

Introduction à l'électrocinétique

C2M

Objectifs :

- Présenter les mécanismes élémentaires de la conduct° :

Définit° du courant et de la tension O2R

- Se donner un cadre d'approximat° des phénomènes électromagnétiques mis en jeu dans la conduct° (ARQS) C2M

- Connaître les ODG associés

I LA CHARGE ET LES CONDUCTEURS ÉLECTROSTATIQUES

- 1 - Interaction électrostatique
- 2 - Nature des charges et des conducteurs
- 3 - Quantification du courant électrique

II APPROXIMATION DES RÉGIMES QUASI-STATIONNAIRES

- 1 - Mise en mouvement des charges dans un circuit
- 2 - Conséquences en régime variable
- 3 - Définition de l'ARQS :
- 4 - Application

Electro cinétique



Les charges électriques



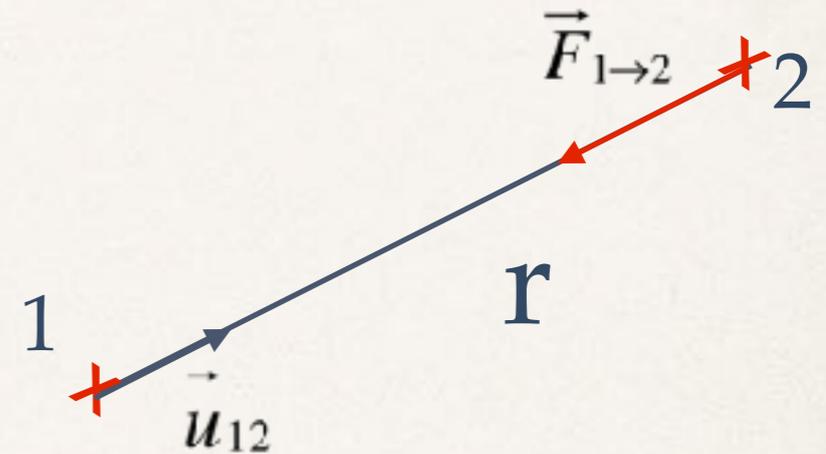
Mouvement
déplacement

Théorie du mouvement macroscopique des charges dans les réseaux électriques

I La charge et les conducteurs électrostatiques

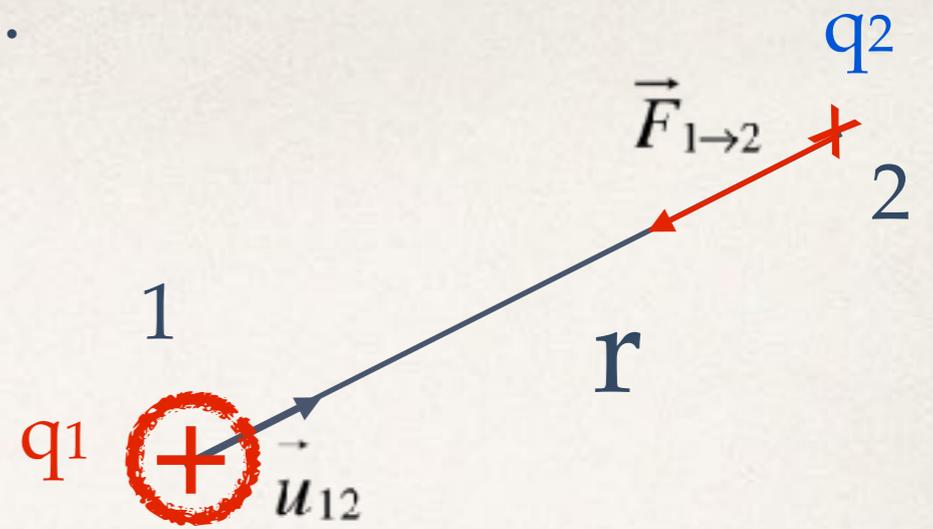
1 - Interaction électrostatique

F =



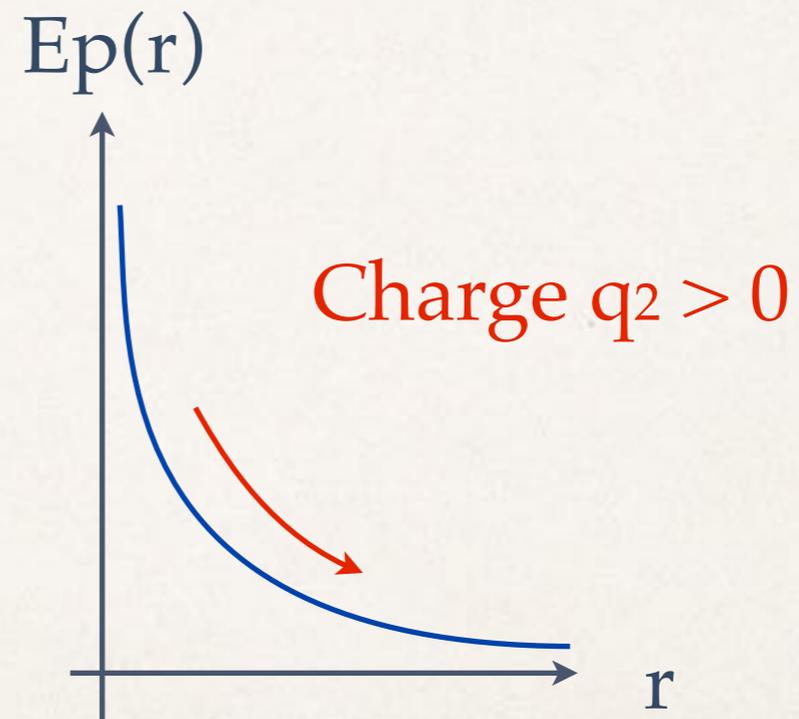
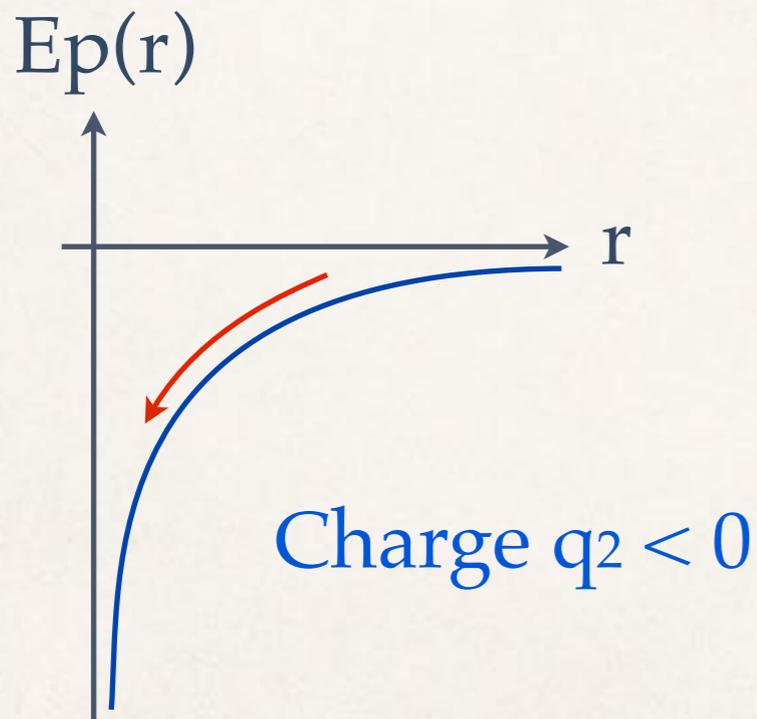
Elle est responsable de la mise en mvt. des porteurs de charges dans les conducteurs : la force électrique est appelée force électromotrice (f.e.m).

Exemple : interaction de 2 charges ponctuelles.



Nous verrons (cf Méca III) comment créer une fct^o énergie potentielle :

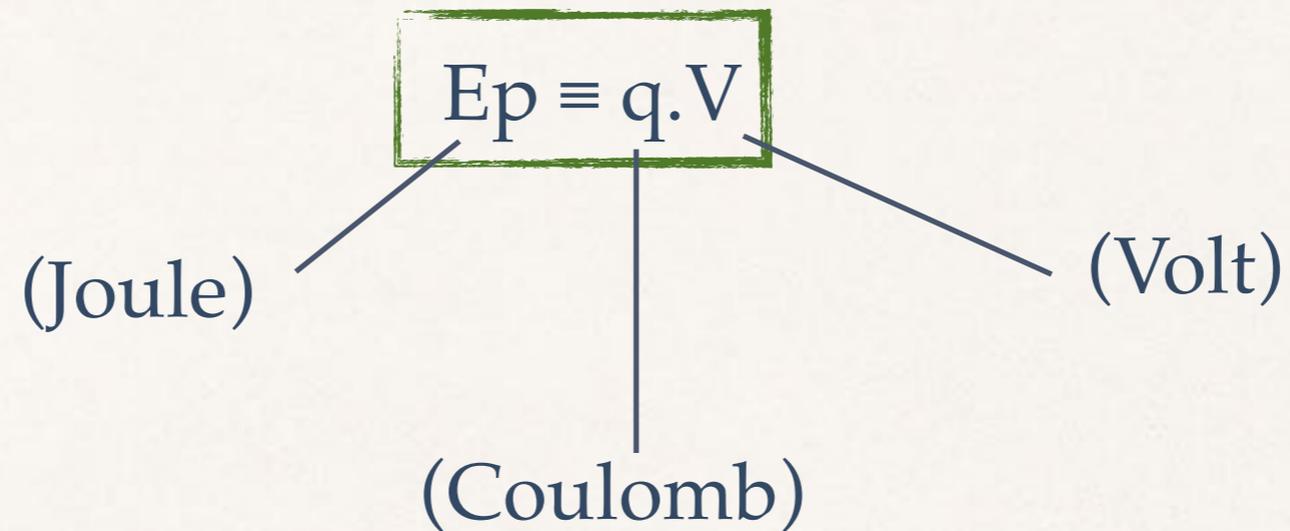
$$E_p(r) =$$



Dans tous les cas, la particule chargée tombe dans le puits de potentiel poussée par la f.e.m (force électro-motrice)

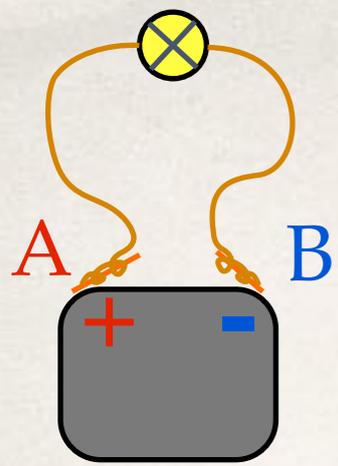
La notion de potentiel électrostatique «V» est définie à partir de cette fonction énergie potentielle.

On a :



RPB

La notion de potentiel électrostatique «V» est définie pour toute distribution de charge, en particulier dans le cas d'un générateur de tension :

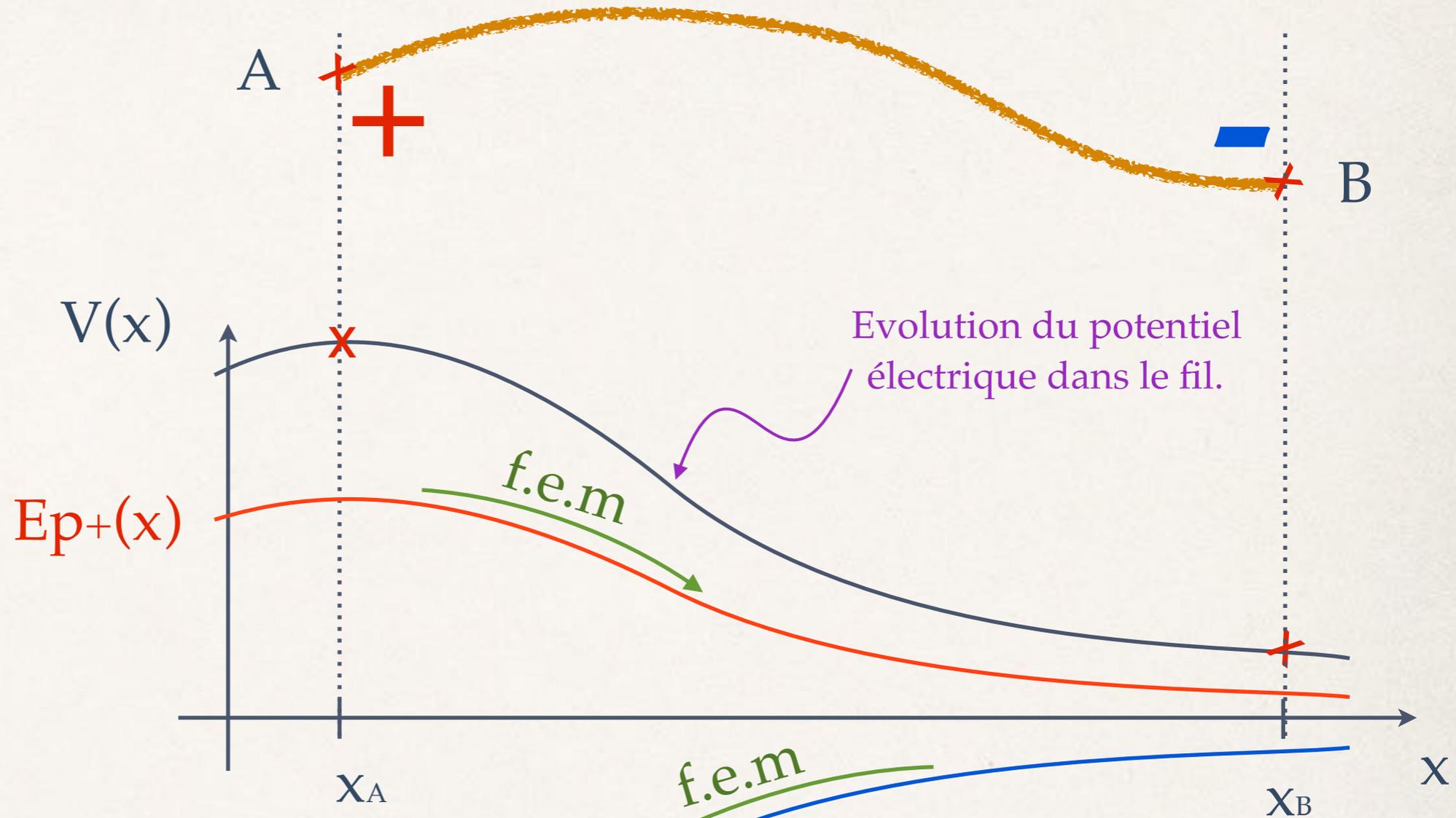


On considère un fil de **cuiivre** alimenté par un générateur :

$$E_p \equiv q \cdot V$$

porteur +
 $q > 0$

porteur -
 $q < 0$



Les électrons sont poussés par le champ électrique de la droite (-) vers la gauche (+)

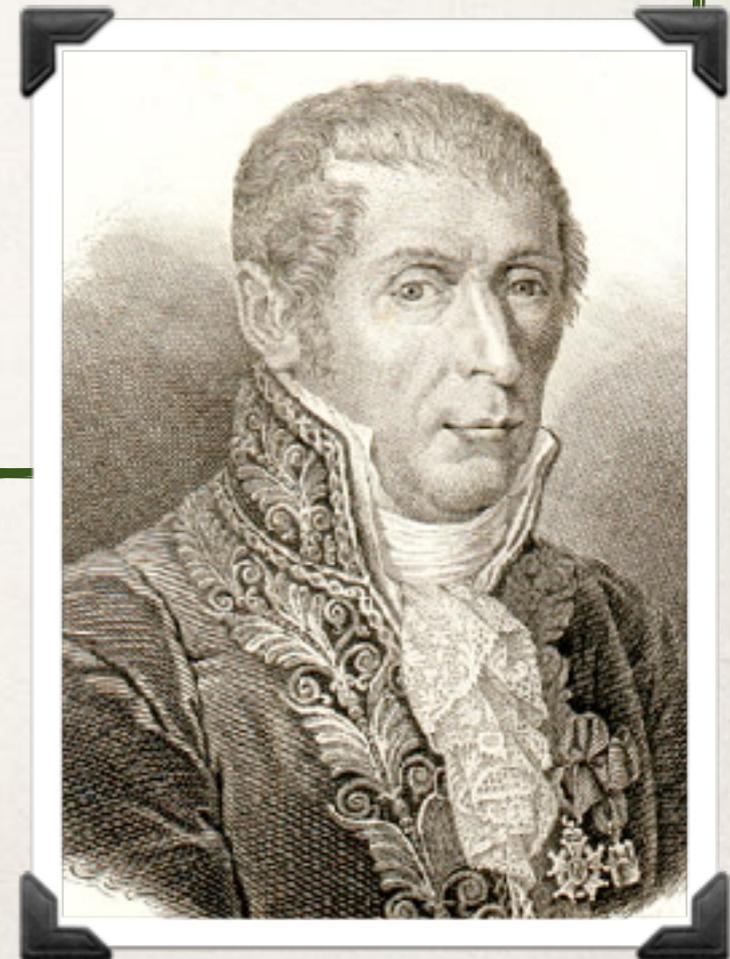
Définition :

On appelle tension une différence de potentiel (ddp) entre deux points.

$$U_{AB} =$$

La tension s'exprime en Volt (V) d'après Volta.

RPB



2 - Nature des charges et des conducteurs

α - Conducteurs solides

- > Les métaux
- > Semi-conducteurs

β - Conducteurs liquides

- > mercure : métal liquide
- > électrolytes

γ - Conducteurs gazeux

- > Air sous l'effet d'un champ électrique intense
- > Plasma

Il ne peut y avoir de charge sans porteurs de charges (support matériel)
La charge électrique est donc quantifiée ! [ce n'est pas un continuum]

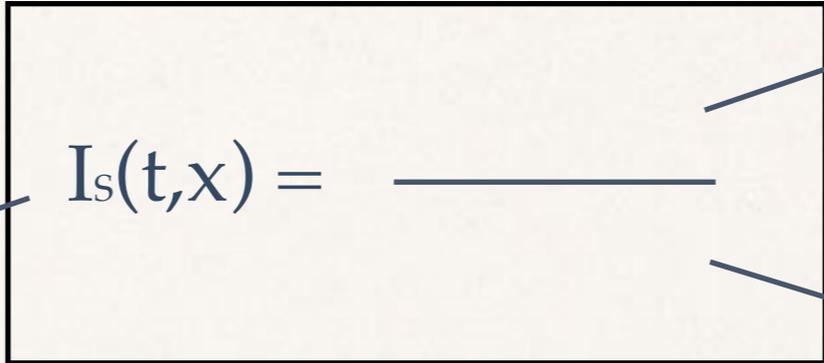
Quels que soient les porteurs de charge et leur caractères fixes ou mobiles, les matériaux restent électriquement neutres.

δ - Densité de porteurs et densité de charge

3 - Quantification du courant électrique

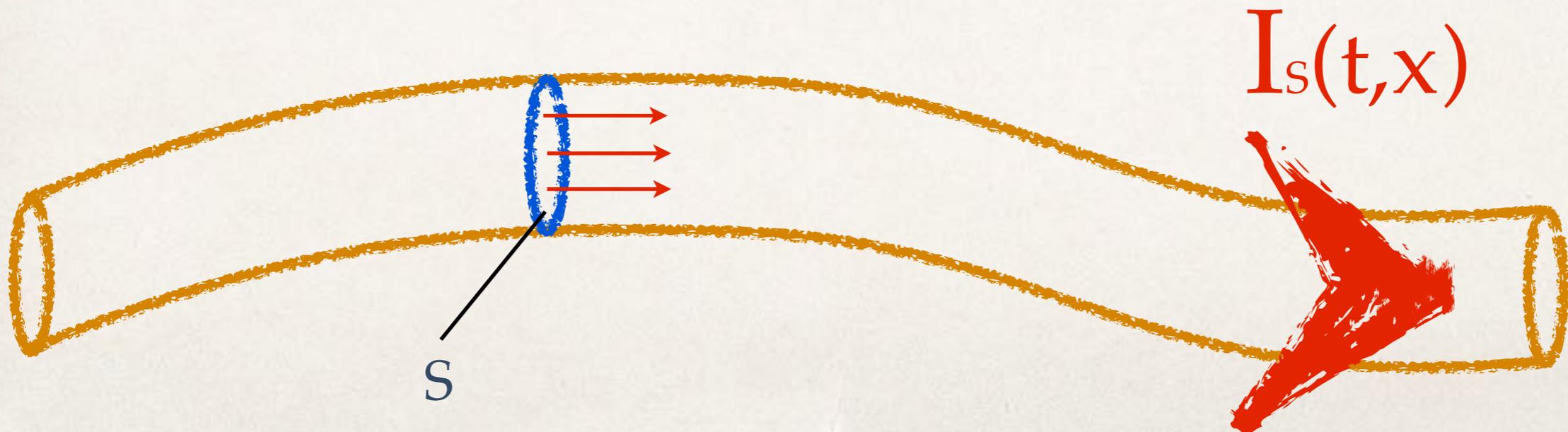
α - Définition :

Soit un conducteur filiforme de section S

(A) $I_s(t, x) =$  (C) **RPB** (s)

I_s quantifie la quantité algébrique de charge qui traverse S par unité de temps. Il s'exprime en Ampère.

A priori I_s est une fonction du temps et de la position sur le fil



Rq : Le courant électrique descend le potentiel, c-à-d qu'il va du + vers le -

Ordre De Grandeur (ODG) :

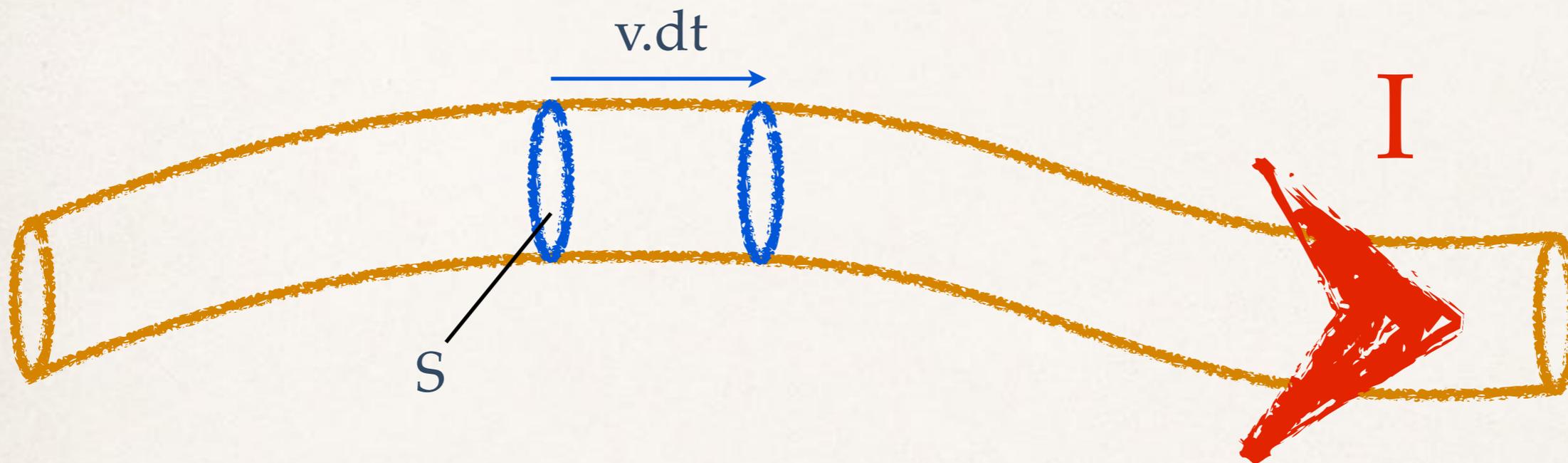
- * Transistor - microprocesseur : $I \sim 1 \text{ à } 10 \text{ mA}$ $U \sim 1\text{V} - 15\text{V}$
- * Installation domestique : $I \sim 1 \text{ à } 60 \text{ A}$ $U \sim 110\text{-}220\text{V}$
(50-60 Hz)
- * Foudre : $I \sim 50.000 \text{ à } 200.000 \text{ A}$ $U \sim \text{Milliard Volt}$
($E \sim 10.000\text{Volt/cm}$)

β - Modélisation de la conduction

Fil de section S , contenant des porteurs :

- de densités n_p (c-à-d n_p entités par unité de volume)
- de charge q_p
- de vitesse v

Quelle quantité de charge traverse S pendant dt ?



- Montrer sur la base d'un schéma que la charge qui traversent la surface pendant dt est égale aux charges contenues dans un cylindre de base S et de hauteur h .
- Calculer la quantité de charges dans ce cylindre à l'aide des données ci-dessus. En déduire le courant.

γ - Application Numérique (AN) :

On considère un fil de cuivre de section circulaire de rayon
 $R = 1\text{mm}$, parcouru par un courant de 1A :

Densité de porteurs :

a. Densité dans le cuivre

$$\rho_{cu} = 8.46 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

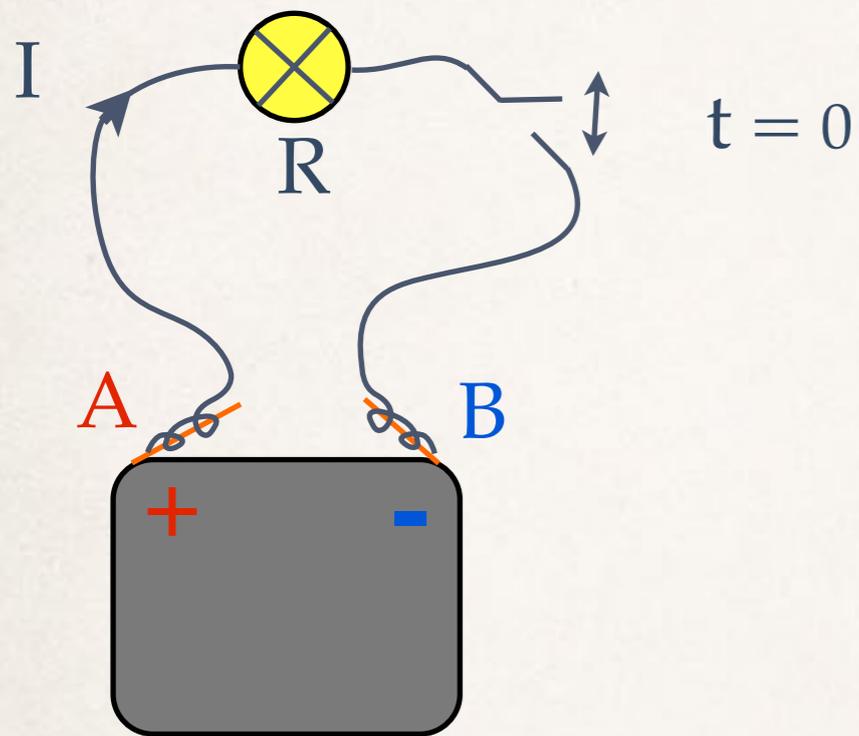
Vitesse des porteurs :

b. Faire l'application numérique à l'aide de la formule précédente.

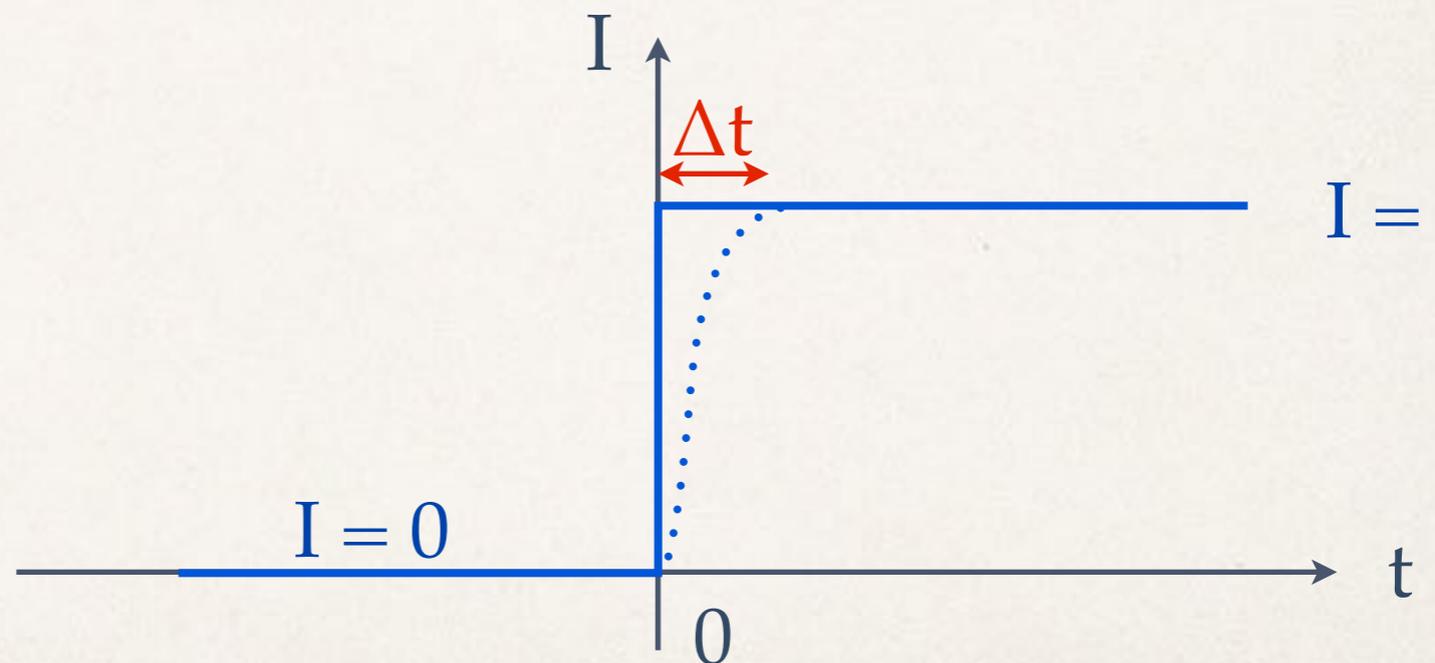
II Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires :

1 - Mise en mouvement des charges dans un circuit :

C2M



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



$\Delta t = \tau_{ARQS}$: temps de mise en mouvement des charges

A priori I est une fonction du temps et de la position sur le fil :

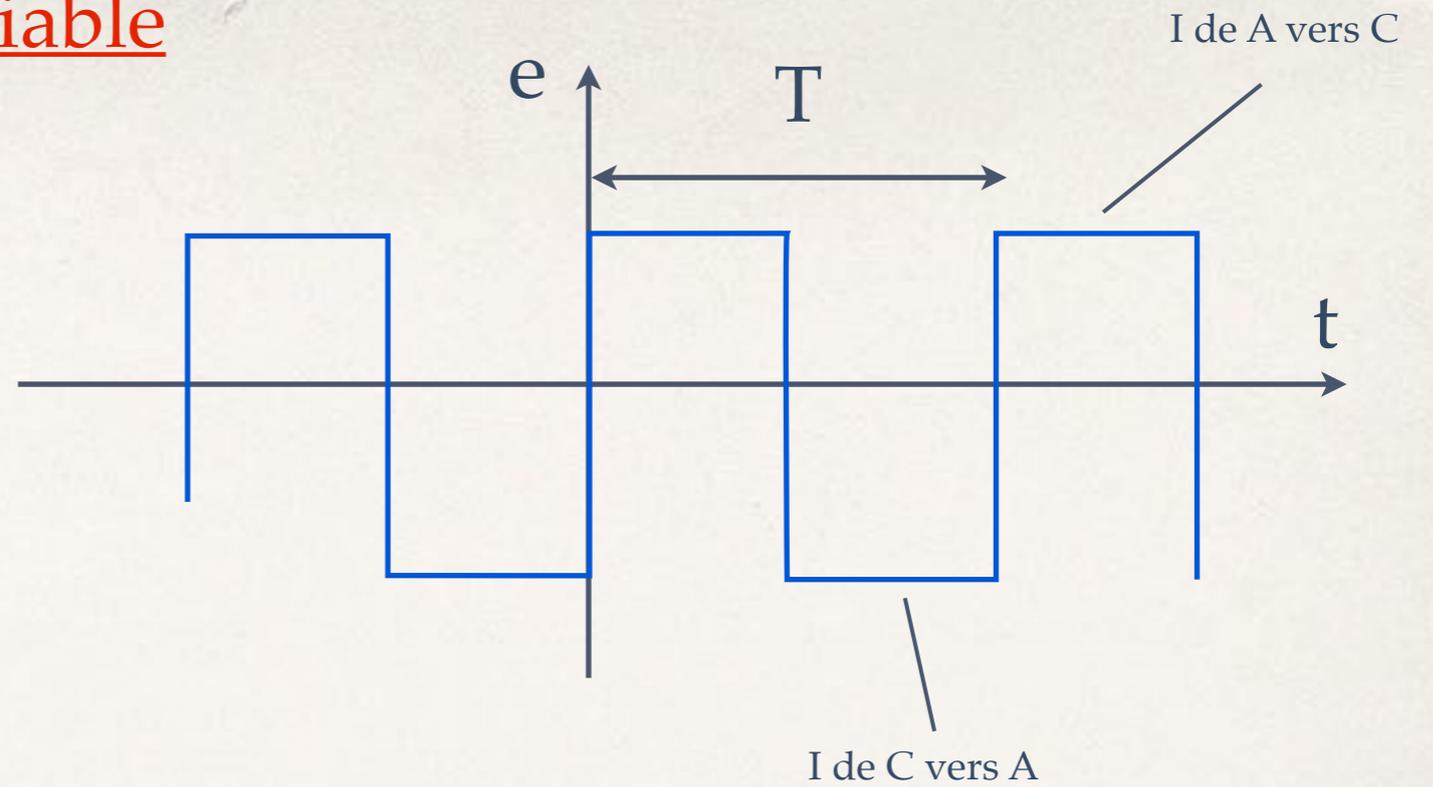
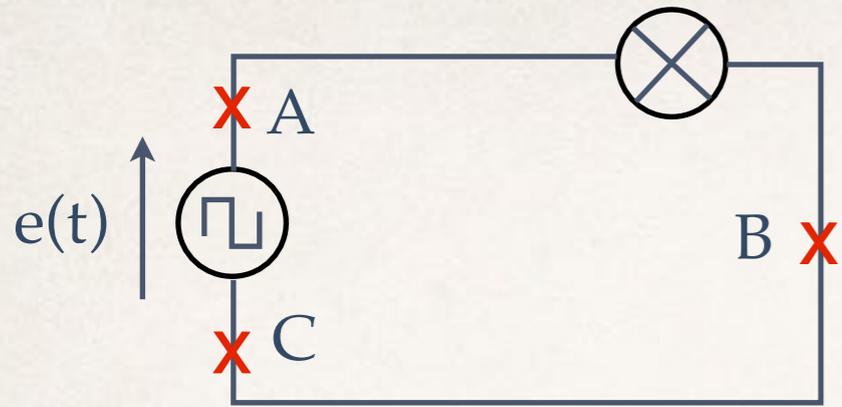
$$I(t,x)$$

Soit L la longueur typique d'un circuit (c-à-d son ODG) on a :

$$\tau_{ARQS} =$$

C'est un temps vraiment très court.

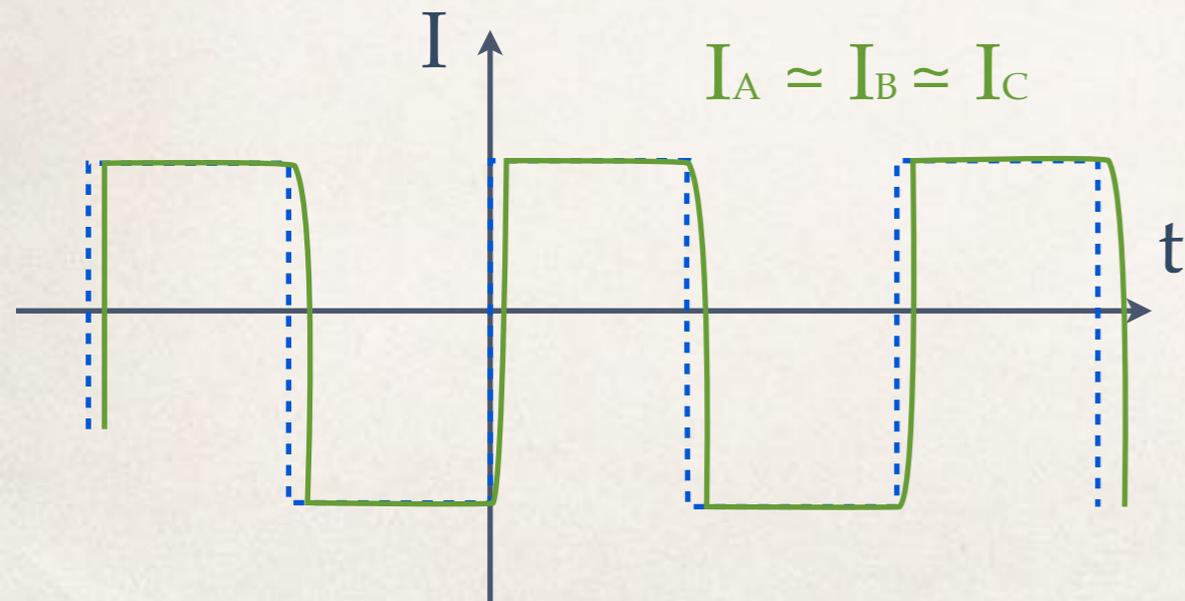
2 - Conséquences en régime variable



Si $T \gg \tau_{ARQS}$
(fréquences acceptables)

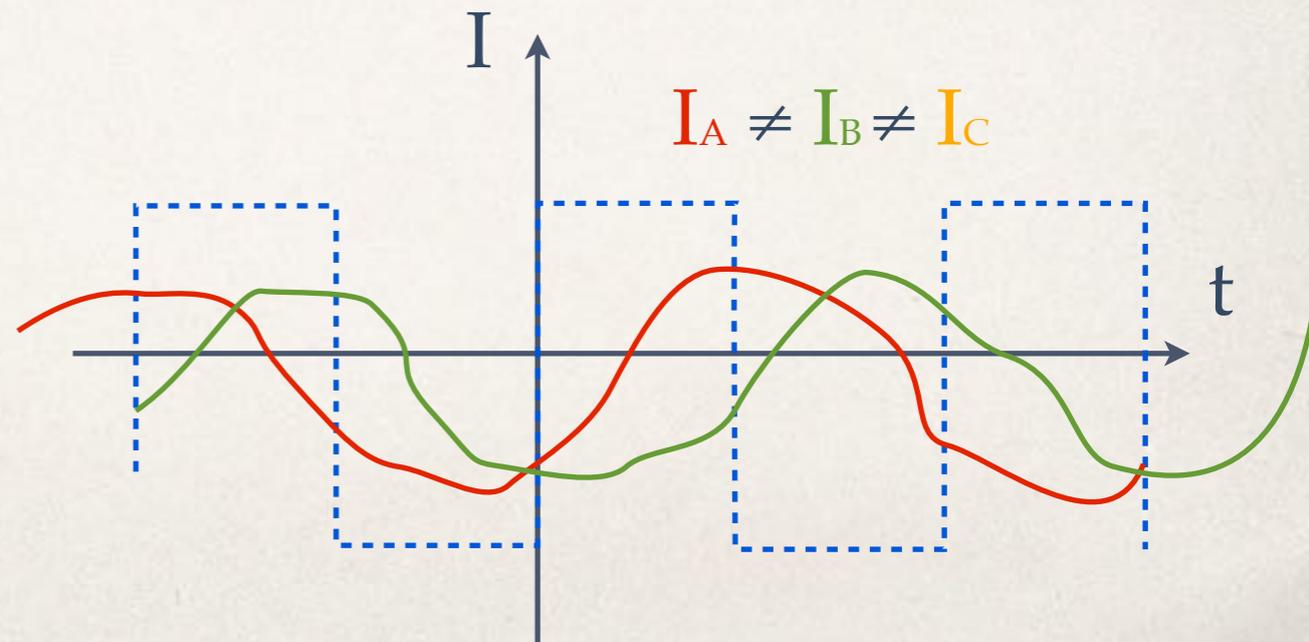
C2M

$$I_A \approx I_B \approx I_C$$



Si $T < \tau_{ARQS}$
(Hautes fréquences)

$$I_A \neq I_B \neq I_C$$



3 - Définition de l'ARQS :

On dit que l'on se place dans le cadre de l'Approximation des Régimes Quasi-Stationnaire (ARQS) si le temps caractéristique de variation des signaux dans le circuit est grand devant le temps de mise en mouvement des porteurs de charge.

$$T_{\text{signaux}} \gg T_{\text{mise en mvt}}$$

C2M

Conséquences en pratique :

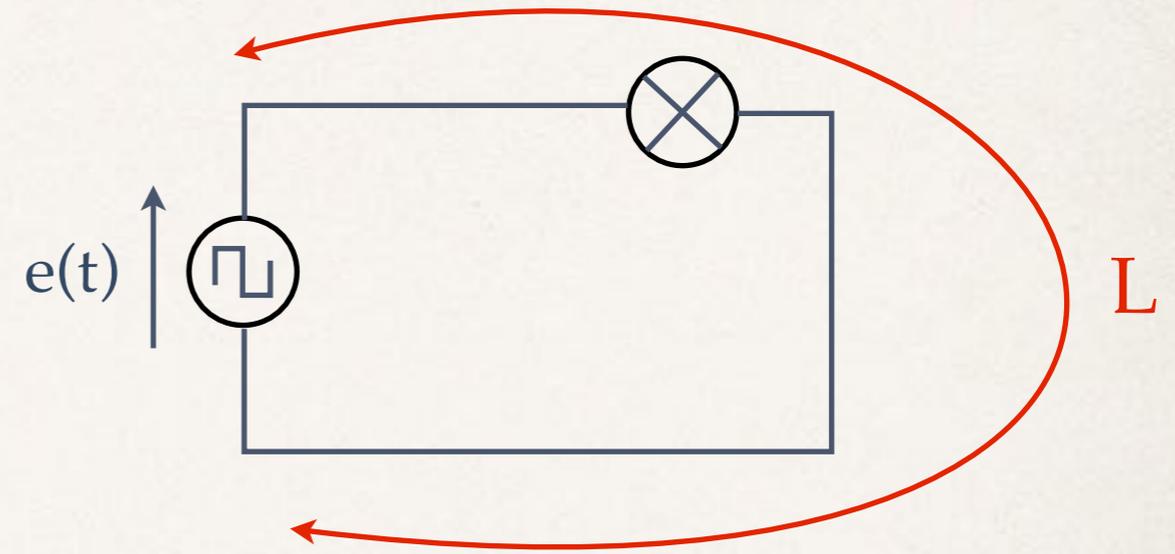
=> i est le même en tout point d'une branche : $I_s(t, \times) = I(t)$

C2M

=> On va pouvoir étudier les régimes variables avec les mêmes lois que les régimes continus (Lois de Kirchhoff)

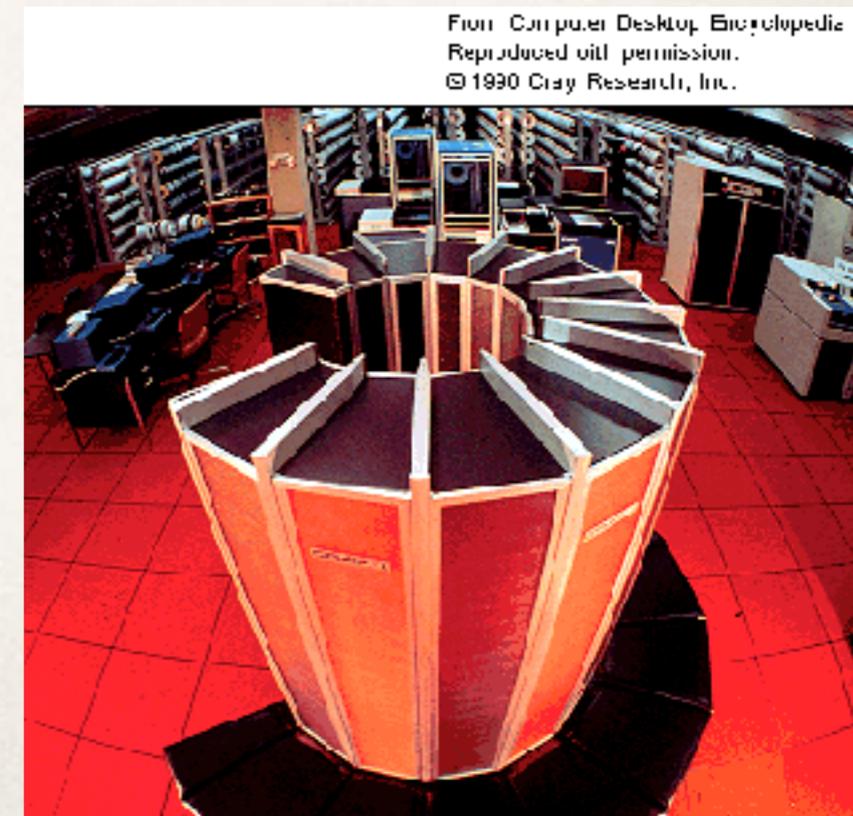
4 - Applications :

Ex 1 : Circuits électriques usuels



Ex 2 : Supercalculateurs

L'ARQS limite la dimension et la forme des armoires de processeurs. L'architecture est conçue pour limiter la longueur des circuits entre processeurs et mémoires.



Conclusion :

Approximation des Régimes Quasi Stationnaire

ARQS

On se placera toujours dans ce cadre d'approximation par la suite

Résolution de PB :

A Lion-sur-mer les vagues semblent « courir » le long de la digue, bien plus vite que n'arrivent les vagues ?

- Soit V la vitesse des vagues, calculer la vitesse V' des crêtes de vague le long de la digue en fonction de θ .
- Que se passe-t-il si θ tend vers 0 ?
- Comment ce phénomène est t'il possible ?

