

ELECTROSTATIQUE

PARTIE A

Éléments à retenir

Professeur M. CHEREF

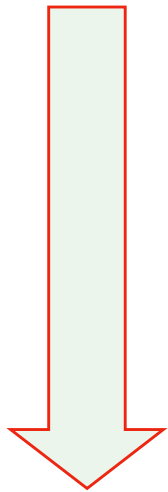
1^{ère} année de médecine dentaire

Électrisation par frottement

FROTTER UN BÂTON DE VERRE



ATTRACTION DE CORPS LEGERS



FROTTER UN TUBE DE METAL



PAS D'ATTRACTIONS



Comportement selon
les matériaux utilisés

matériau isolant

matériau conducteur

MISE EN EVIDENCE D'UNE FORCE « ELECTROSTATIQUE »
SUSCEPTIBLE DE VAINCRE A DISTANCE LA FORCE DE GRAVITATION

Explications et définitions (1)

ELECTRICITE



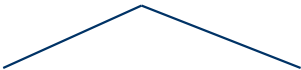
Interaction bien plus forte que la Gravitation

Interaction gravitationnelle

Attraction universelle
entre deux corps
doués de masses

Interaction électrique

Deux types
d'interactions possibles



Attraction Répulsion

Explications et définitions (2)

deux sortes d'électrisation

02 Charges de même signe se repoussent

02 Charges de signes contraires s'attirent



deux types de charges

Charges dites positives (charges +)

Charges dites négatives (charges -)

- Charge électrique élémentaire [MILLIKAN : expérience de la goutte d'huile]



Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

[Le Coulomb = Unité définissant la quantité de charges]

ELECTROSTATIQUE

Résultat d'Interactions Électriques entre des particules chargées au repos
(encore valable lorsque les charges sont en mouvement lent)

Loi de Coulomb (1)



$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q \cdot q'}{r^2} \vec{u}$$

(avec ϵ : permittivité du milieu)

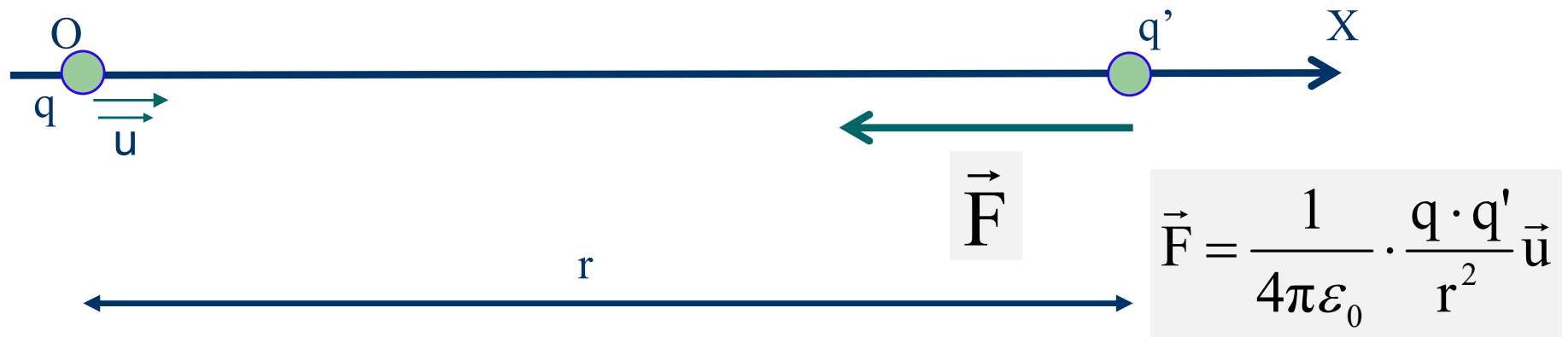
(vide) →

$$\left[K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \right]$$

Remarque : Le milieu considéré est en général le vide

Loi de Coulomb (2)

- Exemple de deux charges q et q' de signes contraires



- Principe de superposition

Force de Coulomb exercée par des charges q_i sur une charge q'

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sum_i \frac{q_i \cdot q'}{r_i^2} \vec{u}_i$$

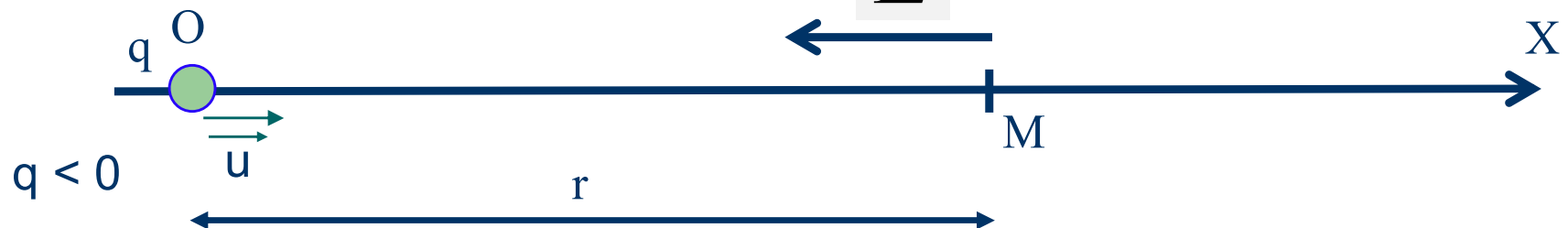
Champ électrique (1)

- Champ électrique \vec{E}



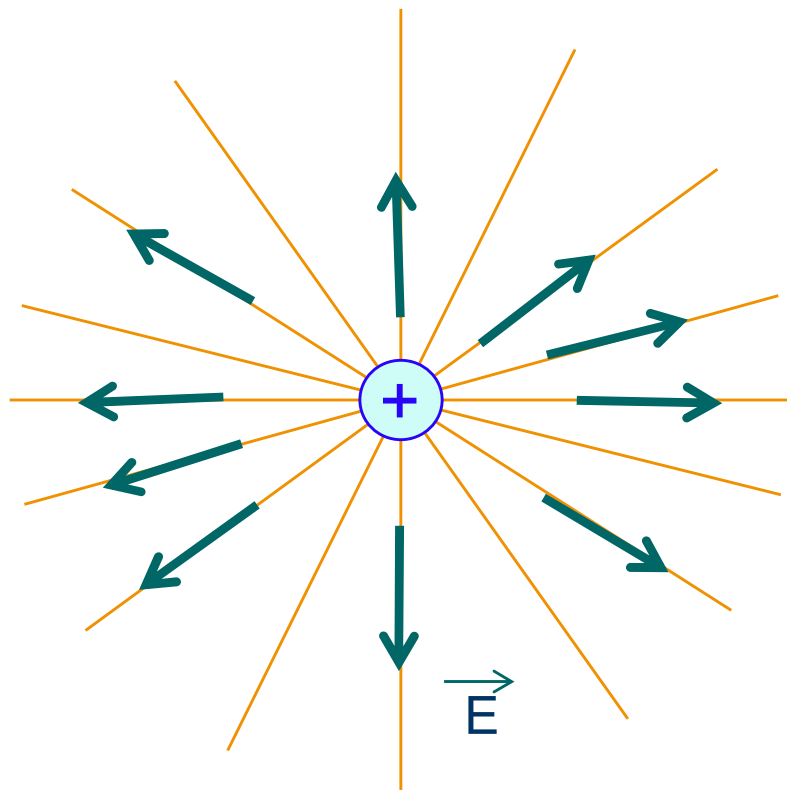
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u} = K \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u}$$

[dans le vide]

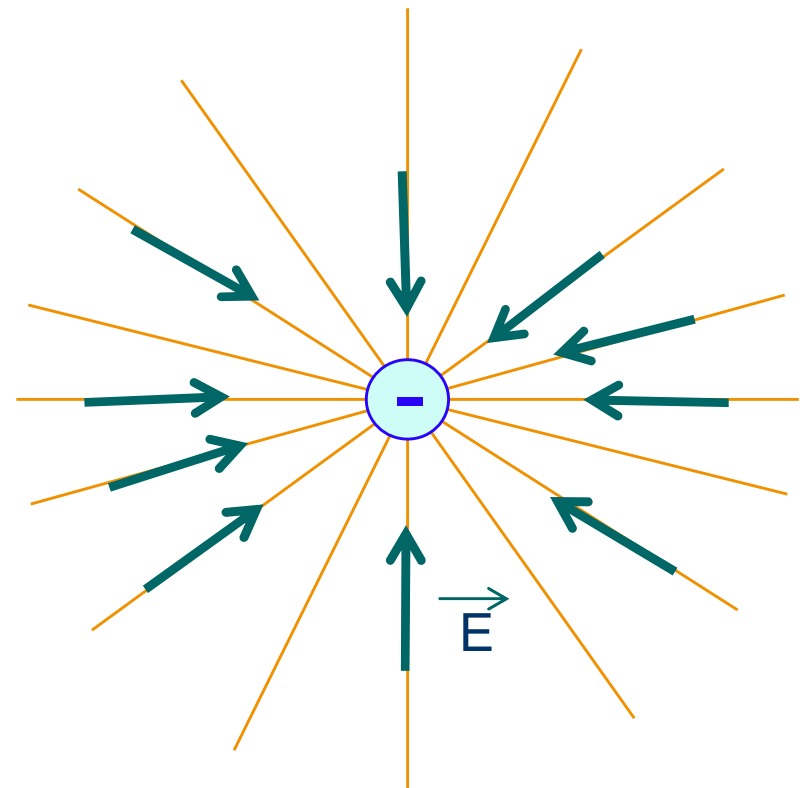


Champ électrique (2)

- Notions de Champ rentrant ou sortant



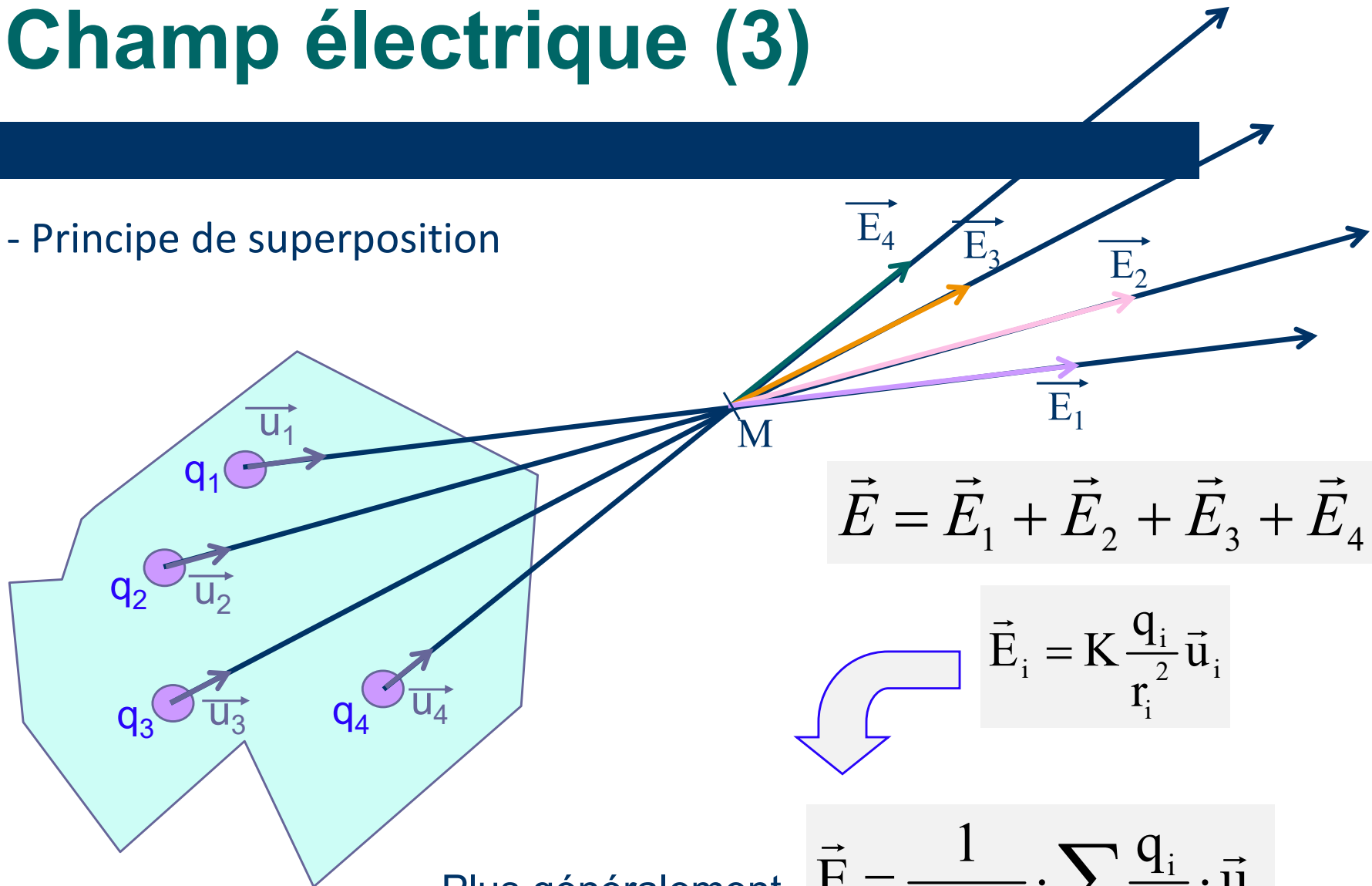
Champ Sortant



Champ Rentrant

Champ électrique (3)

- Principe de superposition



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

$$\vec{E}_i = K \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$$

Plus généralement

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_i$$

Energie et potentiel (1)

- Energie potentielle U

par rapport à deux corps de charges q et q' distants de r

$$U = K \cdot \frac{q \cdot q'}{r} + \text{cte}$$



$$U = K \cdot \frac{q \cdot q'}{r}$$

Avec $U_{\infty} = 0$

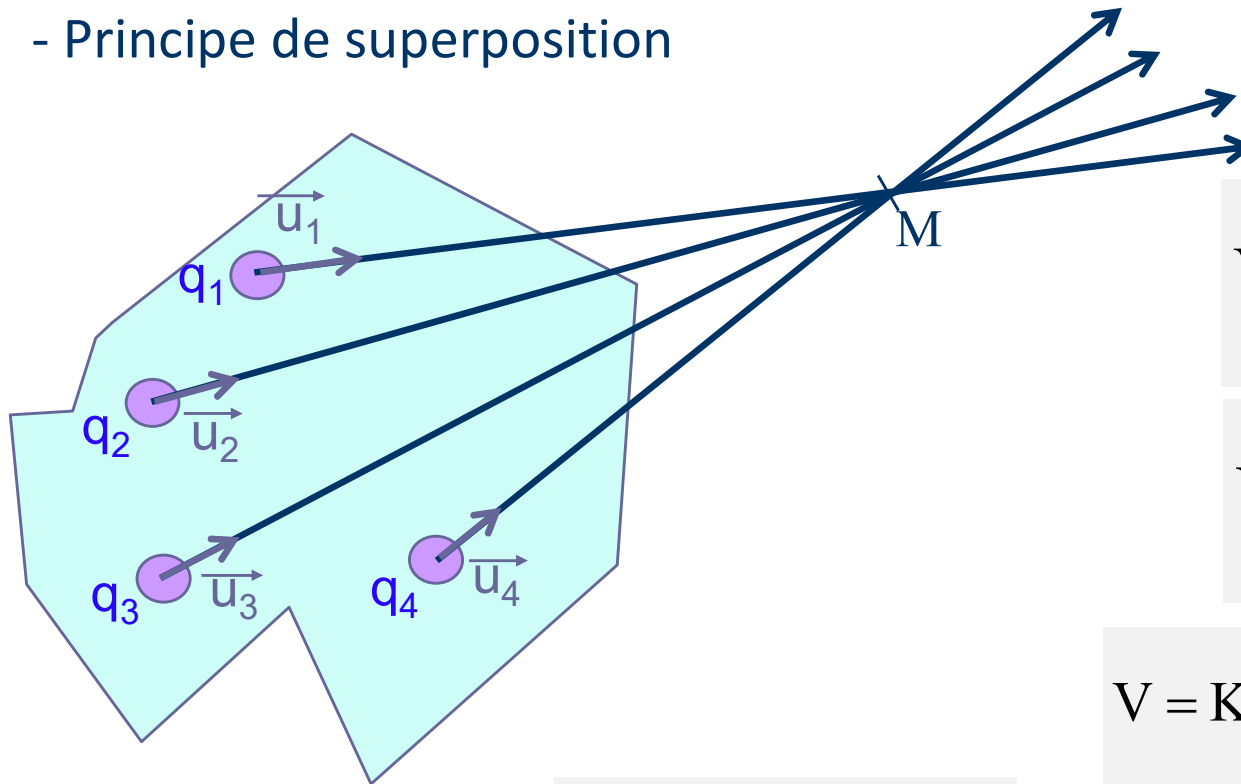
- Potentiel V

généré par une charge q en un point M de l'espace distant de r

$$V = K \cdot \frac{q}{r}$$

Energie et potentiel (2)

- Principe de superposition



$$V_1 = K \cdot \frac{q_1}{r_1}$$

$$V_2 = K \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

$$V_3 = K \cdot \frac{q_3}{r_3}$$

$$V_4 = K \cdot \frac{q_4}{r_4}$$

$$V = K \cdot \frac{q_1}{r_1} + K \cdot \frac{q_2}{r_2} + K \cdot \frac{q_3}{r_3} + K \cdot \frac{q_4}{r_4}$$

Plus généralement

$$V = \sum_i K \cdot \frac{q_i}{r_i}$$

[dans le vide]

Champ et potentiel

- Relation entre le potentiel V et le champ électrique \vec{E}



$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u} = K \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} = K \cdot \frac{q}{r}$$

Expression de \vec{E} en fonction de V (dans le cas unidimensionnel)

$$E_r = - \left[\frac{\partial V}{\partial r} \right]$$



[plus généralement]

$$\vec{E} = - \text{grad} \cdot V = - \vec{\nabla} \cdot V$$

Travail W et énergie interne U

- Travail W des forces électrostatiques

Le travail W fourni pour déplacer une charge électrique q d'un point A à un autre point A'

Forces électrostatiques (forces dites « conservatives »)

W = Variation de l'énergie potentielle E_p

$$W = \Delta E_p$$

(La Force électrique dérive d'un Potentiel)

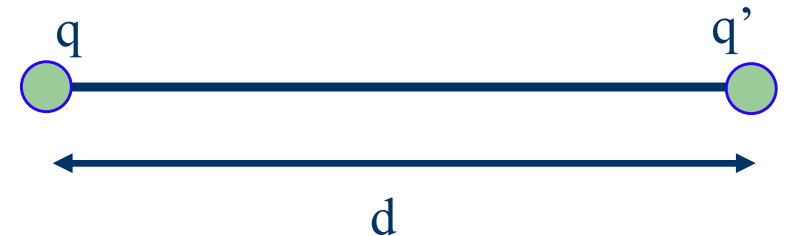
- Energie interne U

Système de deux charges q et q' distants d'une distance d

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q'}{d}$$

$$q \cdot q' \leq 0 \Rightarrow U \leq 0$$

$$q \cdot q' \geq 0 \Rightarrow U \geq 0$$

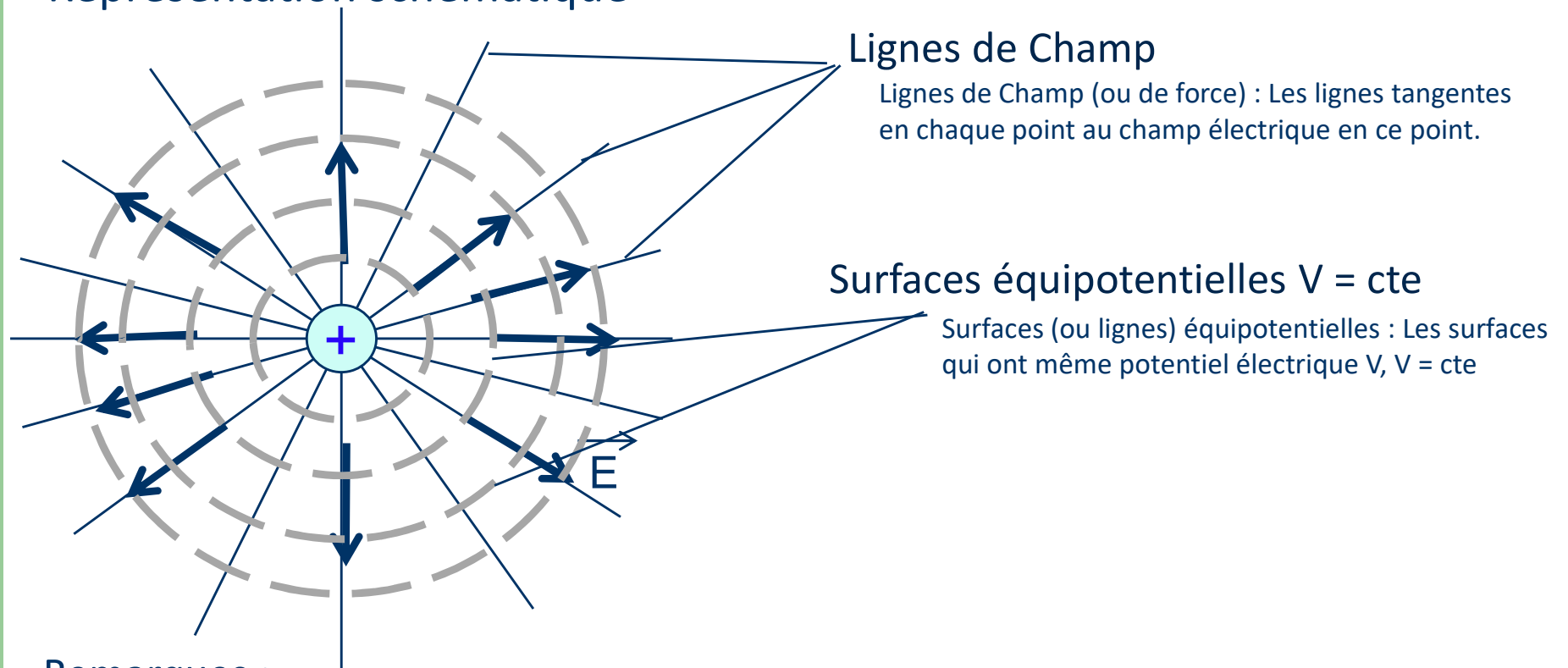


Plus généralement

$$U = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sum_i \sum_{j \neq i} \frac{q_i \cdot q_j}{d_{ij}}$$

Topographie de l'espace électrique

- Représentation schématique



- Remarques :

- Les lignes de champ (ou de force) sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles
- Le potentiel V décroît le long d'une ligne de champ