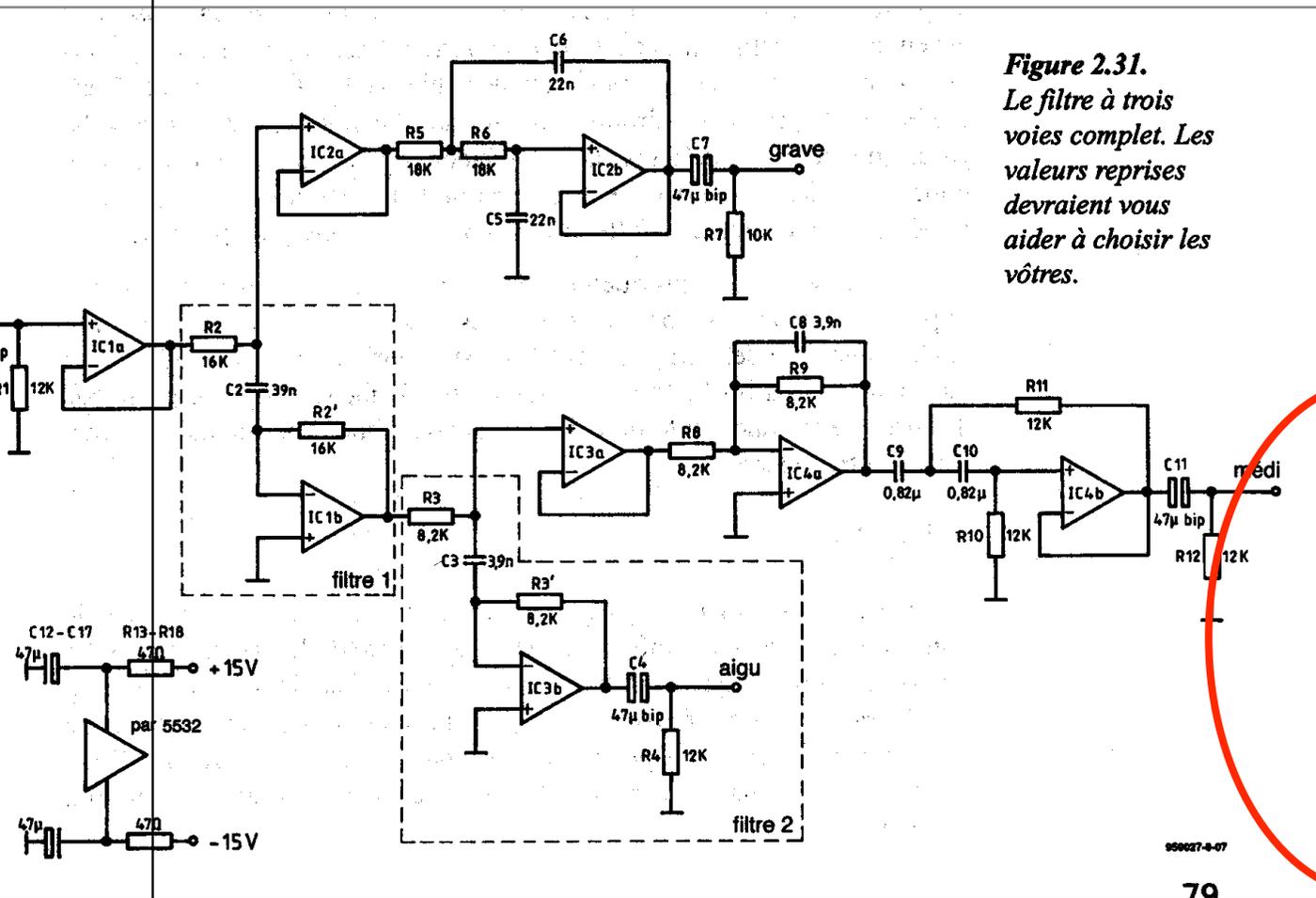


Figure 2.31.
Le filtre à trois
voies complet. Les
valeurs reprises
devraient vous
aider à choisir les
vôtres.



950027-0-07

La source est l'équipement/composant connecté en amont d'un montage

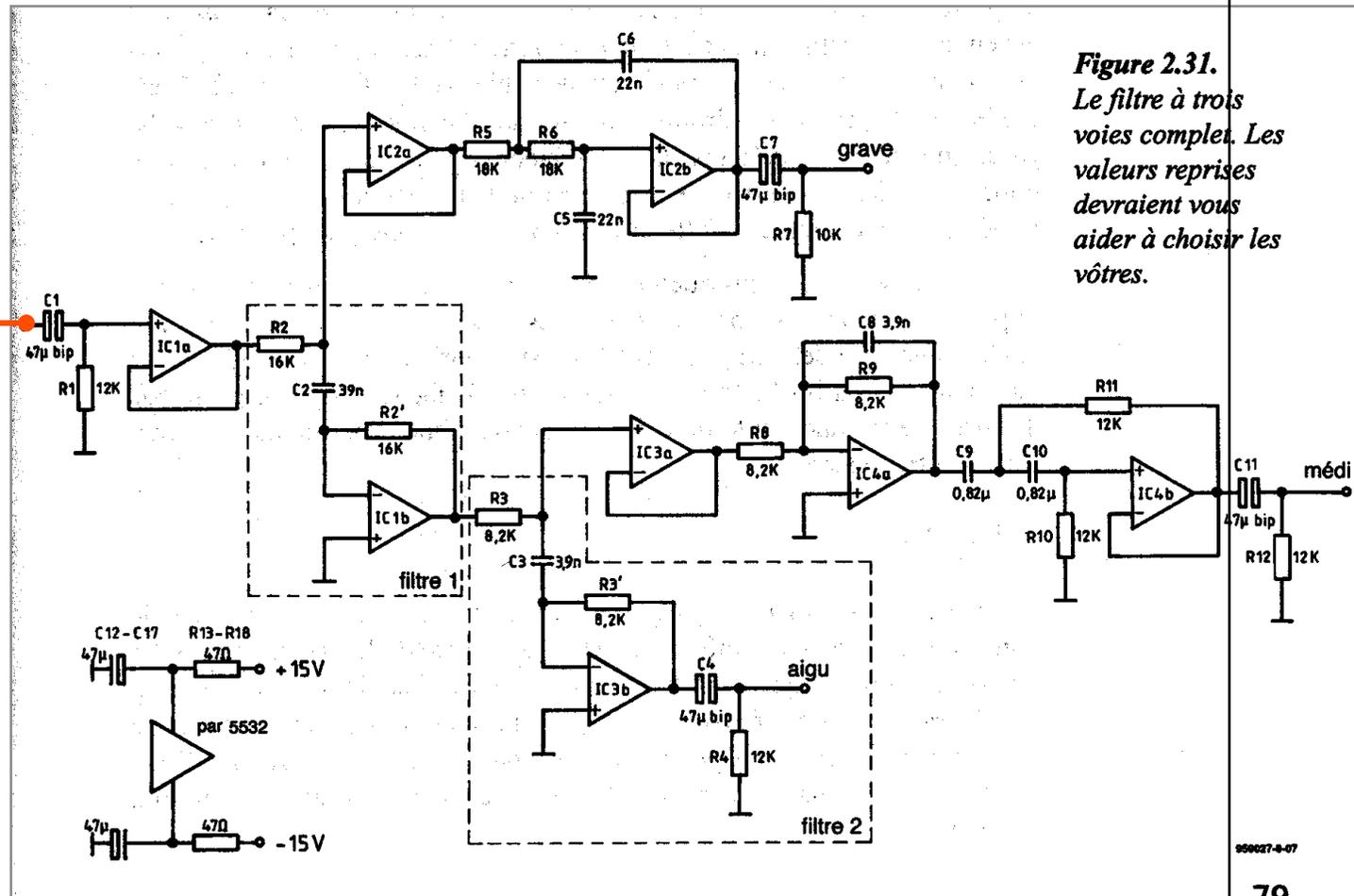
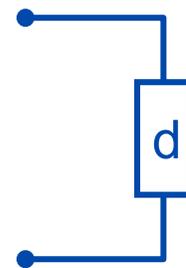
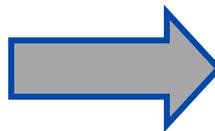
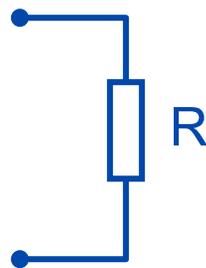
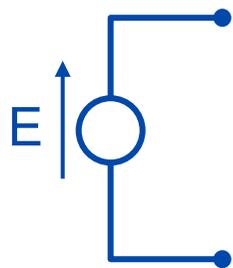


Figure 2.31.
Le filtre à trois voies complet. Les valeurs reprises devraient vous aider à choisir les vôtres.

Un *dipôle* est un composant/équipement à deux bornes

- synonyme: "1-port"
- quelques dipôles élémentaires
 - sources: source de tension, source de courant, etc
 - charges: résistance, capacité, inductance, diode, etc



symbole générique
pour un dipôle
(dans ce cours)

Tout circuit dont on extrait deux bornes est un dipôle!

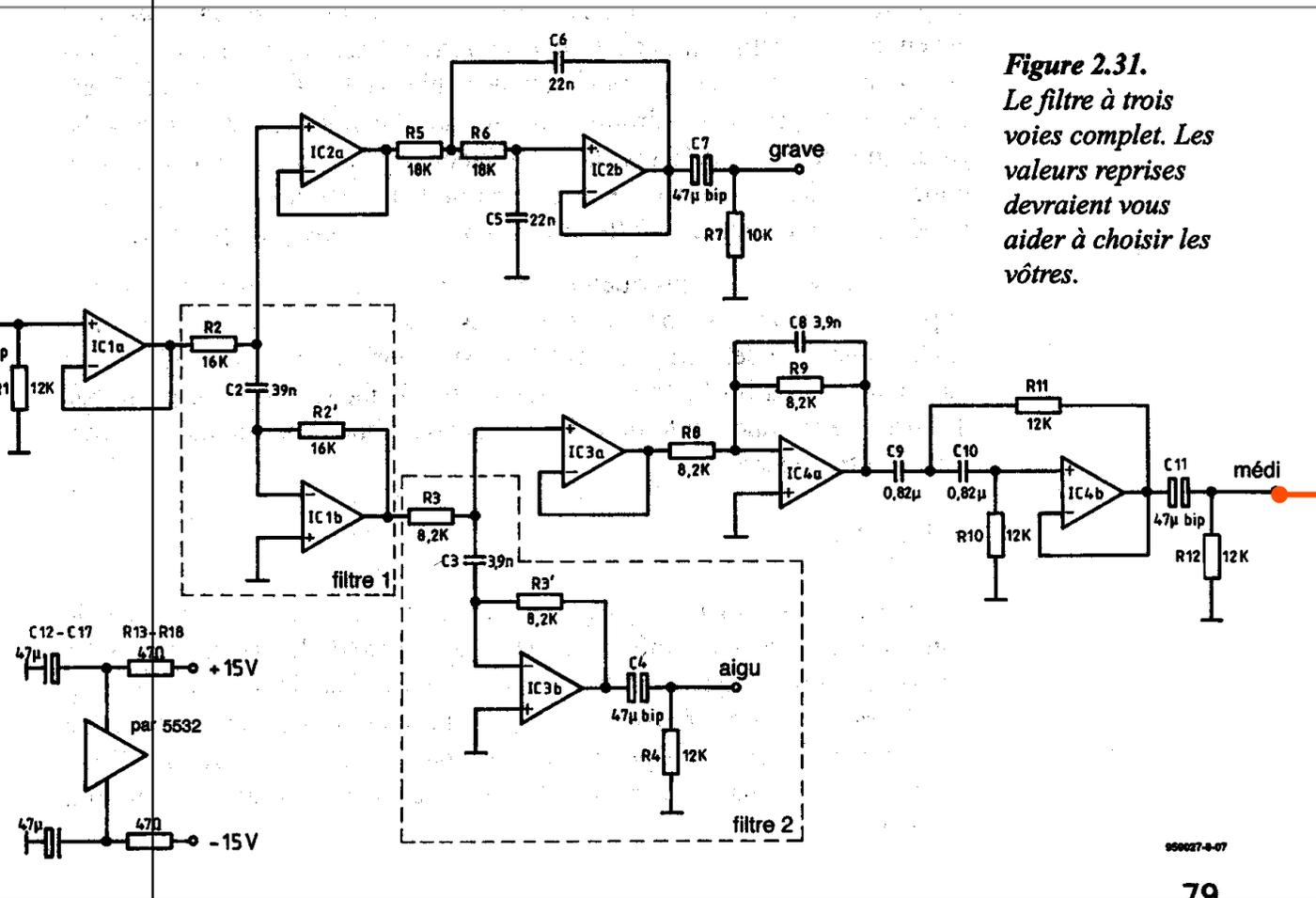


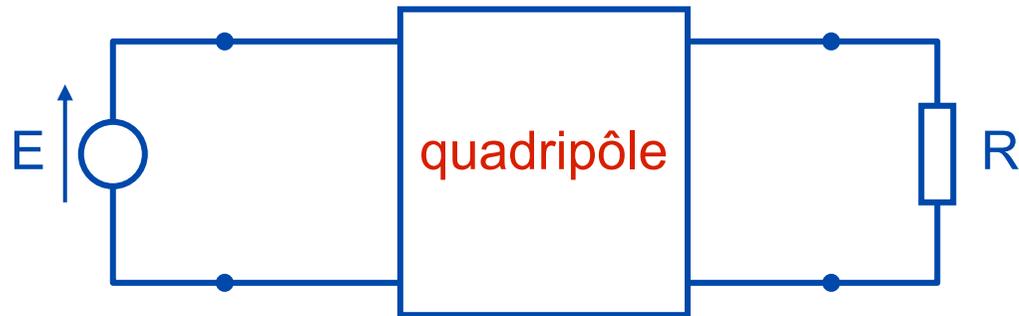
Figure 2.31.
Le filtre à trois
voies complet. Les
valeurs reprises
devraient vous
aider à choisir les
vôtres.



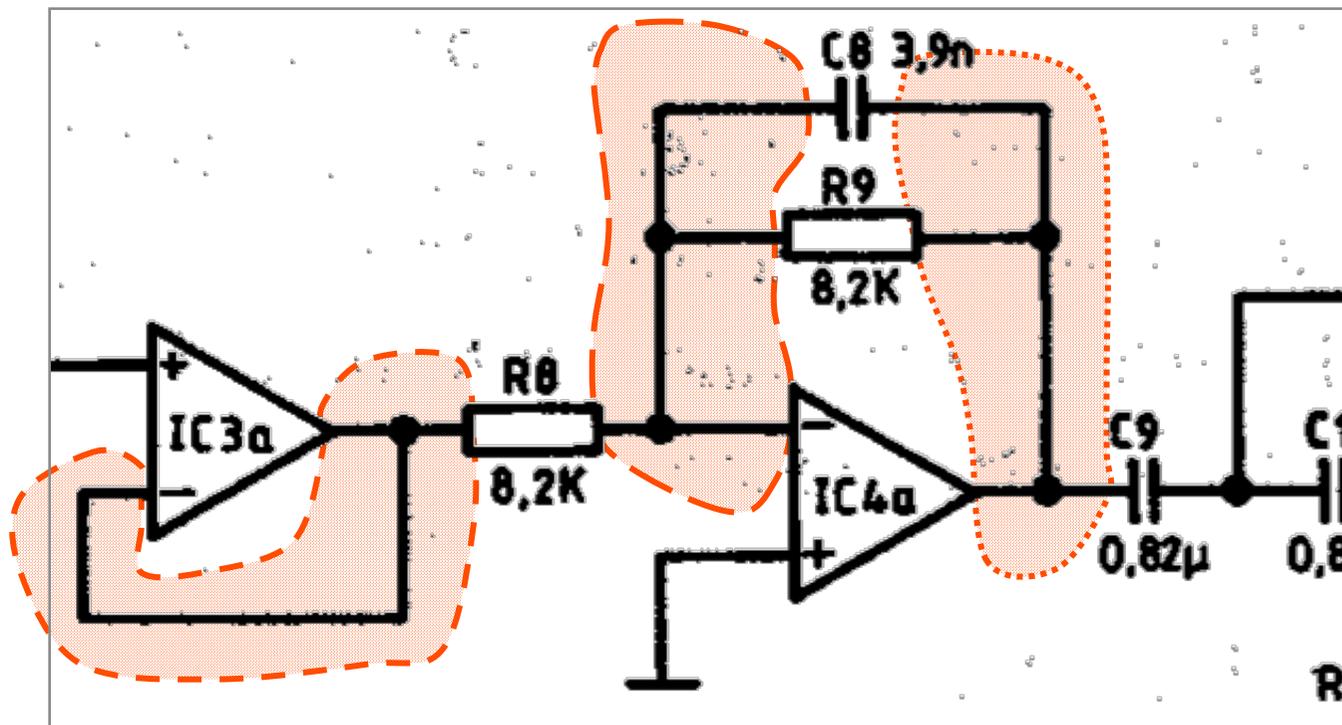
950027-0-07

Un *quadripôle* est un composant/ équipement à quatre bornes

- synonymes: "2-ports" ou "biporte"

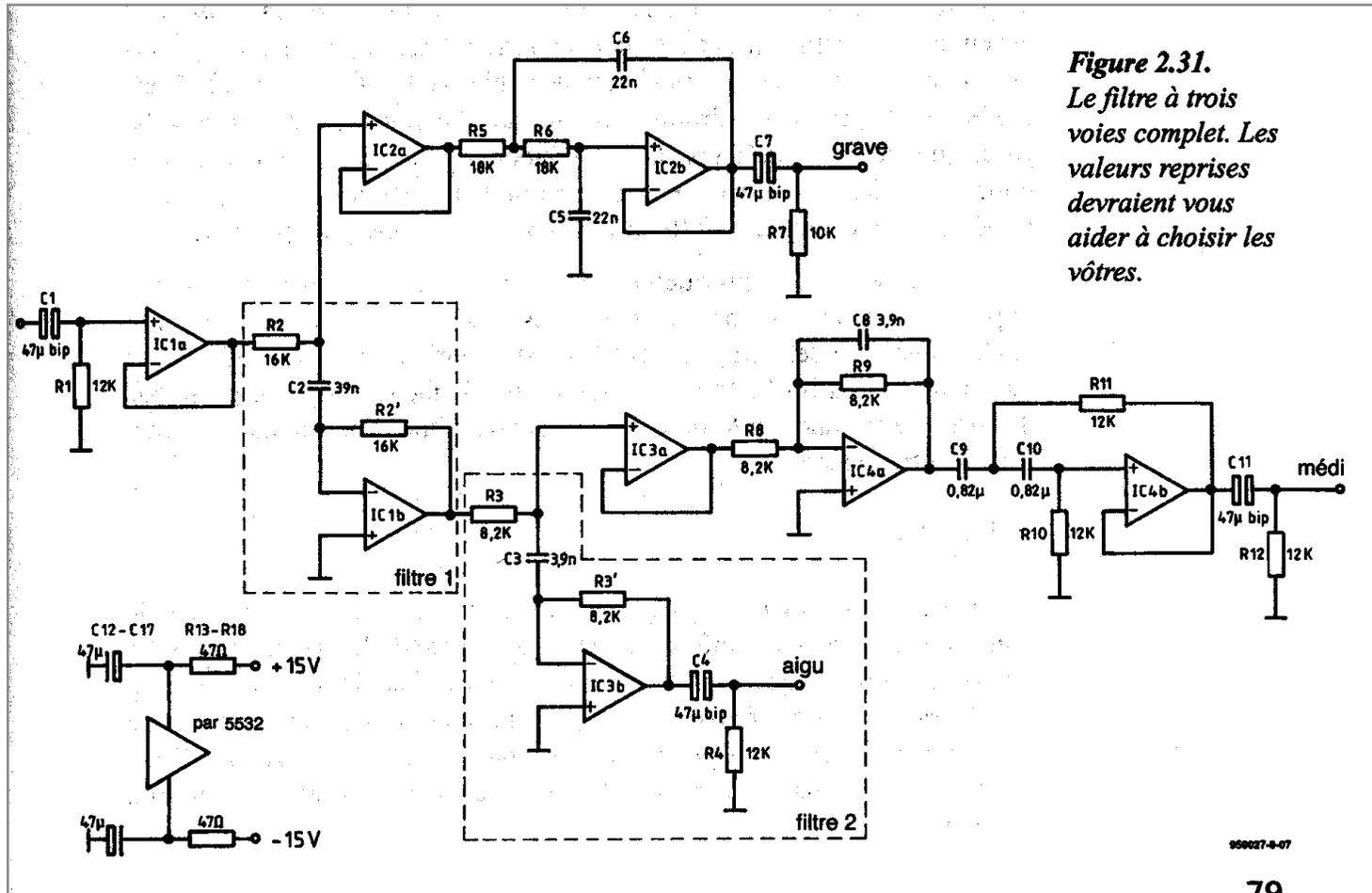


Un *nœud* est une connexion entre plusieurs composants adjacents

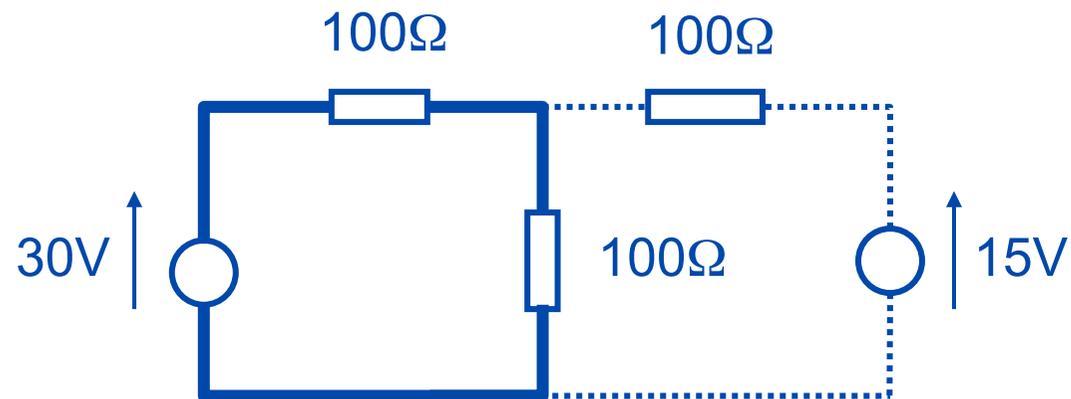


- N.B.: un nœud est équipotentiel

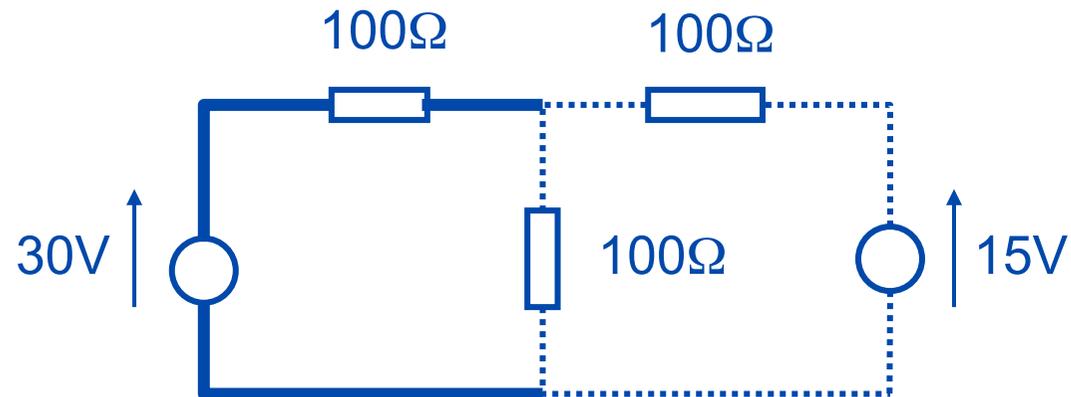
schéma = dipôles + quadripôles + noeuds



Une *maille* est une boucle fermée dans un schéma



Une *branche* est une suite de composants mis en série



Composants en série/en parallèle

- à retenir...
- "Deux composants sont connectés en série s'ils sont *parcourus par le même courant*"
- "Deux composants sont connectés en parallèle s'ils sont *soumis à la même ddp*"

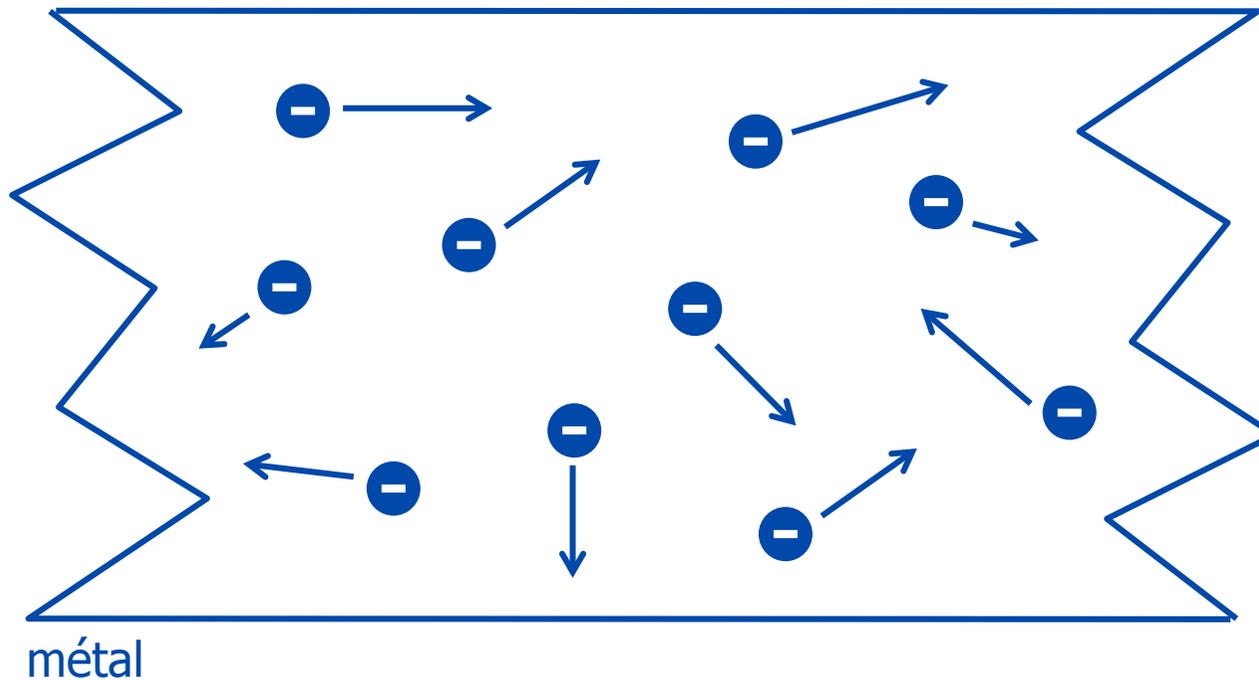
A retenir...

- sens de lecture d'un schéma
- source
- charge
- montage à vide $><$ montage en charge
- dipôle / quadripôle
- nœud / maille / branche
- connexion en série / connexion en parallèle

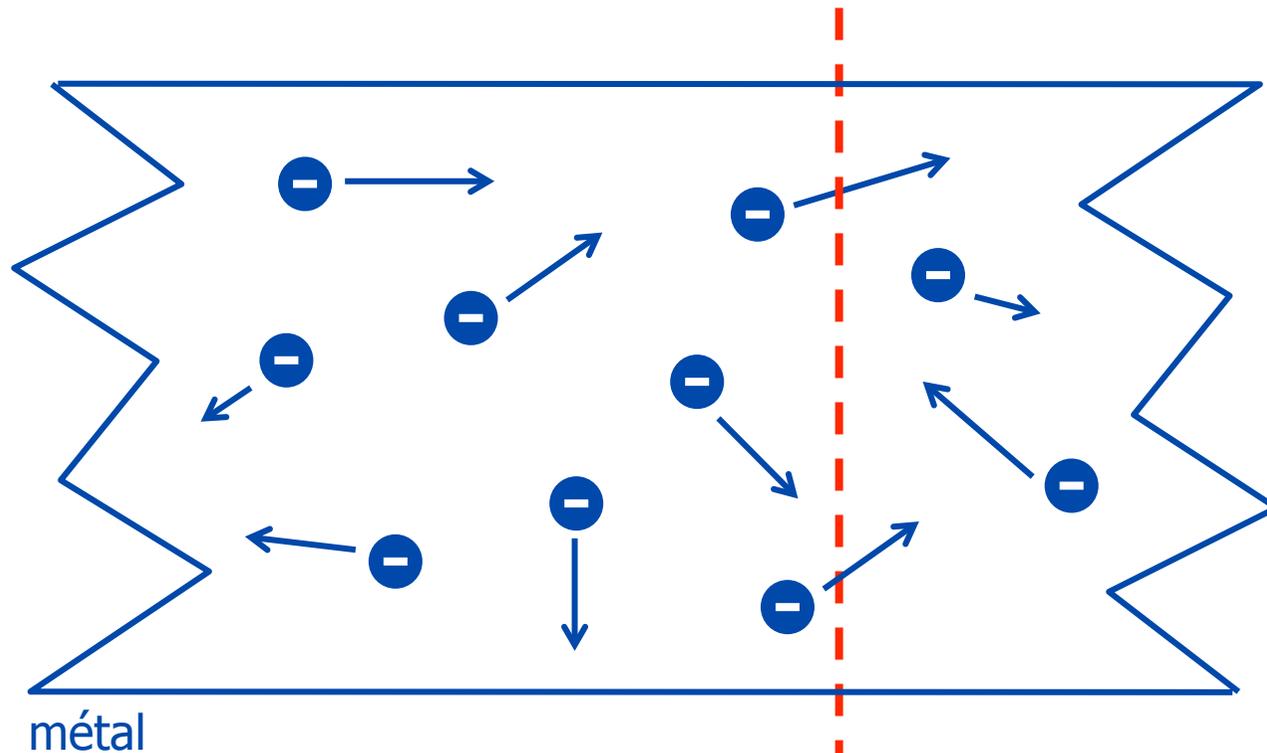
Chapitre 2.1: Notions fondamentales

2.1.2 - Courants et tensions

Le *courant* est un déplacement d'ensemble de porteurs de charge électrique

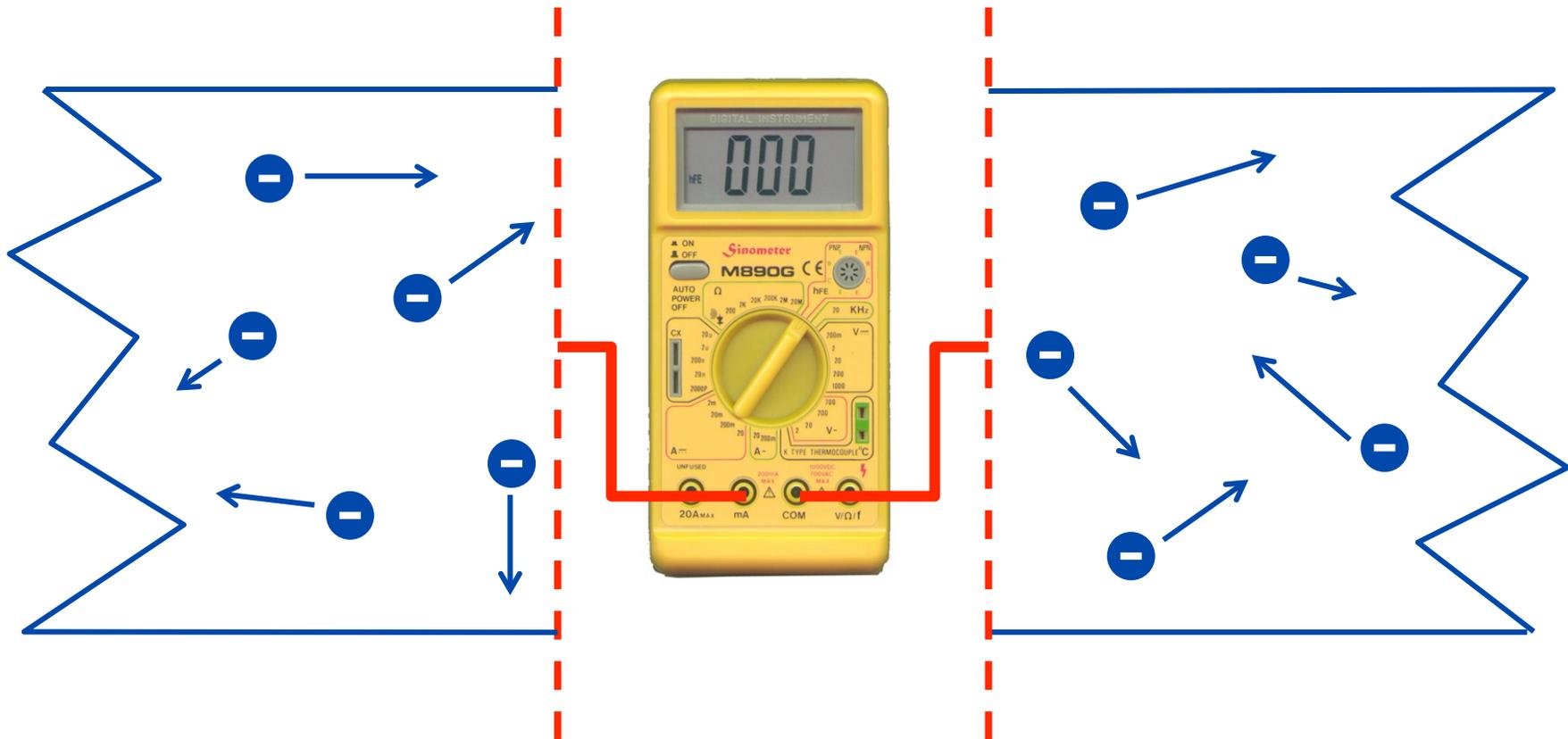


L'intensité est le "débit" de charge électrique

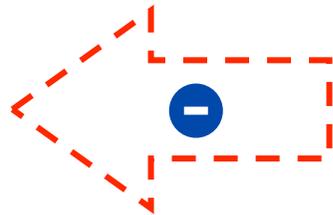
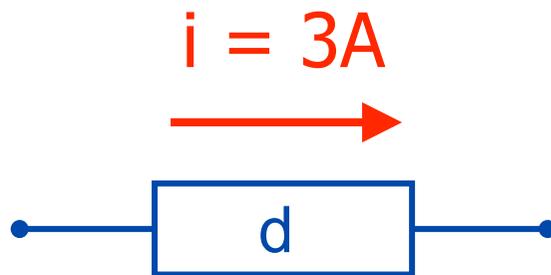


$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

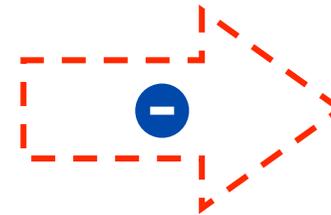
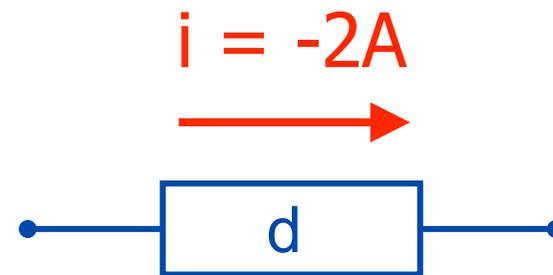
L'intensité se mesure à l'ampèremètre, en série avec le conducteur concerné



Convention de représentation du courant: les flèches représentent le *courant conventionnel*, *conventionnel*, formé de charges positives

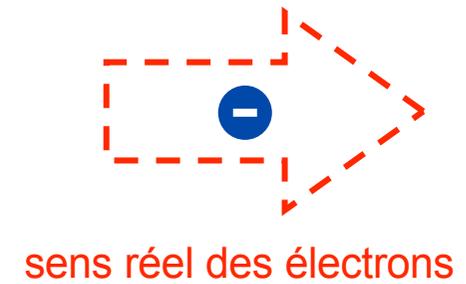
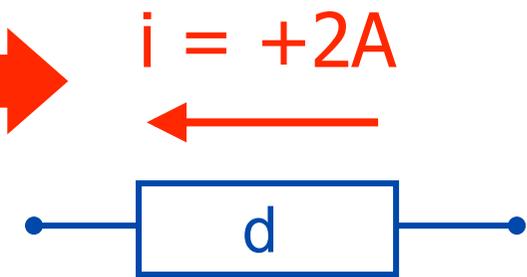
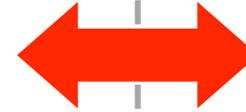
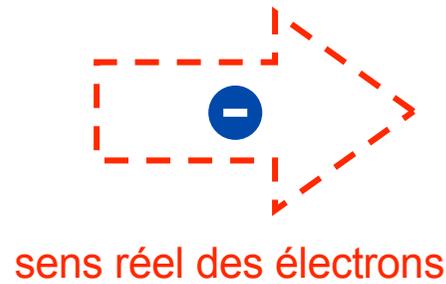
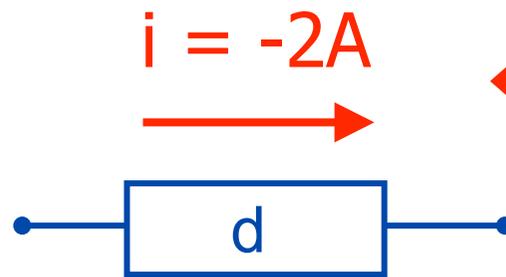
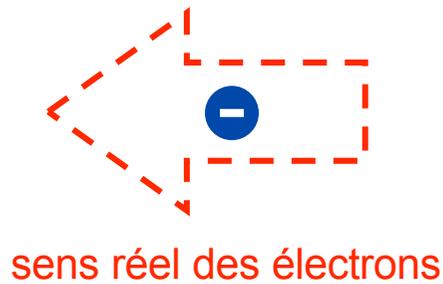
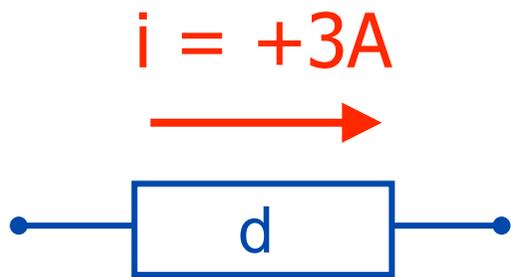


sens réel des électrons

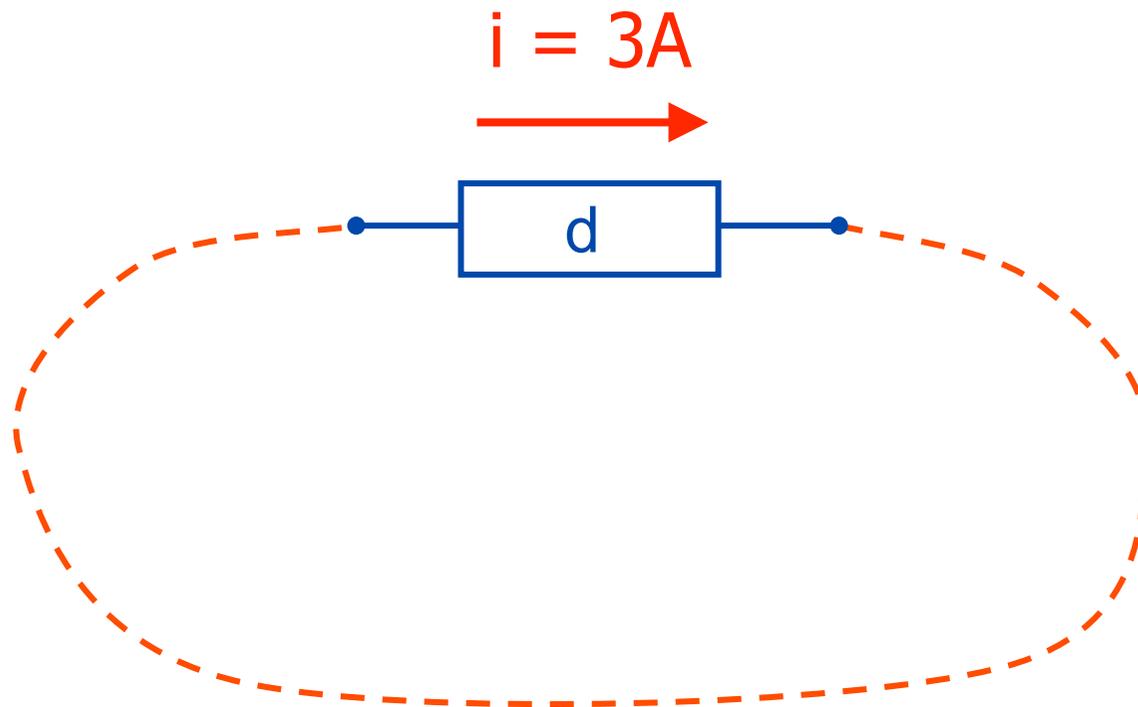


sens réel des électrons

Procédure: inverser un courant négatif

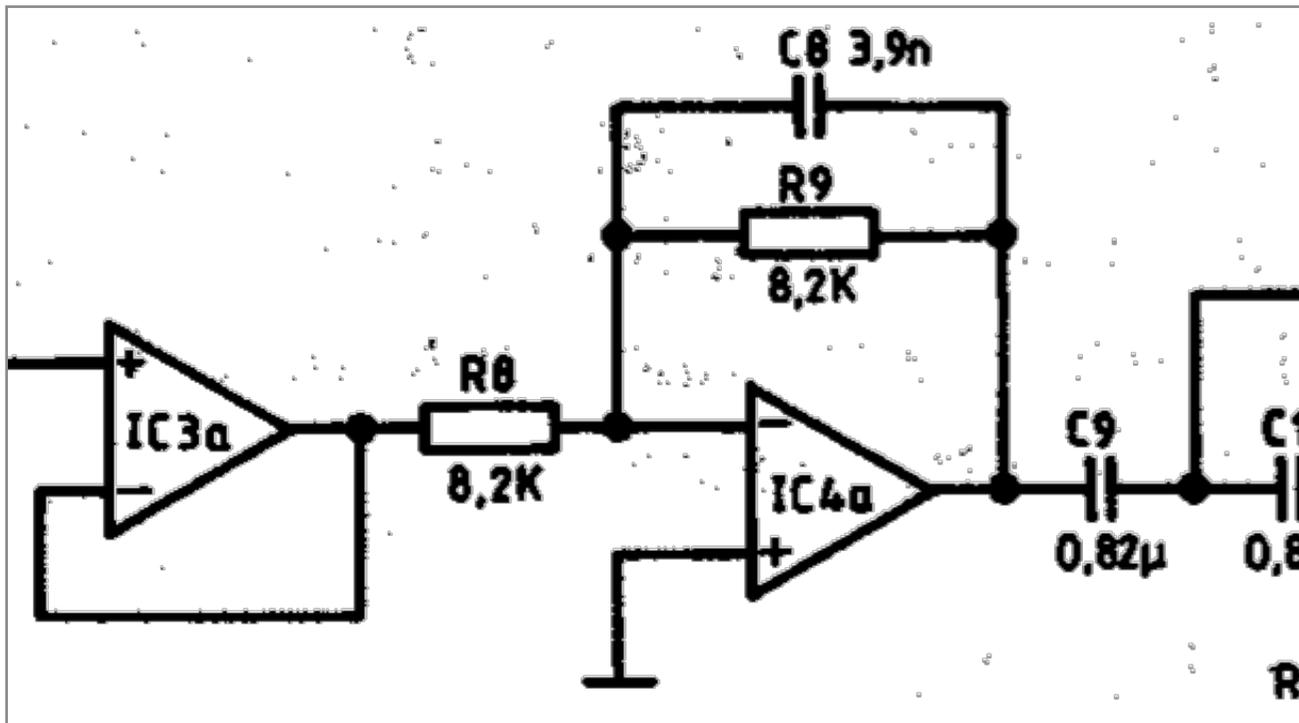


Un courant circule toujours dans une boucle fermée

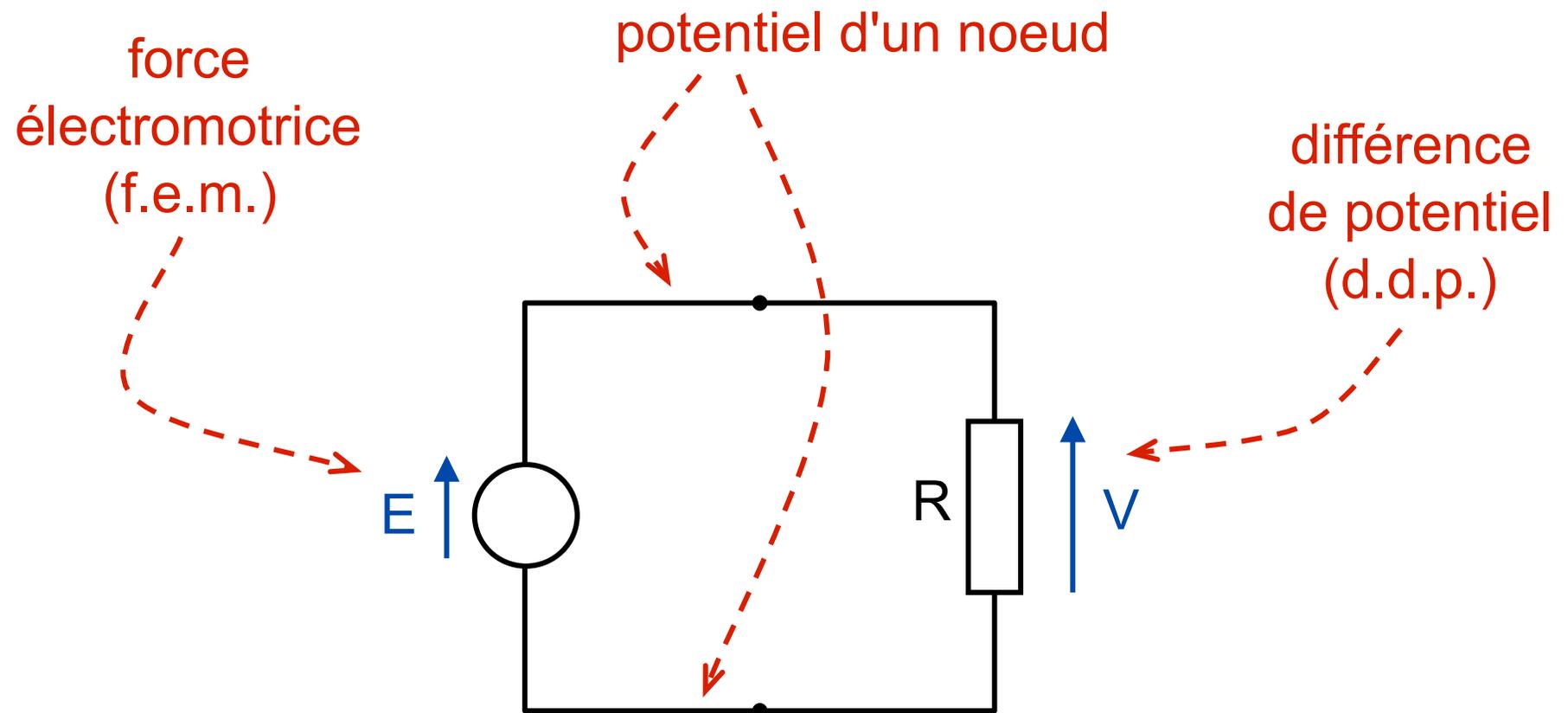


Un courant circule toujours dans une boucle fermée

- ah...



La *tension* est... un terme flou!



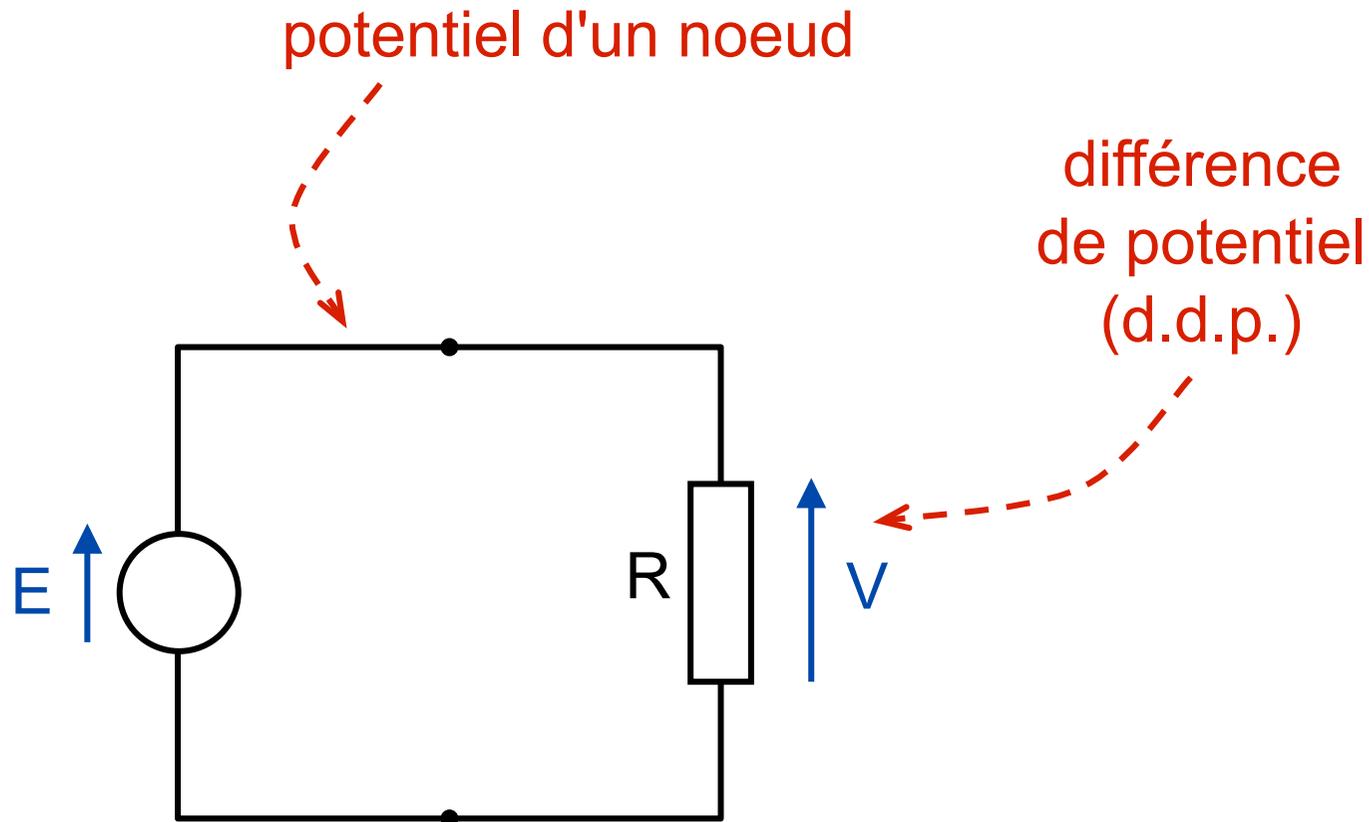
Le potentiel électrique... c'est quoi?

- "Le potentiel électrique en un point vaut l'énergie à dépenser pour amener en ce point une charge électrique unitaire (1C) depuis un point où, par convention, ce potentiel vaut 0V"

Le potentiel électrique est une formulation alternative (outil) au champ électrique

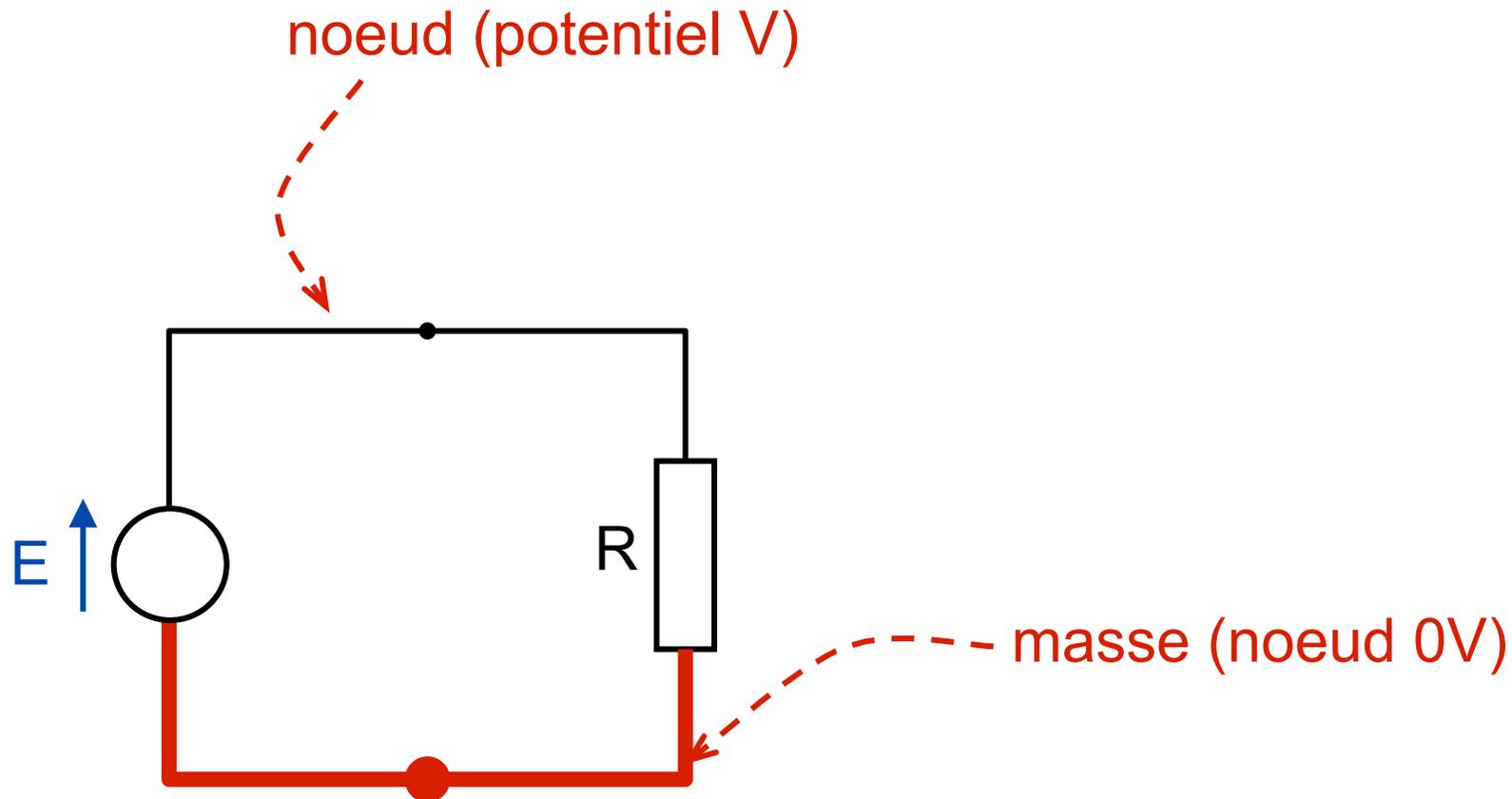
- $E = -\text{grad } V$
 - E est proportionnel au gradient de V
 - E: expression locale
 - V: expression globale (V est la circulation de E)

Ce qu'on mesure (au voltmètre), c'est la *ddp* entre deux nœuds d'un montage



La *masse* est le nœud qui, par convention, vaut 0V

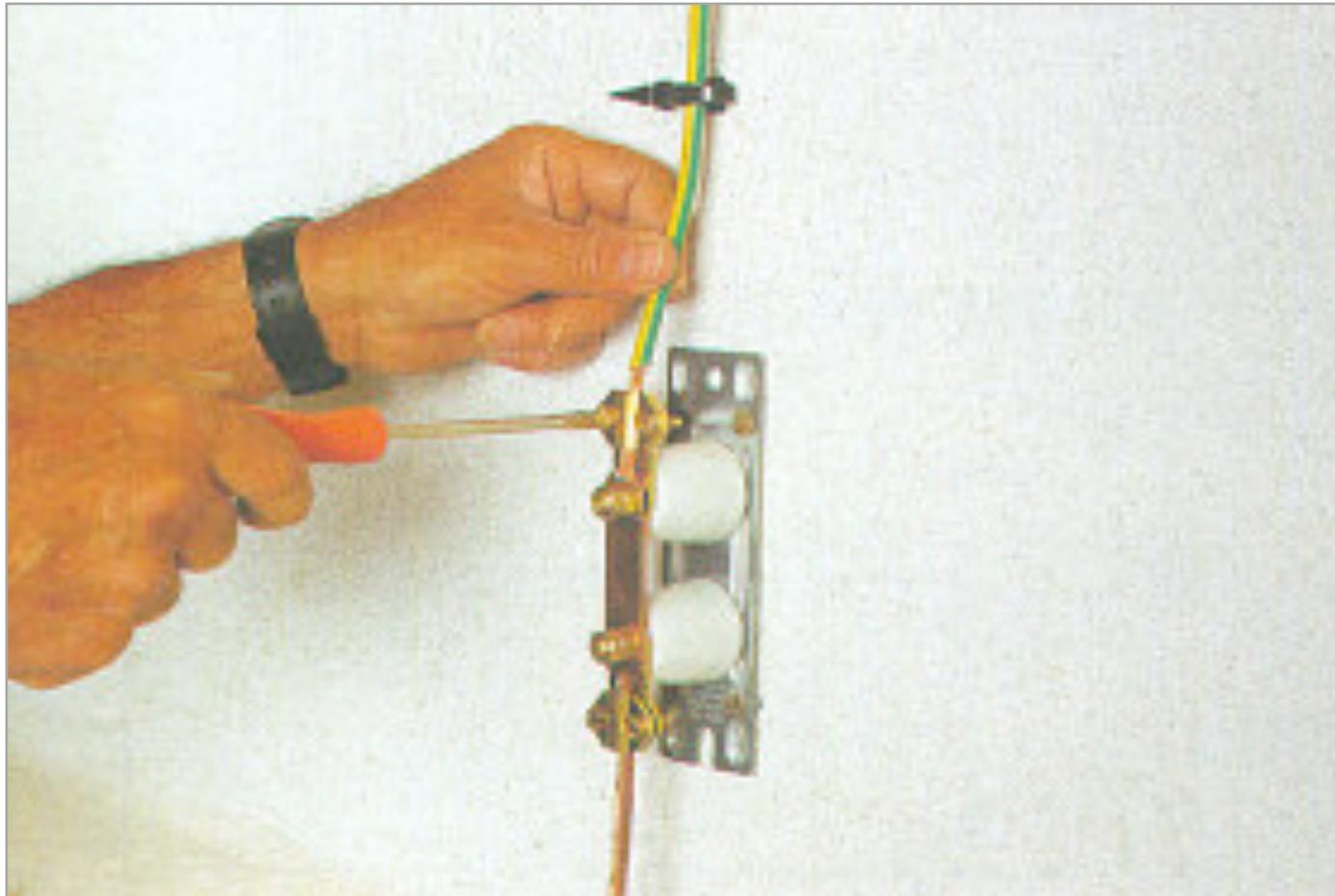
- on peut alors mesurer les *potentiels* par rapport à cette masse



Le choix de la masse est arbitraire

- le potentiel électrique V est en effet défini à une constante près
 - puisque seul son gradient (différence) est lié au champ E
- si on modifie le choix de la masse...
 - tous les potentiels changent
 - mais pas les ddp

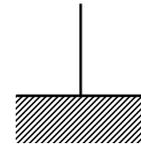
La *terre* est un conducteur qui, étant au potentiel électrique du... sol, joue un rôle de *protection*



Ne confondez pas: masse et terre

- masse

- notion d'abord théorique
- nœud arbitraire
- utilité: il en faut une d'un point de vue théorique (0V)

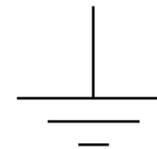


masse



- terre

- notion d'abord pratique
- potentiel du sol
- utilité: protège les équipements et les personnes

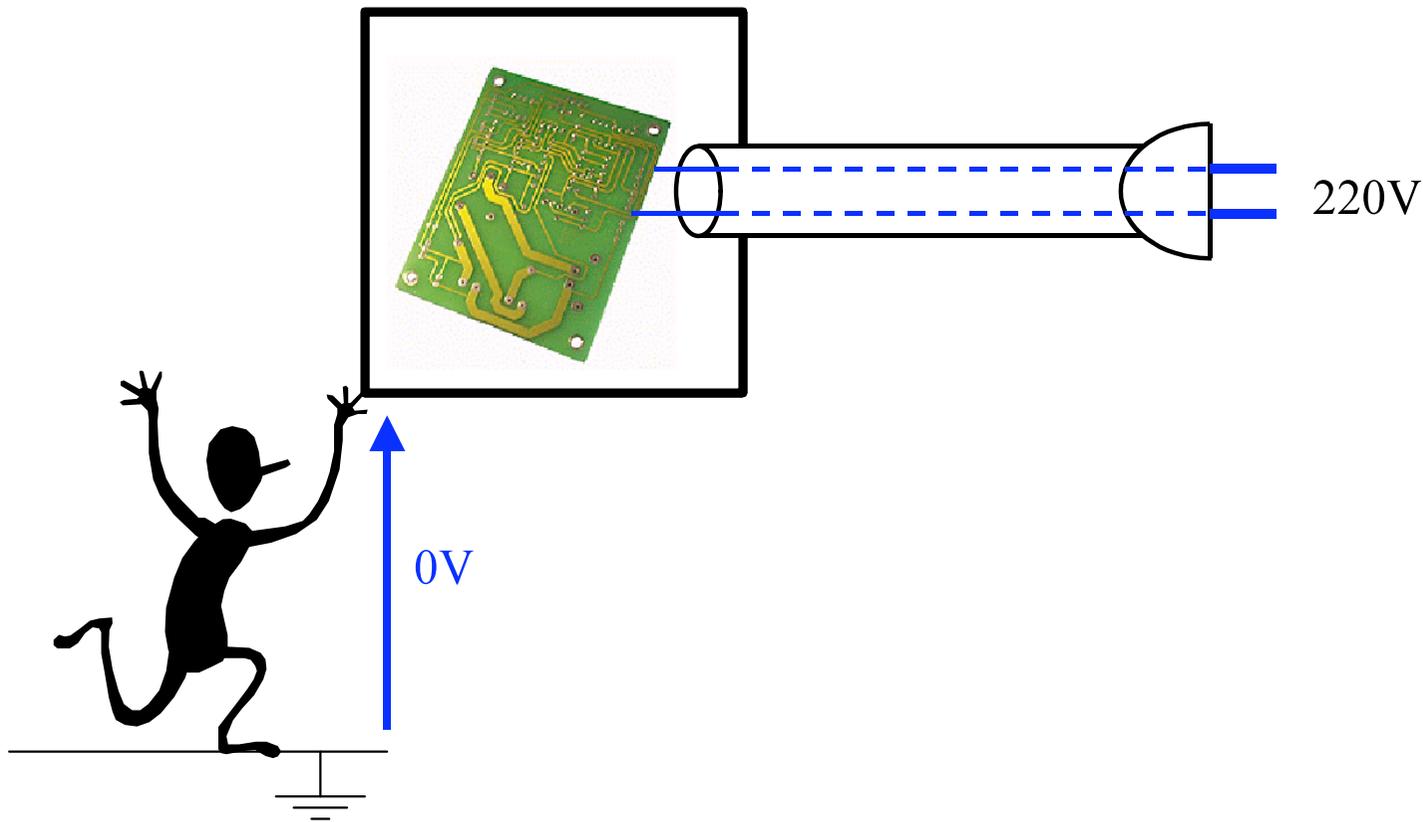


terre

- masse et terre peuvent être connectées... ou non!

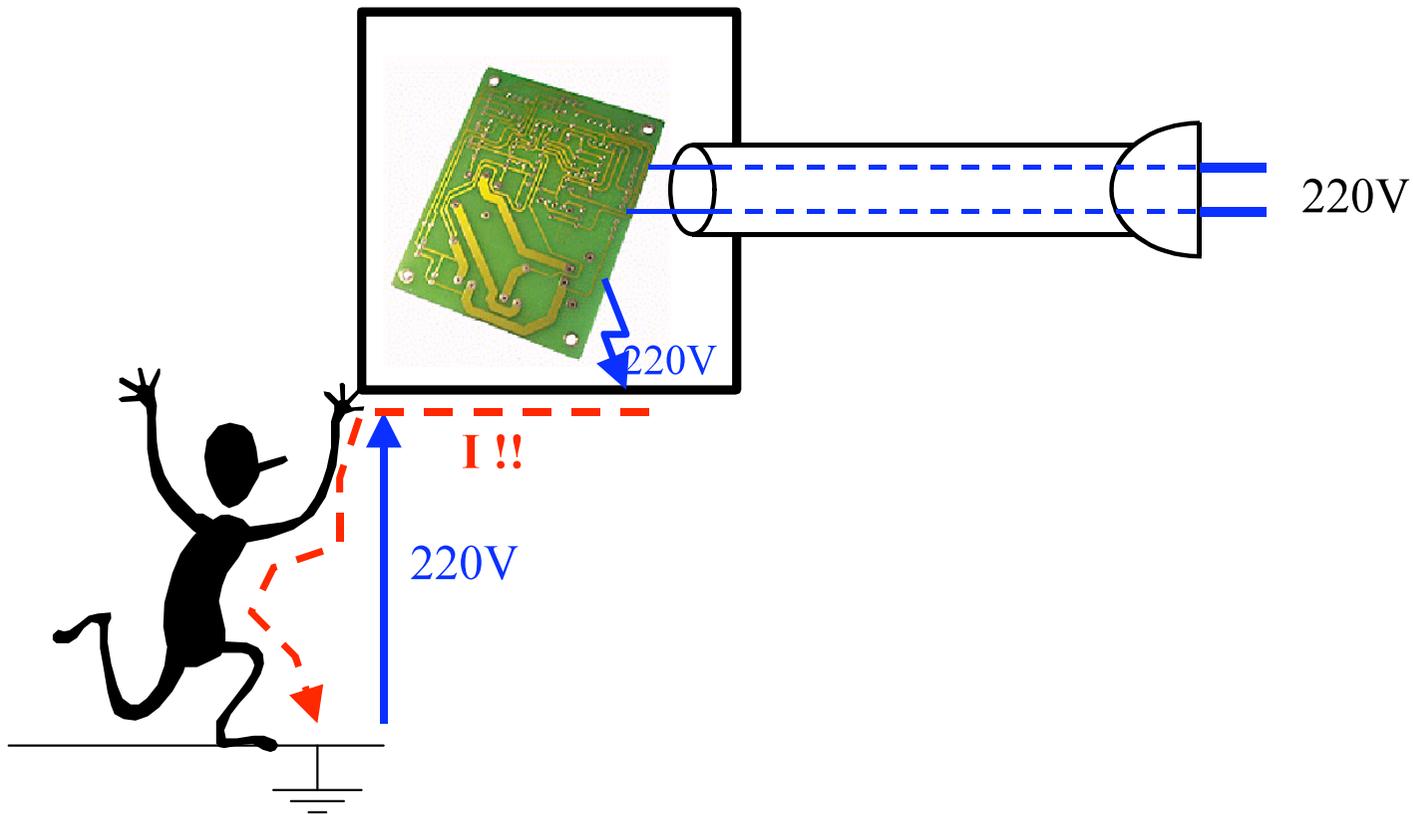
Terre = protection contre l'électrocution

- Appareil sans terre / sans défaut = OK!
 - le châssis (métallique) de l'appareil est "flottant" (rien ne fixe son potentiel) => on peut le toucher sans danger



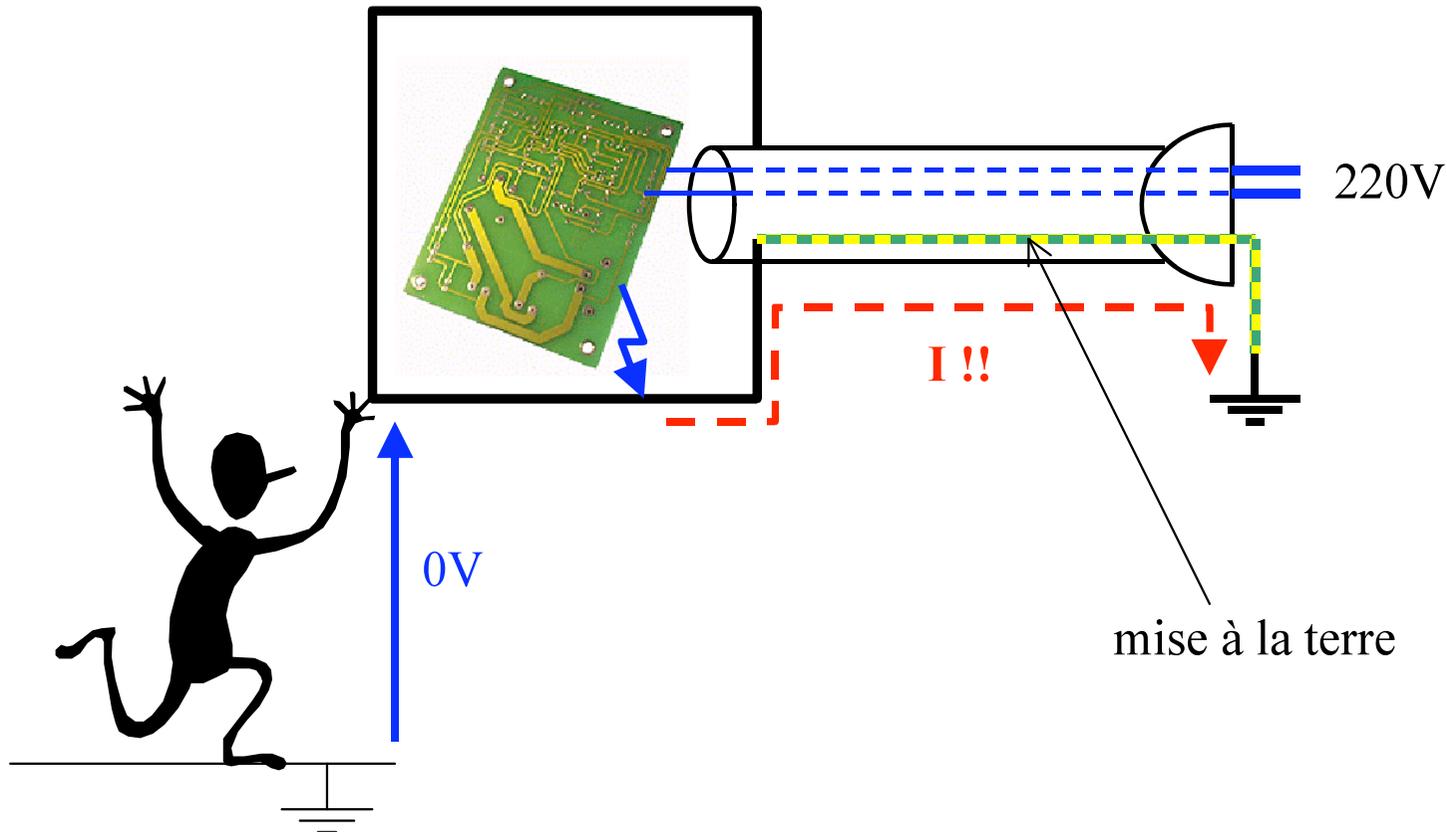
Terre = protection contre l'électrocution

- Appareil sans terre / avec défaut = électrocution!
 - défaut = le châssis métallique est porté à une tension élevée
 - => ddp entre ce châssis et la terre => courant via l'utilisateur



Terre = protection contre l'électrocution

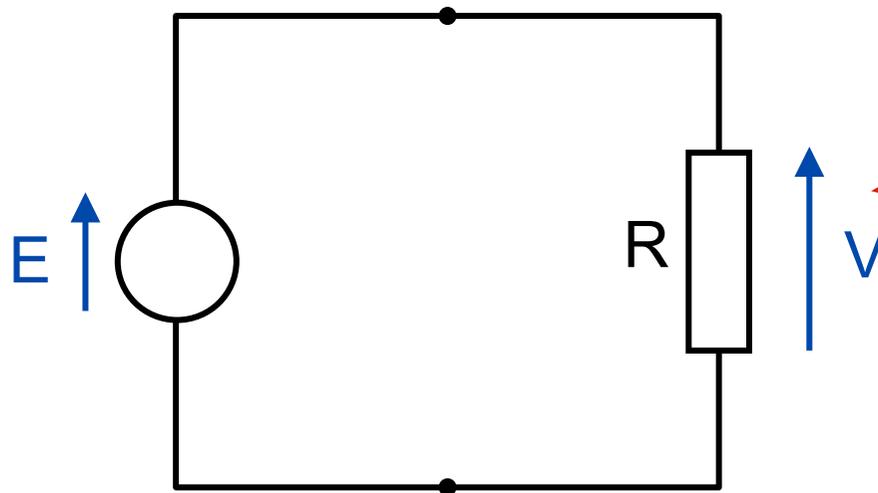
- Appareil avec terre / avec défaut = OK!
 - courant dévié préférentiellement par le conducteur de terre



La ddp d'une *source idéale* est appelée *force électromotrice* ou *f.e.m.*

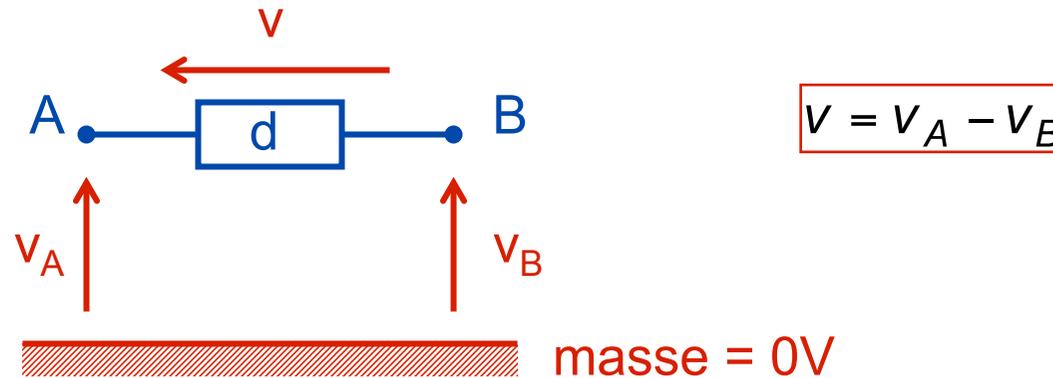
force
électromotrice
(f.e.m.)

différence
de potentiel
(d.d.p.)

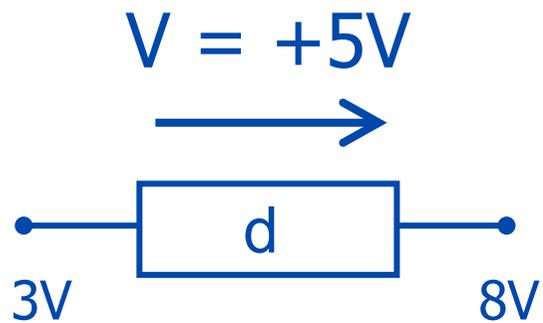


- source idéale: f.e.m. induite de la loi de Lenz
- sources réelles: pile, alternateur, etc

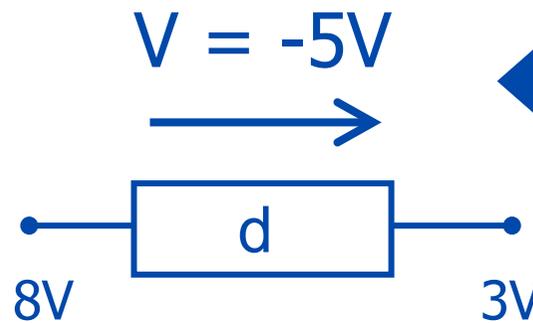
Convention de représentation de la ddp (dans ce cours): la flèche de tension pointe vers le potentiel le plus positif



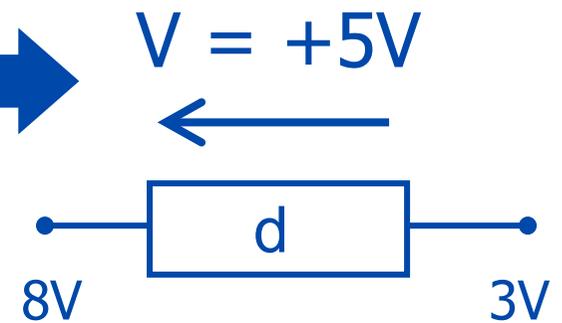
Procédure: inverser une ddp négative



$$V = 8V - 3V = 5V$$



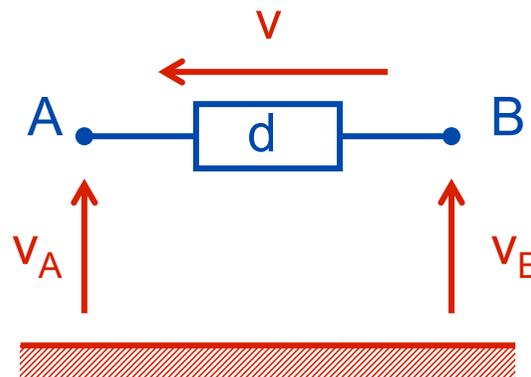
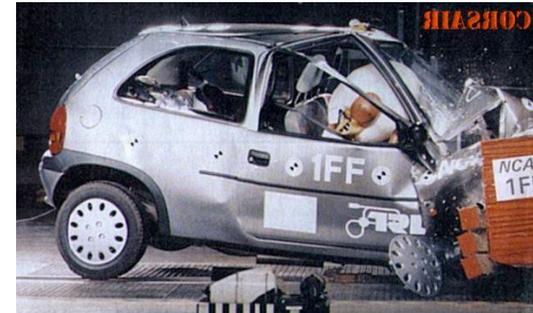
$$V = 3V - 8V = -5V$$



$$V = 8V - 3V = 5V$$

Ne confondez pas: potentiel d'un nœud et ddp

- Pour un dipôle, le courant est lié à la *ddp*, pas au potentiel



Les unités et les ordres de grandeur

- Courant
 - en ampères $[A] = [C/s]$
 - valeurs courantes: de $10\mu A$ à $100mA$
- Tension
 - en volts $[V]=[J/C]$
 - valeurs courantes: de $100\mu V$ à $100V$
- Charge
 - en coulombs $[C]$
 - un électron porte une charge élémentaire négative, notée e , qui vaut environ $-1,6 \cdot 10^{-19} C$
- Puissance
 - en watts $[W]$
 - valeurs courantes: de $10\mu W$ à $10W$

Synthèse

- Notions vues
 - courant électrique
 - définition
 - représentation (courant conventionnel)
 - tension
 - définition(s)
 - représentation et convention de signe
 - potentiel $><$ différence de potentiel
 - force électromotrice
 - masse $><$ terre
 - unités et valeurs courantes

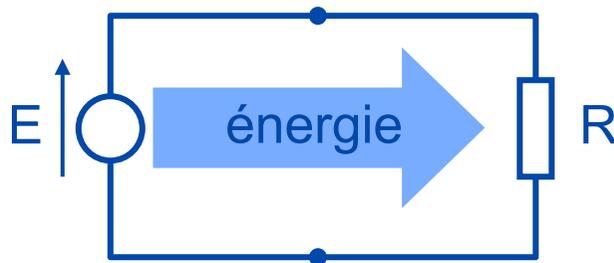
Chapitre 2.1: Notions fondamentales

2.1.3 - Energie et puissance

Puissance et énergie

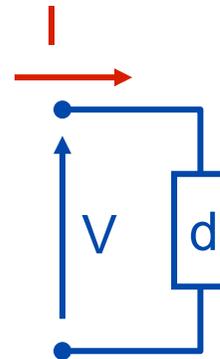
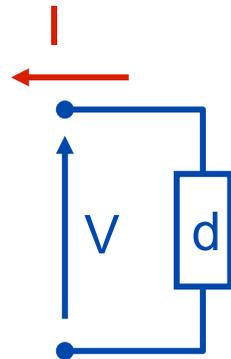
- La propagation d'un signal électrique dans un circuit s'accompagne d'un transfert d'énergie entre composants
 - la notion d'échange d'énergie nous ramène au "sens de lecture" du schéma élémentaire et aux notions de source et de charge
- La puissance électrique est le produit de la tension (ddp) par l'intensité du courant électrique
 - puissance = énergie fournie ou reçue par unité de temps
 - unités: énergie en Joules [J] et puissance en Watts [W]
 - ci-dessous: formule de la puissance instantanée

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$



Puissance: conventions de signe

- Des conventions de signe ont été définies précédemment pour la tension et pour le courant...
- Q: au moment de définir les variables de tension et de courant sur un dipôle, laquelle des deux possibilités ci-dessous doit-on utiliser?
 - sous-entendu: pour avoir I et V positifs

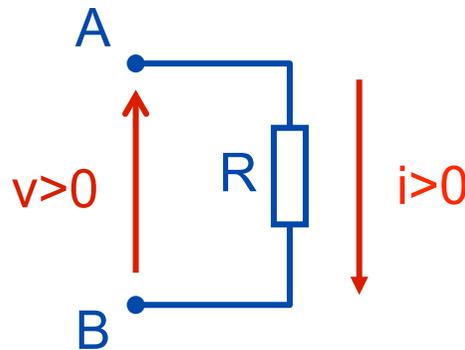


Les 7 "péchés capitaux"

- 1) utiliser les mauvaises unités
 - ex: $V = 3\text{ A}$
- 2) utiliser des ordres de grandeur non réalistes
 - ex: $I = 3000\text{ A}$ en électronique de signal
- 3) ne pas définir (sens des flèches, nom, etc) les grandeurs utilisées dans les équations
- 4) appliquer les théorèmes linéaires sur des systèmes non-linéaires
 - ex: théorème de superposition dans un circuit à diode
- 5) mal utiliser les axes dans un plan de Bode
 - ex: graphe à l'envers, log du log, etc
- 6) utiliser les phaseurs pour calculer une réponse indicielle
- 7) proposer pour une capacité ou une inductance un comportement non réaliste
 - = comportement contredisant les lois temporelles ou l'impédance

Puissance: convention récepteur

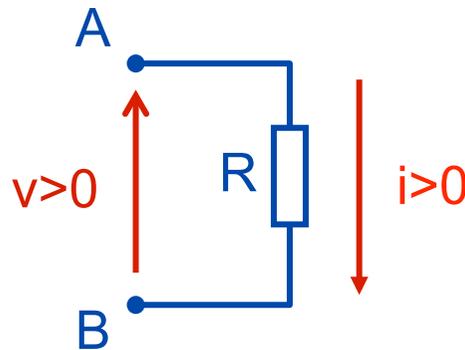
- cas de la charge
 - la charge (résistance) reçoit de la puissance
 - compte tenu des conventions de représentation précédentes sur i et v , on peut faire le raisonnement suivant:
 - si l'on suppose la tension v positive, la borne A porte un potentiel "plus positif" (plus élevé) que la borne B
 - dans la résistance, les électrons, parce qu'ils portent une charge négative, sont donc attirés par la borne A et repoussés par la borne B
 - le courant conventionnel, qui est l'inverse du courant d'électrons, est donc dirigé de A vers B
 - => les flèches de courant et de tension sont de sens opposés



Puissance: convention récepteur

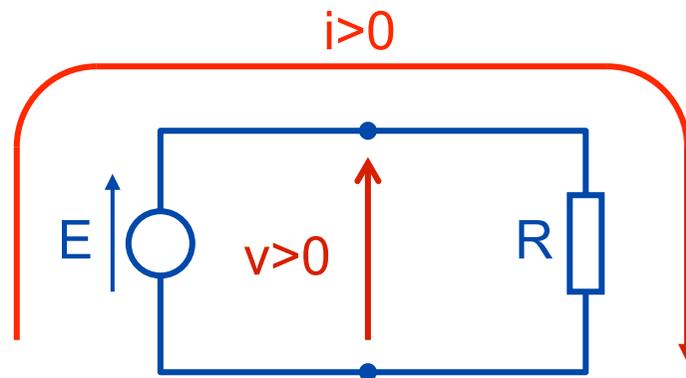
- cas de la charge
 - => pour que la puissance reçue par une charge soit positive, il faut observer la convention "récepteur": dans une charge, les flèches de courant et de tension sont de sens opposés
 - N.B.: si on inverse simultanément i et v , la puissance reste positive

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$



Puissance: convention générateur

- cas de la source
 - la source (source de tension) fournit de la puissance
 - puisque, pour la source...
 - 1) la ddp est la même sur la source et sur la charge
 - 2) et que le courant circule en boucle
 - => on arrive à la conclusion opposée: les flèches de tension et de courant sont de même sens
 - toujours pour i et v positifs



Puissance: convention générateur

- cas de la source

- => pour que la puissance fournie par une source soit positive, il faut observer la convention "générateur": dans une source, les flèches de courant et de tension sont de même sens

- N.B.: si on inverse simultanément i et v , la puissance reste positive

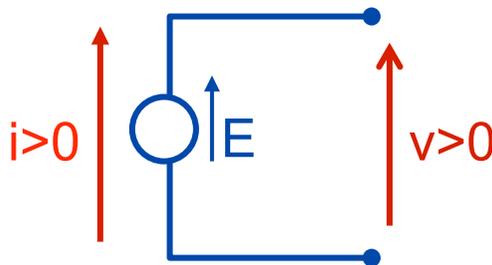
- interprétation

- un courant circulant dans une charge y crée une "chute de potentiel"

- cas de la plupart des dipôles

- exception: la source "remonte" le potentiel électrique à son niveau initial

$$p(t) = v(t).i(t)$$



Puissance: conventions récepteur et générateur

- en résumé
 - pour rester cohérent dans la définition des variables de courant et de tension (y compris leurs signes), le plus logique est d'utiliser la convention générateur pour les sources et la convention récepteur pour les charges
 - "rester cohérent"?
 - l'usage simultané de ces conventions dans le même schéma assure la circulation en boucle du courant
 - la puissance associée à tout dipôle (source ou charge) reste positive
- remarques
 - il s'agit de conventions à prendre "a priori", lorsqu'on ne connaît pas encore les valeurs de tension et de courant
 - sera très utile au moment de résoudre un schéma

Puissance: dipôles passifs et dipôles actifs

- dipôle passif
 - définition intuitive: dipôle qui "consomme" de la puissance
 - définition: puissance v.i positive pour convention récepteur
 - ex: résistance (puissance dissipée par effet Joule)
- dipôle actif
 - définition intuitive: dipôle qui "produit" de la puissance
 - définition: puissance v.i positive pour convention générateur
 - ex: sources de tension et de courant

Unités et ordres de grandeur

- Puissance
 - en watts [W]
 - valeurs courantes: de $10\mu\text{W}$ à 10W