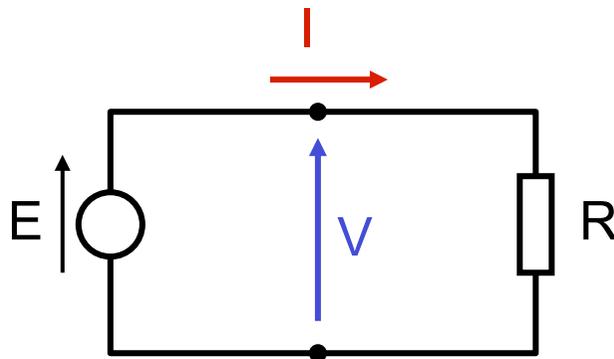


Chap. 2 – Vademecum d'électricité
2.1 – Notions fondamentales autour d'un schéma élémentaire

**2.1.3bis - Etat électrique, loi et
caractéristique d'un dipôle**

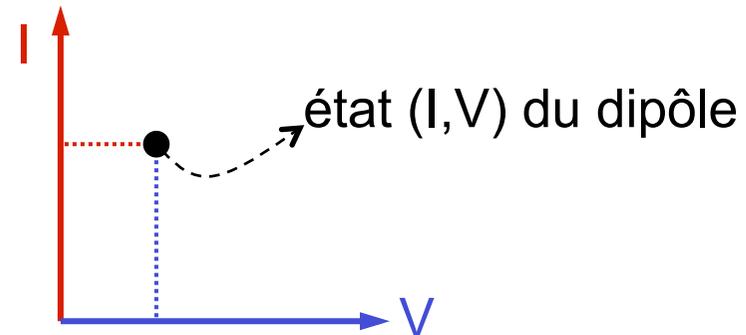
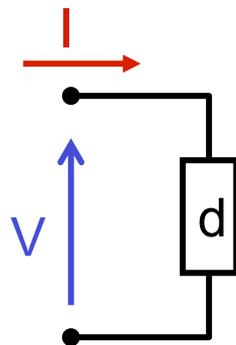
Introduction

- ▶ Ce module explore les liens existant entre un schéma et les dipôles qui le composent
 - ◆ notions de vocabulaire
 - ◆ analyse des valeurs i et v en termes de degrés de liberté
 - ◆ résolution détaillée du schéma élémentaire
 - pas si trivial!
- ▶ ces notions sont fondamentales pour l'utilisation des composants électroniques
 - ◆ diode, transistor, ampli-op, etc



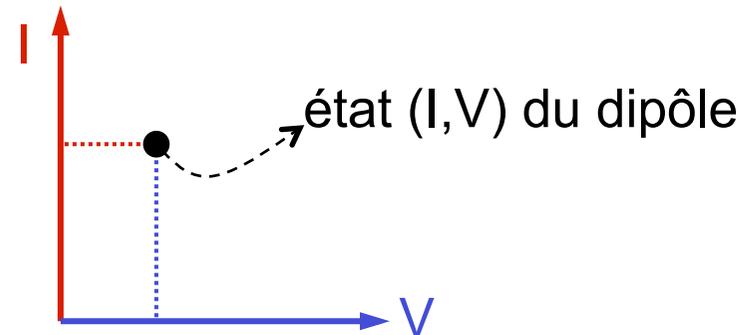
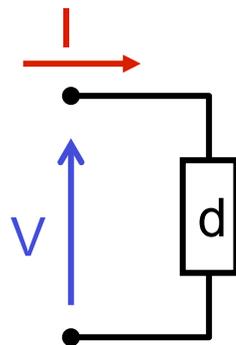
Etat électrique d'un dipôle

- ▶ Appelons état électrique d'un dipôle le couple (I, V) de valeurs de courant et de tension qui s'appliquent à ce dipôle à un moment donné
- ▶ remarques
 - ◆ 1) il faut définir les sens de I et de V
 - utilisons a priori la convention récepteur
 - ◆ 2) il faut et il suffit de deux valeurs pour définir complètement l'état électrique d'un dipôle
 - l'état électrique du dipôle évolue dans un espace à deux dimensions
 - il peut se représenter par un point dans un plan (I, V)
 - N.B.: I en ordonnée et V en abscisse



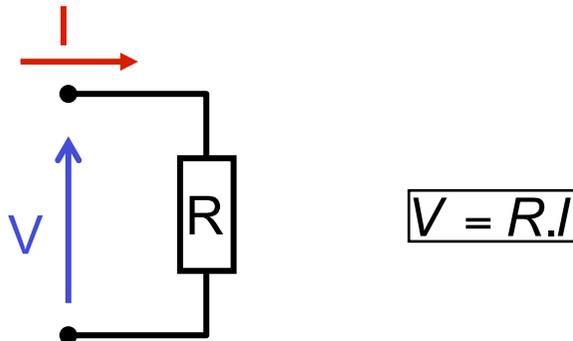
Etat électrique d'un dipôle

- ▶ remarques (suite)
 - ◆ 3) l'état électrique peut évoluer dans le temps
 - ◆ 4) l'état électrique ne se rapporte qu'aux bornes du dipôle
 - pas à ses détails internes de fonctionnement
 - rappel: un dipôle peut être lui-même un circuit complexe
 - ◆ 5) on ne peut pas fixer arbitrairement les deux valeurs du couple (I, V) : ce couple de valeurs n'est...
 - ...ni quelconque
 - ...ni fixé complètement par le dipôle (voir slides suivants)



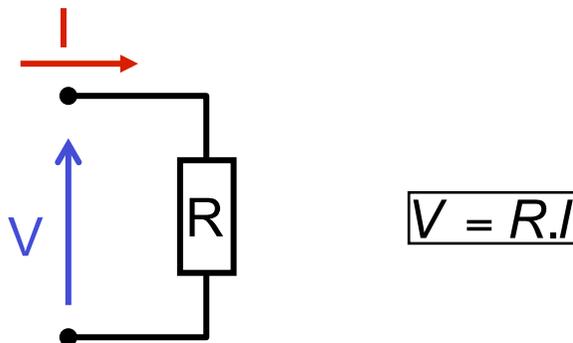
Loi fondamentale d'un dipôle

- ▶ Tout dipôle est caractérisé par une "loi" propre
 - ◆ ex: le dipôle "résistance" est caractérisé par la loi d'Ohm $V=R.I$
- ▶ cette loi est une relation mathématique imposant une contrainte sur la valeur du couple (I,V)
 - ◆ soit entre les valeurs de I et de V
 - ◆ soit sur la valeur de V
 - ◆ soit sur la valeur de I
 - ◆ exemples
 - le dipôle "résistance" impose que I et V soient proportionnels l'un à l'autre, précisément d'un facteur qui est la valeur de la résistance
 - le dipôle "source de tension " impose directement la valeur de V



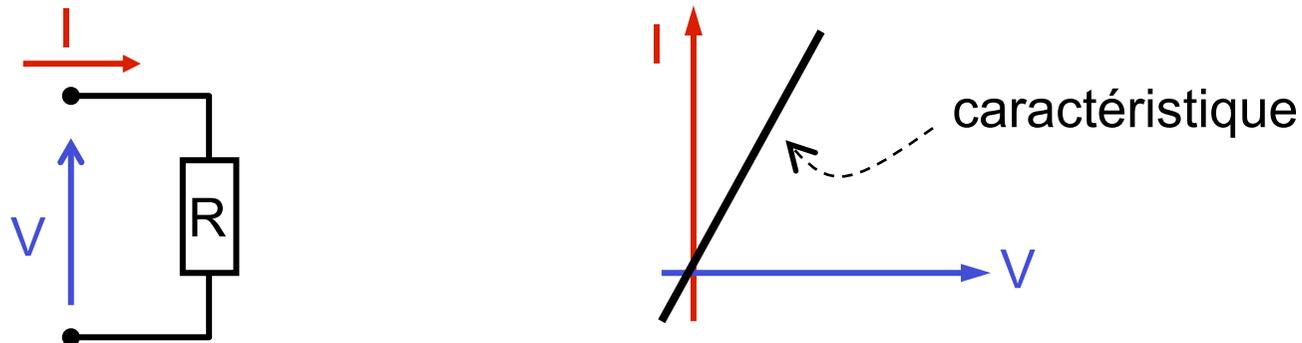
Loi fondamentale d'un dipôle et degrés de liberté

- ▶ remarque: degrés de liberté de (I, V)
 - ◆ le couple (I, V) se rapportant à un dipôle est au départ défini dans un espace à deux dimensions
 - 2ddl
 - ◆ mais la loi du dipôle impose une contrainte dans cet espace
 - réduit de 1ddl les variations possibles de (I, V)
 - ◆ => pour un dipôle donné, les valeurs possibles du couple (I, V) ne peuvent varier que selon un seul degré de liberté (une dimension)
 - justifie la phrase: "l'état électrique (I, V) du dipôle n'est ni quelconque ni fixé entièrement par le dipôle"



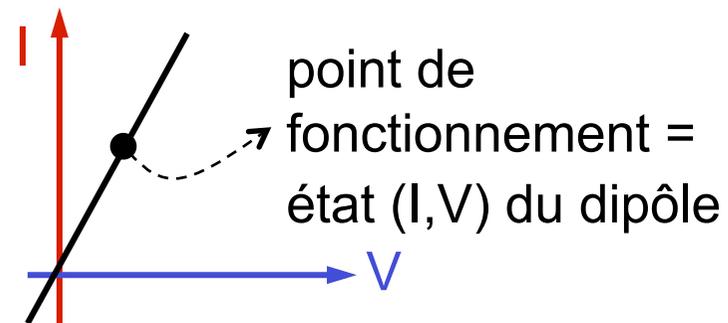
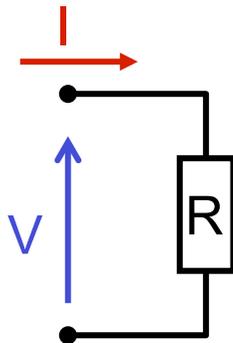
Caractéristique d'un dipôle

- ▶ La loi du dipôle peut être donnée sous forme analytique (formule) mais aussi sous forme graphique
- ▶ La caractéristique du dipôle est le graphe représentant sa loi fondamentale dans le plan (I, V)
 - ◆ ex: la caractéristique d'une résistance est une droite
- ▶ utilité de la notion de caractéristique
 - ◆ le comportement des composants réels, et spécialement des composants électroniques, est très souvent décrit sous forme graphique



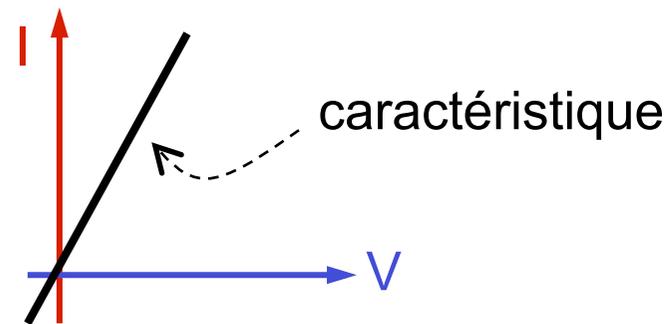
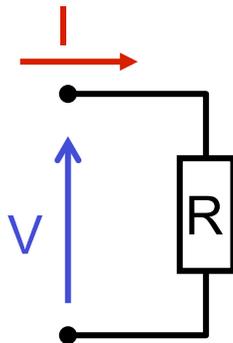
Caractéristique d'un dipôle: interprétation

- ▶ La caractéristique peut être interprétée comme l'ensemble des points accessibles au dipôle dans le plan (I,V)
 - ◆ ou encore: l'ensemble des états électriques possibles pour ce dipôle
 - ◆ => l'état électrique du dipôle ne peut "voyager" que sur la caractéristique
 - traduction graphique de la restriction à un degré de liberté des valeurs possibles de (I,V)
- ▶ à un instant donné...
 - ◆ ...seul un point de la caractéristique représente l'état électrique du dipôle: ce point est appelé "point de fonctionnement"



Caractéristique d'un dipôle: interprétation

- ▶ la caractéristique d'un dipôle décrit le comportement électrique de ce dipôle vis-à-vis du circuit extérieur
 - ◆ par "comportement électrique", on entend la relation entre I et V aux bornes du dipôle
 - synonyme de loi du dipôle
 - relation imposée par le dipôle lui-même
 - ◆ la caractéristique est une description de ce comportement électrique
 - elle ne l'*explique* pas
 - ◆ "vis-à-vis du circuit extérieur" signifie que cette description concerne uniquement les valeurs de I et V aux bornes du dipôle
 - pas ce qui se passe dans le dipôle, tout comme l'état électrique



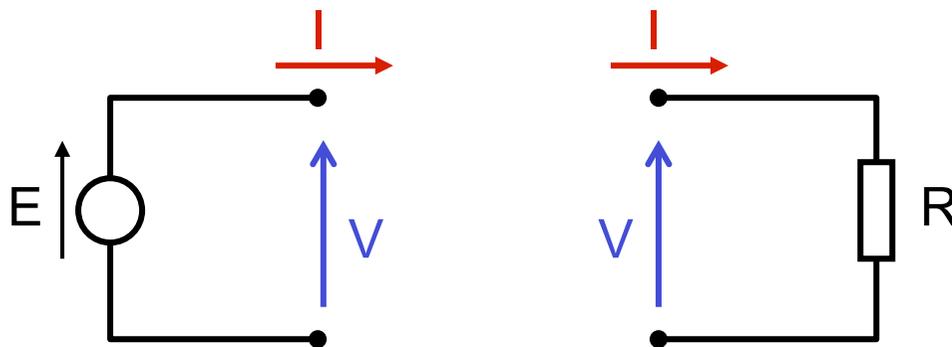
Caractéristique d'un dipôle: circuit extérieur

▶ Circuit extérieur

- ◆ Le circuit extérieur est l'ensemble des autres composants auxquels est connecté le dipôle
- ◆ exemple: schéma élémentaire ci-dessous
 - pour la source de tension, le circuit extérieur est la résistance
 - pour la résistance, le circuit extérieur est la source de tension

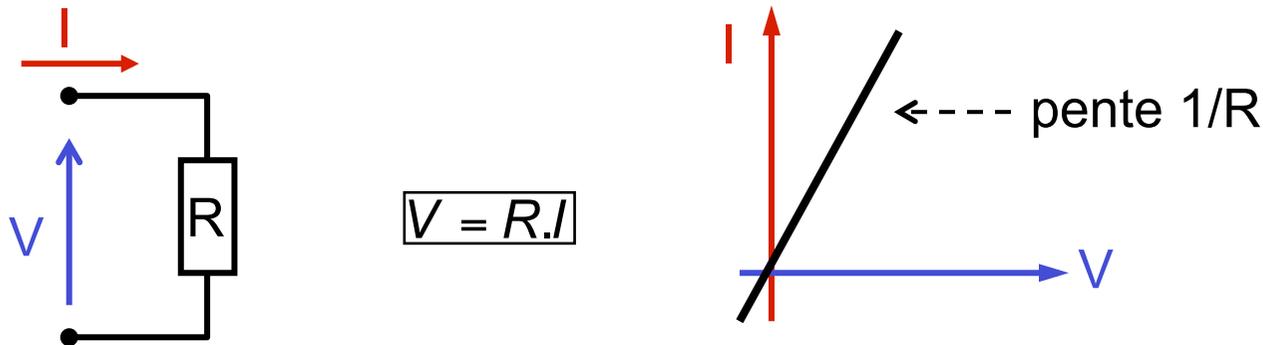
▶ Remarque

- ◆ L'utilisation de la notion de caractéristique suppose implicitement que le dipôle est connecté à d'autres composants dans un circuit...
- ◆ ...c'est-à-dire qu'il existe un circuit extérieur
 - dans le cas contraire, le courant serait d'office nul



Exemple du dipôle "résistance"

- ▶ loi fondamentale
 - ◆ la loi fondamentale du dipôle résistance est la loi d'Ohm $V=R.I$
 - ◆ contrainte: V et I sont proportionnels
- ▶ caractéristique
 - ◆ on tire de la loi d'Ohm: $I=V/R$
 - ◆ la caractéristique du dipôle résistance est donc une droite de pente $1/R$ et passant par l'origine dans le plan (I,V)
- ▶ état électrique
 - ◆ un point de la caractéristique à un instant donné



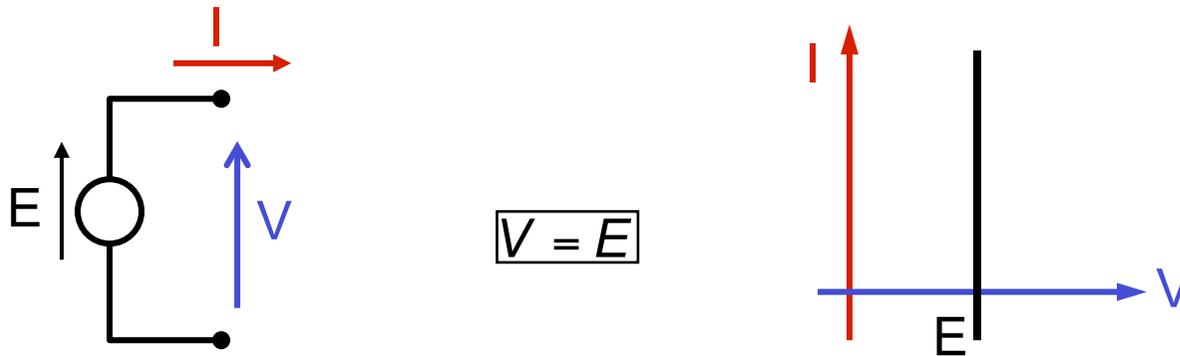
Exemple du dipôle "source de tension"

▶ loi fondamentale

- ◆ une source de tension idéale impose la tension E à ses bornes
- ◆ sa loi fondamentale est donc: $V=E$
- ◆ contrainte:
 - la source impose directement V
 - il n'y a pas de contrainte sur I
- ◆ N.B.: notez l'utilisation de la convention générateur pour ce dipôle

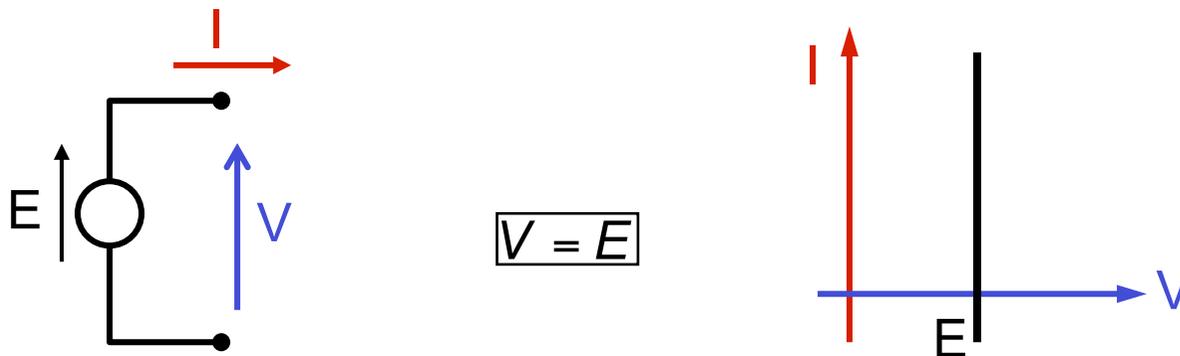
▶ caractéristique

- ◆ la loi $V=E$ se traduit graphiquement par une droite verticale d'abscisse E



Exemple du dipôle "source de tension idéale"

- ▶ interprétation de la caractéristique verticale de la source de tension idéale
 - ◆ une droite verticale laisse supposer que plusieurs valeurs de courant sont possibles pour une tension donnée
 - ◆ c'est bien le cas (puisque la source impose précisément cette valeur de tension), mais les différentes valeurs de courant ne sont pas valables simultanément
 - il n'y a pas de contrainte sur la valeur du courant traversant le dipôle
 - mais à un instant donné, l'état électrique du dipôle se réduit bien à un point



Synthèse (I)

▶ Notions vues

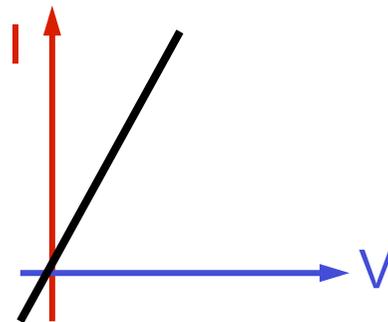
- ◆ état électrique d'un dipôle
- ◆ loi fondamentale d'un dipôle
 - et son interprétation en tant que contrainte sur l'état électrique du dipôle
- ◆ caractéristique d'un dipôle
 - sa représentation dans le plan (I,V) et son interprétation
- ◆ point de fonctionnement
- ◆ application de ces notions à deux dipôles particuliers
 - la source de tension
 - la résistance
- ◆ circuit extérieur

Résolution du schéma élémentaire

- ▶ Dans la première partie de ce module, nous avons vu que l'état électrique d'un dipôle ne peut évoluer que selon une dimension
 - ◆ = sur la caractéristique (courbe 1D dans un espace 2D)

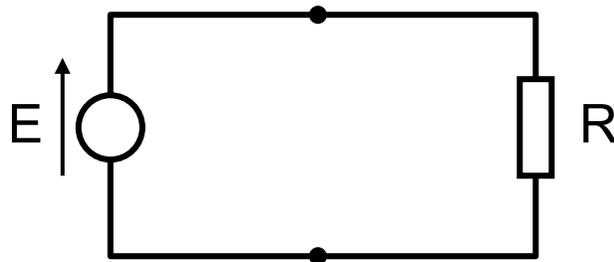
▶ Q: mais qu'est-ce qui fixe l'état électrique du dipôle sur la caractéristique?

- ▶ R: le circuit extérieur
 - ◆ => remarque: dans le plan (I, V) , 1ddl est fixé par le dipôle et l'autre par le circuit extérieur



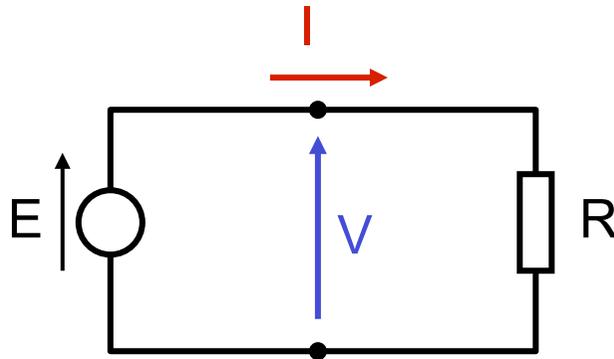
Résolution du schéma élémentaire

- ▶ Résoudre un circuit, c'est déterminer en tout point de celui-ci les valeurs de la tension et du courant
 - ◆ donc les états électriques des composants
- ▶ connaissant les notions d'état électrique, de loi du dipôle et de caractéristique, nous allons maintenant voir en détail en quoi consiste la résolution d'un schéma dans le cas du schéma élémentaire
 - ◆ pour schémas plus complexes: voir section correspondante



Résolution du schéma élémentaire: variables

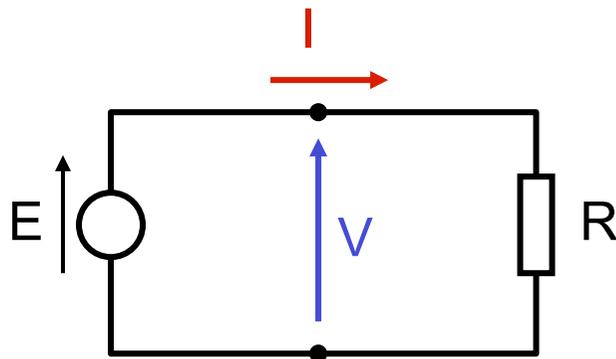
- ▶ Q: combien de valeurs de tension et de courant cherche-t-on?
- ▶ R: deux: V et I tels que définis sur le dessin



Résolution analytique

▶ résolution analytique

- ◆ on cherche deux variables: I et V
- ◆ le schéma élémentaire associe deux dipôles
 - chaque dipôle impose une contrainte (loi fondamentale) sur l'unique couple de valeurs (I, V) à trouver
- ◆ => système de 2 équations à 2 inconnues



$$\begin{cases} V = R \cdot I \\ V = E \end{cases}$$

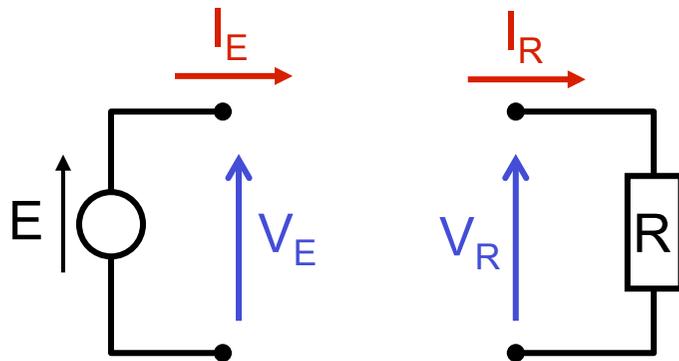


$$\begin{cases} I = \frac{E}{R} \\ V = E \end{cases}$$

Résolution analytique

► résolution analytique (bis)

- ◆ en fait: système de 6 équations à 6 inconnues (!)
 - équations des dipôles (lois)
 - équations des connexions (liées à la définition des courants et tensions des dipôles)
 - => la définition des tensions et courants (et de leurs signes) n'est pas triviale
 - => difficulté pour les schémas complexes
- ◆ se réduit à un système de 2 équations grâce à l'utilisation des conventions récepteur et générateur



$$\begin{cases} V_R = R \cdot I_R \\ V_E = E \end{cases}$$

$$\begin{cases} V = V_E = V_R \\ I = I_E = I_R \end{cases}$$

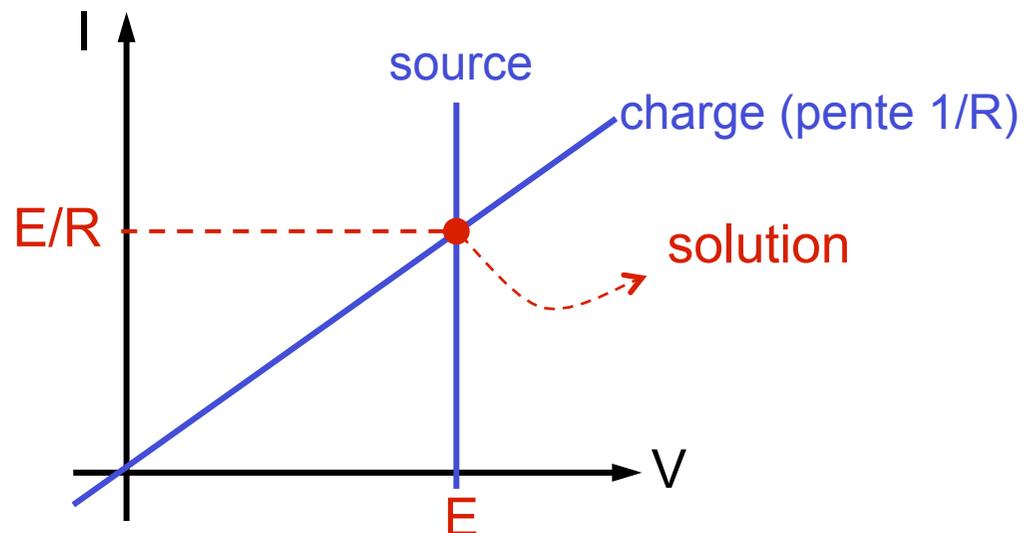


$$\boxed{\begin{cases} I = \frac{E}{R} \\ V = E \end{cases}}$$

Résolution graphique

▶ résolution graphique

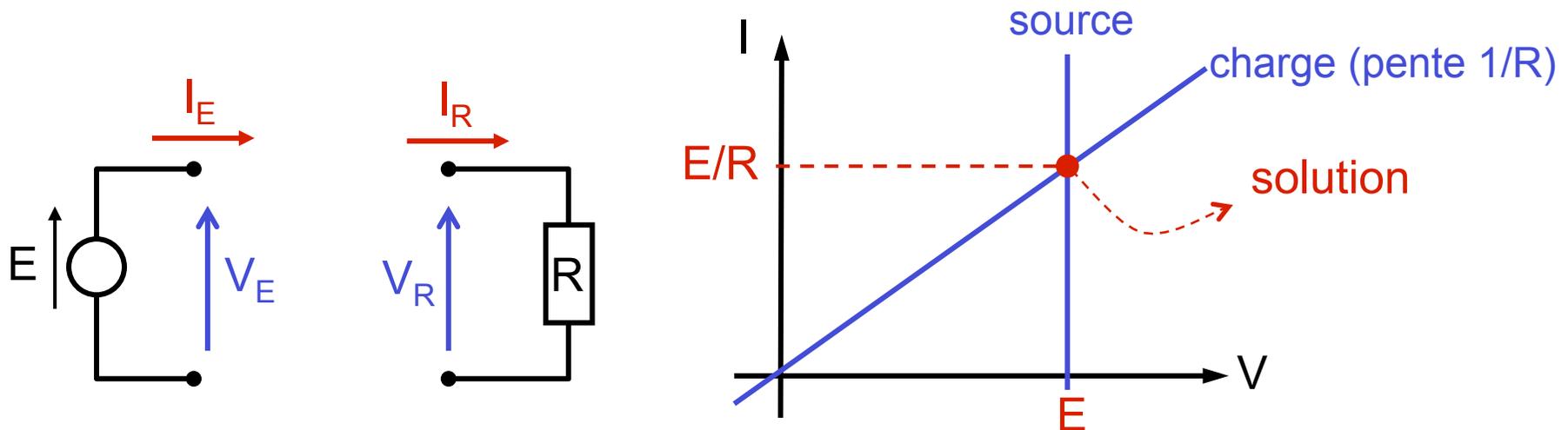
- ◆ chaque dipôle possède sa caractéristique dans le plan (I,V)
- ◆ chaque caractéristique représente les états électriques possibles pour le dipôle concerné
- ◆ => le seul point accessible aux deux dipôles est celui qui se trouve à l'intersection des caractéristiques
 - N.B.: résolution par intersection des caractéristiques très courant pour les dispositifs électroniques réels



Résolution graphique

▶ remarques

- ◆ ici aussi, le raisonnement ne fonctionne que parce qu'on a utilisé les conventions correctes (générateur/récepteur) pour chaque dipôle
 - générateur pour la source
 - récepteur pour la charge
- ◆ la résolution graphique est particulièrement bien adaptée au cas "source + charge"
 - c'est un classique toutes disciplines
 - difficile quand il y a plus de composants



Synthèse (II)

▶ Notions vues

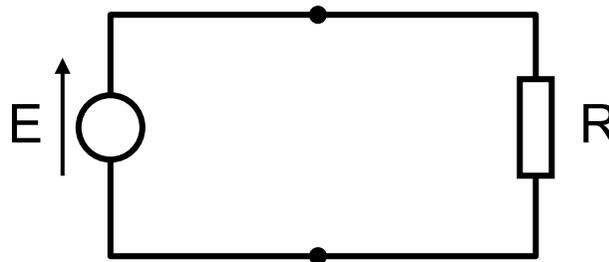
- ◆ résoudre un circuit, c'est...
 - ... d'abord utiliser les bonnes variables et les bonnes conventions de signe
 - ne pas confondre les variables se rapportant à la loi du dipôle et celles se rapportant au circuit
 - N.B.: sera approfondi pour circuits plus complexes
- ◆ la résolution peut être analytique ou graphique
- ◆ résolution analytique
 - trouver les bonnes équations
 - aussi valable pour plus de deux composants
- ◆ résolution graphique
 - intersection des caractéristiques
 - particulièrement associé au schéma élémentaire "source + charge"

Chap. 2 – Vademecum d'électricité
2.1 – Notions fondamentales autour d'un schéma élémentaire

2.1.4 - Principaux dipôles idéaux

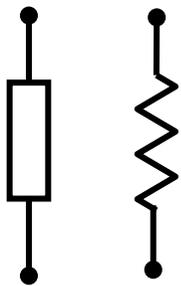
Introduction

- ▶ Dans ce module, nous allons passer en revue les principaux dipôles électriques "de base" et leurs propriétés
 - ◆ dipôles "électriques": pas encore électroniques
 - ◆ dipôles "idéaux"
 - voir interprétation en fin de module
 - ◆ rem: il s'agit des "variantes" de sources et de charges du schéma élémentaire



Dipôle "résistance"

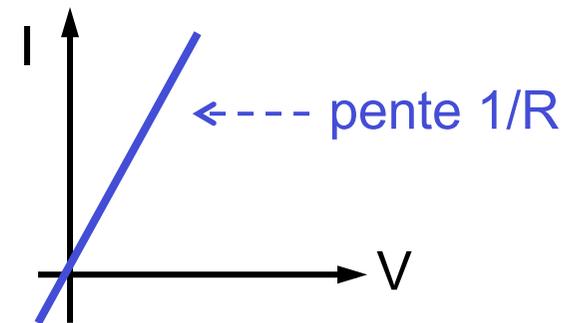
- ▶ symbole
 - ◆ voir ci-dessous
- ▶ loi fondamentale
 - ◆ loi d'Ohm $V=R.I$
- ▶ caractéristique
 - ◆ droite de pente $1/R$ et passant par l'origine dans le plan (I,V)



symboles

$$V = R.I$$

loi (Ohm)

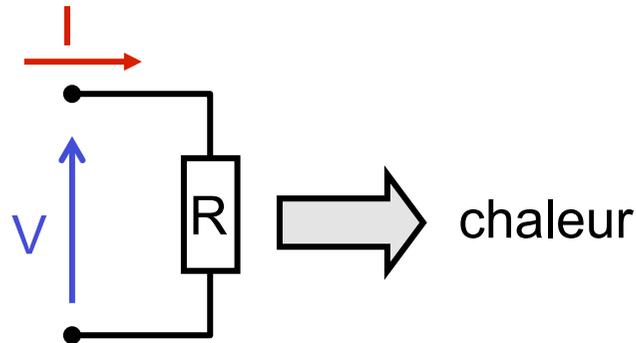


caractéristique

Dipôle "résistance": aspects énergétiques

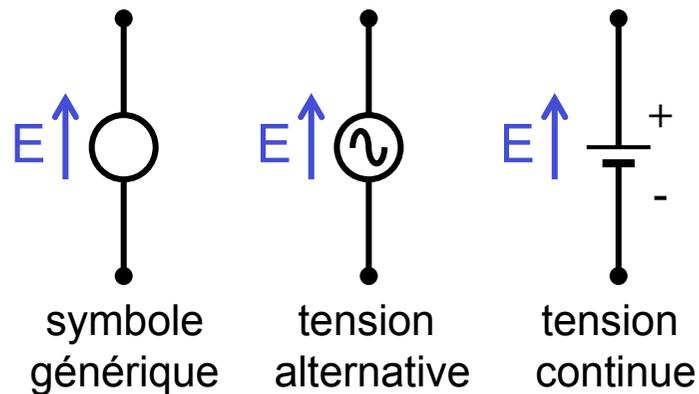
- ▶ Aspects énergétiques
 - ◆ la résistance est un dipôle passif
 - ◆ => convention récepteur
- ▶ Physiquement...
 - ◆ la résistance transforme la puissance électrique reçue en énergie thermique
 - ◆ = dissipation par effet Joule

$$P = V.I = R.I^2 = \frac{V^2}{R}$$



Dipôle "source de tension"

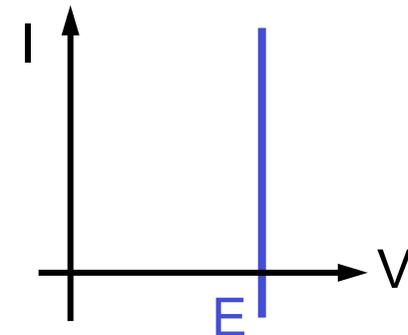
- ▶ loi fondamentale
 - ◆ impose directement la ddp E à ses bornes
 - ◆ rappel: cette ddp est appelée "force électromotrice"
- ▶ caractéristique
 - ◆ droite verticale d'abscisse E



symboles

$$V = E$$

loi



caractéristique

Dipôle "source de tension": remarque

- ▶ Le dipôle "source de tension" n'impose aucune contrainte sur le courant qu'il délivre
 - ◆ en effet, c'est le circuit extérieur (charge) qui fixe la valeur du courant qui le traverse
 - ◆ conséquence: la source est "prête" à délivrer n'importe quel courant (même très élevé) pour satisfaire la loi $V=E$
 - ◆ => l'usage "aveugle" de sources de tension idéales sur des charges inappropriées peut conduire à des valeurs de courant irréalistes

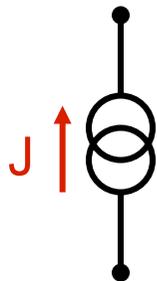
Dipôle "source de courant"

▶ loi fondamentale

- ◆ impose directement le courant J délivré
- ◆ N.B.: dipôle dual du dipôle source de tension
 - dual = on permute les rôles de I et V

▶ caractéristique

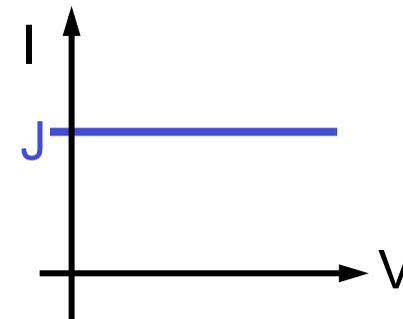
- ◆ droite horizontale d'ordonnée J



symbole

$$I = J$$

loi



caractéristique

Dipôle "source de courant": remarque

- ▶ Le dipôle "source de courant" n'impose aucune contrainte sur la tension à ses bornes
 - ◆ en effet, c'est le circuit extérieur (charge) qui fixe la valeur de cette tension
 - ◆ conséquence: la source est "prête" à délivrer n'importe quelle tension (même très élevée) pour satisfaire la loi $I=J$
 - ◆ => l'usage "aveugle" de sources de courant idéales sur des charges inappropriées peut conduire à des valeurs de tension irréalistes

Sources de tension et de courant: aspects énergétiques

- ▶ Aspects énergétiques
 - ◆ les sources de tension et de courant sont des dipôles actifs
 - ◆ => convention générateur

- ▶ Physiquement...
 - ◆ une source de tension ou de courant ne "crée" pas d'énergie: elle ne réalise qu'une transformation d'une forme d'énergie en une autre
 - ◆ => elle doit elle-même être (ou avoir été) alimentée

Dipôle "court-circuit"

▶ définition

- ◆ un court-circuit est un dipôle aux bornes duquel la tension est nulle, quel que soit le courant qui le traverse
 - rem: ce courant peut être très élevé

▶ caractéristique

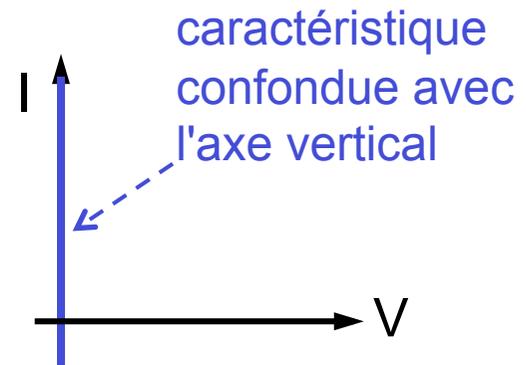
- ◆ droite verticale passant par l'origine



symbole

$$V = 0$$

loi

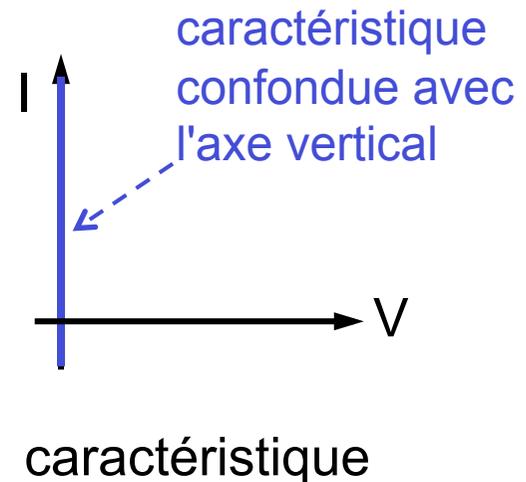
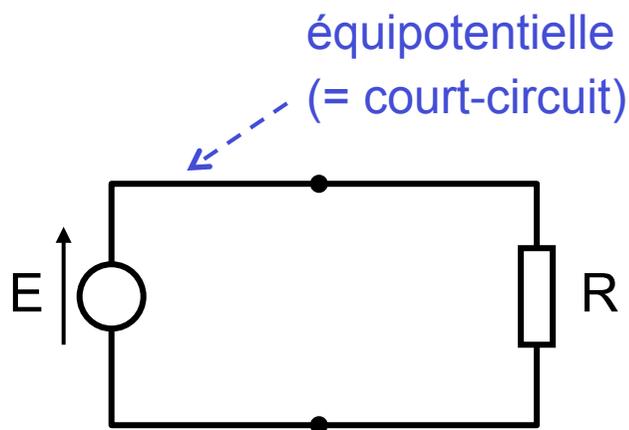


caractéristique

Dipôle "court-circuit": interprétation

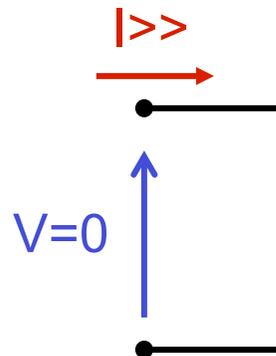
► Interprétation électrique

- ◆ 1) le dipôle court-circuit peut être interprété comme cas particulier(s) de dipôles déjà vus: il peut être assimilé...
 - ...à une source de tension idéale délivrant une tension nulle
 - ...à une résistance de valeur nulle
- ◆ 2) le dipôle court-circuit modélise la notion d'équipotentielle
 - ses deux bornes sont au même potentiel
- ◆ 3) un court-circuit peut être volontaire
 - ex: toute connexion directe dans un schéma est supposée être un "court-circuit" au sens électrique



Dipôle "court-circuit": interprétation

- ▶ "court-circuit" en langage courant
 - ◆ = connexion de faible impédance, généralement involontaire, entre deux nœuds d'un montage
 - ◆ un court-circuit est dangereux par le fait qu'il ne limite pas (ou très peu) le courant qui le traverse
 - comme pour la source de tension idéale, ce courant est fixé par le circuit extérieur
 - ◆ => associé à une source de tension, il peut être parcouru par un courant très élevé
 - => échauffement $R \cdot I^2$ (effet Joule) peut déclencher un incendie



Dipôle "circuit ouvert"

▶ définition

- ◆ un circuit ouvert est un dipôle dans lequel le courant est nul, quelle que soit la tension qu'on lui applique
 - dipôle "dual" du court-circuit

▶ caractéristique

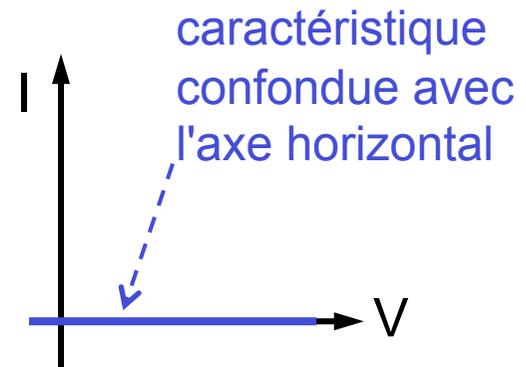
- ◆ droite horizontale passant par l'origine



symbole

$$I = 0$$

loi

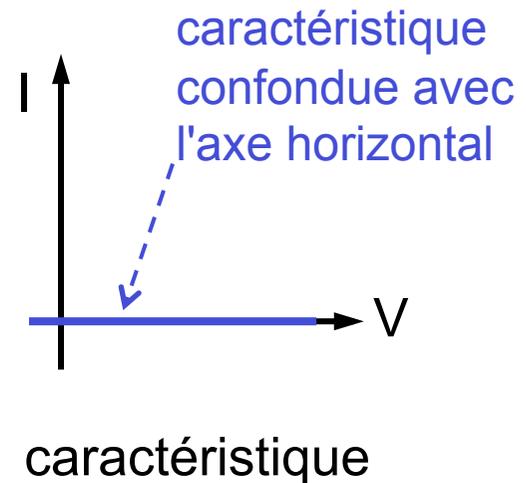
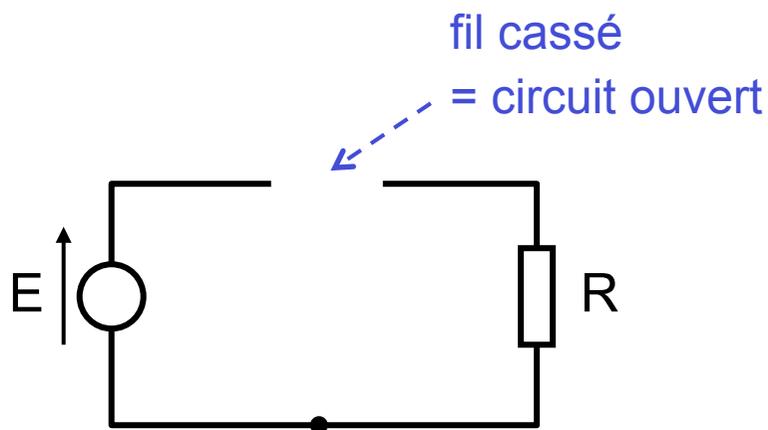


caractéristique

Dipôle "circuit ouvert": interprétation

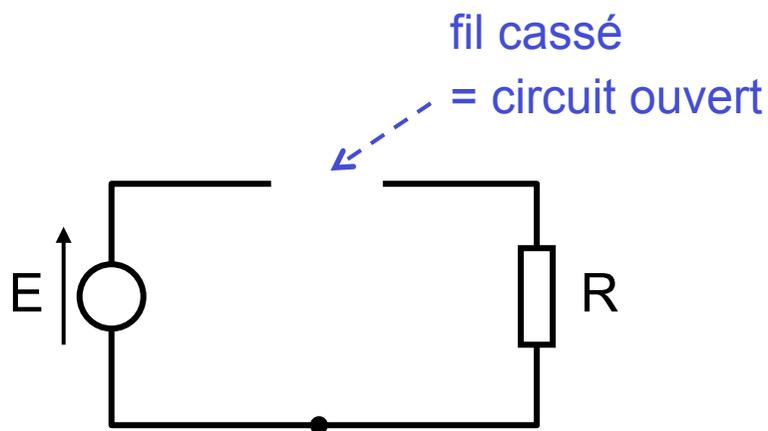
► Interprétation électrique

- ◆ 1) le dipôle circuit ouvert peut être interprété comme cas particulier(s) de dipôles déjà vus: il peut être assimilé...
 - ...à une source de courant idéale délivrant un courant nul
 - ...à une résistance de valeur infinie
- ◆ 2) la rupture d'un fil est un cas pratique de "circuit ouvert"



Dipôle "circuit ouvert": remarque

- ▶ La tension aux bornes d'un circuit ouvert peut être très élevée
 - ◆ car toute la tension des sources présentes dans le schéma se reporte aux bornes du circuit ouvert
 - courant nul => plus de chutes de tension dans les dipôles passifs
 - ◆ => les dispositifs réels implémentant la fonction de circuit ouvert doivent être capables de "tenir" la tension

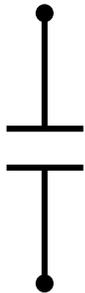


Interrupteur

- ▶ Q: quelle est la fonction d'un interrupteur?
- ▶ R: passer, sur commande, de la fonction de court-circuit à celle de circuit ouvert
 - ◆ court-circuit = laisse passer le courant
 - ◆ circuit ouvert = bloque le courant
 - demande de pouvoir "tenir" la tension!
- ▶ N.B.: la fonction d'interrupteur est une des fonctions fondamentales en électricité/électronique

Dipôle "capacité"

- ▶ symbole
 - ◆ voir ci-dessous
- ▶ loi fondamentale
 - ◆ la tension est l'intégrale du courant...
 - ... à la constante C près
- ▶ caractéristique
 - ◆ non représentable dans un plan (I,V) car fait intervenir la notion de temps

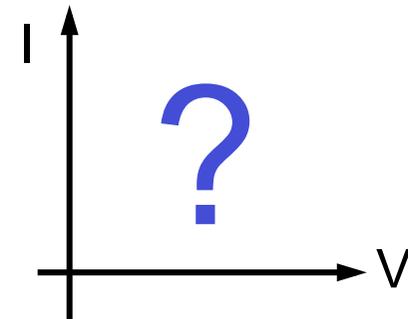


symbole

$$i(t) = C \cdot \frac{dv(t)}{dt}$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) \cdot d\xi$$

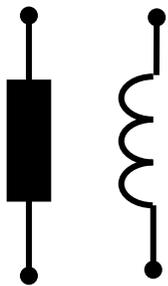
loi



caractéristique

Dipôle "inductance"

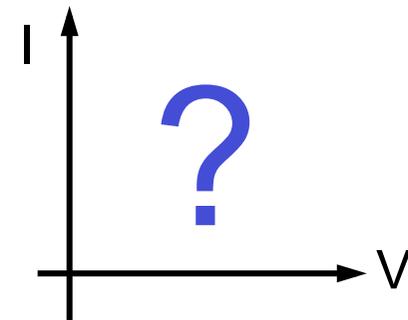
- ▶ symbole
 - ◆ voir ci-dessous
- ▶ loi fondamentale
 - ◆ la tension est la dérivée du courant...
 - ... à la constante L près
 - ◆ N.B.: dipôle dual du dipôle capacité
 - ◆ N.B.: il s'agit ici d'une self-inductance (>< inductance mutuelle)
- ▶ caractéristique
 - ◆ non représentable dans un plan (I,V)



symboles

$$v(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

loi



caractéristique

Capacité et inductance: aspects énergétiques

▶ Aspects énergétiques

- ◆ la capacité et l'inductance ont un statut particulier: elles ne dissipent pas de puissance mais sont capables d'emmagasiner de l'énergie et de la restituer ensuite
 - la capacité peut stocker de l'énergie électrostatique sous forme de charges électriques (ou champ électrique E)
 - la self-inductance peut stocker de l'énergie magnétique sous forme de champ magnétique
- ◆ ces dipôles ne sont ni strictement actifs ni strictement passifs, ils sont appelés dipôles réactifs
 - N.B.: par abus de langage, on les classe souvent dans les dipôles passifs
- ◆ à un instant donné, l'énergie accumulée par ces composants vaut:

$$E = \frac{C.V^2}{2}$$

$$E = \frac{L.I^2}{2}$$

Ordres de grandeur et unités des dipôles passifs

- ▶ résistance
 - ◆ en ohms
 - ◆ ordres de grandeur courants: 10Ω à 10MΩ

- ▶ capacité
 - ◆ en farads
 - ◆ ordres de grandeur courants: 10pF à 1mF

- ▶ self-inductance
 - ◆ en henris
 - ◆ ordres de grandeur courants: 10nH à 100mH

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

Linéarité d'un dipôle

- ▶ Un dipôle est linéaire ssi sa caractéristique est une droite
 - ◆ c'est le cas de tous les dipôles vus jusqu'ici
 - résistance
 - sources de tension et de courant
 - court-circuit et circuit ouvert
 - capacité et inductance (voir + loin)

- ▶ remarque
 - ◆ lien avec la loi fondamentale: un dipôle est linéaire ssi le facteur de proportionnalité intervenant dans sa loi fondamentale (R,L,C) est une constante

Linéarité des dipôles réactifs

- ▶ Q: pourquoi peut-on dire que les dipôles C et L sont linéaires?
- ▶ Réponse
 - ◆ les effets physiques modélisés par ces dipôles ne lient pas initialement la tension et le courant, mais bien:
 - capacité: la charge électrique et la tension ($Q=C.V$)
 - inductance: le flux magnétique et le courant ($\phi=L.I$)
 - ◆ dans les plans (Q,V) et (ϕ,I) appropriés, on retrouve bien dans les deux cas une caractéristique linéaire
 - ◆ N.B.: on retrouve bien les équations différentielles en $v(t)$ et $i(t)$ sachant que:
 - capacité: le courant est la dérivée temporelle de la charge électrique
 - inductance: la tension induite est la dérivée temporelle du flux magnétique (loi de Lenz)

Linéarité: contre-exemple

▶ Q: qu'est-ce qu'un dipôle non-linéaire (passif) ?

▶ Réponse

- ◆ ...un dipôle dont la caractéristique (dans le plan approprié) n'est pas une droite
- ◆ ...ou (équivalent): un dipôle dont le facteur de proportionnalité R , L ou C n'est pas une constante mais dépend de V ou de I

▶ exemples

- ◆ résistance non-linéaire
 - graphiquement: la pente de la caractéristique dépend de l'état électrique
 - loi analytique: $V=R(I).I$
- ◆ capacité non-linéaire
 - capacité dont la valeur C dépend de la tension qui lui est appliquée
- ◆ self saturable
 - self-inductance dont la valeur L diminue fortement à partir d'un certain seuil de courant

Linéarité: à quoi ça sert?

- ▶ Q: quel est l'intérêt de savoir qu'un composant est linéaire?
- ▶ R: les systèmes linéaires bénéficient de propriétés particulières
 - ◆ => la linéarité est une propriété fondamentale
 - ◆ valable quelle que soit la discipline
- ▶ ex: théorème de superposition
 - ◆ combinaison linéaire des entrées => combinaison linéaire des sorties
 - ◆ voir section "résoudre un schéma"
- ▶ ex: fréquences
 - ◆ un système linéaire ne fournit en sortie que les fréquences qu'on lui fournit en entrée
 - ◆ au contraire un système non-linéaire peut ajouter des fréquences au signal

Les 7 "péchés capitaux"

- ▶ 1) utiliser les mauvaises unités
 - ◆ ex: $V = 3 A$
- ▶ 2) utiliser des ordres de grandeur non réalistes
 - ◆ ex: $I = 3000 A$ 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

Rem: idéalité, réalité et modèles

- ▶ Les dipôles présentés dans ce module répondent aux lois les plus simples qu'on puisse imaginer
 - ◆ tous linéaires
 - ◆ charges: simple opérateur proportionnel ($V=RI$, $Q=CV$; $\phi=LI$)
 - ◆ source: imposition directe de la tension ou du courant

- ▶ Comment se fait-il que les dipôles qu'on utilise tous les jours possèdent justement les lois les plus simples?

Rem: idéalité, réalité et modèles

- ▶ R: la réalité est plus complexe
 - ◆ les dipôles que nous utilisons possèdent les lois les plus simples car ils sont précisément définis par ces lois (que nous avons choisies simples)
 - ◆ ils ne correspondent pas à la réalité...
 - ◆ ...mais en constituent une première approximation très valable

- ▶ en fait...
 - ◆ chaque dipôle représente une version simplifiée...
 - ◆ ...d'un phénomène physique réel pris isolément
 - effet résistif, effet capacitif, effet inductif, etc
 - en réalité, ces phénomènes n'existent pas à l'état isolé: aucun dispositif réel n'est une "résistance pure", "inductance pure", "source idéale", etc
 - ex: bout de fil, fem dans une inductance, etc
 - ◆ => d'où la notion de dipôle idéal

- ▶ conclusion => "les dipôles idéaux n'existent pas"

"le schéma n'est pas le montage"

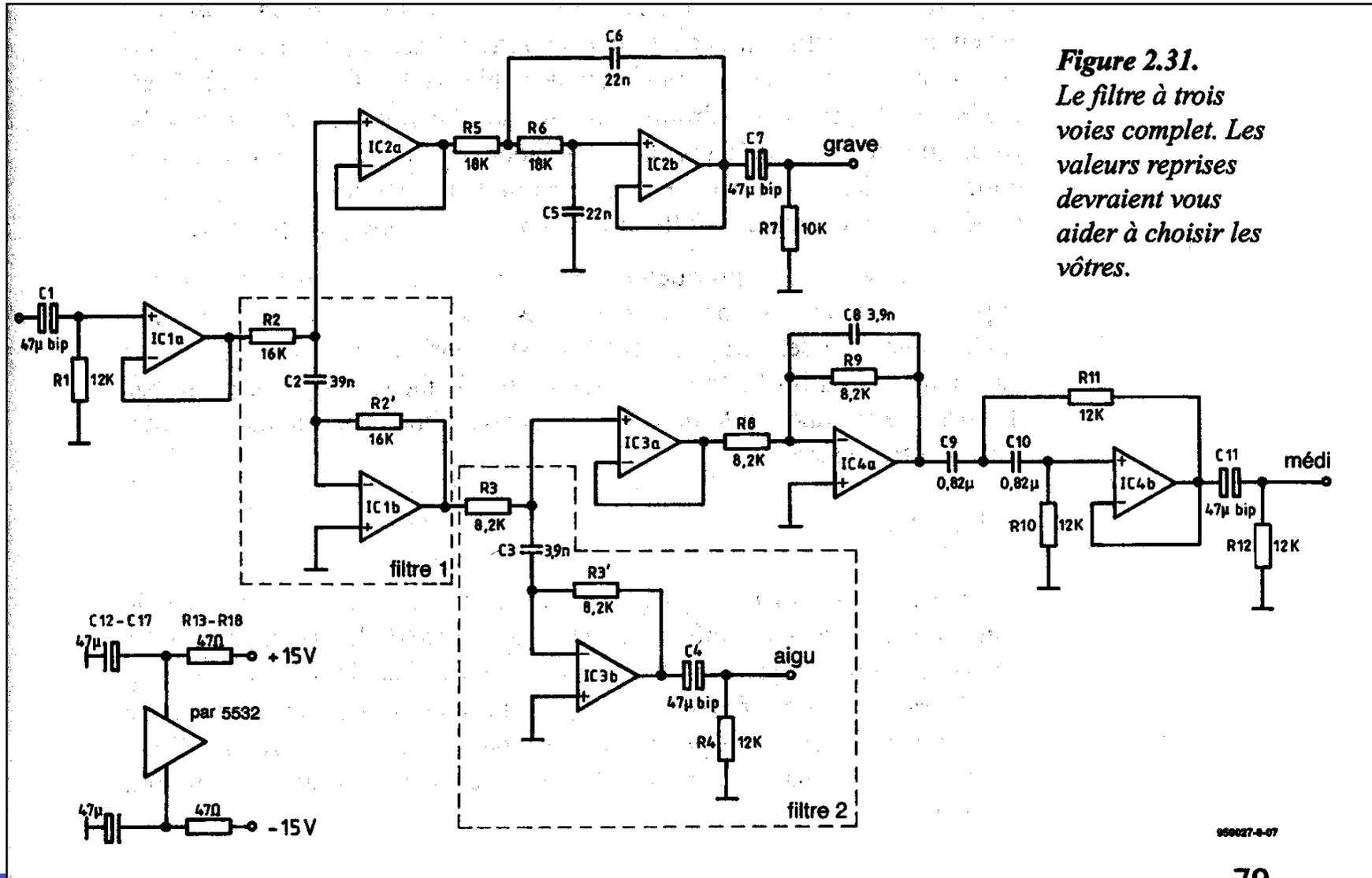


Figure 2.31.
Le filtre à trois voies complet. Les valeurs reprises devraient vous aider à choisir les vôtres.

Rem: idéalité, réalité et modèles

- ▶ notion de modèle
 - ◆ un schéma ou un composant n'est qu'un modèle, c'est-à-dire une représentation simplifiée de la réalité
- ▶ notion de "profondeur de modèle"
 - ◆ si le modèle est trop simple, on peut le modifier
 - on peut aller plus loin en combinant ces dipôles ou en utilisant des dipôles non-linéaires ou en utilisant des caractéristiques
 - ◆ => on peut modéliser la réalité à différents degrés de fidélité
 - ◆ => pour une réalité donnée, on peut utiliser plusieurs modèles ou schémas différents
 - ces modèles se distinguent par le nombre de phénomènes, propriétés ou imperfections qu'ils prennent en compte

Rem: idéalité, réalité et modèles

- ▶ tout ce que vous faites, c'est du modèle
 - ◆ représentation mentale de la réalité
- ▶ => deux conseils liés à la notion de modèle
- ▶ 1) tout modèle possède des limites de validité
 - ◆ => quand ça coince, c'est peut-être le modèle qui est mauvais
 - ◆ ex: sources de tension et de courant idéales
- ▶ 2) profondeur de modèle: travaillez toujours avec le modèle...
 - ◆ ...suffisamment complexe pour modéliser les phénomènes qui vous intéressent ou que vous devez prendre en compte
 - ◆ ...suffisamment simple pour accélérer l'analyse (temps de calcul)

Rem: idéalité, réalité et modèles

- ▶ Conséquences sur les composants
- ▶ 1) description des composants
 - ◆ la réalité est complexe: aussi valable pour les composants
 - ◆ un composant est d'abord décrit par sa fonction
 - ◆ une fonction est décrite de manière idéale, mais son implémentation réelle n'atteint jamais cet idéal
 - => imperfections, propriétés
 - les imperfections peuvent parfois être intéressantes
- ▶ => description d'un composant en 3 phases
 - ◆ fonction du composant = composant idéal
 - ◆ montages basés sur cette fonction
 - ◆ imperfections (réalité)

Rem: idéalité, réalité et modèles

- ▶ Conséquences sur les composants
- ▶ 2) choix d'un composant
 - ◆ les composants réels se distinguent par leurs imperfections (propriétés)
 - ◆ il existe une multitude de "variantes" d'un même composant/ fonction
 - ◆ le choix que vous aurez à faire portera sur ces imperfections plus que sur la fonction du composant

Synthèse

- ▶ Dans ce module, nous avons passé en revue les principaux dipôles linéaires idéaux
- ▶ Vous connaissez maintenant les symboles, lois et caractéristiques des dipôles
 - ◆ résistance, inductance, capacité
 - ◆ source de tension et source de courant
 - ◆ court-circuit et circuit ouvert
 - ainsi que l'interprétation ("électrique" et "vie courante") de ces deux dipôles particuliers
- ▶ On a vu en quoi ces dipôles peuvent être qualifiés de linéaires
 - ◆ la définition de la linéarité et son utilité
- ▶ On a vu en quoi ces dipôles peuvent être qualifiés d'idéaux
- ▶ notion de composant réactif