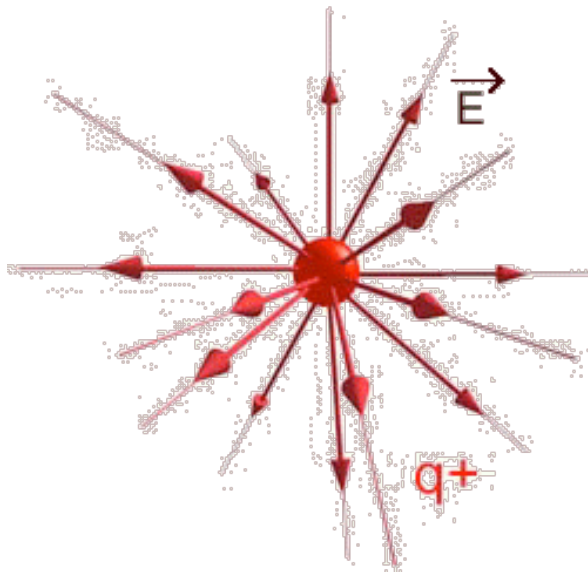


IV TOPOGRAPHIE DU CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

- LIGNES DE CHAMP
- SURFACES ÉQUIPOTENTIELLES
- PROPRIÉTÉS DE SYMÉTRIE

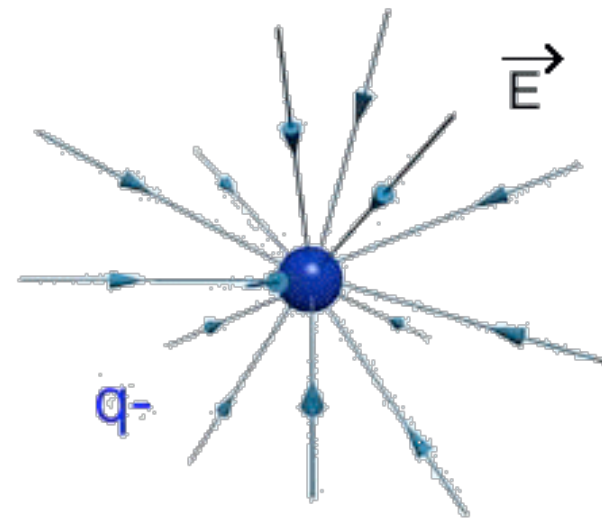
LA NATURE DUALE DU CHAMP ÉLECTRIQUE

CHARGE POSITIVE



UNE SOURCE

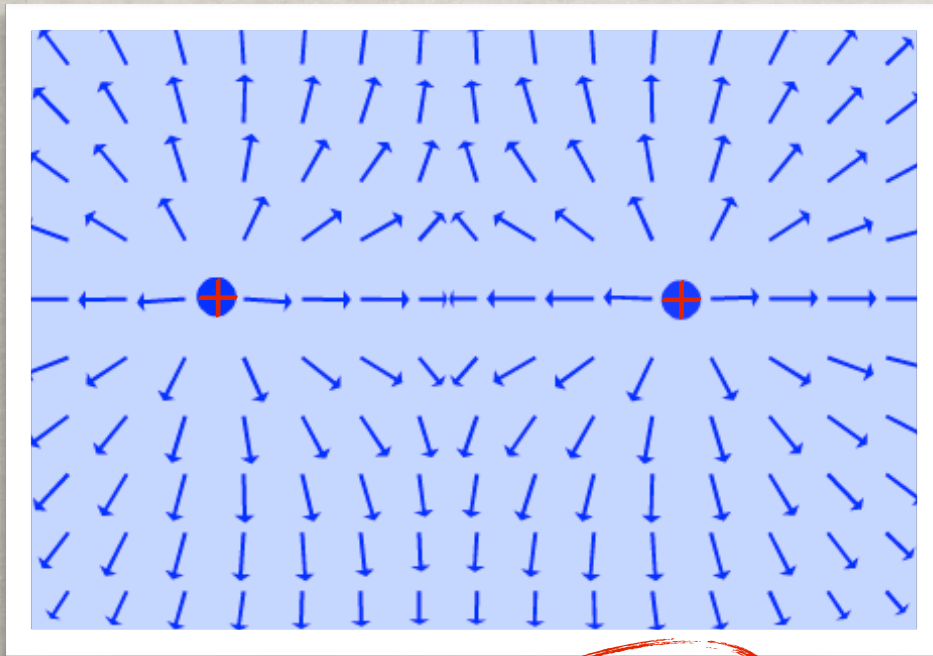
CHARGE NÉGATIVE



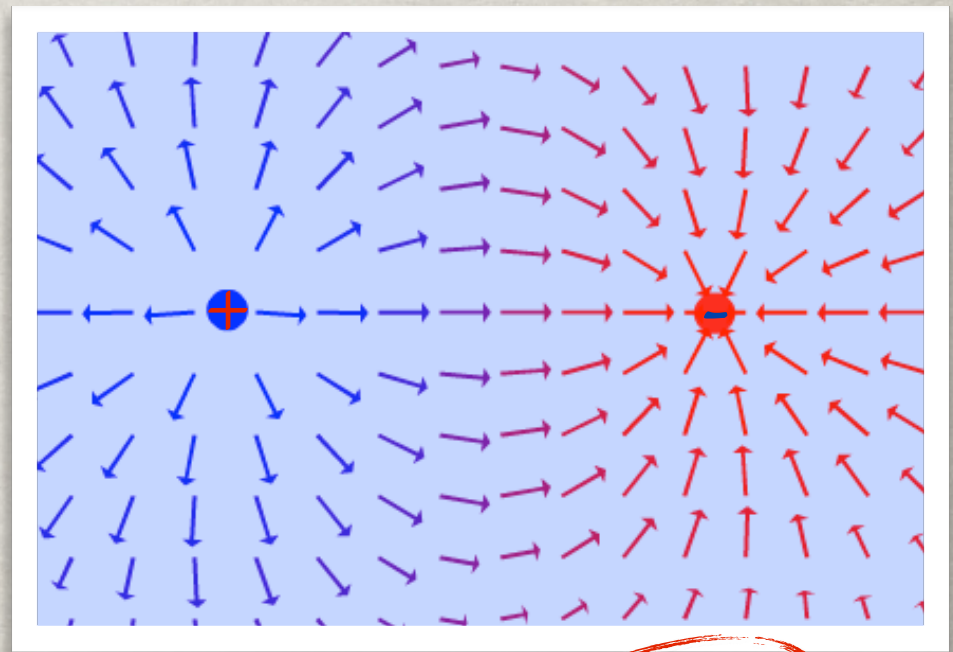
UN PUIT

CARTE D'UN CHAMP VECTORIEL

Sur chaque point d'une grille on place un vecteur indiquant la norme et la direction de E :



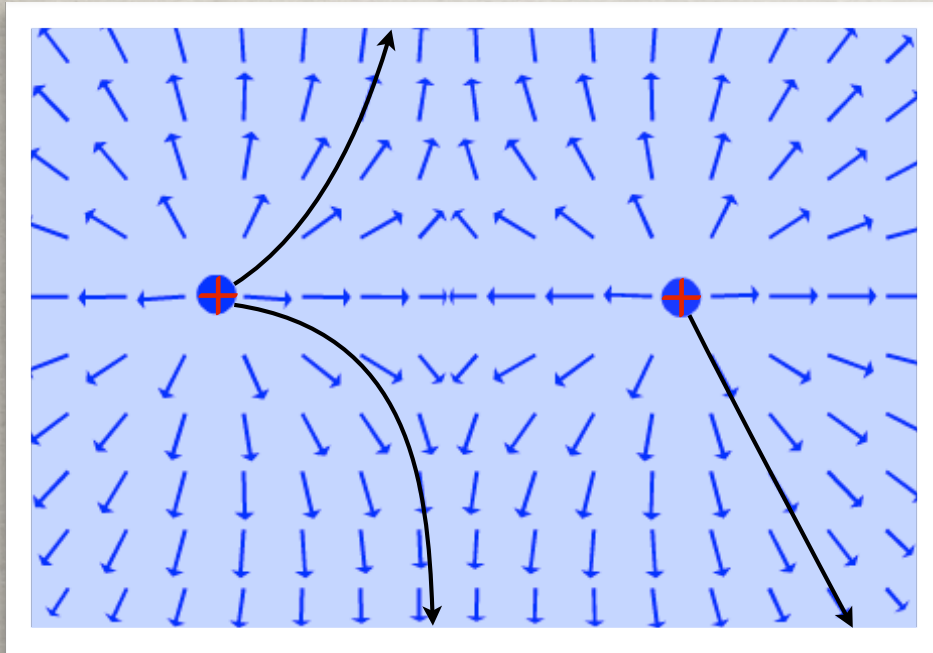
Charges + et +



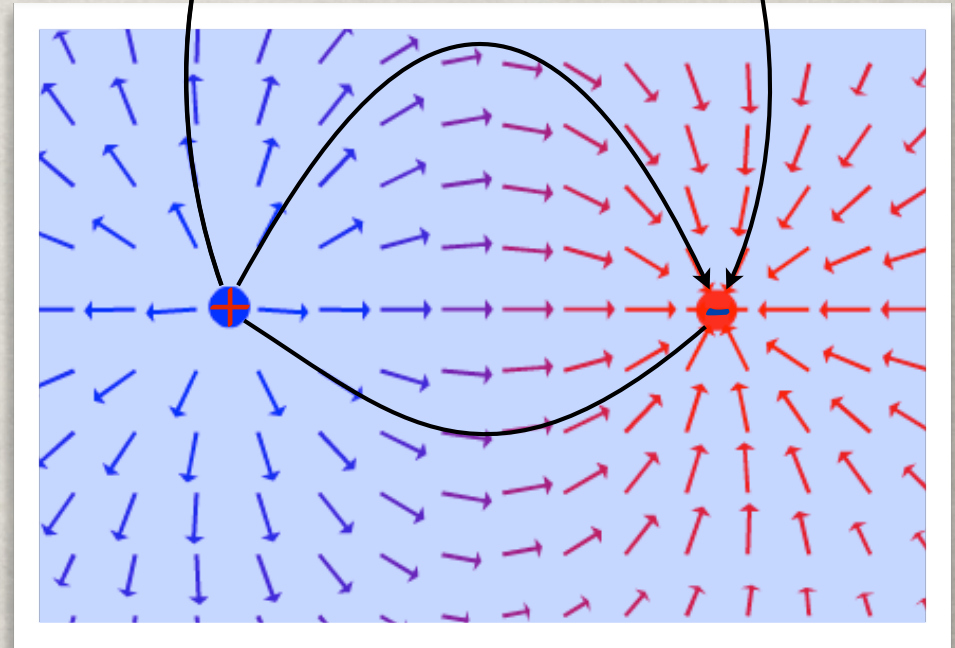
Charges + et -

Le champ électrique sort toujours des charges + (divergence) et rentre dans les charges - (convergence)

LIGNE DE CHAMP



Charges + et +



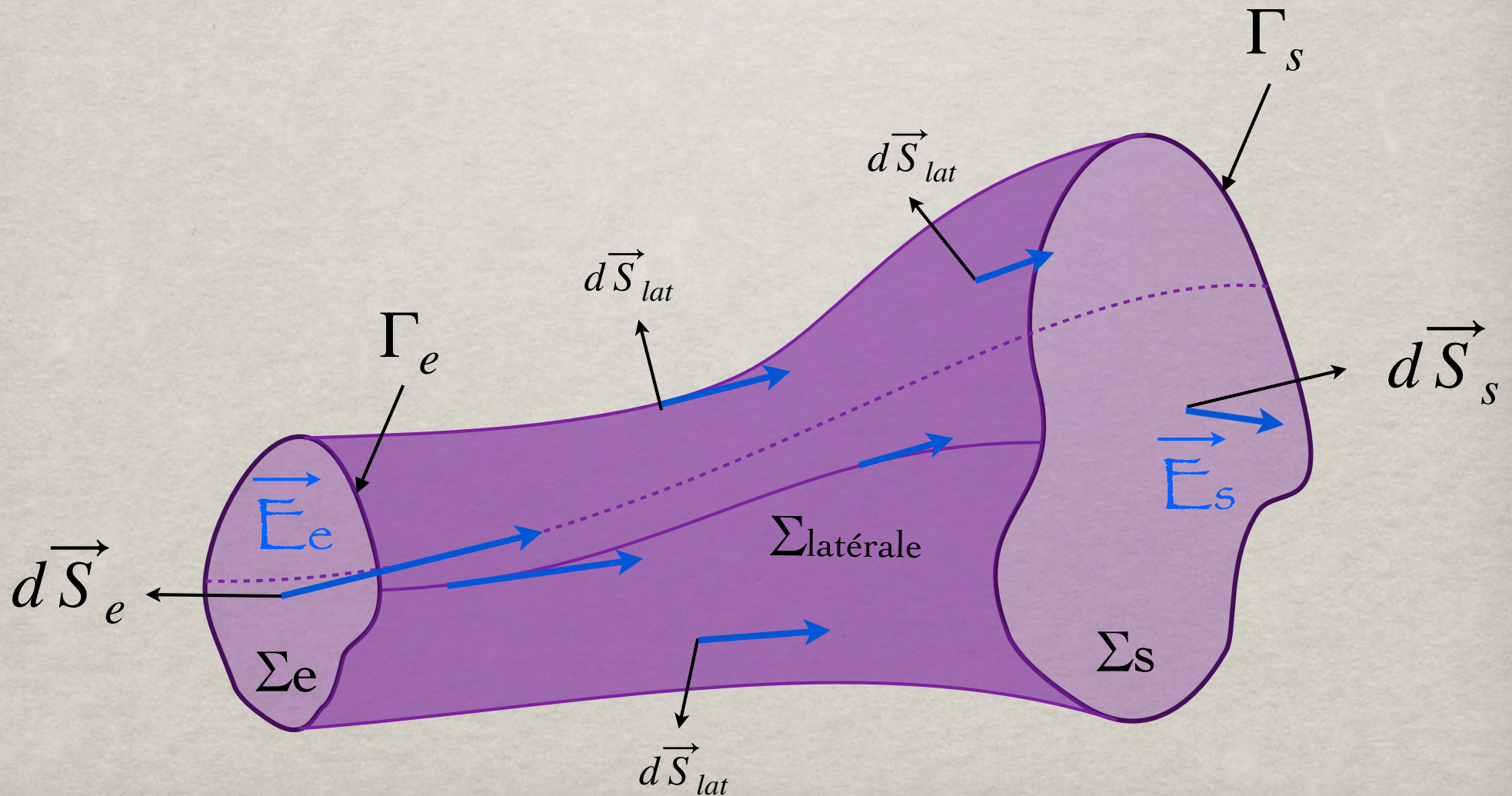
Charges + et -

Définition :

On appelle ligne de champ un chemin Γ tel que $\forall M \in \Gamma$, $\vec{E}(M)$ est tangent au chemin Γ .

TUBE DE CHAMP

On appelle tube de champ, l'ensemble des lignes de champ qui passent à travers un contour Γ pour relier un contour Γ' .

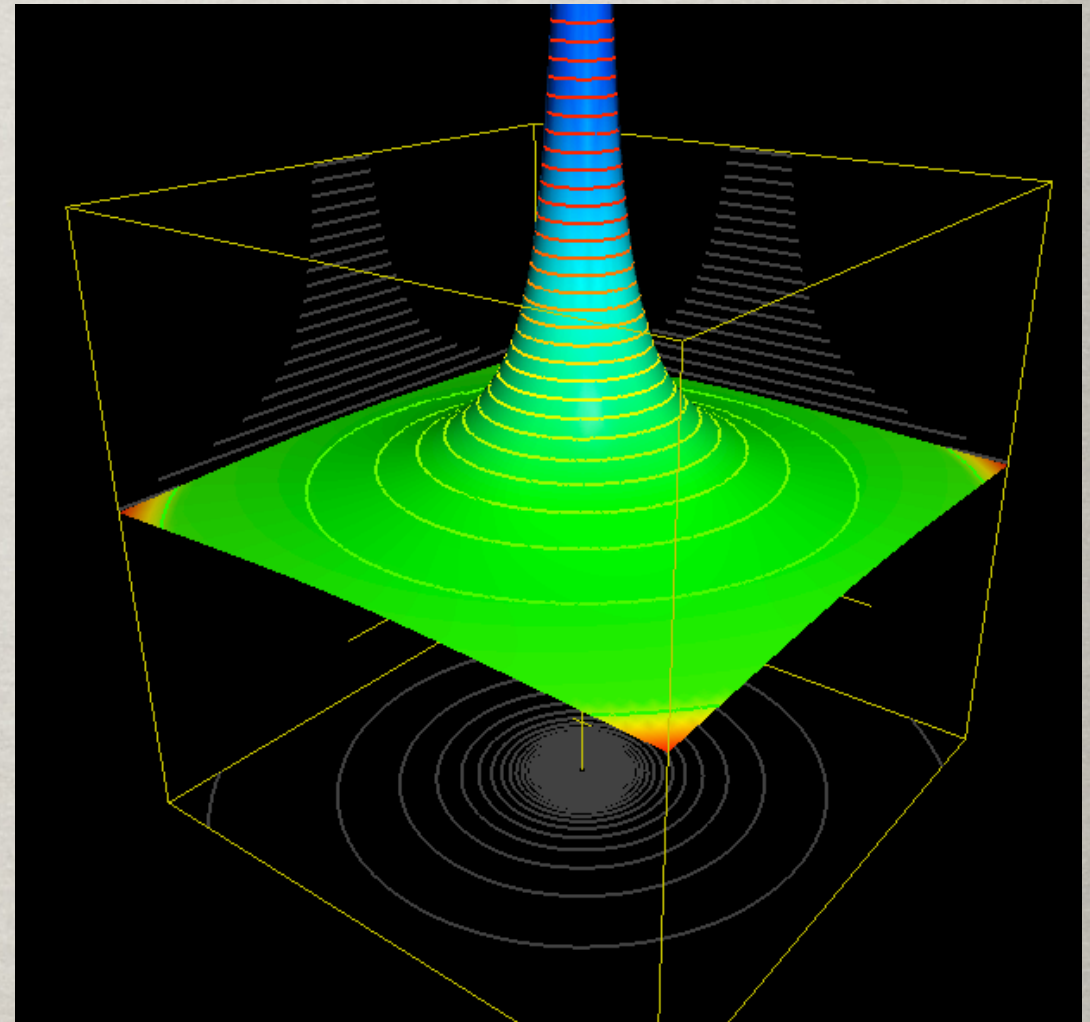
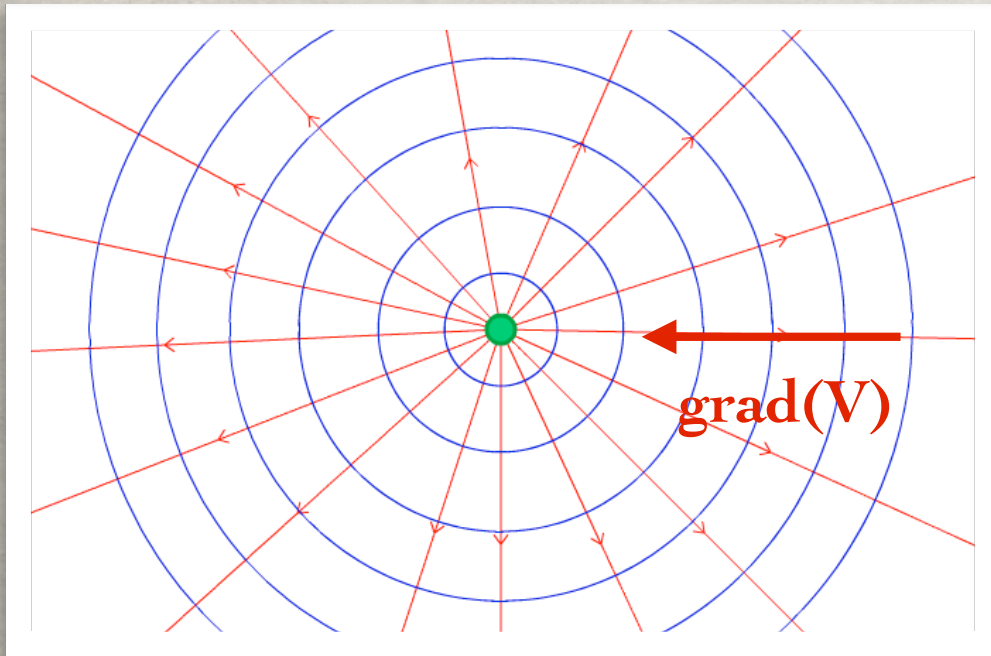


TOPOGRAPHIE DU CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

- LIGNES DE CHAMP
- SURFACES ÉQUIPOTENTIELLES
- PROPRIÉTÉS DE SYMÉTRIE

CHAMP ET POTENTIEL D'UNE CHARGE POSITIVE

$$V(x,y)$$



Le champ diverge autour de la charge positive

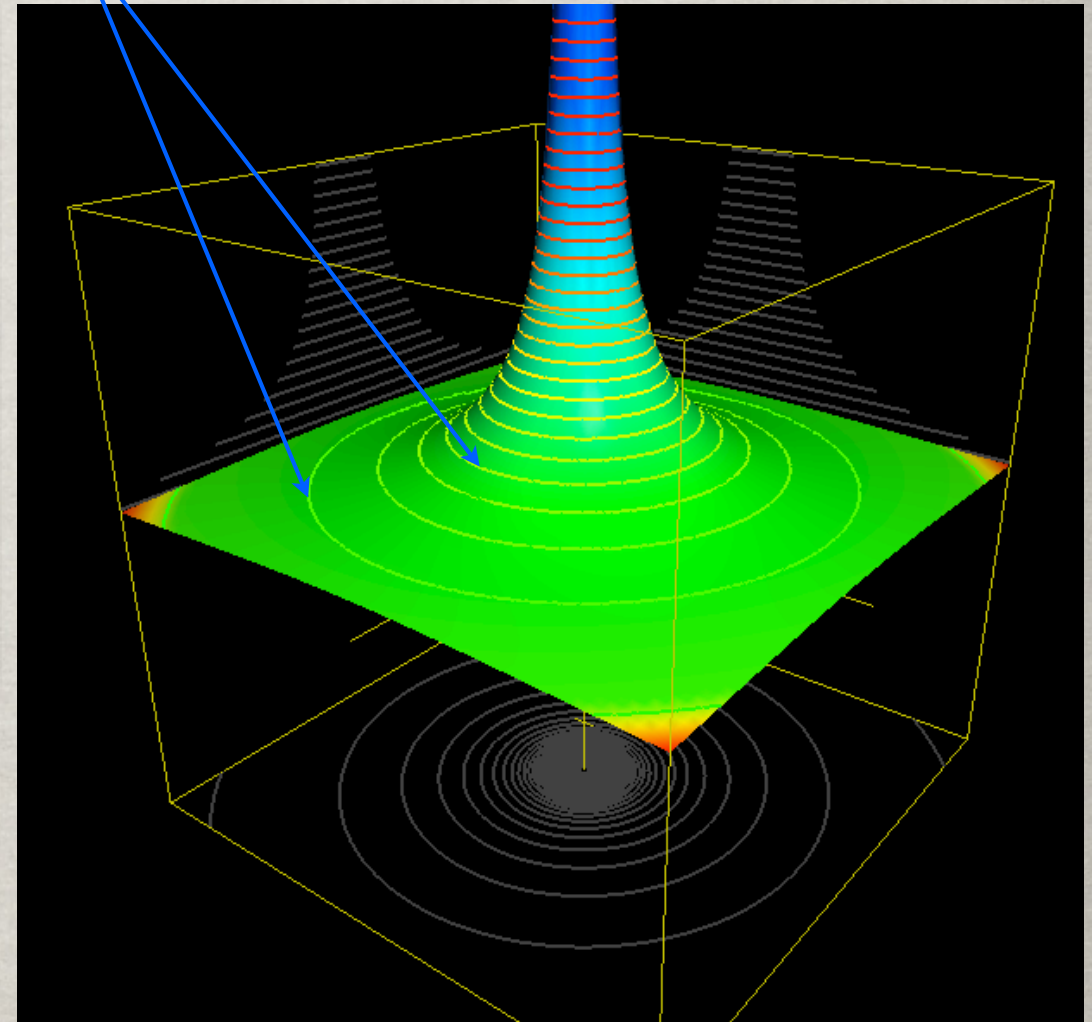
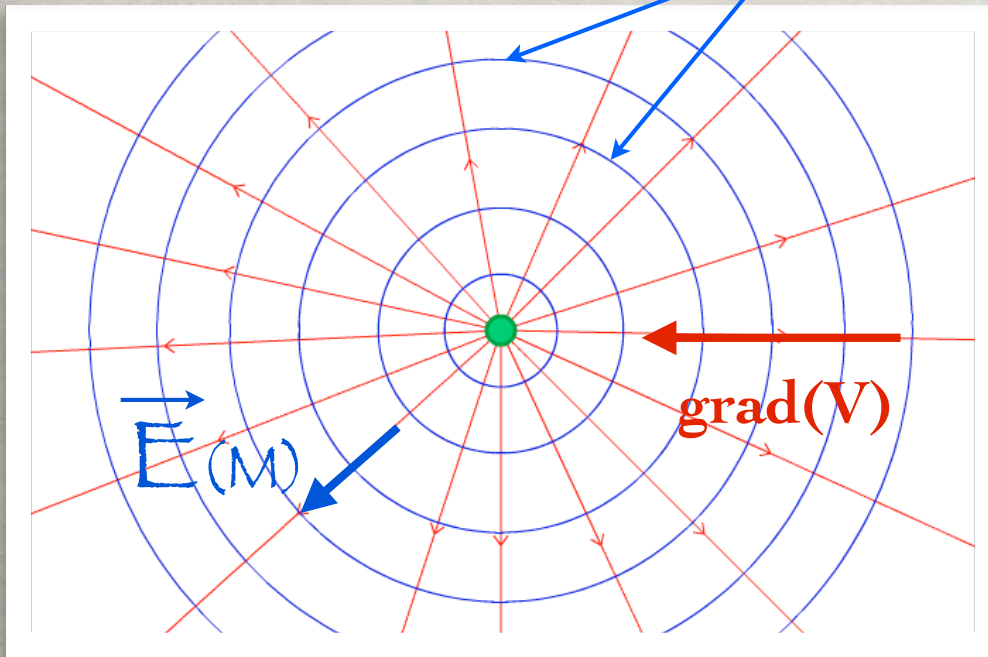
=> Le potentiel est décroissant

LE CHAMP ÉLECTRIQUE VA DES POTENTIELS ÉLEVÉS VERS LES POTENTIELS FAIBLES (DONC DU + VERS LE -)

CHAMP ET POTENTIEL D'UNE CHARGE POSITIVE

$$V = Cte$$

$$V(x,y)$$

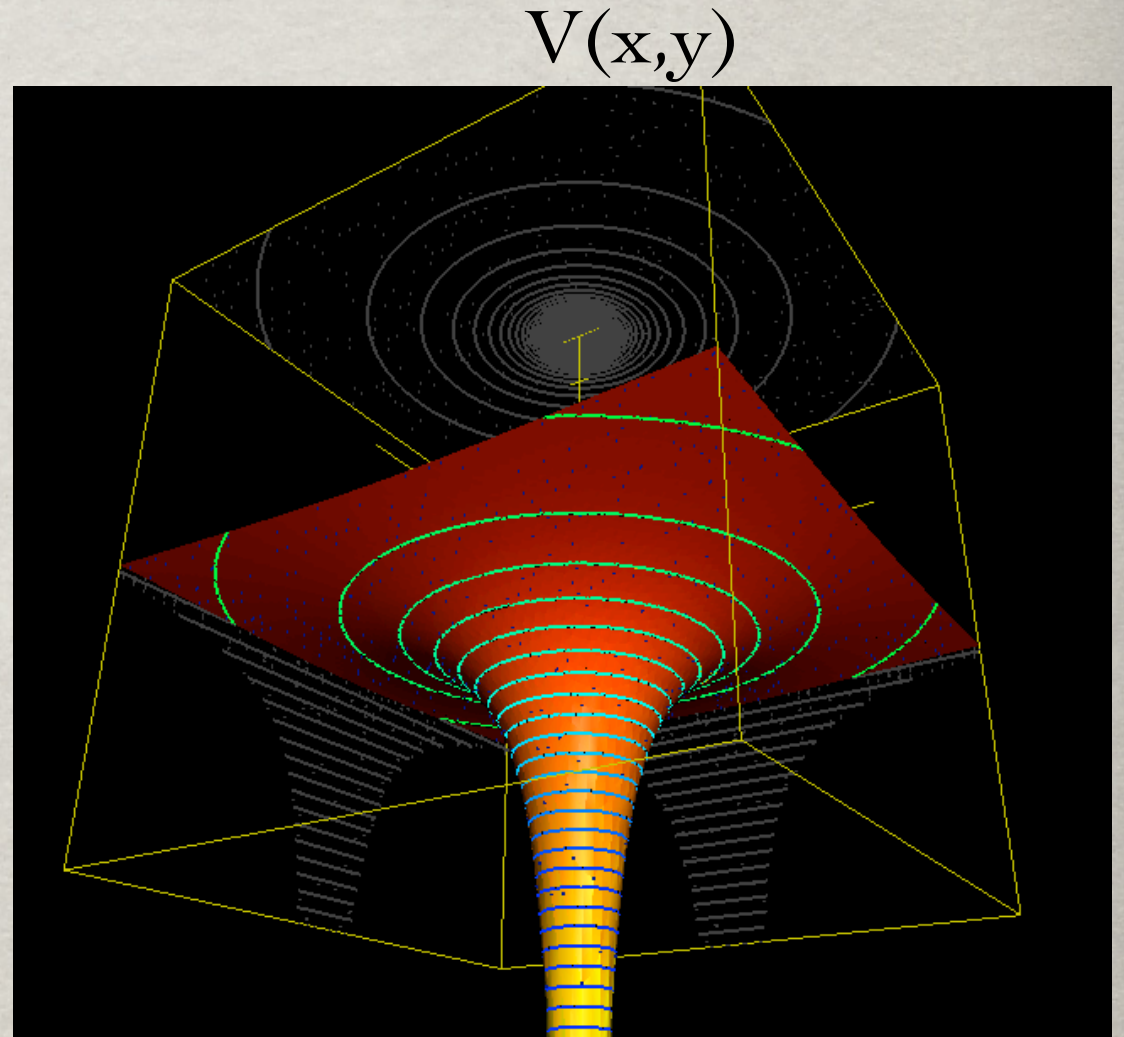
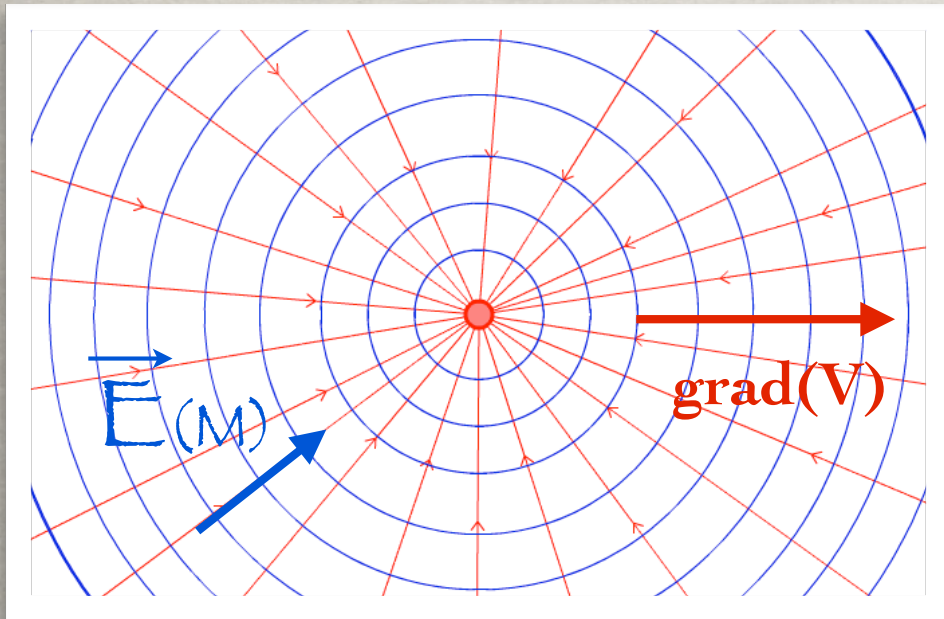


Le champ diverge autour de la charge positive

=> Le potentiel est décroissant

LE CHAMP ÉLECTRIQUE VA DES POTENTIELS ÉLEVÉS VERS LES POTENTIELS FAIBLES (DONC DU + VERS LE -)

CHAMP ET POTENTIEL D'UNE CHARGE NÉGATIVE



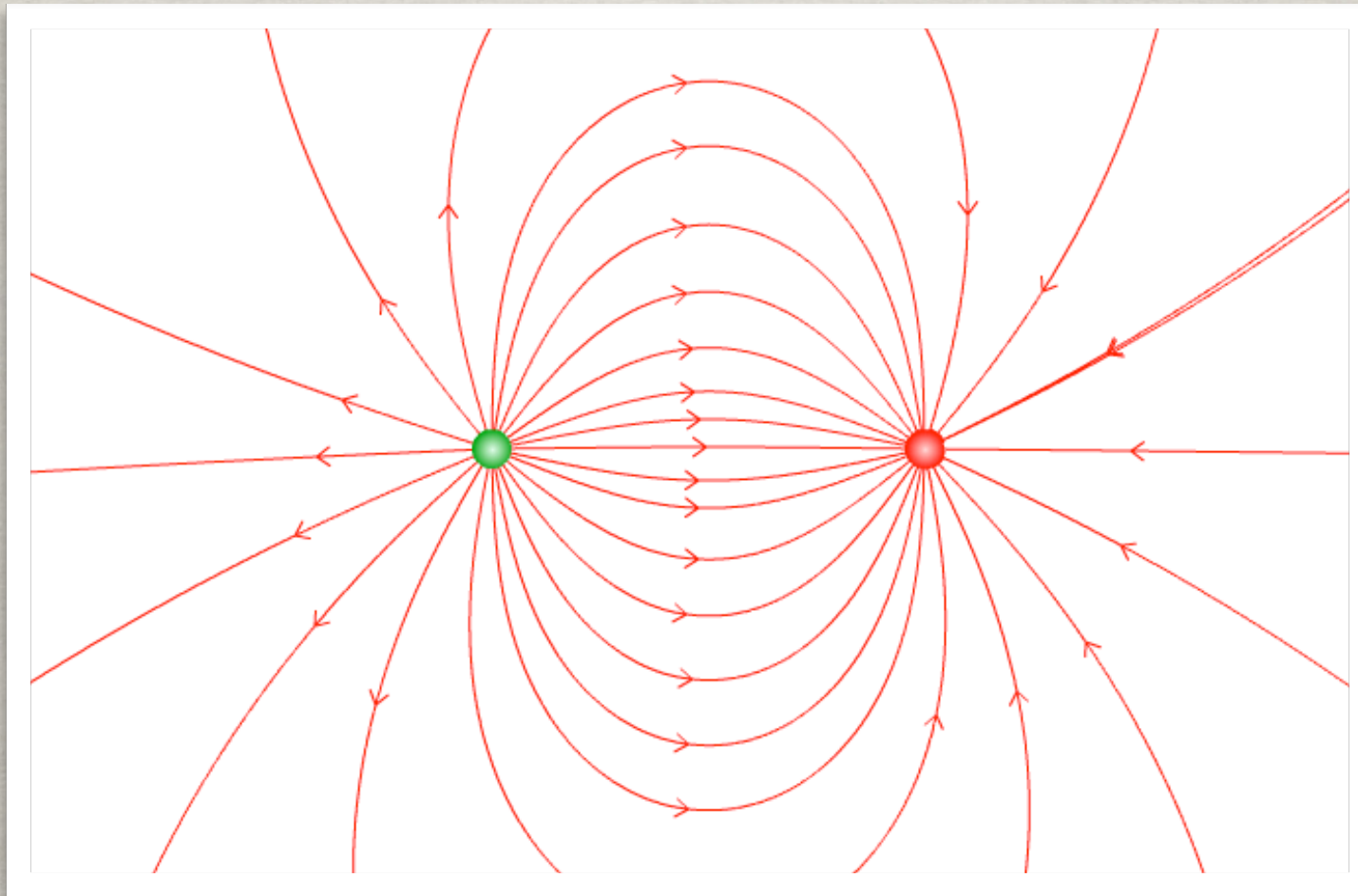
Le champ converge vers la charge négative

\Rightarrow Le potentiel est croissant

LE CHAMP ÉLECTRIQUE VA DES POTENTIELS ÉLEVÉS VERS LES POTENTIELS FAIBLES (DONC DU + VERS LE -)

LIGNES DE CHAMP ET ÉQUIPOTENTIELLES

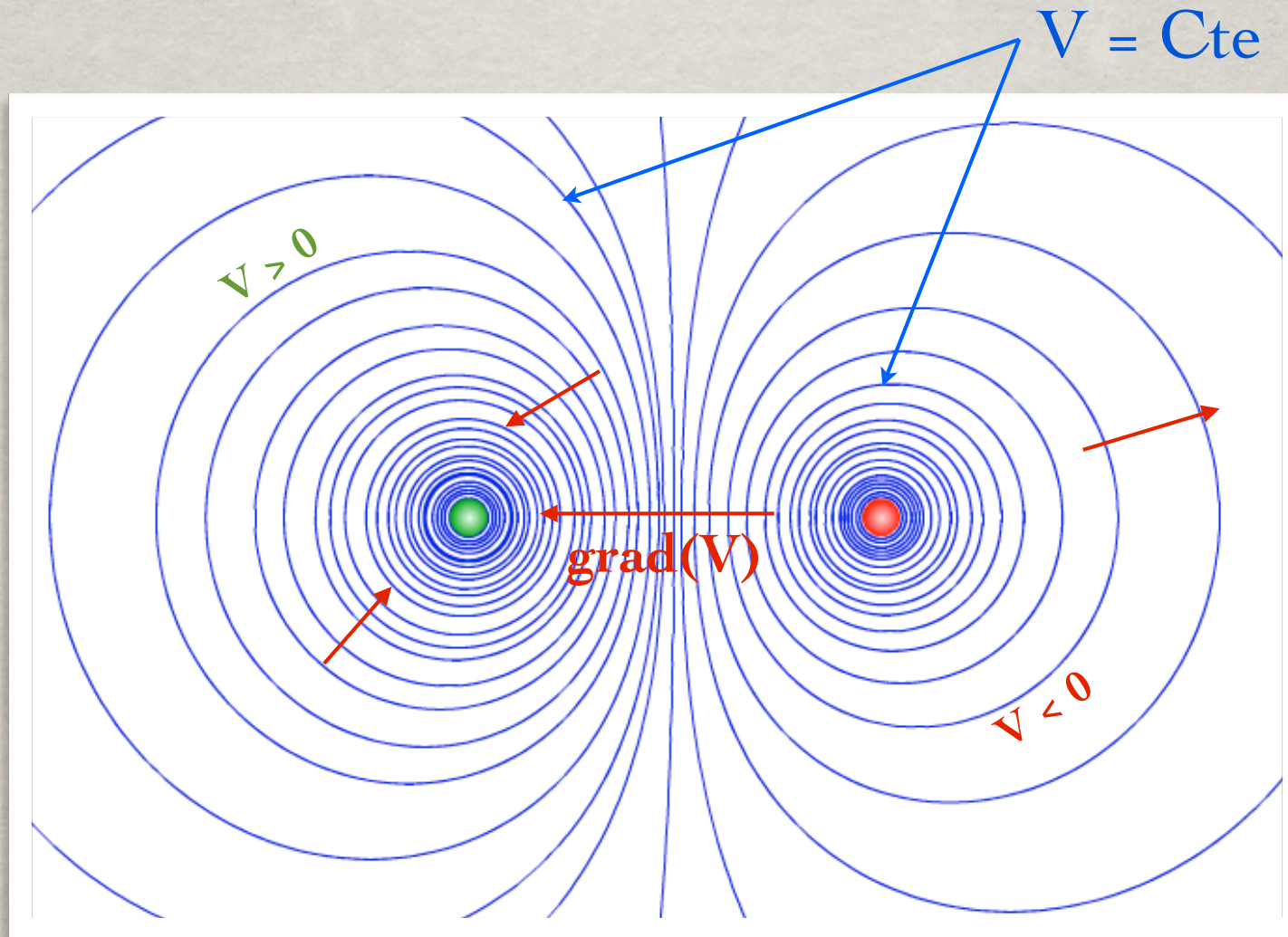
cf-TP



Le dipôle électrostatique

LIGNES DE CHAMP ET ÉQUIPOTENTIELLES

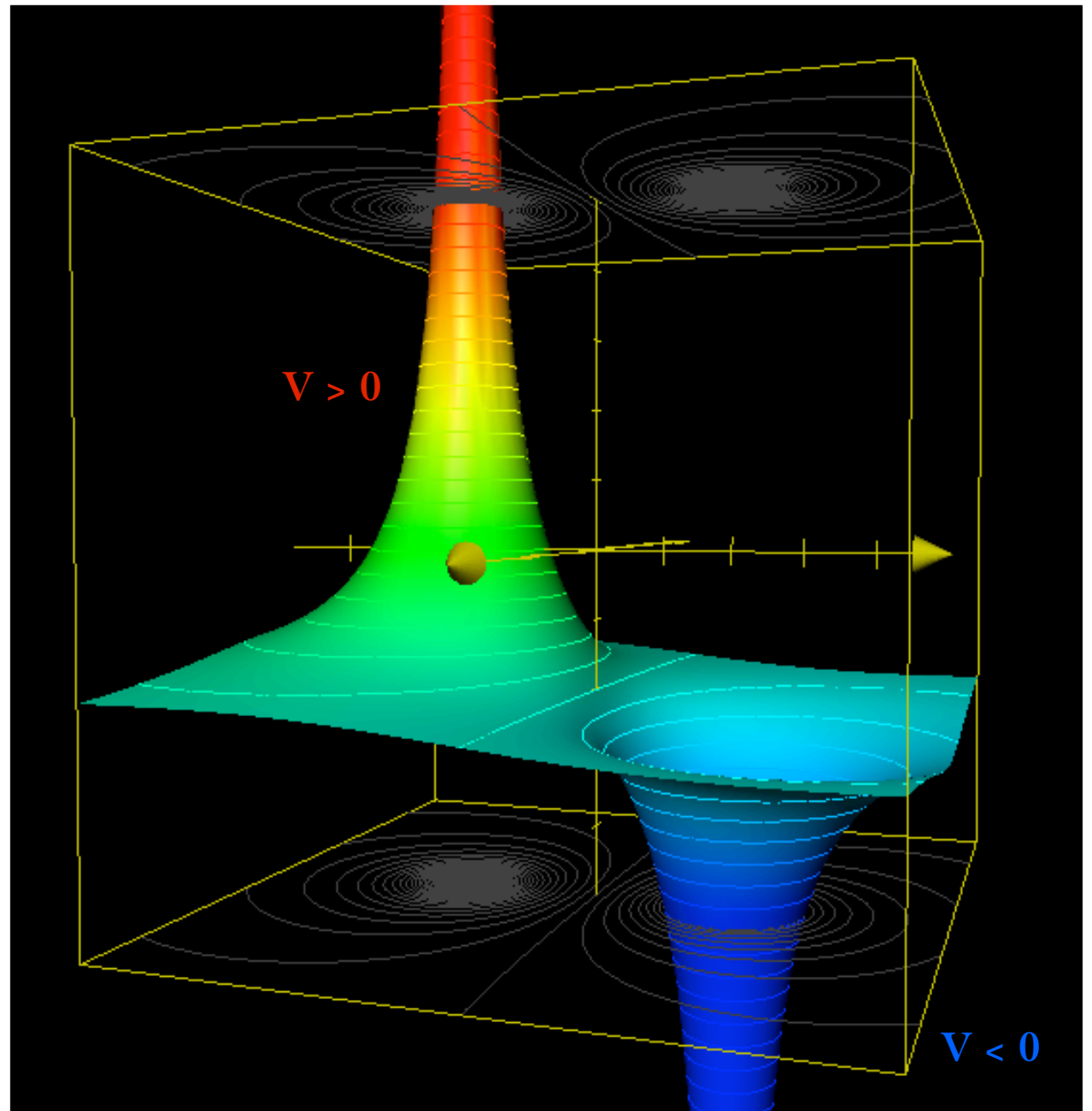
cf-TP



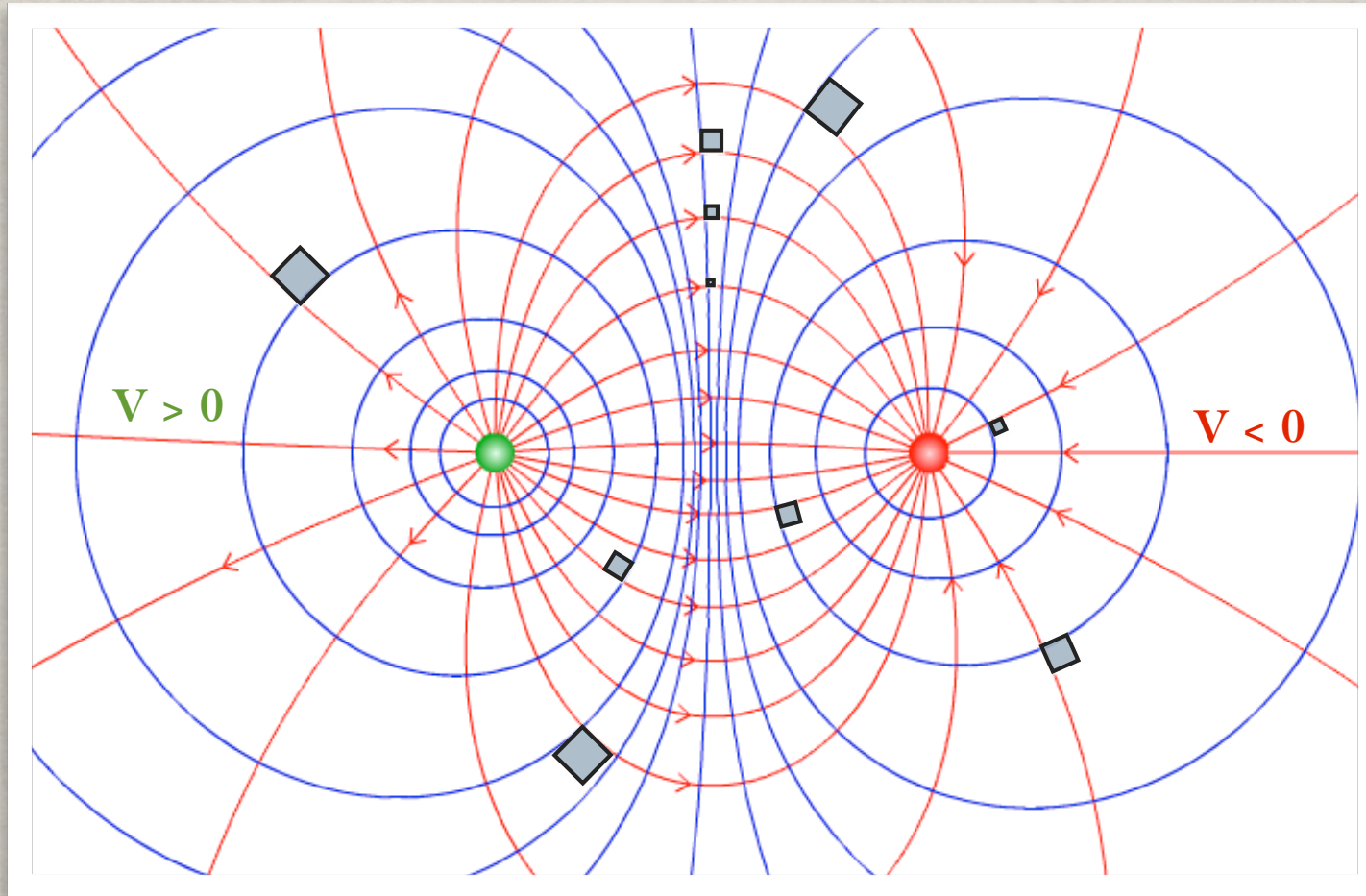
Définition :

On appelle équipotentielle, toute surface \sum_V telle que $V = Cte$

Rq : Le potentiel est anti-symétrique par rapport au plan d'anti-symétrie des charges



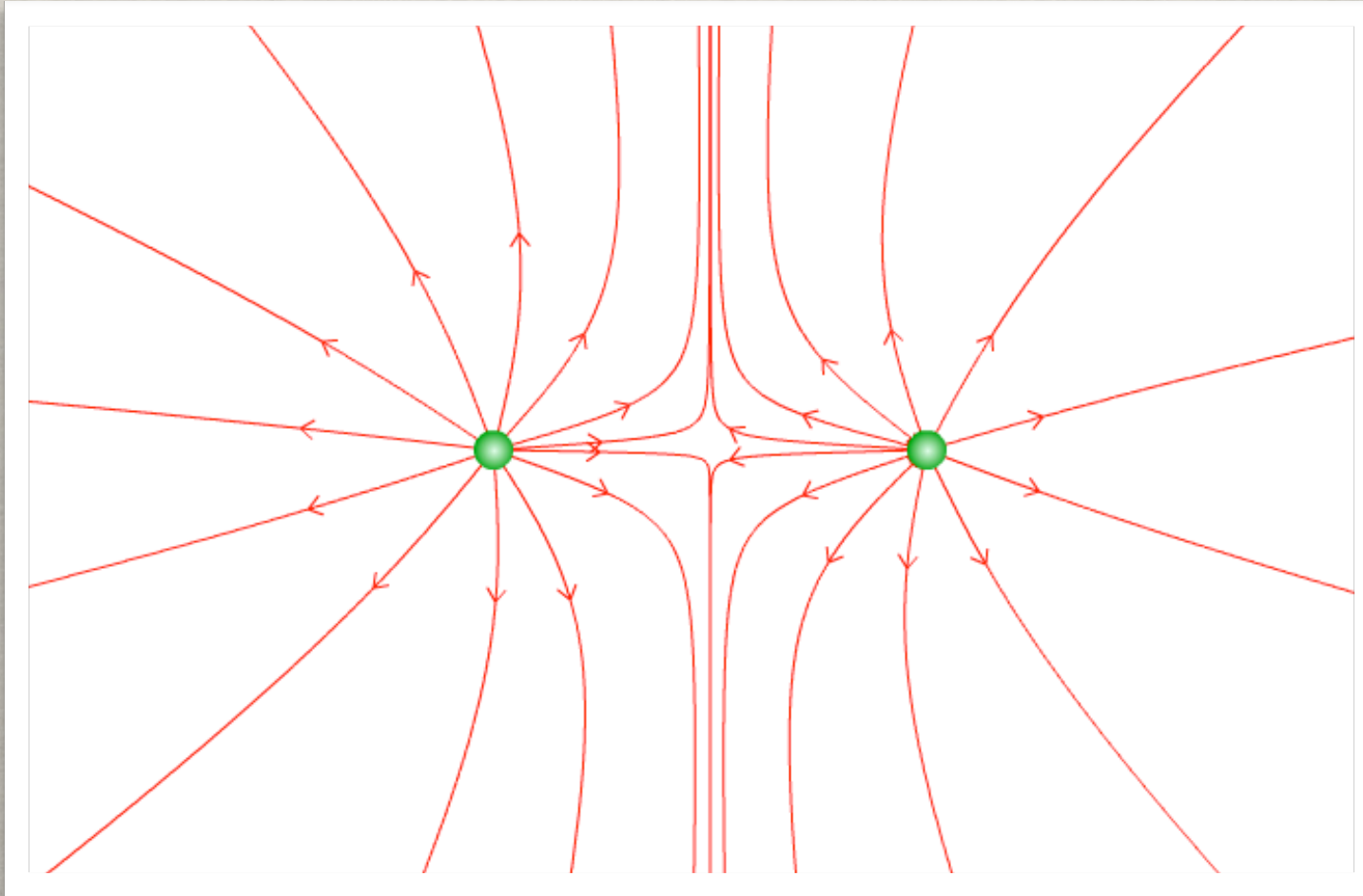
LIGNES DE CHAMP ET ÉQUIPOTENTIELLES



Propriété : Lignes de champ et équipotentielles sont perpendiculaires en tout point

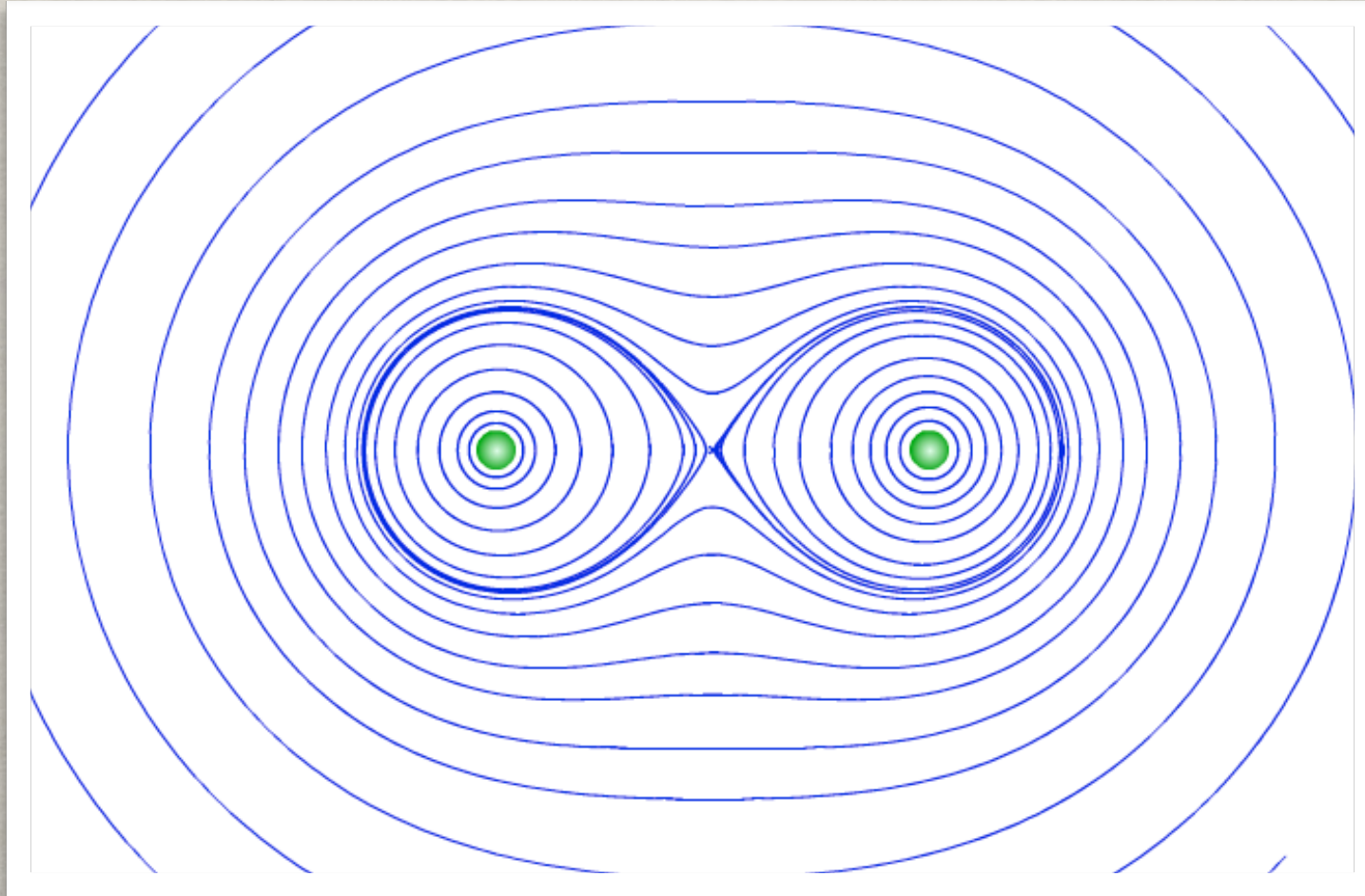
$$\vec{E}(M) = -\vec{\text{grad}}(V) \perp \sum_V \quad \forall M$$

LIGNES DE CHAMP POUR UN DIPÔLE
AVEC DEUX CHARGES DE MÊME SIGNE

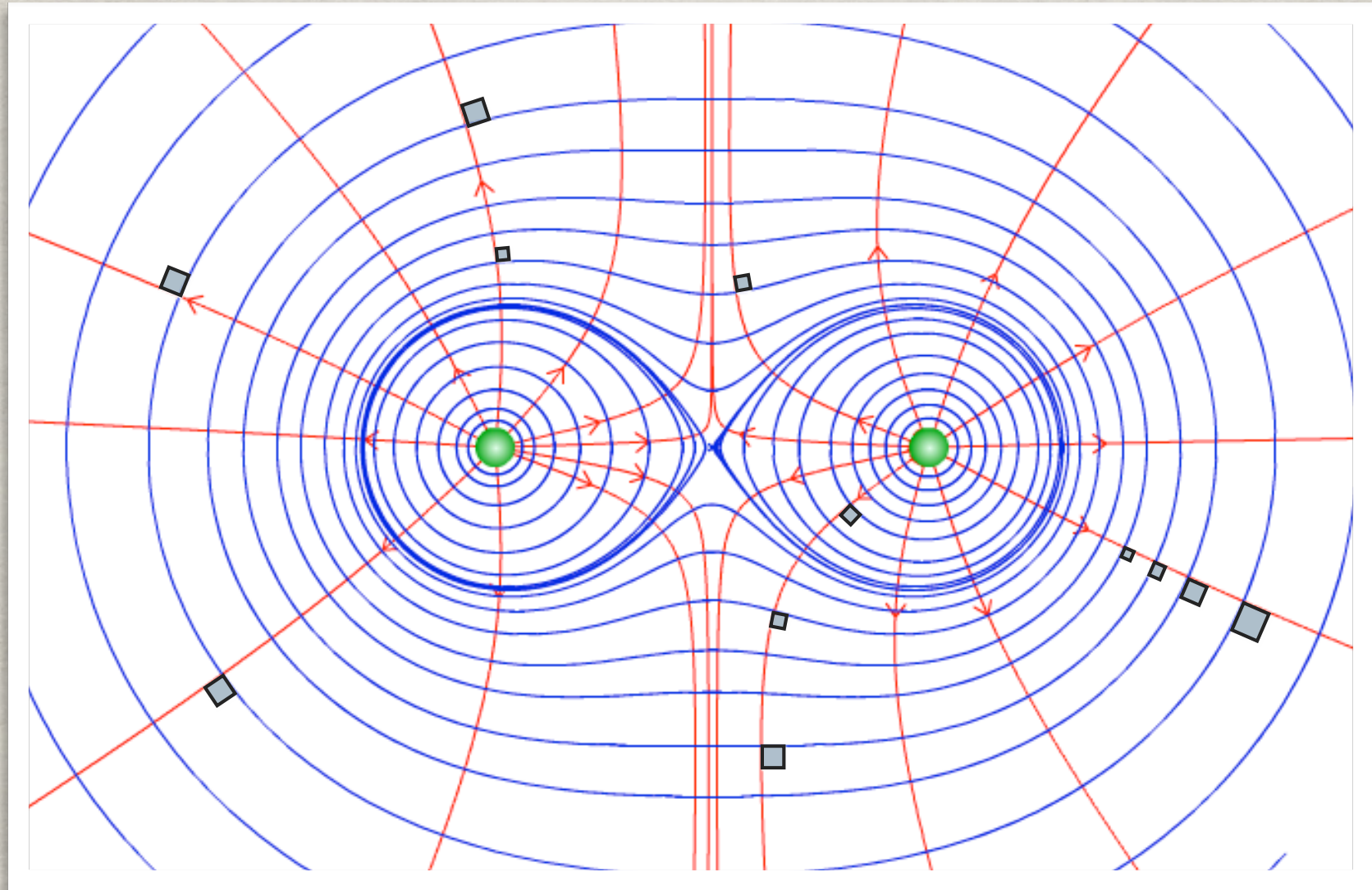


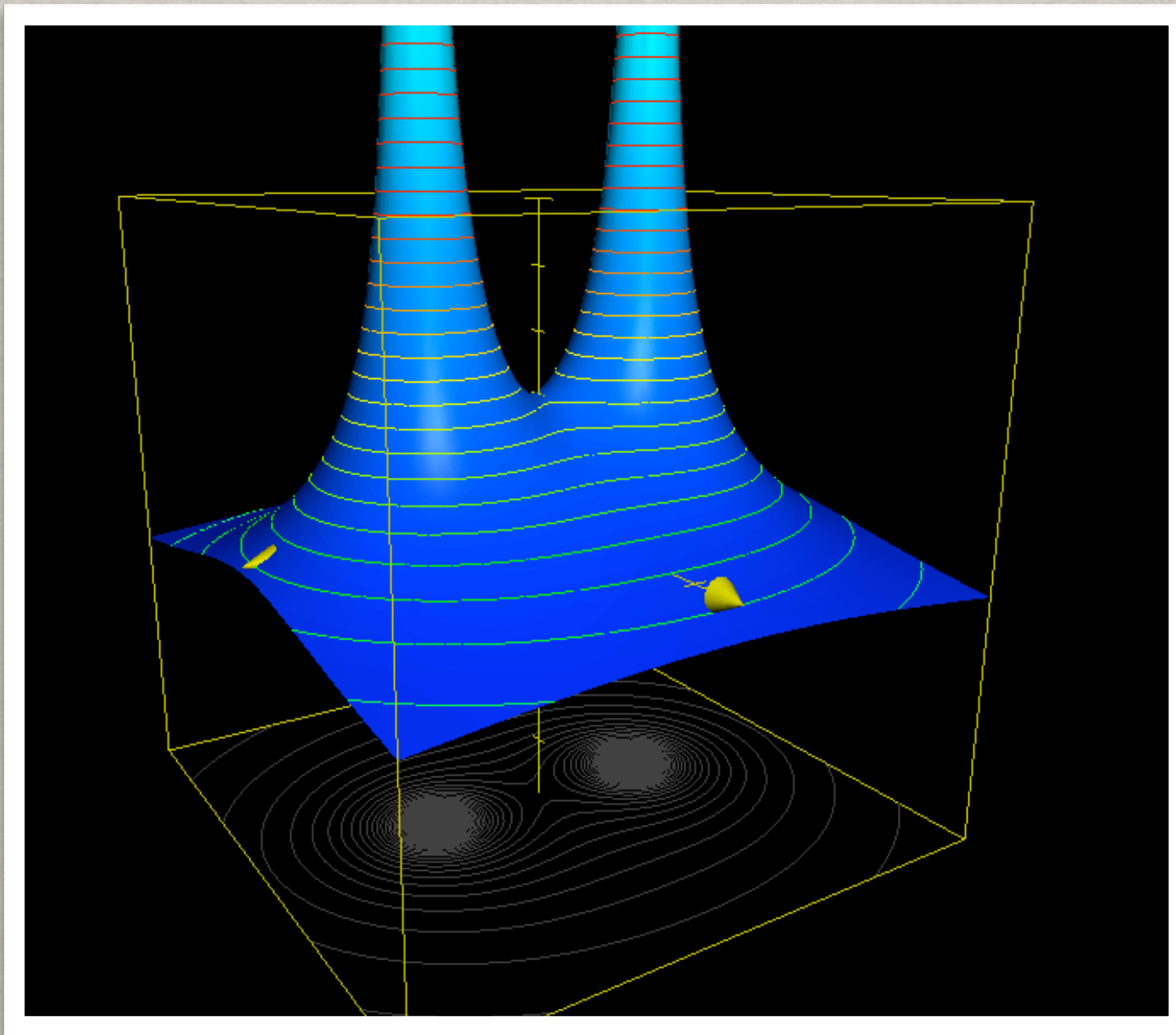
Rq : Les lignes de champ ne peuvent pas se croiser

EQUIPOTENTIELLES POUR UN DIPÔLE
AVEC DEUX CHARGES DE MÊME SIGNE



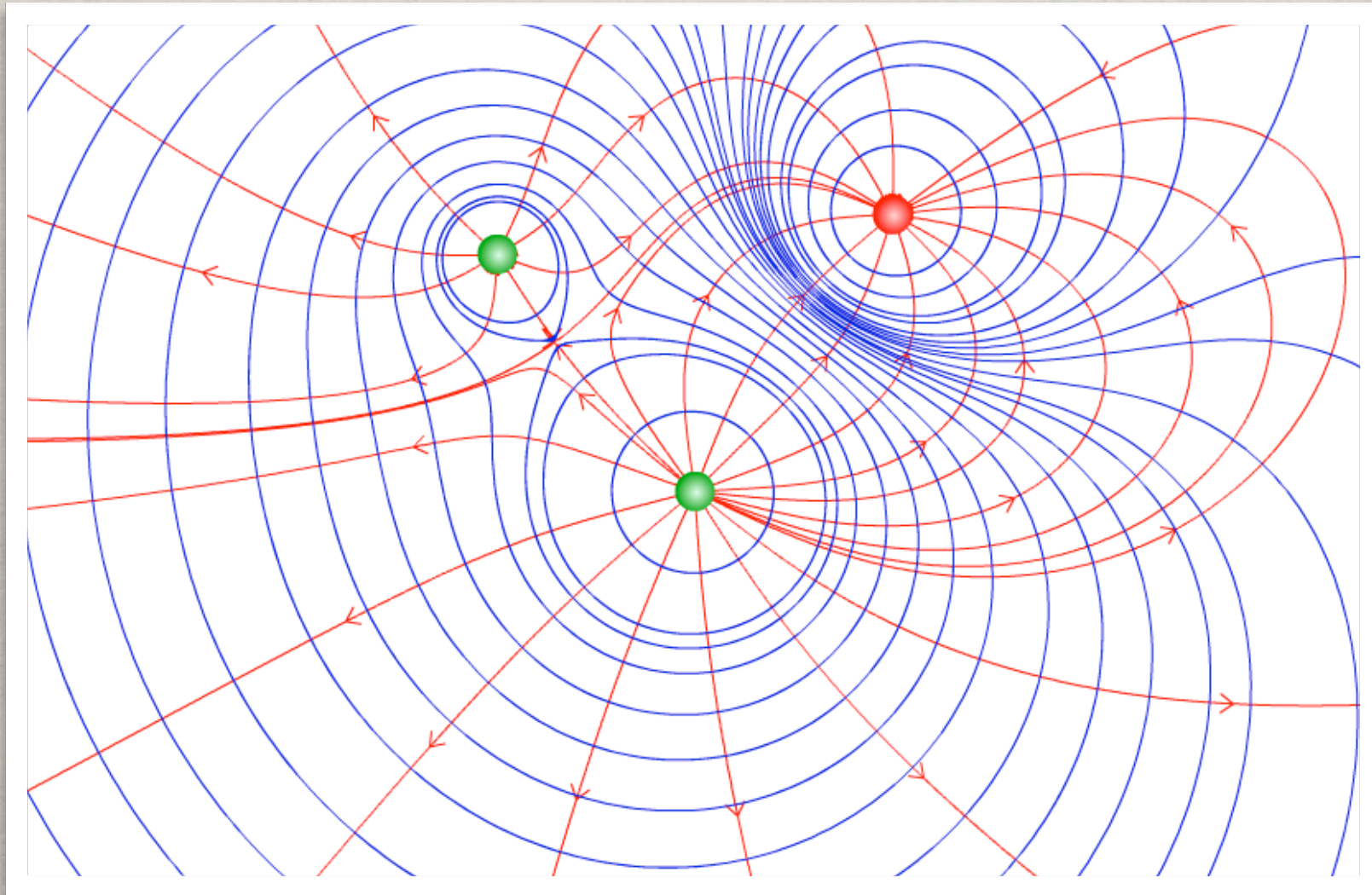
LIGNES DE CHAMP ET ÉQUIPOTENTIELLES SONT TOUJOURS ORTHOGONALES





Rq : A nouveau la symétrie des charges se retrouve dans celle du potentiel.

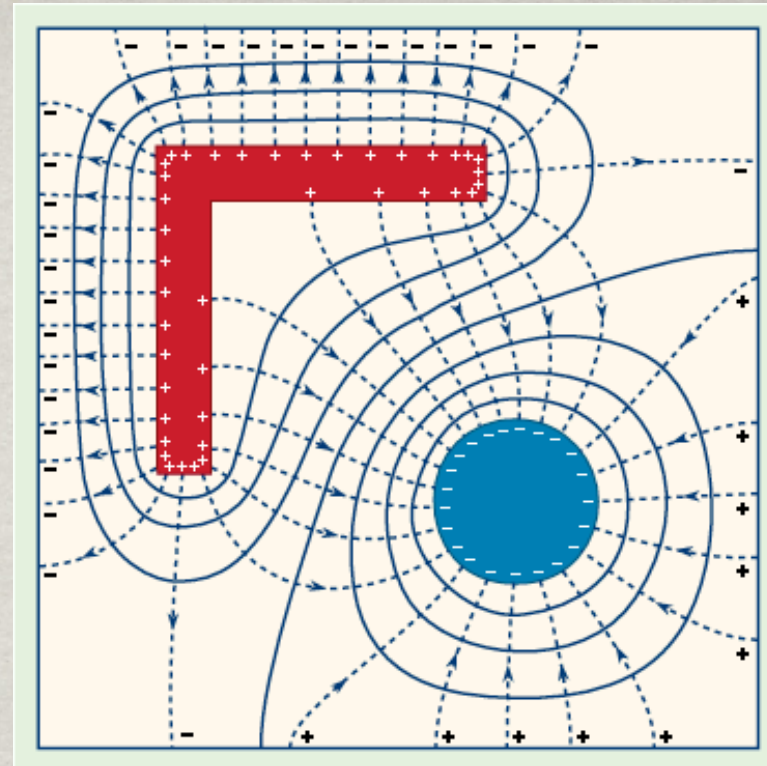
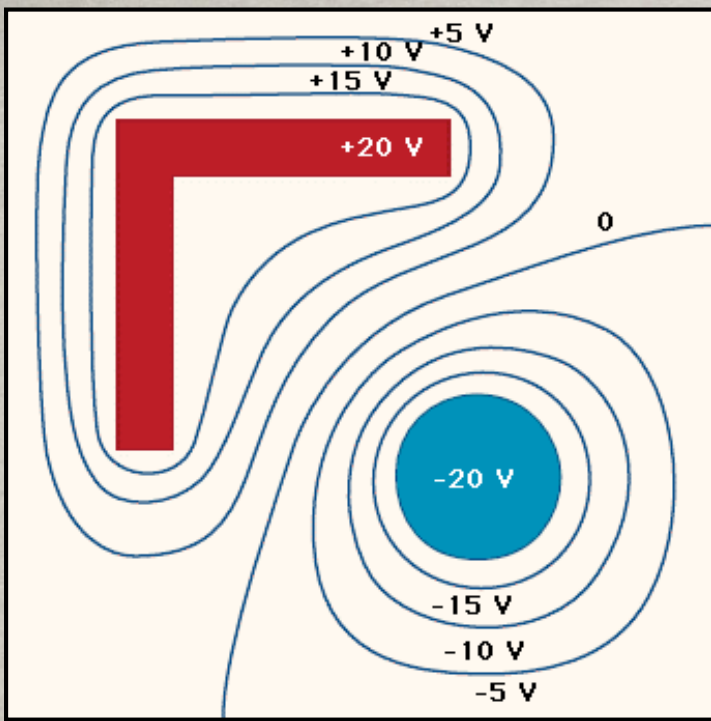
ENSEMBLE DE CHARGES



$Q = +1$

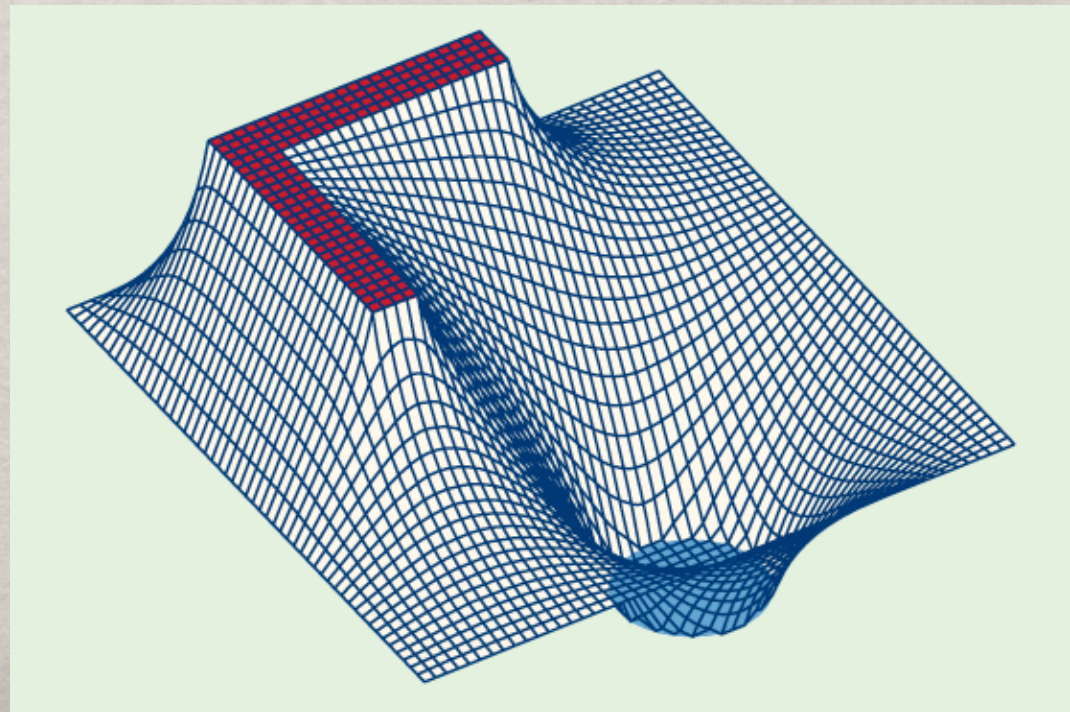
$Q = +2$

$Q = -2$



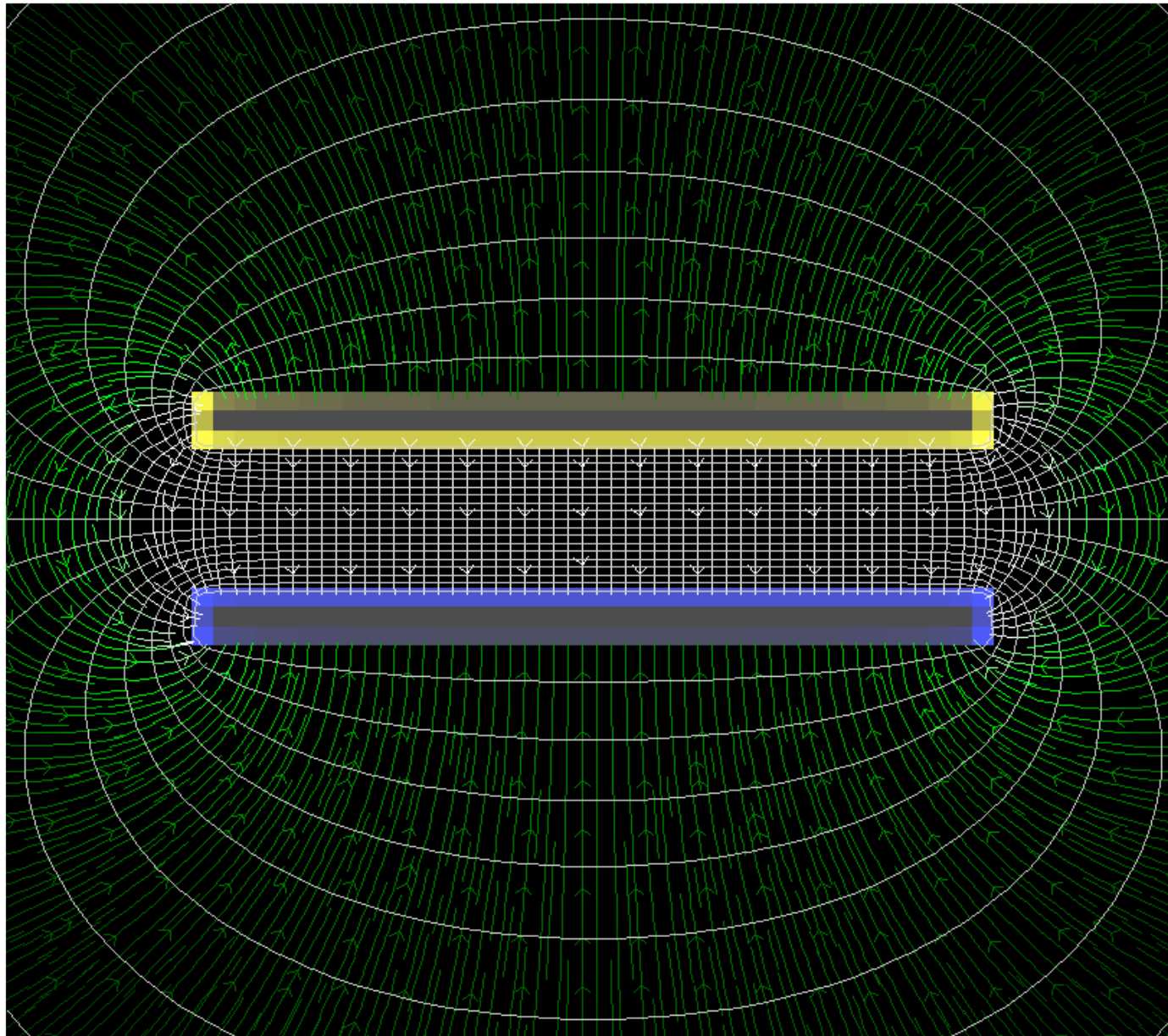
Courtesy of the Department of Physics and Astronomy,
Michigan State University

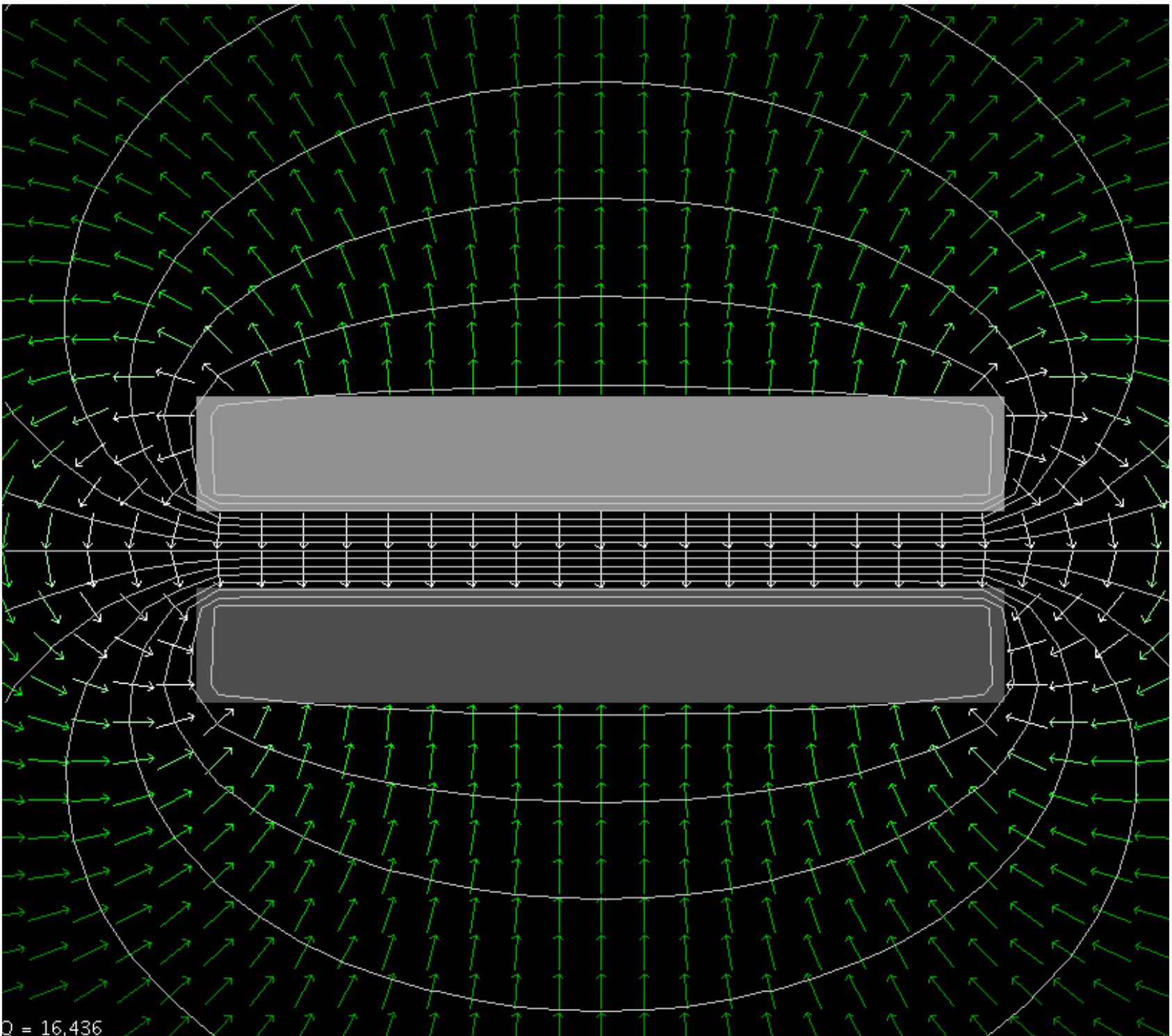
DISTRIBUTION CONTINUE DE CHARGES



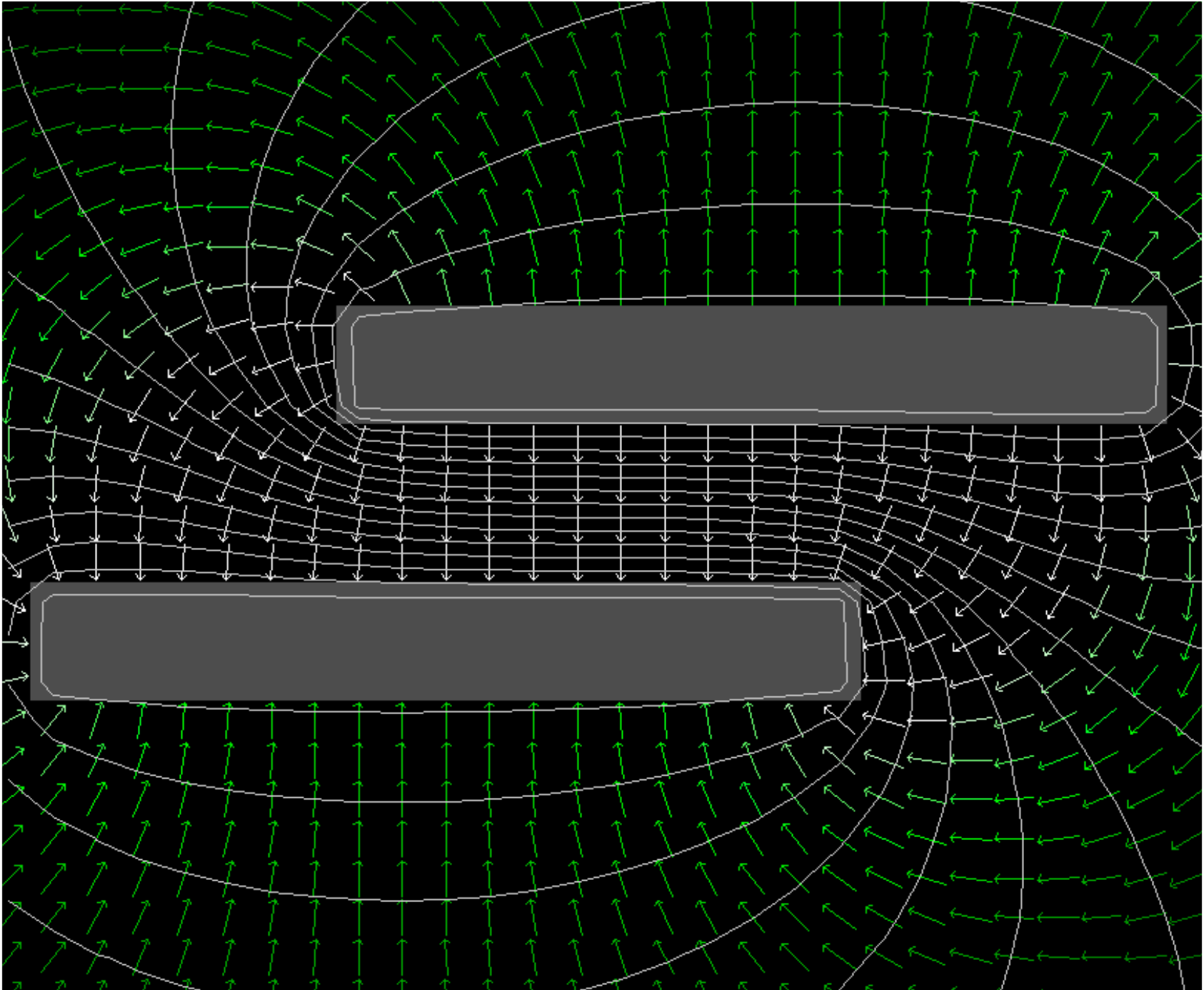
EFFET DE BORD DU CONDENSATEUR PLAN

cf-TP

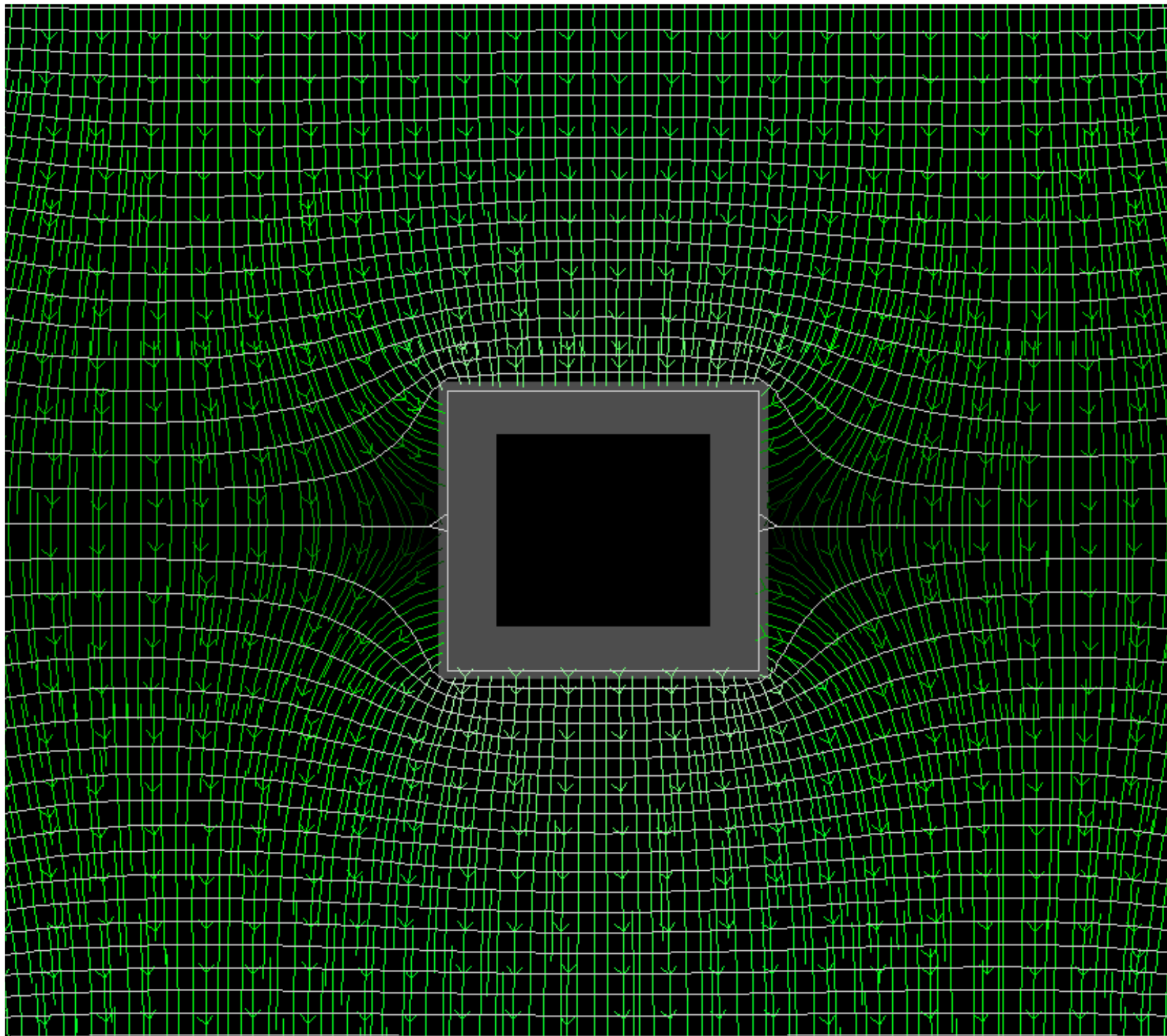




$Q = 16,436$

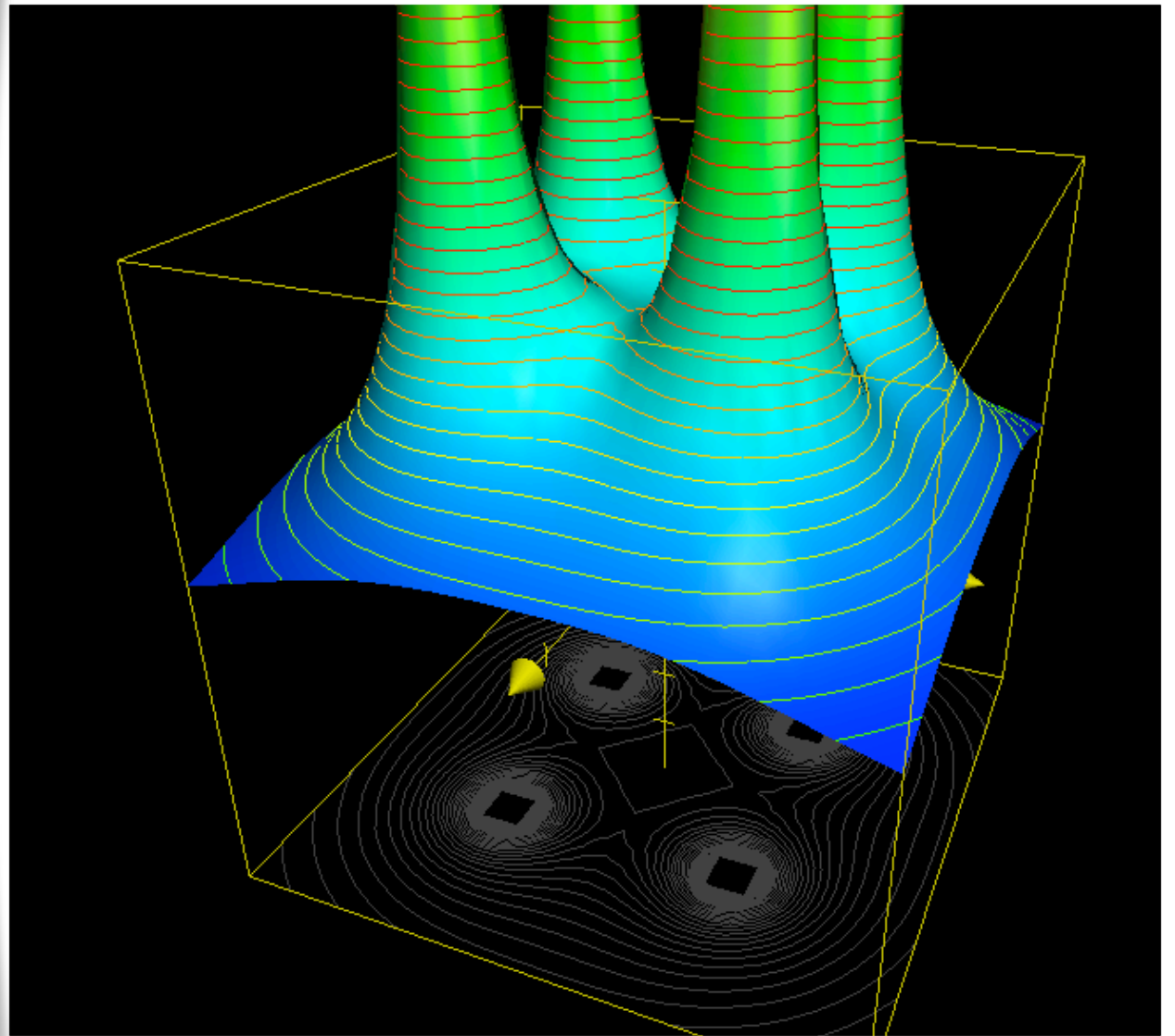
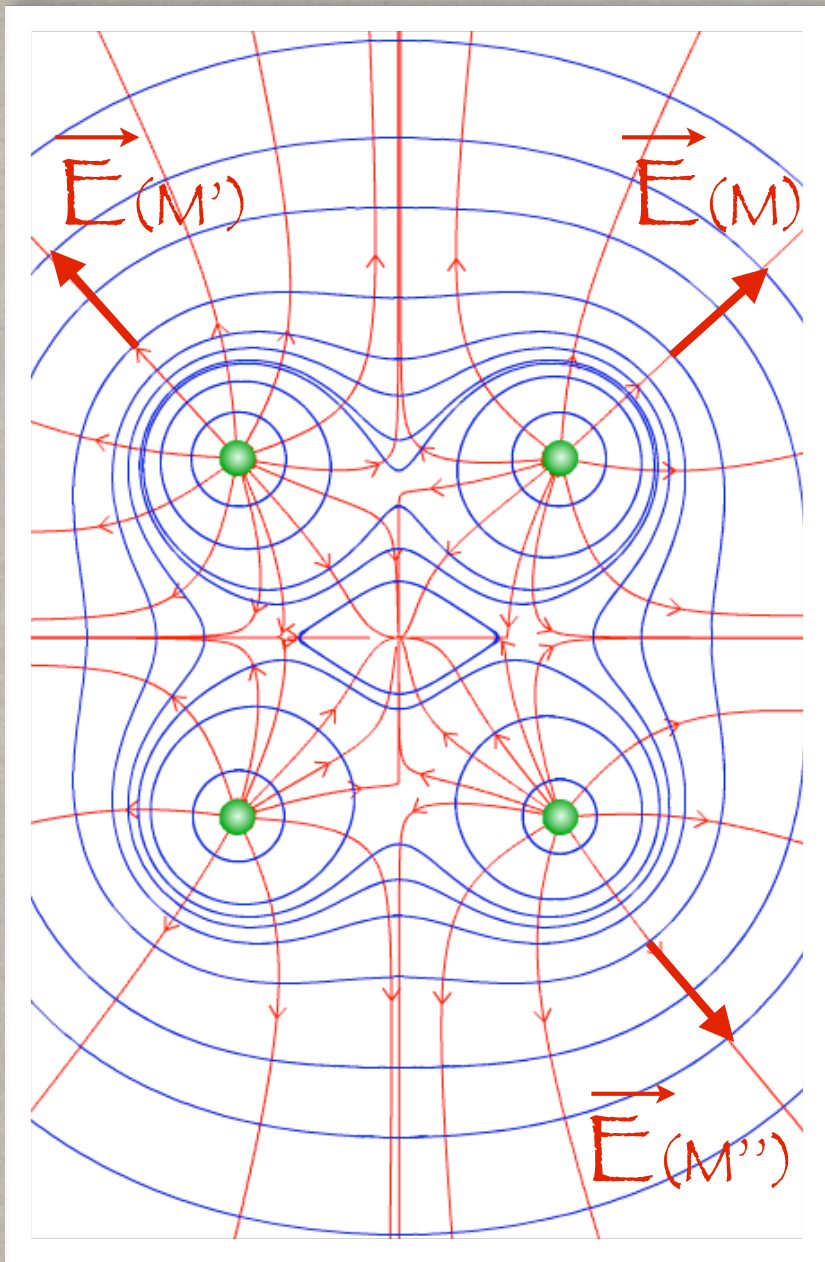


cf-TP

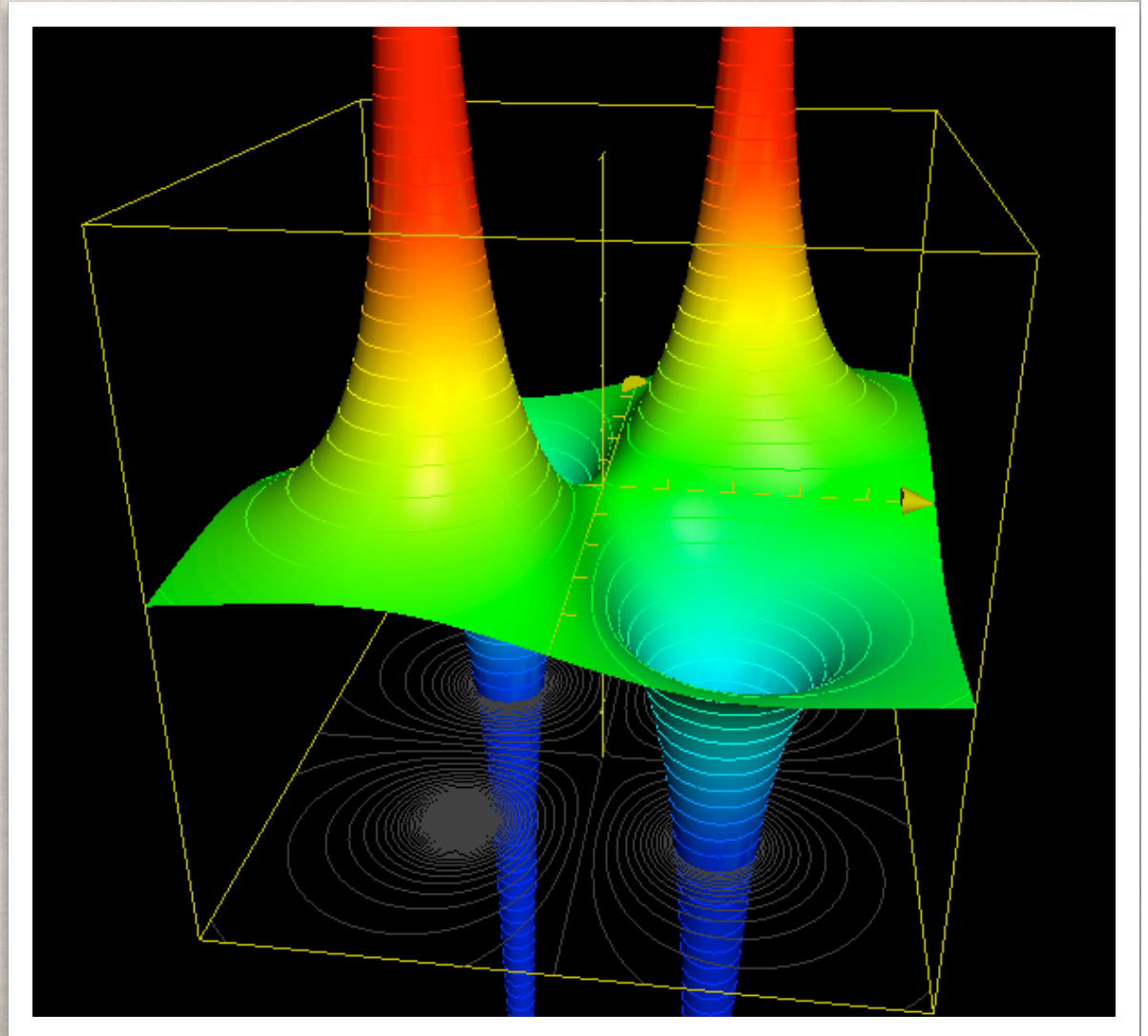
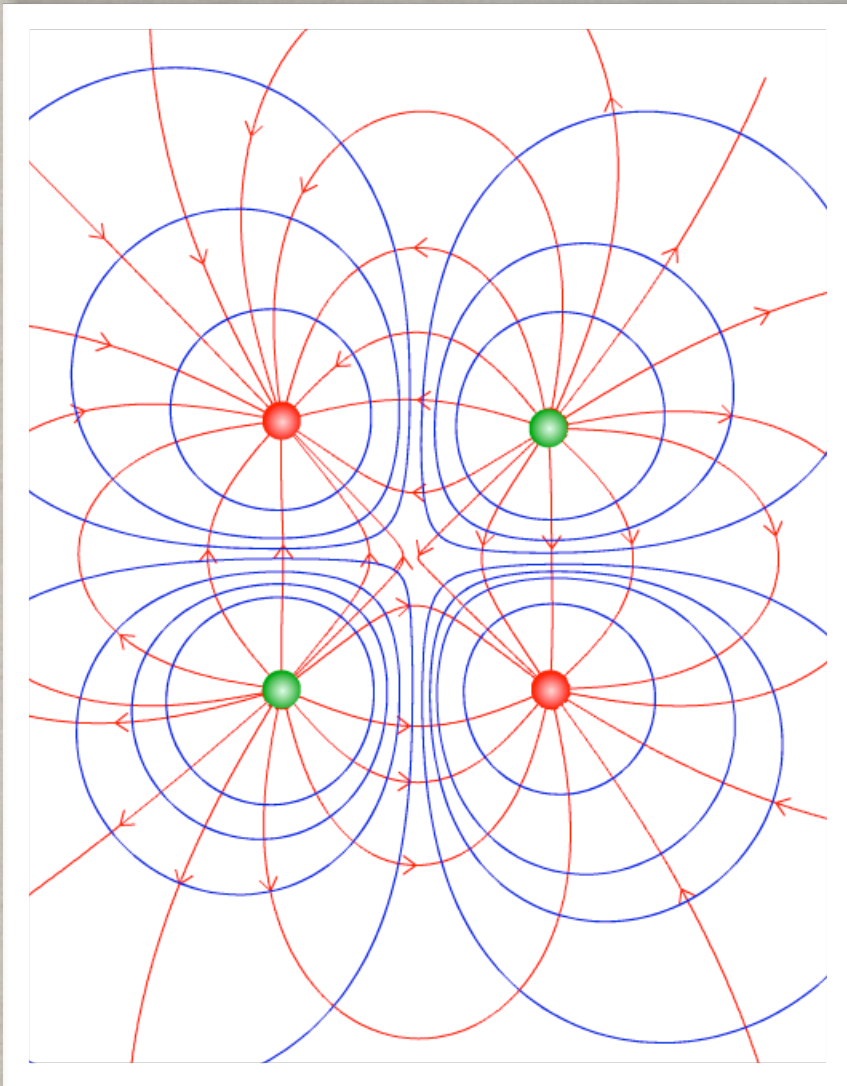


TOPOGRAPHIE DU CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

- LIGNES DE CHAMP
- SURFACES ÉQUIPOTENTIELLES
- PROPRIÉTÉS DE SYMÉTRIE



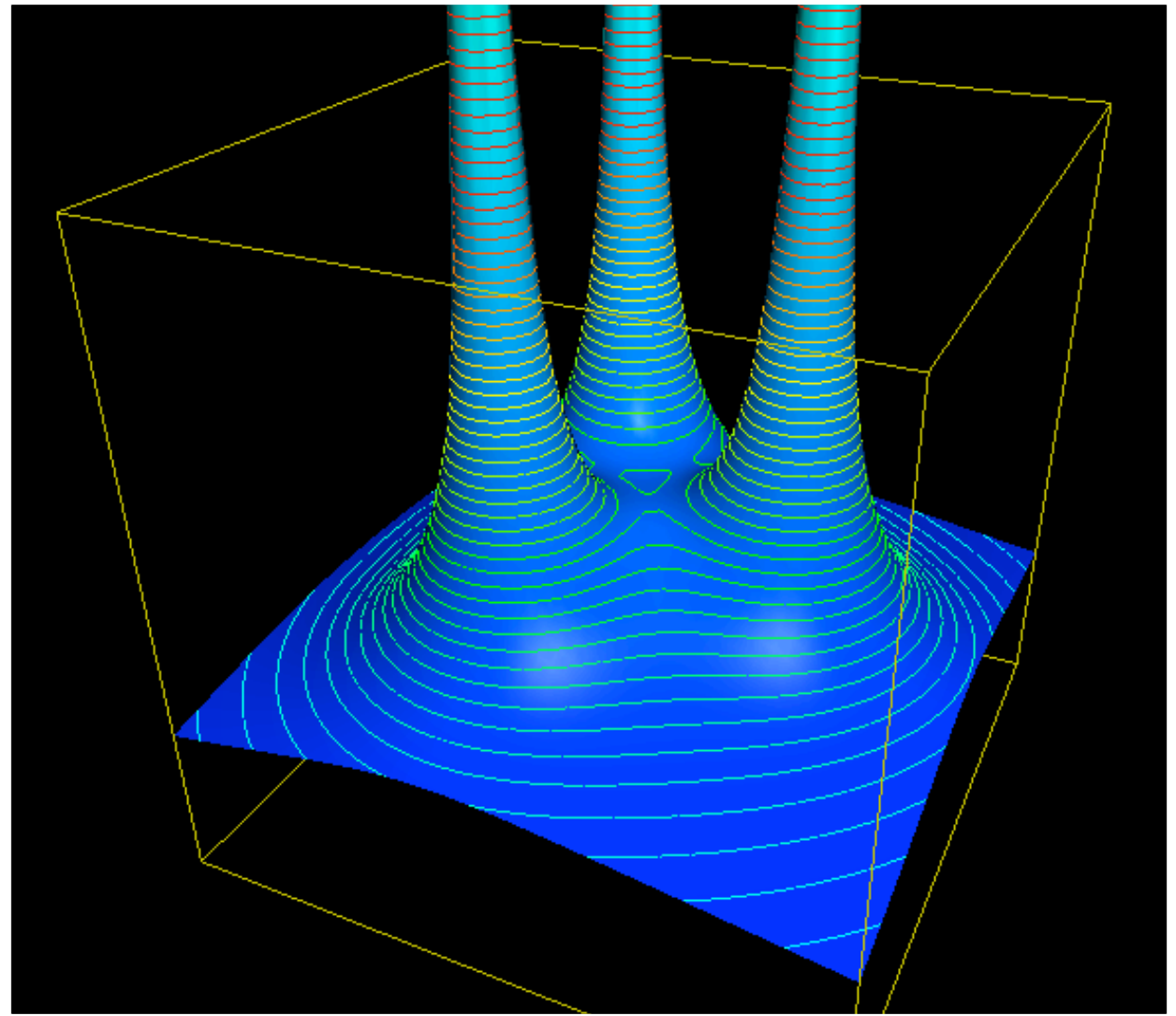
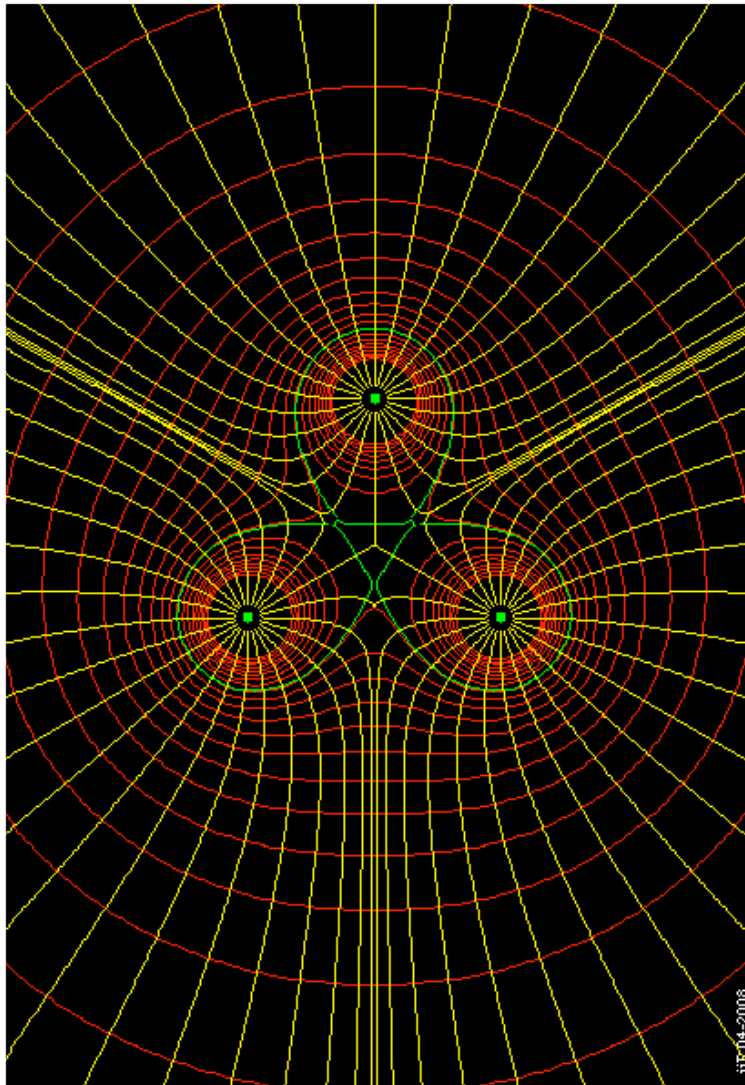
Invariance par symétrie et rotation de $\pi/2$



Invariance par anti-symétrie et rotation de π

Propriété :

Les symétries de la distribution de charges se retrouvent dans celle du potentiel



Invariance par rotation de $2\pi / 3$

Résumé des symétries :

Soit S une symétrie :

$\varepsilon = 1$ si symétrie des charges : $\rho(S[M]) = \rho(M)$

$\varepsilon = -1$ si anti-symétrie des charges : $\rho(S[M]) = -\rho(M)$

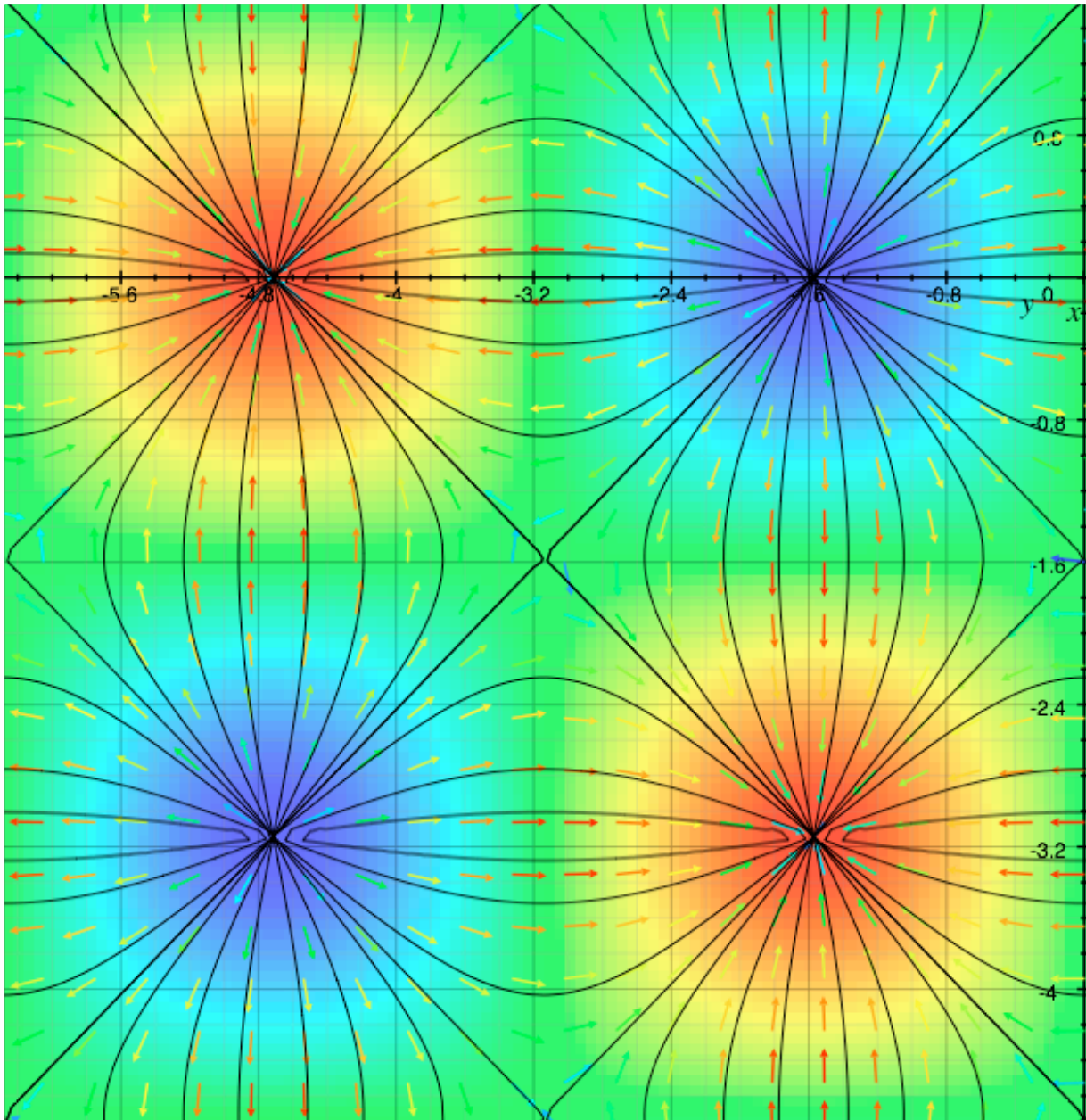
Champ scalaire : $V(S[M]) = \varepsilon V(M)$

Champ vectoriel : $\vec{E}(S[M]) = \varepsilon S[\vec{E}(M)]$

CALCUL DE LIGNE DE CHAMP

$$V(x,y) = \sin(x)\cos(y)$$

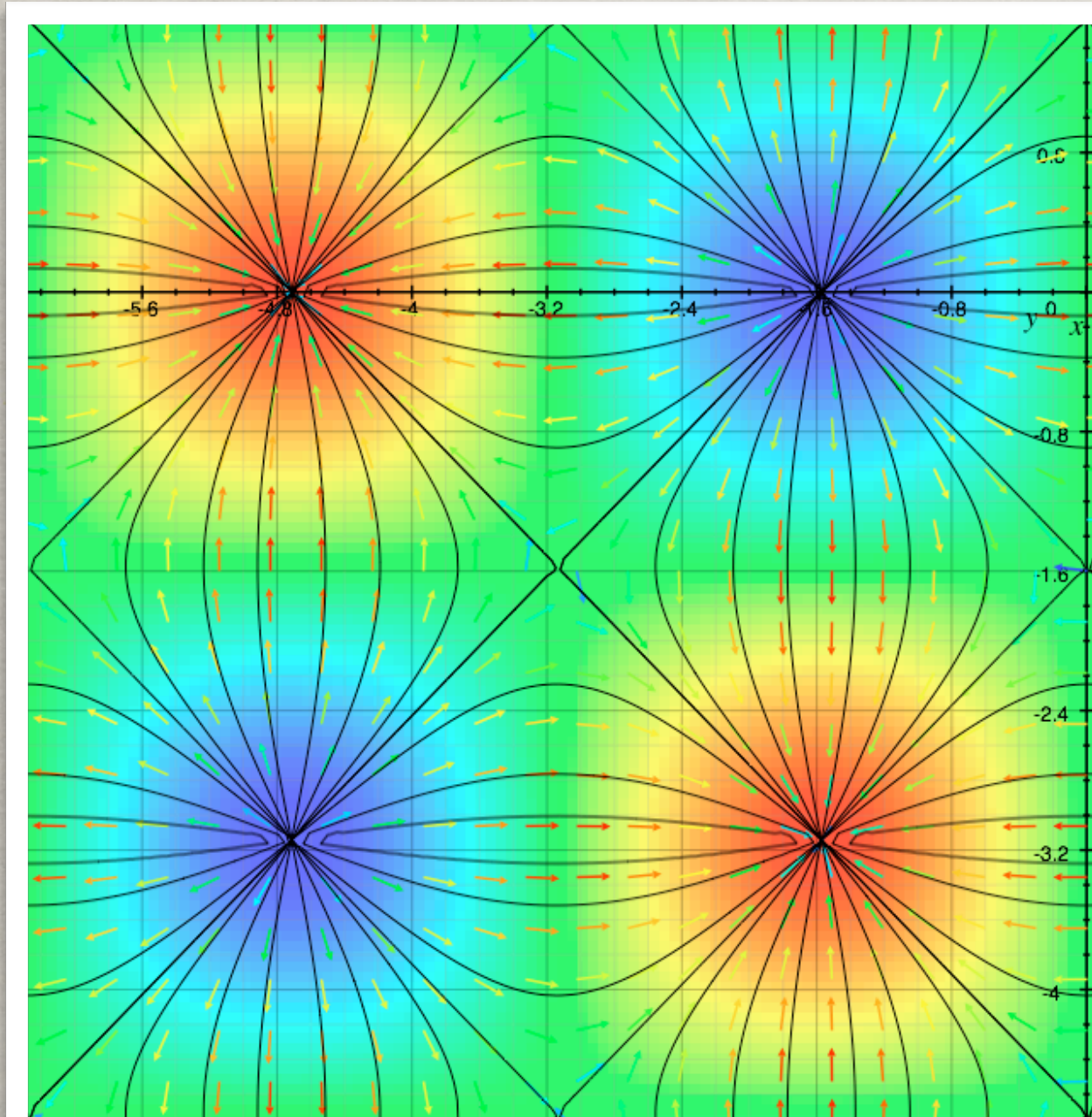
$$\vec{E} = -\vec{\text{grad}}(V)$$



V : Champ scalaire
(en couleur)

E : Champ vectoriel
(avec des flêches)

CALCUL DE LIGNE DE CHAMP



$$V(x,y) = \sin(x)\cos(y)$$

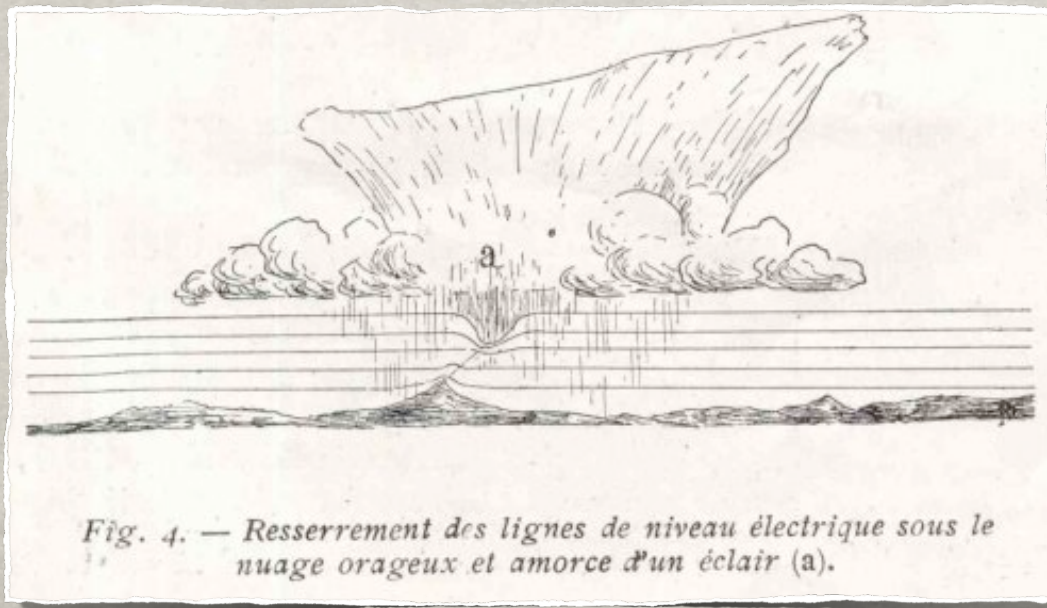
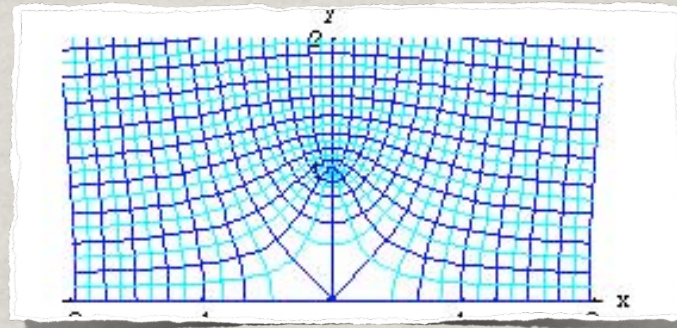
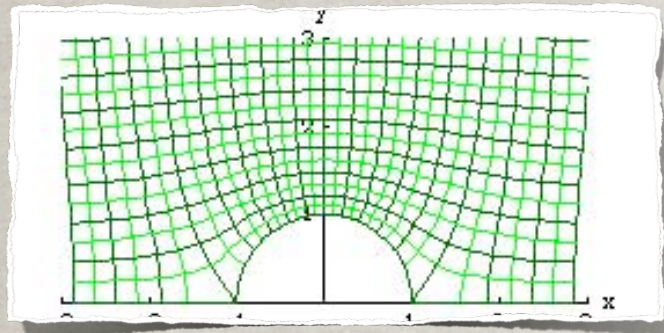
$$\vec{E} = -\vec{\text{grad}}(V)$$

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} \cos(x)\cos(y) \\ -\sin(x)\sin(y) \end{pmatrix}$$

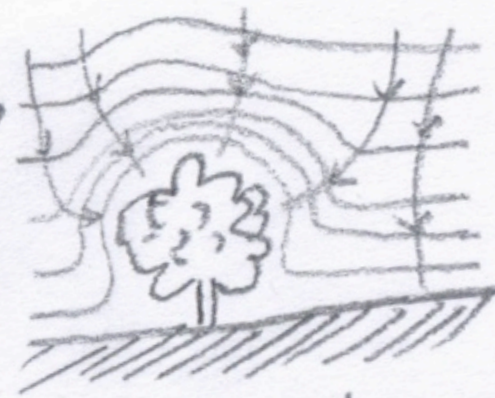
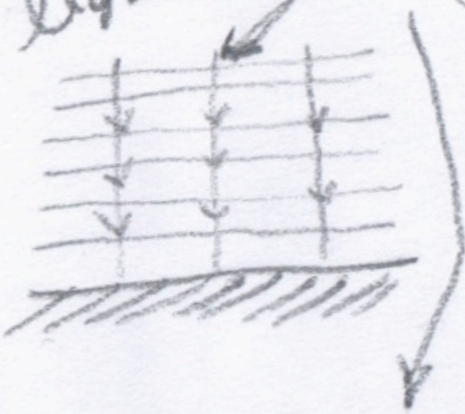
Ligne de champ :
(eq^o implicite)

$$\ln \frac{|\sin(y)|}{|\cos(x)|} = K$$

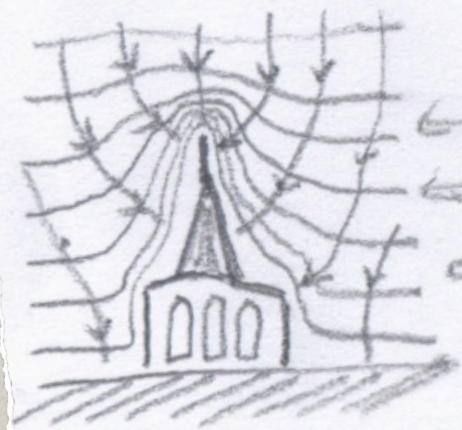
APPLICATION : POUVOIR DES POINTES



lignes de champ E

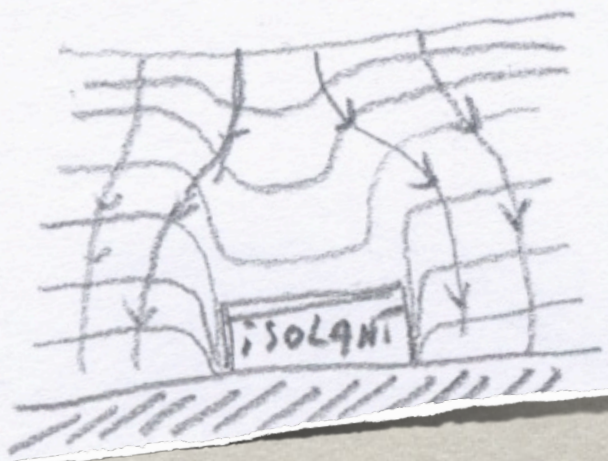


l'arbre



l'église
naïve

lignes équipotentielles



En situation d'orage, la polarisation de l'atmosphère est inversée

