

CHAPITRE EA1

*Les outils de résolution des problèmes
d'électronique analogique*

SOMMAIRE

- 0. Définitions
- 1. Lois de kirchoff
- 2. Générateurs idéaux et réels
- 3. Equivalence Thévenin – Norton
- 4. Diviseur de tension, diviseur de courant
- 5. Théorème de superposition
- 6. Théorème de Millman
- 7. Sources commandées
- 8. Grandeurs alternatives
- 9. Décibels

0. DÉFINITIONS

- **Charge** : Quantité d'électricité responsable des phénomènes électriques
- **Courant** : déplacement d'ensemble de porteurs de charges électriques, généralement des électrons, au sein d'un matériau conducteur.

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ avec } q \text{ la charge électrique}$$

0. DÉFINITIONS

- **Tension** : travail de la force électrique sur une particule chargée, divisé par la valeur de la charge

$$v = \frac{dw}{dq}$$

- **Signal** : courant ou tension en fonction du temps. Peut soit transporter une information (audio, horloge, commande d'un système) ou ne pas en véhiculer (tension d'alimentation ou de polarisation)

- Signal périodique : signal qui se répète au cours du temps défini par sa période T et sa fréquence f

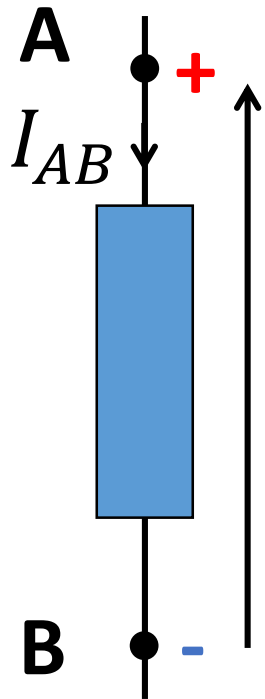
$$s(t + T) = s(t)$$

- Signal harmonique ou sinusoïdal

$$s(t) = s_m \cos(\omega t + \phi)$$

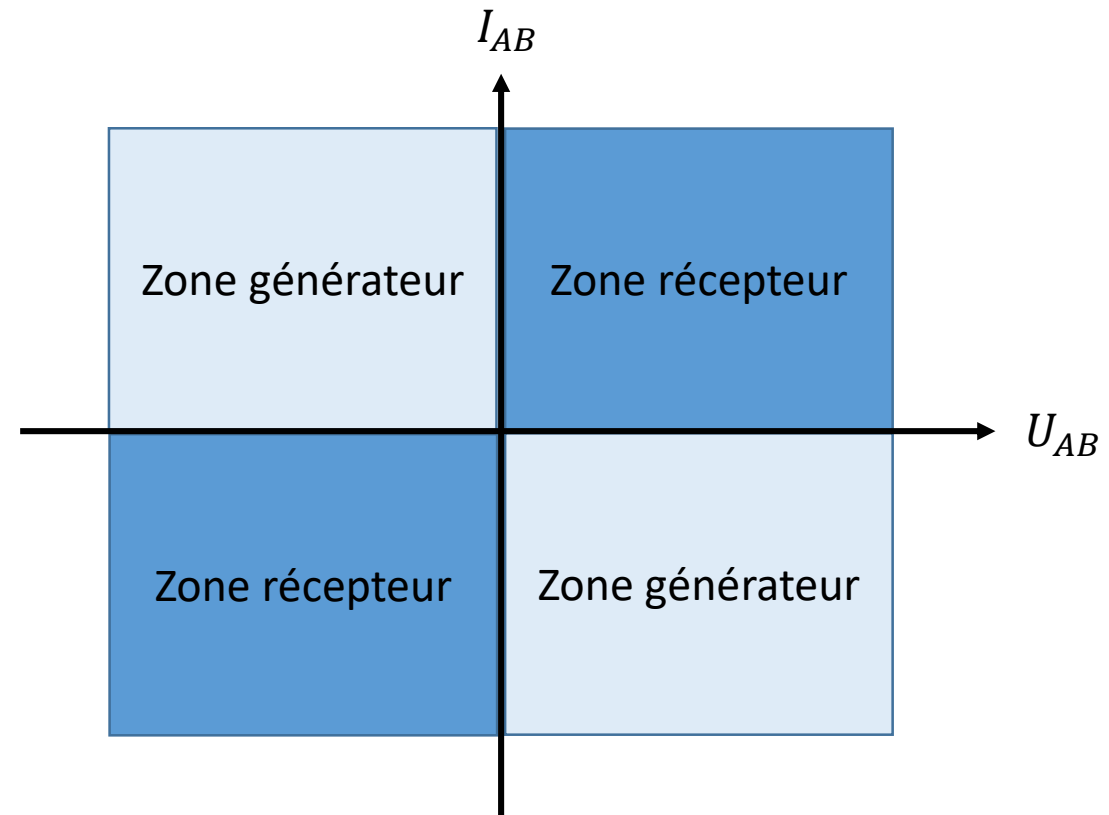
0. DÉFINITIONS

- **Dipôle** : système accessible par deux bornes A et B et caractérisé par deux grandeurs : l'intensité I_{AB} du courant qui le traverse et la tension U_{AB} ou différence de potentiel entre ses bornes.



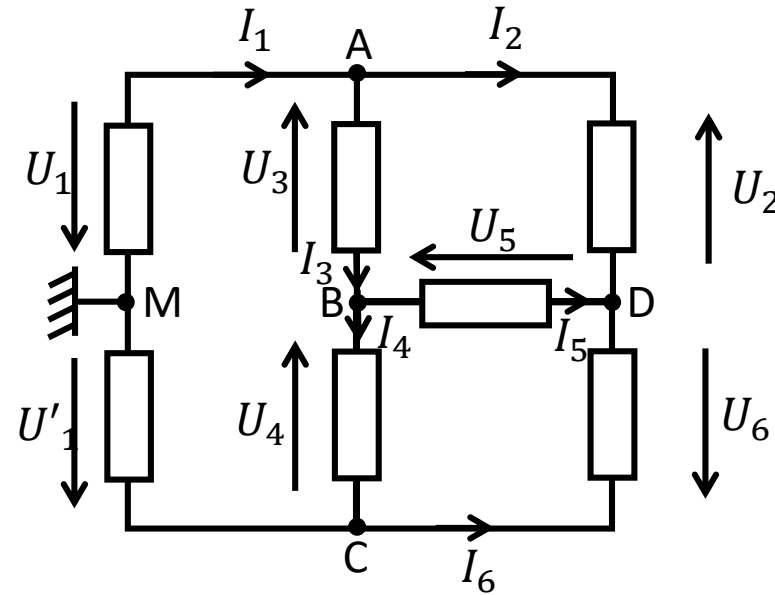
$$U_{AB} = V_A - V_B$$

$$P_{AB} = I_{AB} U_{AB}$$



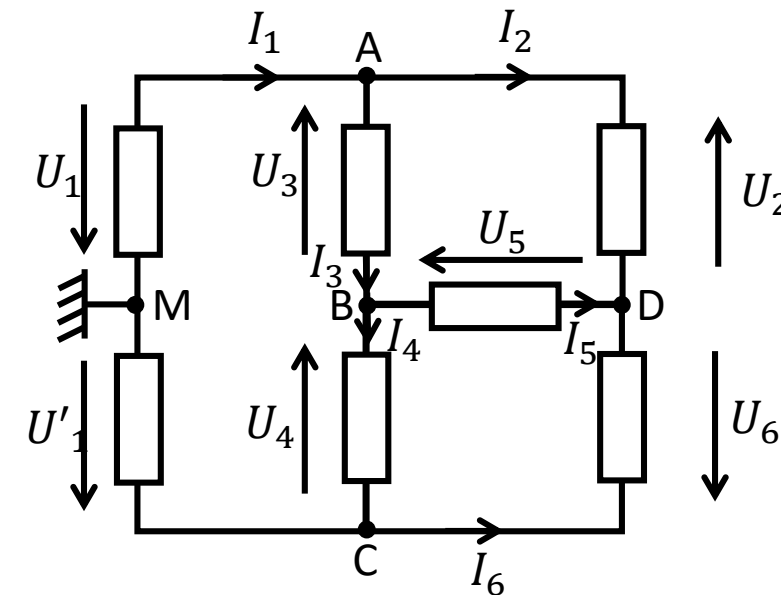
0. DÉFINITIONS

- **Circuit** : Association de dipôles entre eux dont l'état électrique est caractérisé par l'ensemble des tensions aux bornes des différents dipôles et par l'ensemble des courants qui les traversent.



0. DÉFINITIONS

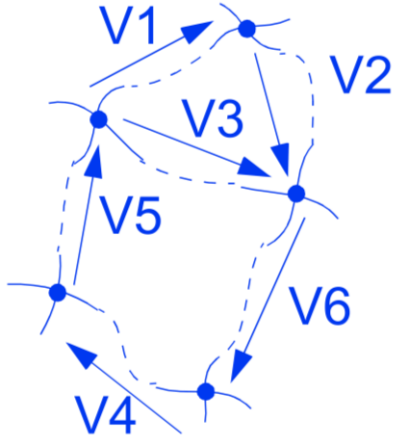
- **Nœud** : point de connexion d'un circuit relié au moins à trois dipôles.
- **Branche** : portion d'un circuit entre deux nœuds.
- **Maille** : Boucle fermée ne passant qu'une seule fois par un nœud donné.
- **Masse** : Point de référence. Son potentiel est pris égal à zéro.



- On désigne arbitrairement les courants dans chaque branche
- Même chose pour les tensions
- Intensités et tensions sont des grandeurs algébriques :
 - Valeur positive \rightarrow même sens que celui initialement choisi
 - Valeur négative \rightarrow sens opposé

1. LOIS DE KIRCHOFF – Loi des mailles (KVL) & Loi des nœuds (KCL)

- Dans une maille, la somme des tensions est nulle $\sum V_i = 0$



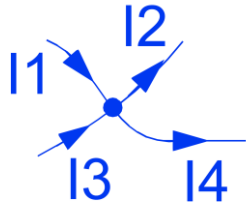
Exemples :

$$-V_1 - V_2 + V_3 = 0$$

$$V_5 + V_3 + V_6 + V_4 = 0$$

$$V_5 + V_1 + V_2 + V_6 + V_4 = 0$$

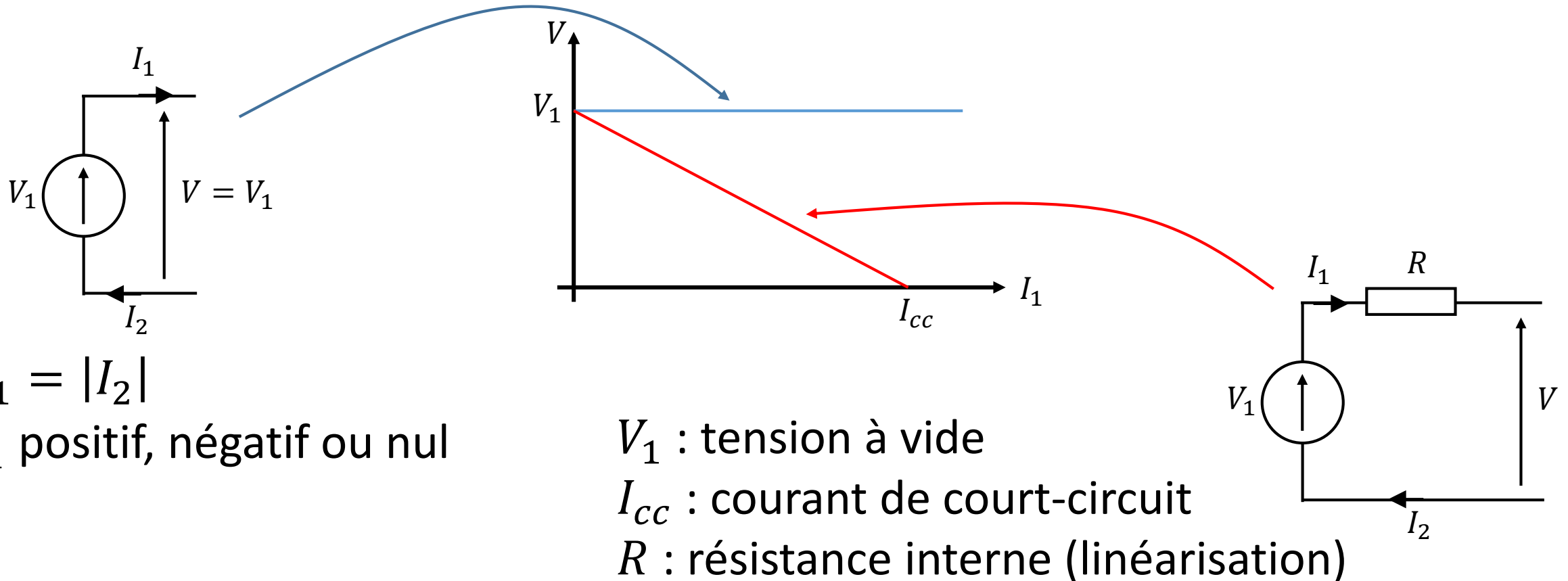
- Sur un nœud. la somme des courants est nulle $\sum I_i = 0$



$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

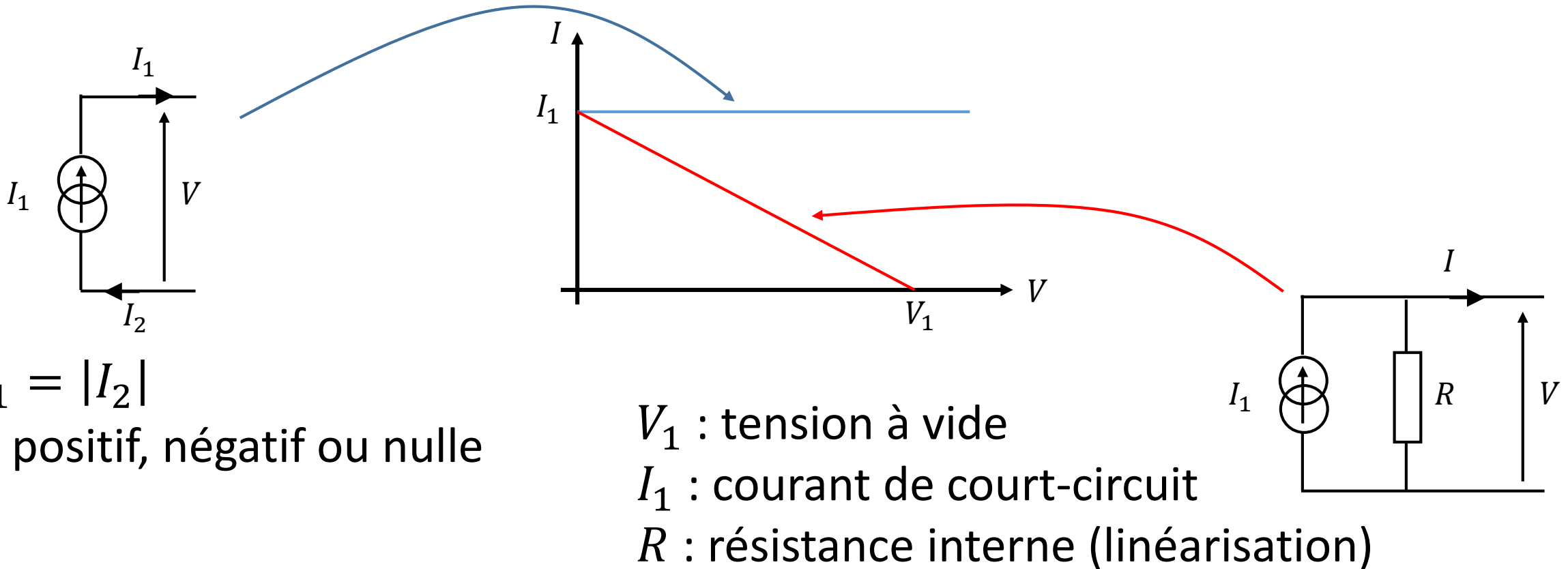
2. GÉNÉRATEURS IDÉAUX ET RÉELS – Générateur de tension (Thévenin)

- **Idéal** : la tension fournie ne dépend pas du courant débité
- **Réel** : la tension fournie est fonction du courant débité



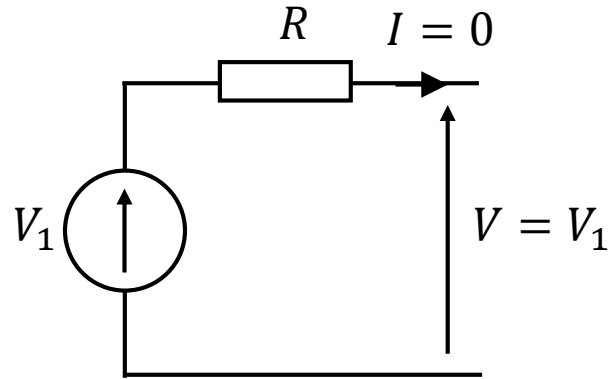
2. GÉNÉRATEURS IDÉAUX ET RÉELS – Générateur de courant (Norton)

- **Idéal** : le courant débité ne dépend pas de la tension à ses bornes
- **Réel** : le courant débité est fonction de la tension à ses bornes

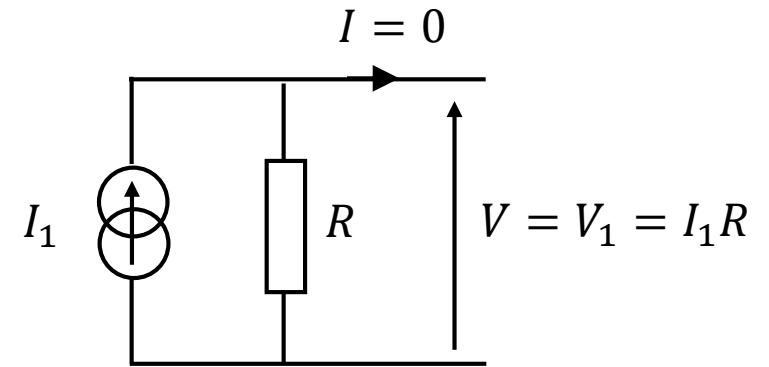
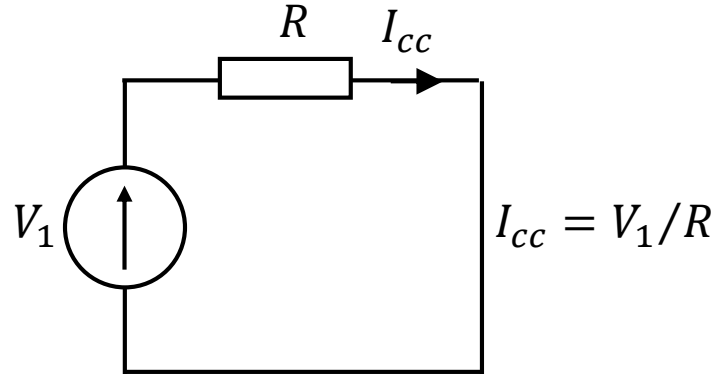


3. EQUIVALENCE THÉVENIN-NORTON

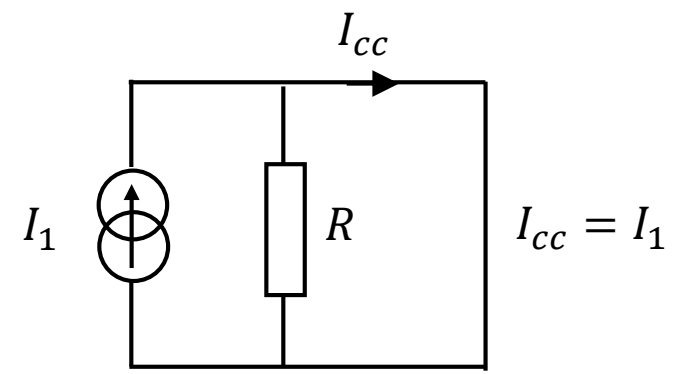
- Un générateur peut être indifféremment représenté en courant ou en tension à condition de ne pas être idéal



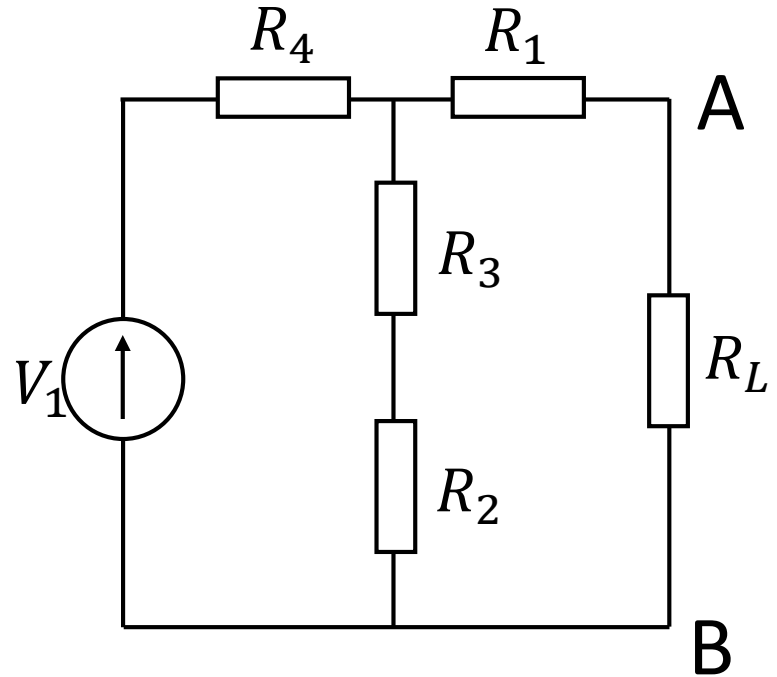
Thévenin



Norton

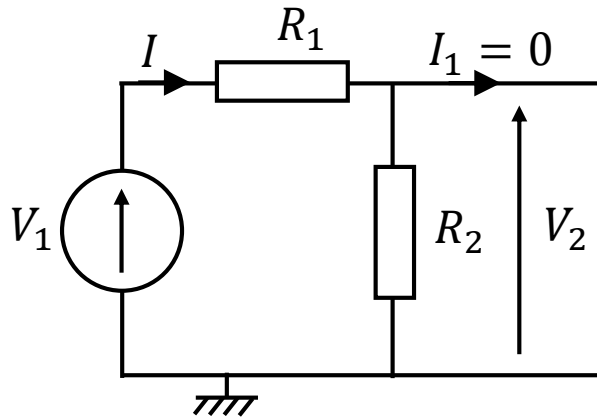


3. EXEMPLE GÉNÉRATEUR DE THÉVENIN ÉQUIVALENT



Déterminer le générateur de Thévenin équivalent

4. DIVISEUR DE TENSION, DE COURANT

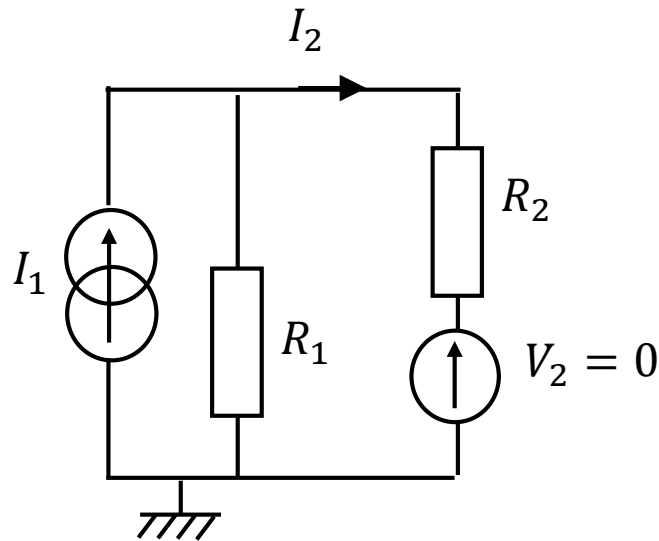


Solution exacte si $I_1 = 0$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

Solution approchée si $I_1 \ll I$

$$V_2 \approx \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$



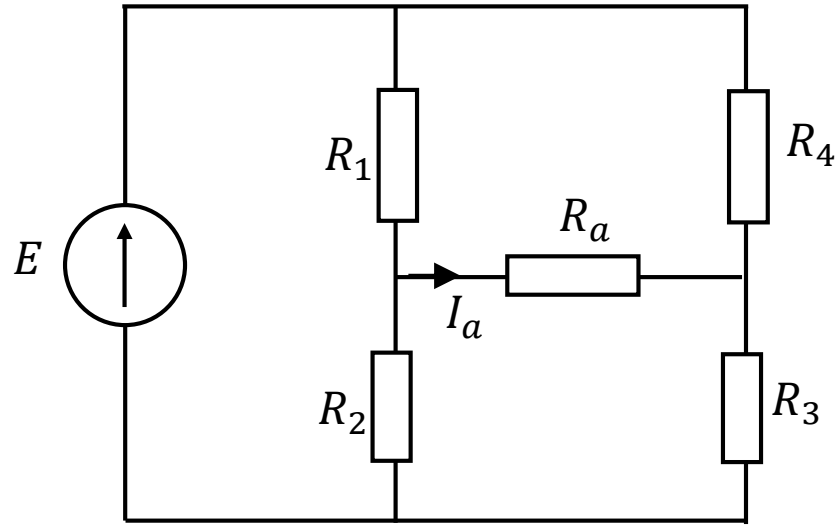
Solution exacte si $V_2 = 0$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_1$$

Solution approchée si $V_2 \ll I_1 (R_1 \parallel R_2)$

$$I_2 \approx \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_1$$

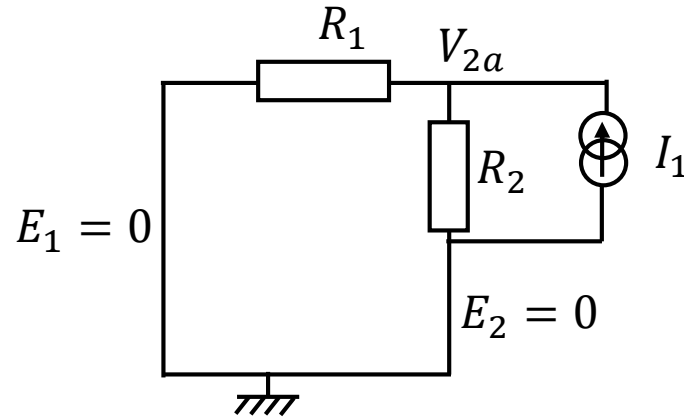
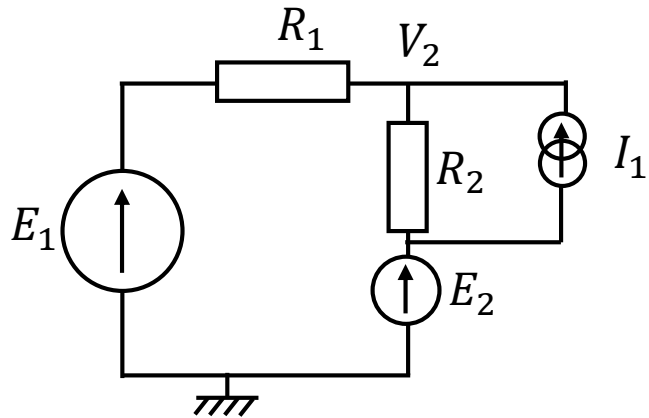
EXERCICE : PONT DE WHEASTONE



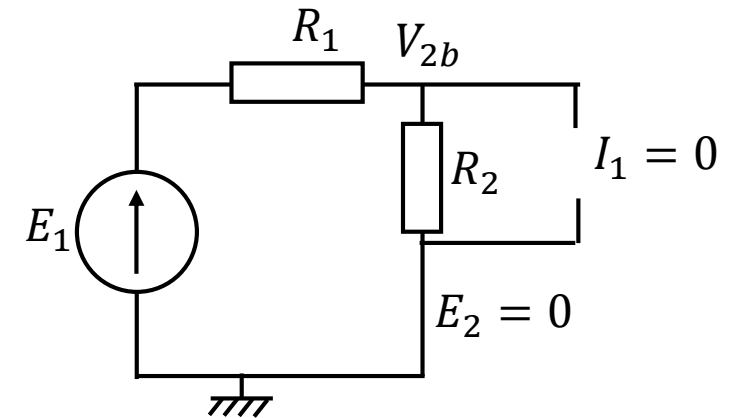
- Déterminer l'expression de I_a en fonction de E, R_1, R_2, R_3, R_4
- Déterminer la condition d'équilibre du pont ($I_a=0$)

5. THÉORÈME DE SUPERPOSITION

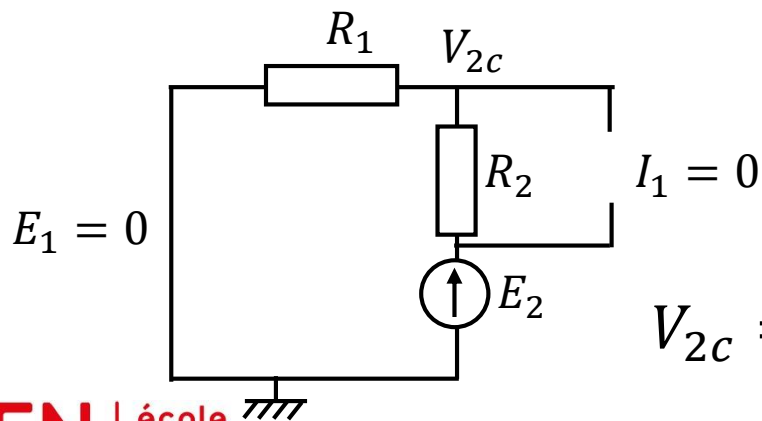
- Les sources doivent être indépendantes
- Les tensions et les courants dans le circuit sont la somme de chaque contribution calculée en annulant **toutes** les sources **sauf une**



$$V_{2a} = (R_1 \parallel R_2) I_1$$



$$V_{2b} = E_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

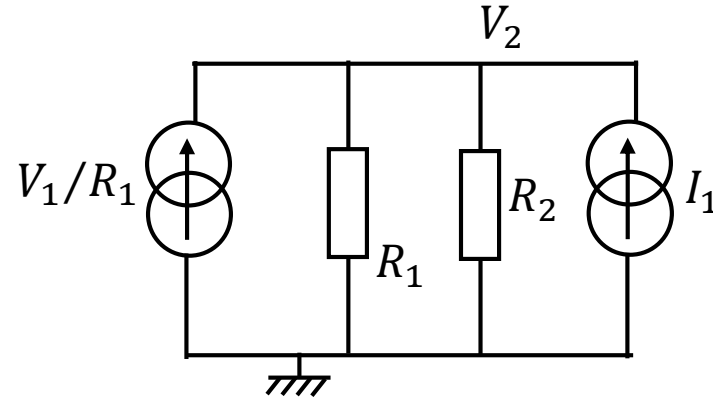
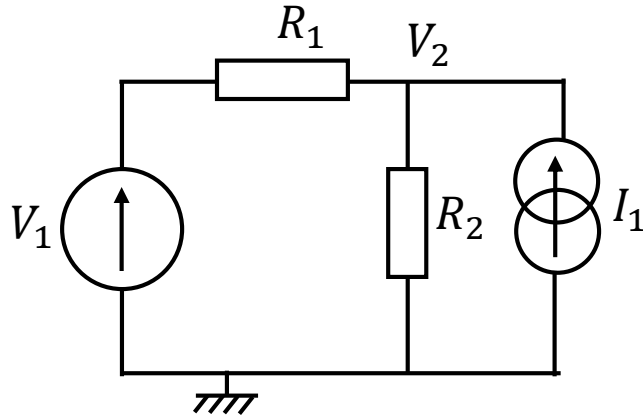


$$V_{2c} = E_2 R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$\text{Finalement : } V_2 = V_{2a} + V_{2b} + V_{2c}$$

6. THÉORÈME DE MILLMAN

- Synthèse de la loi d'Ohm et de l'équivalence Thévenin-Norton



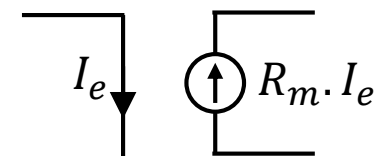
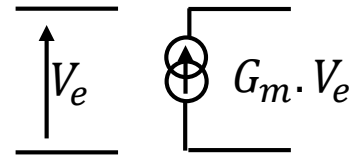
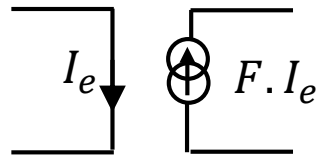
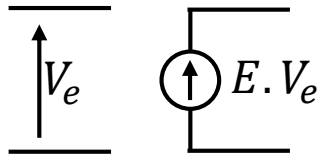
$$V_2 = (I_1 + V_1/R_1)(R_1 \parallel R_2)$$

- Généralisation

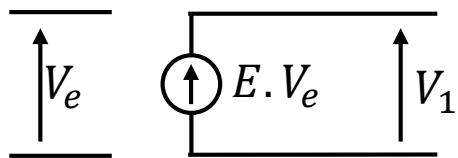
$$V = R_{eq} \sum I = \frac{\sum I}{\sum G}$$

7. SOURCES COMMANDÉES

- Source de tension (ou de courant) dont la valeur dépend d'une autre tension (ou courant)
- Combinaisons possibles



- Permet de modéliser des composants
- Composant unilatéral

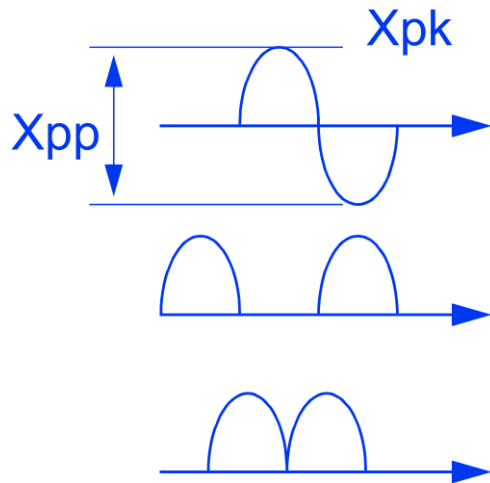


Ecrire $V_1 = E \cdot V_e$ signifie que la valeur de V_1 dépend de la tension appliquée en V_e

Ecrire $V_e = V_1 / E$ est mathématiquement correct. Cependant, appliquer une tension en V_1 ne modifiera pas la valeur de V_e

8. GRANDEURS ALTERNATIVES

- Valeur moyenne : $X_{avg} = \frac{1}{T} \int_T X(t) dt$
- Valeur efficace : $X_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_T X^2(t) dt$



avg	rms
0	$\frac{X_{pk}}{\sqrt{2}}$
$\frac{X_{pk}}{\pi}$	$\frac{X_{pk}}{2}$
$\frac{2X_{pk}}{\pi}$	$\frac{X_{pk}}{\sqrt{2}}$

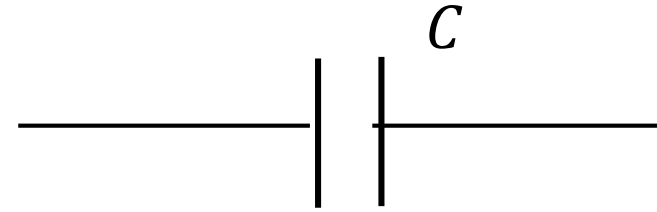
avg = average

rms = root mean square

pk = peak

pp = peak-to-peak

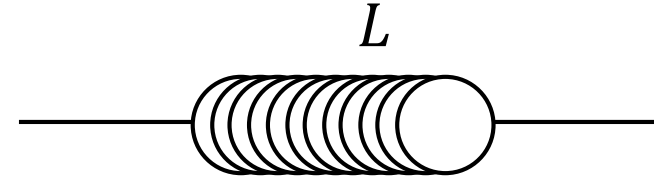
9. COMPOSANTS



- Condensateur

- Emmagazine énergie dans un champ électrique
- $dQ = C dU = i dt$
- Association en série : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$
- Association en parallèle : $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots$
- Impédance complexe : $Z_C = \frac{1}{jC\omega}$

9. COMPOSANTS



- Inductance

- Emmagazine énergie dans un champ magnétique

- $u = L \frac{di}{dt}$

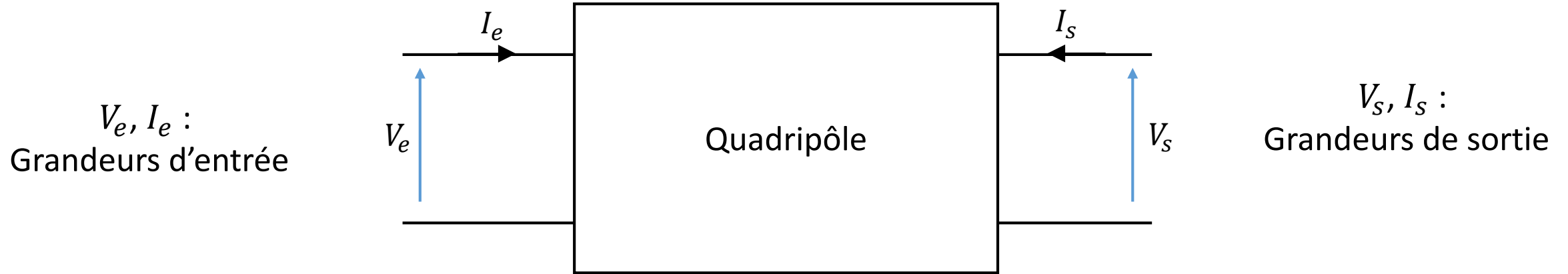
- Association en série : $L_{eq} = L_1 + L_2 + \dots$

- Association en parallèle : $\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$

- Impédance complexe : $Z_L = jL\omega$

10. QUADRIPOLES ÉLECTRIQUES – Définition

- Réseau qui comporte quatre bornes de liaisons



Fonction de transfert :

- rapport entre le signal de sortie sur le signal d'entrée $H = \frac{V_s}{V_e}$
- forme complexe $H(\omega) = a(\omega) + jb(\omega)$ où $\omega = 2\pi f$ est la pulsation des signaux électriques

11. DÉCIBELS

- Utilisés pour quantifier des **rapports** de forte valeur
- Pour une grandeur X possédant une dimension :

$$X(dB) = 20 \log \left(\frac{X}{X_0} \right)$$

← référence

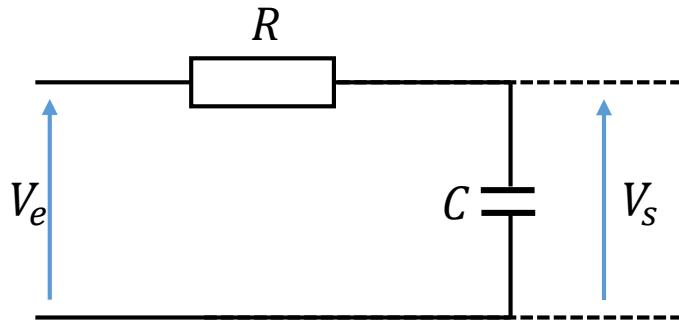
$$X(dB) = 10 \log \left(\frac{X}{X_0} \right) \text{ pour une grandeur quadratique (la puissance par exemple)}$$

- valeurs utiles (en 20log)

$\times 1$	\longleftrightarrow	0 dB
$\times 2$	\longleftrightarrow	6 dB
$\times 3$	\longleftrightarrow	9,5 dB
$\times 5$	\longleftrightarrow	14 dB

11. QUADRIPOLES ÉLECTRIQUES – Diagramme de Bode

- Permet l'étude de la réponse fréquentielle des quadripôle : $H(\omega) = a(\omega) + j \cdot b(\omega)$
- On représente d'une part la variation du module de la fonction de transfert
$$A(\omega) = \sqrt{a^2 + b^2}$$
- Et d'autre part la variation de l'argument



$$H(\omega) = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

$$\tan \varphi = \frac{b}{a}$$

