

iutenligne

Le catalogue de ressources
de l'enseignement technologique
universitaire.



Courant Continu

Hugues Ott

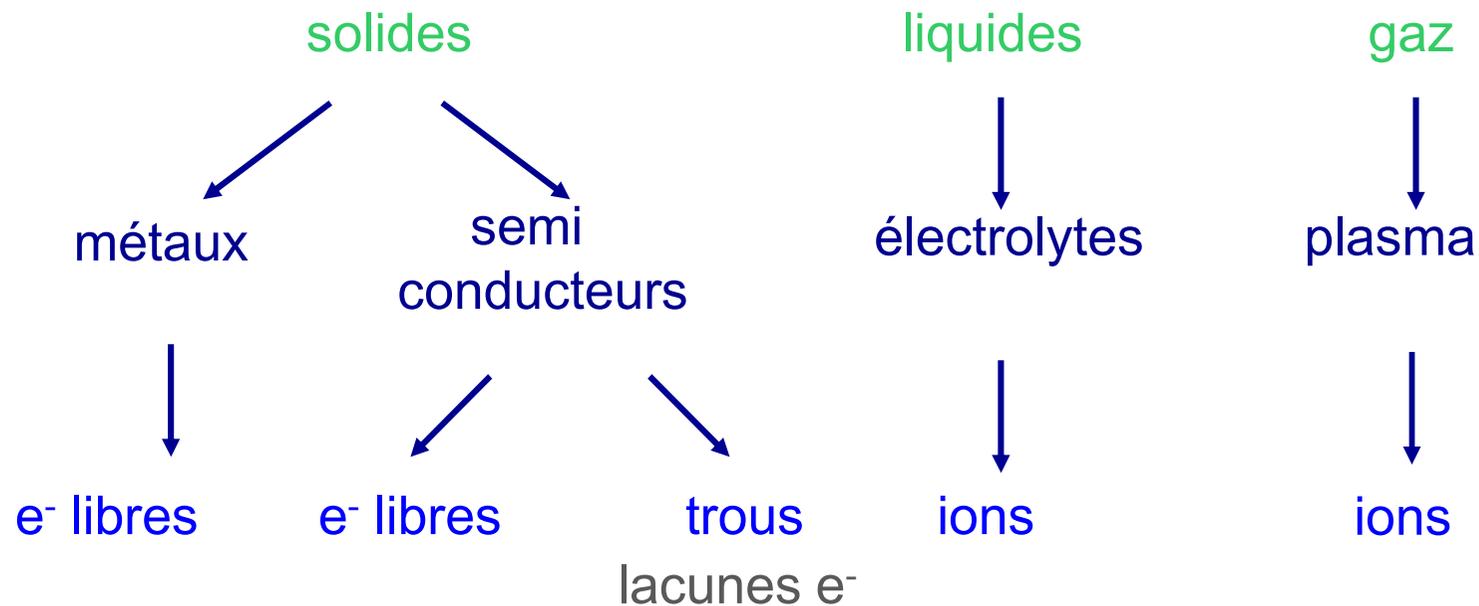
Maître de Conférences à l'IUT Robert Schuman
Université de Strasbourg Département Chimie

Lois fondamentales du courant continu

- Nature du courant électrique
- Intensité électrique
- Tension électrique
- Lois de Kirchhoff
 - Loi des noeuds
 - Loi d'addition des tensions
 - Théorème de Millmann
- Loi d'Ohm
- Ponts de mesures
- Énergie et Puissance électriques

Le courant électrique

Déplacement de porteurs de charges électriques



Vitesse des porteurs de charges dans un conducteur est faible (mm/s).

Conducteurs – Semi-conducteurs - Isolants

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ra	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

Métaux

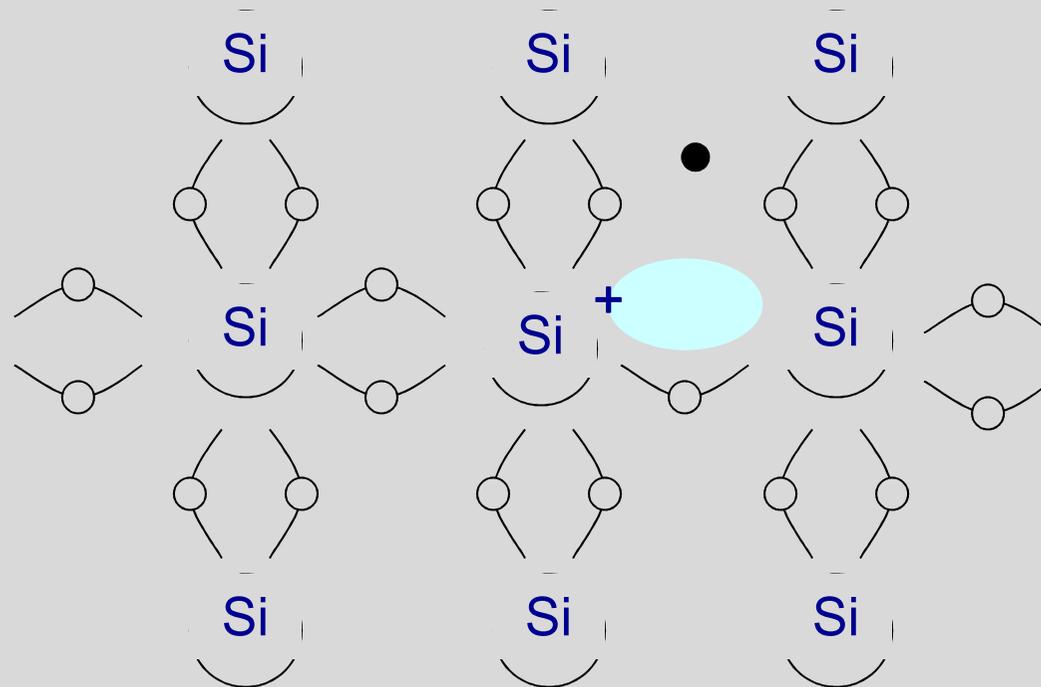
Semi-conducteurs

Métalloïde

S

Cristal de silicium

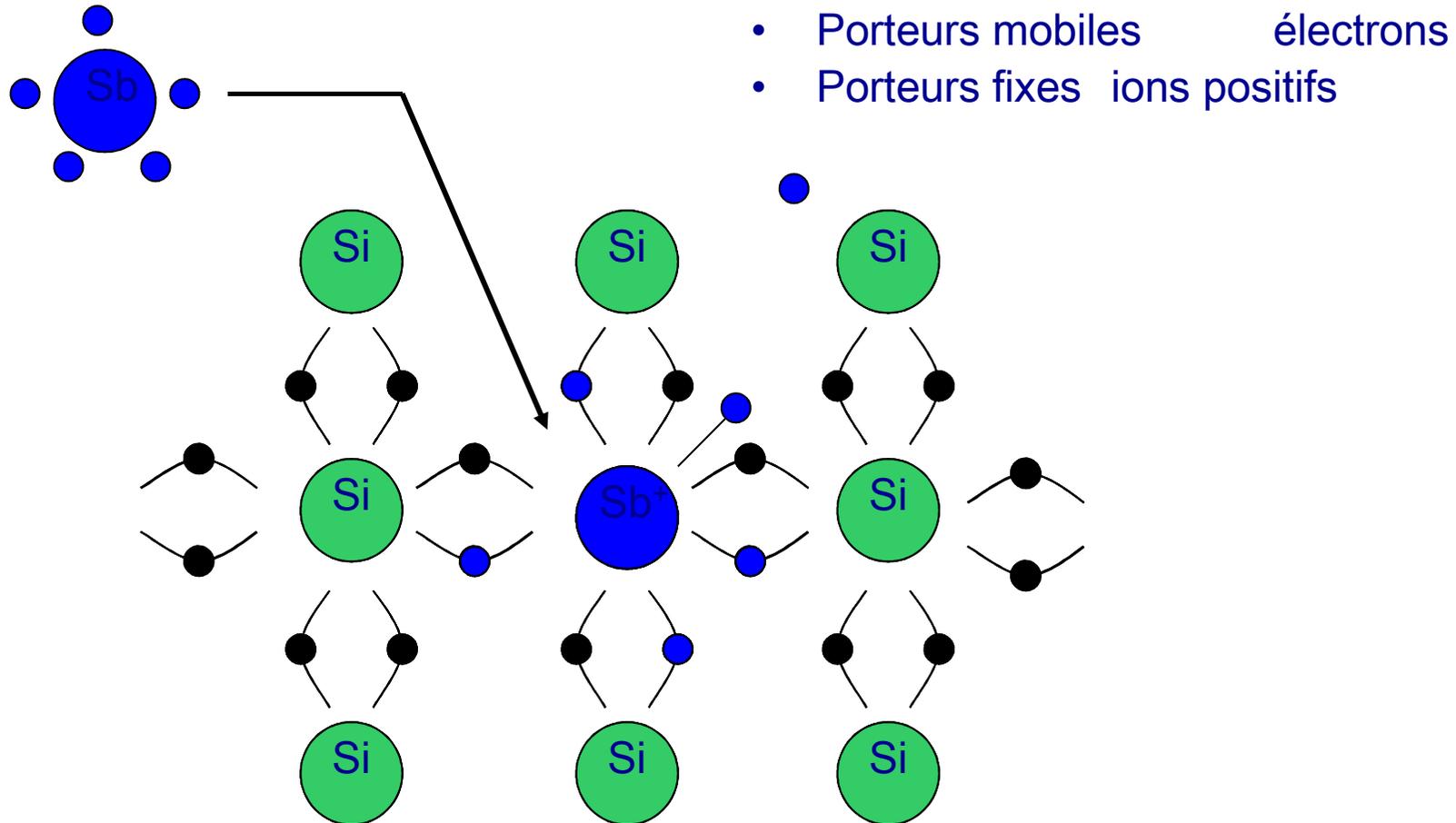
Chaque électron valent est engagé dans une liaison covalente



Pur, le silicium est isolant à très basse température
Lorsque la température augmente, il devient conducteur
 $kT=1/40\text{eV}$ à 25°C

Semi-conducteur N

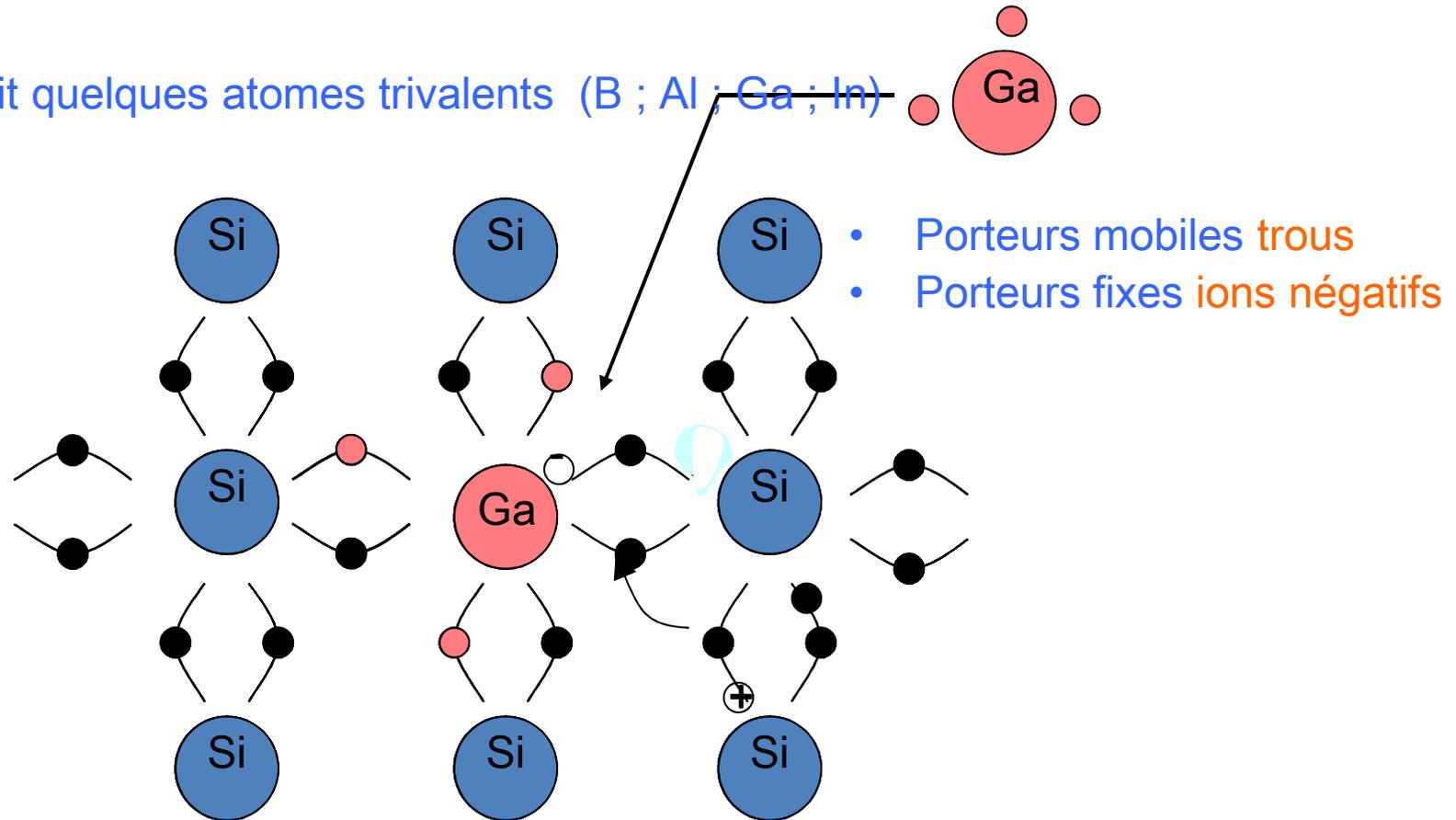
L'agitation thermique suffit à libérer le 5^e électron non engagé dans une liaison covalente
Dopage: on introduit quelques atomes pentavalents (P ; As ; Sb)
Il s'établit une conduction par électrons



De très faibles traces d'impuretés modifient d'une façon considérable la conduction d'un semi-conducteur

Semi-conducteur P

On introduit quelques atomes trivalents (B ; Al ; Ga ; In)



L'atome ne peut engager que 3 e⁻ périphériques dans des liaisons covalentes
⇒ il apparaît une « lacune » d'électron, un « trou » là où se trouve un atome Ga
⇒ rupture d'une liaison voisine ⇒ un e⁻ va combler ce « trou »
⇒ cette lacune d'électron s'est déplacée sur l'atome voisin
⇒ il s'établit une conduction par « trous ».

Régime continu et alternatif

Régime continu

indépendant du temps

constante

lettres majuscules

I U_{AB}

le sens du courant

Intensité

notation

Régime alternatif

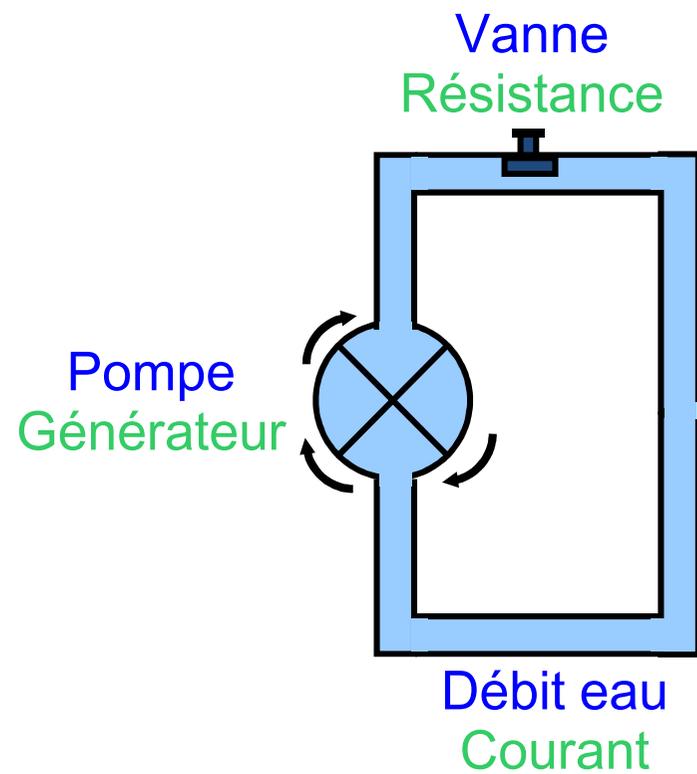
variable au cours du temps

fonction périodique du temps

lettres minuscules

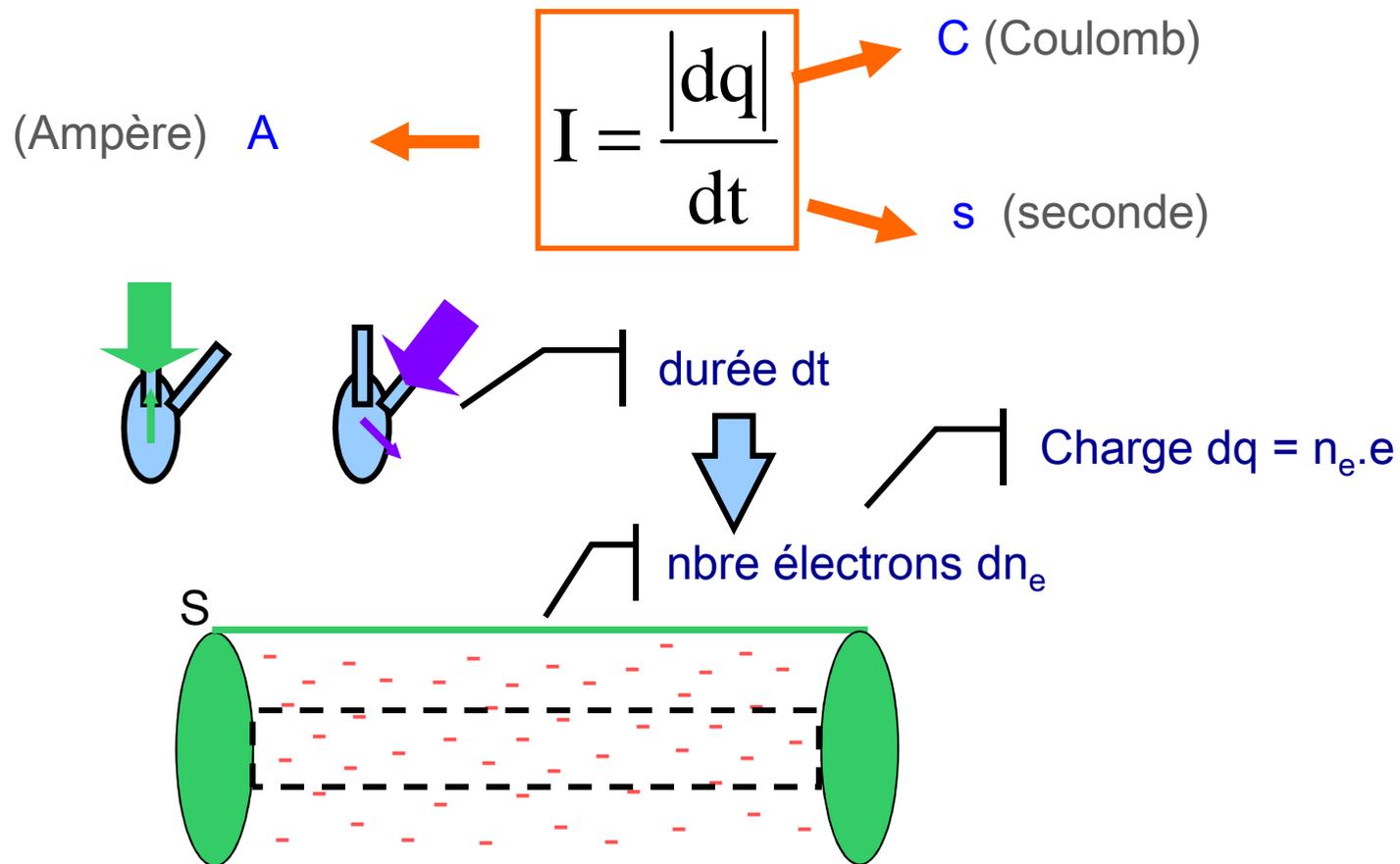
$i(t)$ $u_{AB}(t)$

Analogies électriques



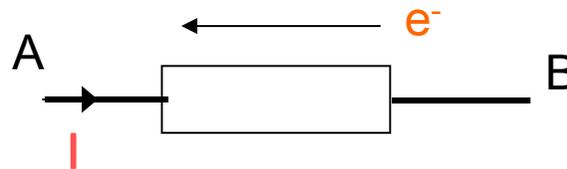
Intensité électrique

L'intensité I d'un courant à travers un conducteur de section S est égale à la charge électrique qui traverse S par unité de temps.



Intensité électrique : suite...

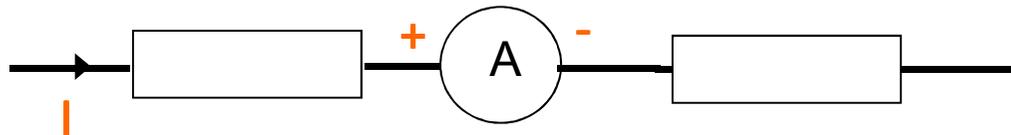
Le sens conventionnel est opposé au déplacement des charges négatives.



La mesure de l'intensité s'effectue à l'aide d'un ampèremètre.

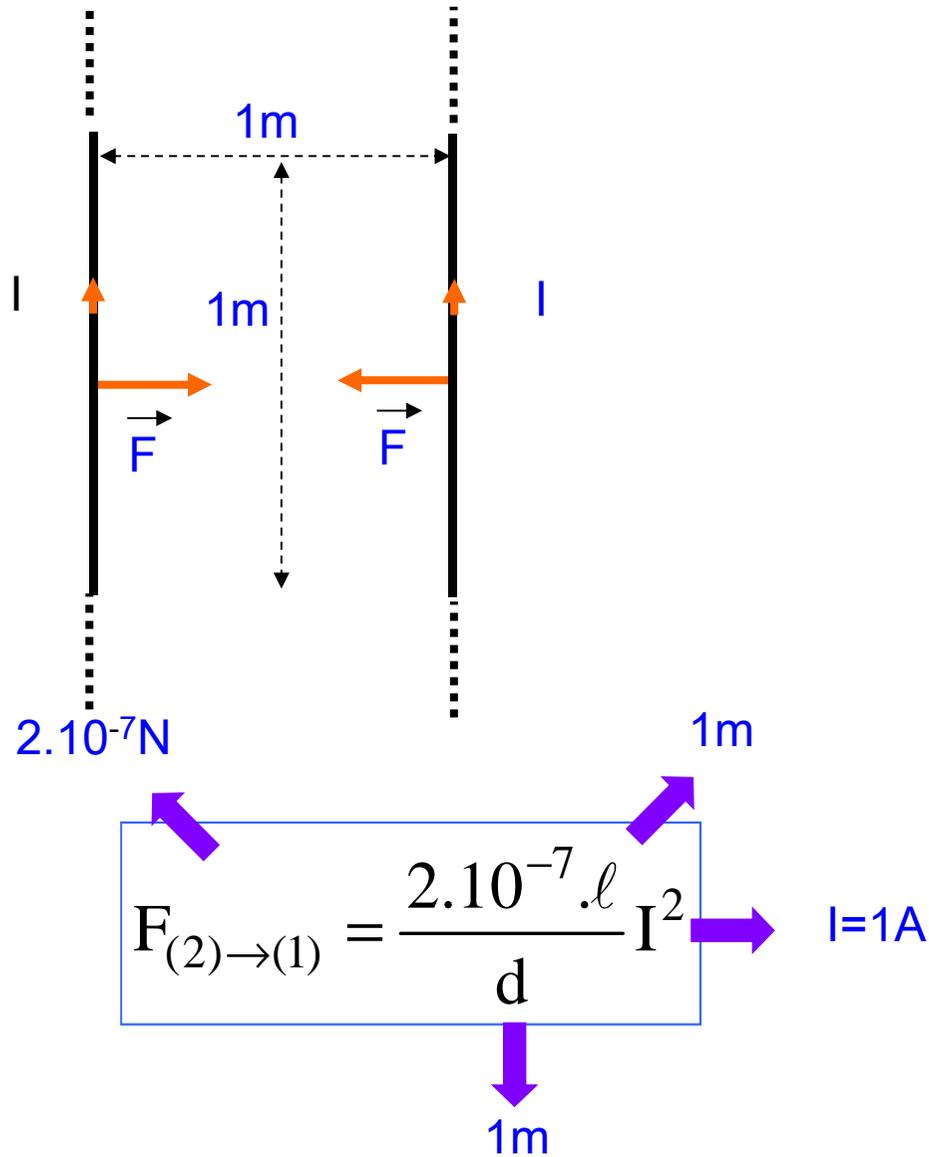
L'ampèremètre est placé en série dans le circuit.

La résistance d'un ampèremètre est faible.

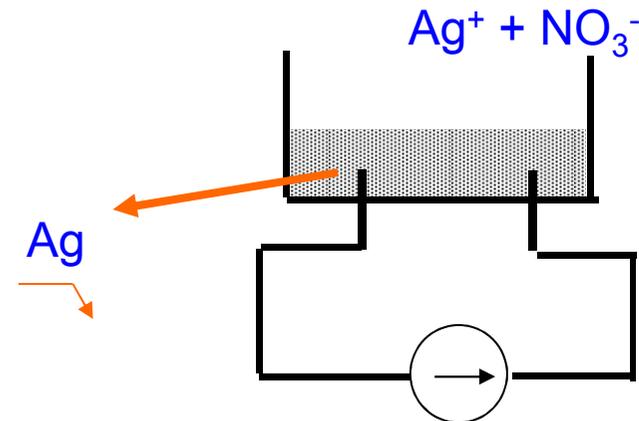


Autres définitions de l'Ampère

INTERACTION MAGNETIQUE



ELECTROLYSE

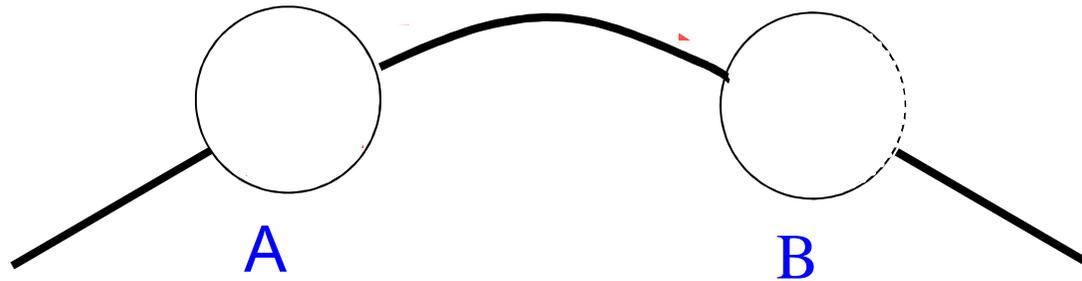


Si $I=1\text{A}$
 en 1s il se dépose une
 masse de 1,118mg Ag

Tension électrique

- Définition qualitative

- on dit qu'il existe une tension électrique entre deux points A et B s'il existe une dissymétrie dans la répartition des charges électriques entre A et B.
- Conséquence de cette dissymétrie : déplacement des charges s'il se trouve entre les deux points une suite de conducteurs.

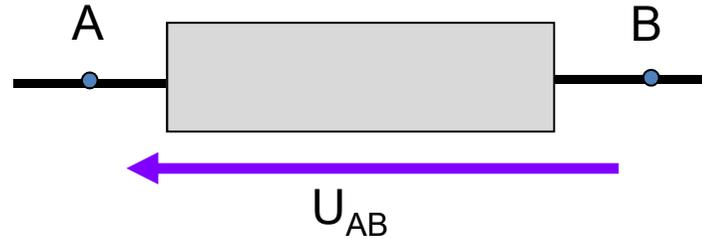


Commentaires

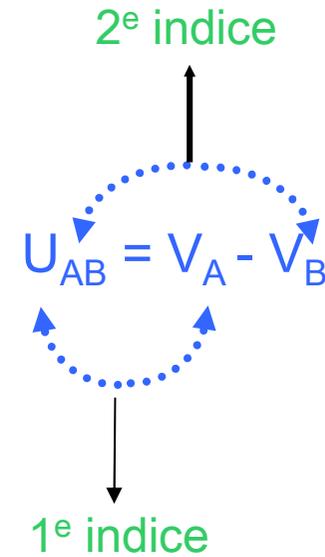
- Le **potentiel électrique** en un point
 - représente la **concentration des charges** en ce point
 - est maximal à la borne + d'un générateur de tension
 - est minimale à la borne - d'un générateur de tension
 - est défini à une constante près
 - s'exprime en volt
 - n'est pas accessible à la mesure
- Une **différence de potentiel** entre deux points A et B est
 - appelée **tension électrique** entre ces deux points
 - notée $U_{AB} = V_A - V_B$
 - représentée par une **flèche - tension**
 - de sens inverse de celui du courant aux bornes d'un récepteur
 - de même sens que celui du courant aux bornes d'un générateur
 - Il existe toujours une tension aux bornes d'un générateur (circuit ouvert ou fermé)
 - La tension aux bornes d'un fil sera considérée comme nulle

Commentaires : suite...

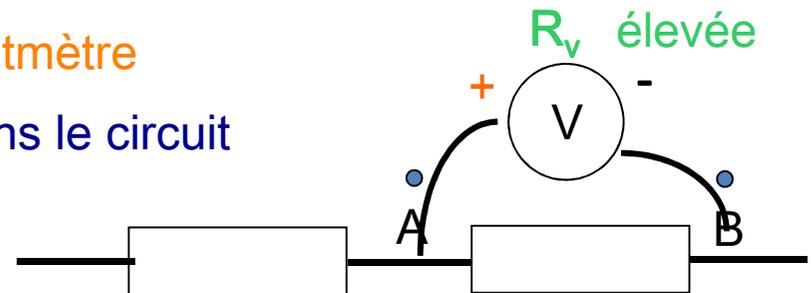
- Tension électrique ou différence de potentiel
- Représentation flèche tension



Pointe de la flèche ← U_{AB} → Pied de la flèche



- La tension électrique se mesure au **voltmètre**
- Le voltmètre se place en **dérivation** dans le circuit



Définition quantitative

La tension électrique entre deux points A et B

- est égale à la circulation du vecteur champ électrostatique entre A et B

$$\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = V_A - V_B = U_{AB}$$

- représente le travail nécessaire pour déplacer une charge unité de A en B

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$$

le travail d'une force = Force x déplacement

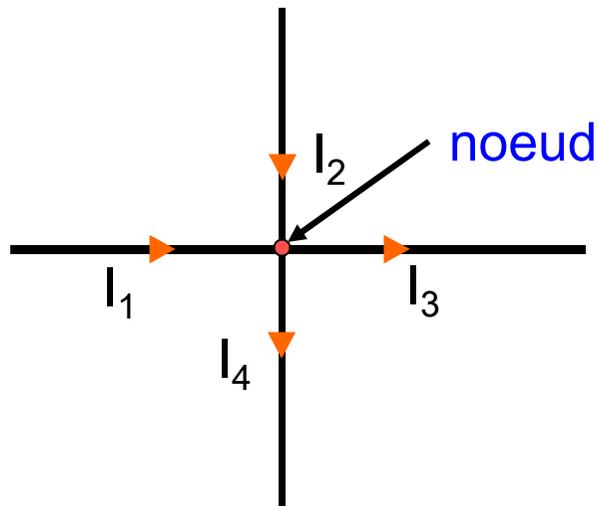
travail élémentaire = Force x déplacement infinitésimal $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}$

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B dW = \int_A^B q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l} = q \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = q \cdot U_{AB}$$

Les lois de Kirschhoff

(Ensemble de branches formant un circuit fermé)

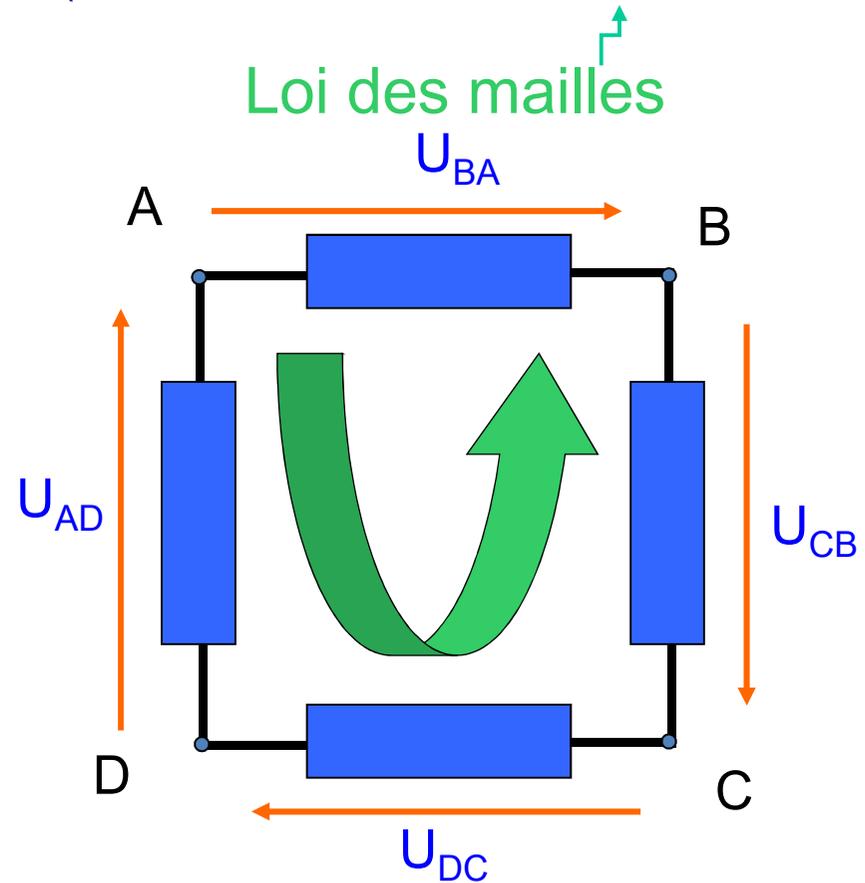
Loi des noeuds



$$\sum I_{\text{entrant}} = \sum I_{\text{sortant}}$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Loi des mailles

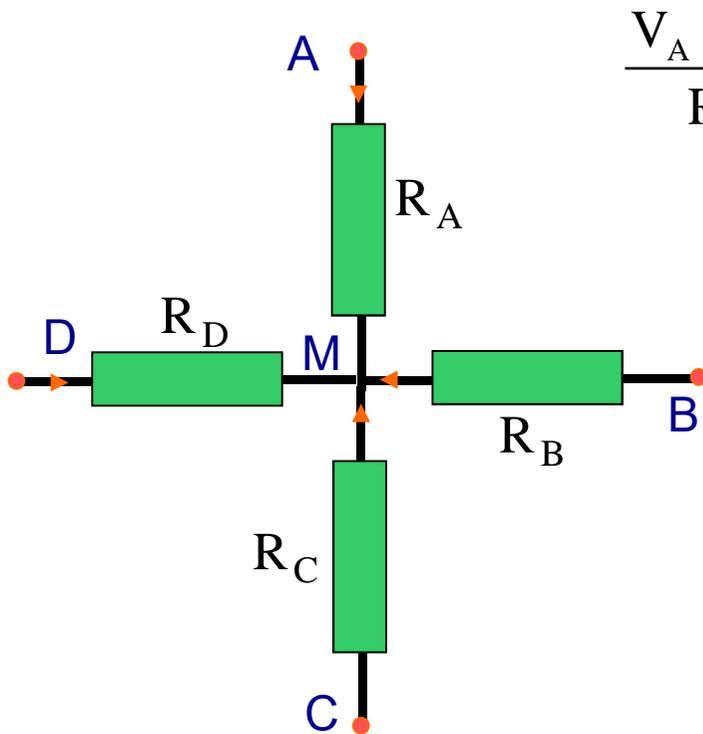


$$\sum_i \bar{U}_i = 0$$

$$U_{AD} + U_{DC} + U_{CB} + U_{BA} = 0$$

Théorème de Millmann

Le théorème de Millmann est la traduction de la loi des nœuds.
Il permet de déterminer le potentiel en un point.



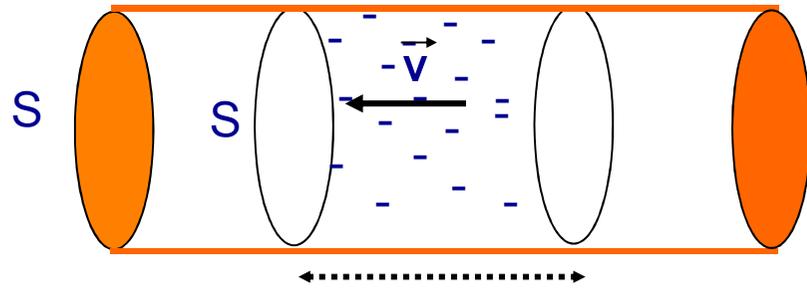
$$\frac{V_A - V_M}{R_A} + \frac{V_B - V_M}{R_B} + \frac{V_C - V_M}{R_C} + \frac{V_D - V_M}{R_D} = 0$$

$$\Rightarrow V_M = \frac{\frac{V_A}{R_A} + \frac{V_B}{R_B} + \frac{V_C}{R_C} + \frac{V_D}{R_D}}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_D}}$$

$$V_M = \frac{\sum \frac{V_i}{R_i}}{\sum \frac{1}{R_i}}$$

La loi d'Ohm

Conducteur filiforme



Distance parcourue pendant la durée dt

Les électrons ayant traversé la section S pendant la durée dt sont ceux qui se trouvaient dans le volume

Soit n la densité volumique e^-_{libre}

Nbre e^-_{libre} contenus dans le volume $d\tau$

Charge contenue dans le volume $d\tau$

Charge élec traversant la section S pendant le temps dt

Porteurs de charges = e^-_{libre}

Vitesse moyenne $v = \frac{dl}{dt}$

$$dl = v \cdot dt$$

$$d\tau = S \cdot dl$$

$$d\tau = S \cdot v \cdot dt$$

$$n = \frac{dn(e^-_{\text{libre}})}{d\tau}$$

$$dn(e^-_{\text{libre}}) = n \cdot d\tau$$

$$|dq| = n \cdot d\tau \cdot |e| \Rightarrow |dq| = n \cdot e \cdot S \cdot v \cdot dt$$

$$I = \frac{|dq|}{dt} = n \cdot e \cdot S \cdot v$$

Loi d'Ohm : suite...

Le déplacement e^-_{libre} est du au champ électrique E

$$E = \frac{U_{AB}}{\ell}$$

La vitesse e^-_{libre} est proportionnelle au champ E

$$v = \mu \cdot E \Rightarrow v = \mu \cdot \frac{U_{AB}}{\ell}$$

μ mobilité

Expression de l'intensité électrique

$$I = n \cdot e \cdot S \cdot v \Rightarrow I = n \cdot e \cdot S \cdot \mu \cdot \frac{U_{AB}}{\ell}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = \frac{I \cdot \ell}{n \cdot e \cdot \mu \cdot S} \cdot R_{AB}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = R_{AB} \cdot I$$

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

Conductance

La tension appliquée est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse.

La constante de proportionnalité notée R_{AB} est appelée **résistance du conducteur**

Un conducteur qui suit la loi d'Ohm est appelé un **conducteur ohmique**

La résistance d'un fil conducteur

$$\text{conductivité } \gamma = \frac{1}{\rho}$$

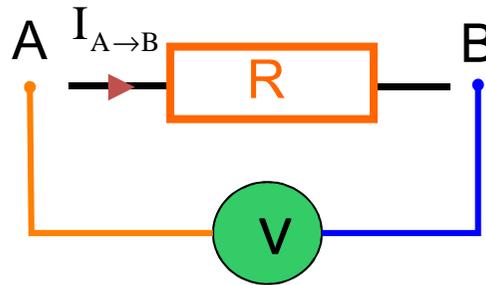
$$R_{AB} = \rho \frac{\ell}{S}$$

longueur conducteur

section conducteur

résistivité

Loi d'Ohm : suite...



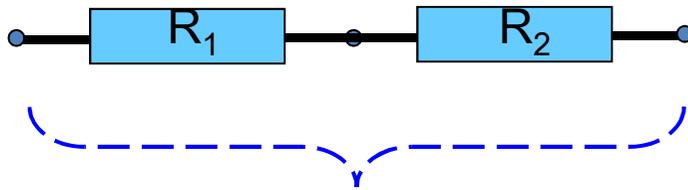
$$U_{AB} = V_A - V_B = R_{AB} \cdot I_{A \rightarrow B}$$

\parallel

Association de conducteurs ohmiques

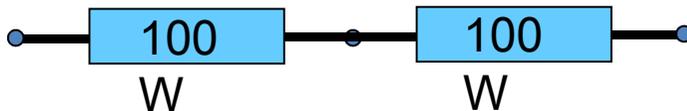
En série

Parcourus par le même courant



$$R = R_1 + R_2$$

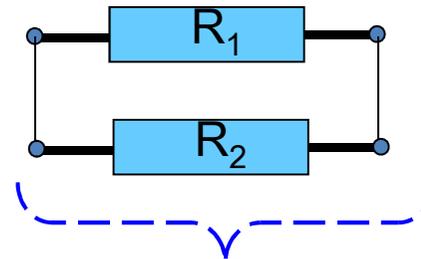
$$R = \sum R_i$$



$$R = 200 \text{ W}$$

En dérivation

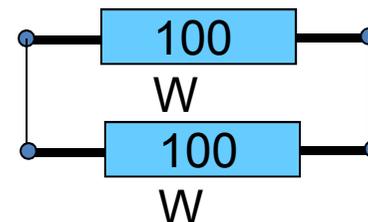
Deux bornes communes
Tension commune



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

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

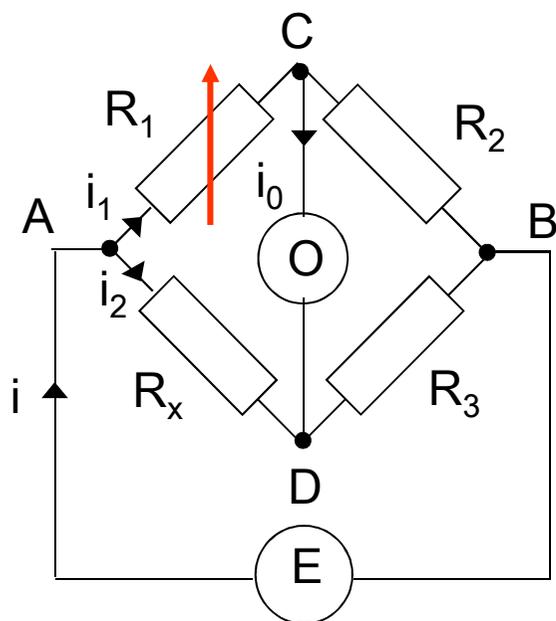
$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$



Ponts de mesures

- Circuit électrique destiné à la mesure
 - résistances en régime continu (Wheatstone)
 - impédances en régime alternatif (Hay - Maxwell - Sauty - Wien)
- Circuit constitué de 4 branches
 - 2 résistances connues - 1 résistance variable - 1 résistance inconnue
 - un détecteur de zéro (Galvanomètre - Oscilloscope)

Pont de Wheatstone



On règle R_1 pour obtenir $i_0 = 0$

On dit alors que le pont est équilibré

$$V_C = V_D$$

$$U_{AC} = U_{AD}$$

$$U_{CB} = U_{DB}$$

$$\text{p } R_1 \cdot I_1 = R_x \cdot I_2$$

$$\text{p } \frac{R_1 \cdot I_1}{R_2 \cdot I_1} = \frac{R_x \cdot I_2}{R_3 \cdot I_2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_3} \Rightarrow R_1 R_3 = R_2 R_x$$

$$R_x = \frac{R_3}{R_2} R_1$$

Energie & Puissance

Energie que la source de courant doit fournir pour déplacer les porteurs de charges

Energie électrique par unité de temps

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = dq \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B dW = \int_A^B dq \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$= dq \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = U_{AB}$$

$$= dq \cdot u_{AB} = i \cdot dt \cdot u_{AB}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \int u_{AB} \cdot i \cdot dt$$

Joule (J) (en V) (en A)

$$P = \frac{W_{A \rightarrow B}}{dt} = u_{AB} \cdot i$$

Watt (W) (en V) (en A)

Si $P > 0 \Rightarrow$ le dipôle est un récepteur

Si $P < 0 \Rightarrow$ le dipôle est un générateur