

EM1 – EQUIPOTENTIELLES ET CHAMP ELECTRIQUE

Mots clés : champ électrique, équipotentiel, dipôle, condensateur, électrode, potentiel

1. Type d'activité

Acquisition de données avec une interface

2. Objectifs de l'activité

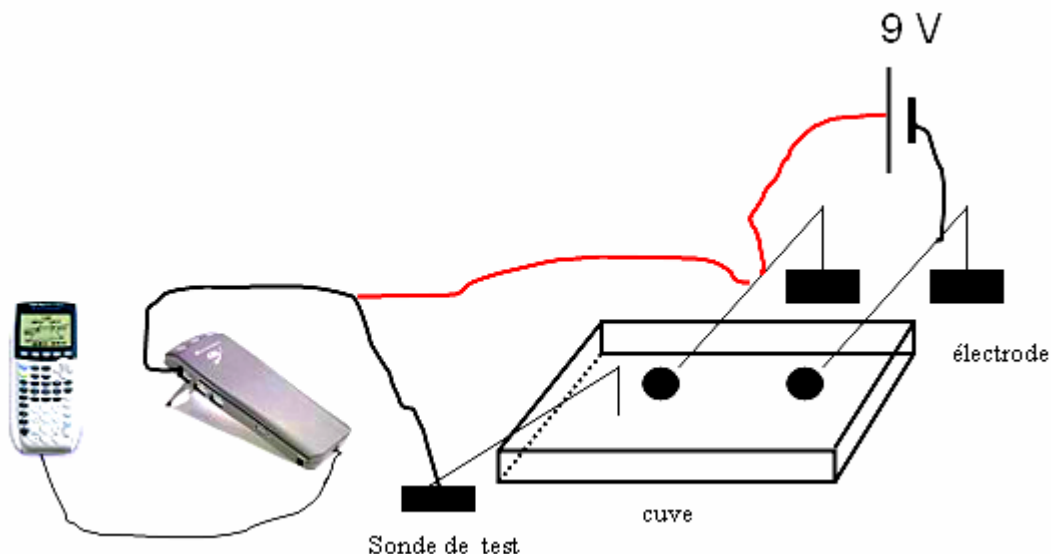
- Pour un condensateur plan ou un dipôle, visualiser expérimentalement les lignes de champ électrique ainsi que les lignes équipotentielles qui peuvent y être associées.
- Déterminer expérimentalement l'expression du potentiel électrique à partir d'un champ électrique uniforme

3. Principe

Dans le voisinage d'une charge électrique, il existe une influence appelée « champ électrique ». Ce champ électrique peut être représenté par des **lignes de champ** entourant le voisinage immédiat de la charge électrique. La direction du champ symbolisée par une flèche (vecteur) est en tout point tangente à une ligne de champ. Cette orientation est du reste la même que la force de Coulomb associée s'exerçant sur une charge électrique positive.

Dans un champ électrique, les lignes joignant les points de même potentiel sont appelées des lignes équipotentielles. On peut montrer (voir annexe) que les lignes du champ électrique sont toujours perpendiculaires aux lignes équipotentielles

On se propose de mettre en évidence expérimentalement l'existence d'un champ électrique pour différentes formes d'électrodes, en créant entre ces électrodes une différence de potentiel. A partir de chaque représentation de champ électrique, on pourra dessiner plusieurs lignes équipotentielles. Ensuite, on sera en mesure de représenter graphiquement le champ électrique par construction des lignes perpendiculaires successivement à chaque équipotentielle.



4. Prérequis :

Force de Coulomb et champ électrique, charge électrique, dipôle
Savoir utiliser les fonctions de base du logiciel TI-connect

5. Matériel

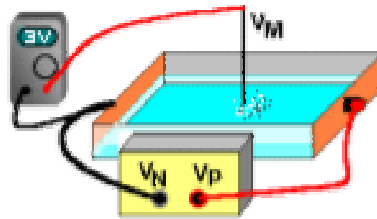
- CBL2
- TI-83 TI-83 Plus TI-84 TI-89 TI- 92 Plus V200
- Programme POT fournit en annexe
- Câble liaison entre calculatrices
- TI-Graph Link
- Logiciel TI-Connect livré avec le câble de liaison calculatrice ordinateur¹
- Plaque de Cuivres ou électrodes de formes différentes (sphères etc...)
- Cristallisoir
- Sulfate de cuivre ou huile
- Chiffon
- Pâte à modeler pour fixer les électrodes au fond du cristallisoir
- Fils et pinces crocodiles
- Feuille de papier quadrillée à petits carreaux sur laquelle on réalise une grille 11 x 9
- Pile 9V

6. Déroulement pédagogique de l'activité

Proposer plusieurs montages pour différentes formes d'électrodes, afin d'enrichir un travail de groupe. On s'attachera à donner aux élèves, la possibilité de réaliser deux expériences :

- Champ électrique uniforme entre deux plaques de métal (condensateur par exemple)
- Dipôle électrique

On place sur la feuille de papier quadrillé, un cristallisoir rempli d'eau ou d'huile ou de sulfate de cuivre. La feuille de papier va servir à réaliser une cartographie de potentiels relatifs



- On réalise ensuite le montage comme indiqué
- Exécuter le programme « POT »
- Commencer la série de mesure de potentiel en plaçant la sonde test dans le coin en haut à gauche du quadrillage, puis valider en appuyant sur la touche **ENTER**. La donnée relative au potentiel est alors représentée graphiquement, avec en haut à droite de l'écran, le numéro de la mesure.
- Poursuivre ainsi de la gauche vers la droite de manière à couvrir le quadrillage en saisissant 99 mesures. Lorsque l'acquisition est achevée, connecter la calculatrice à un ordinateur, les mesures ont automatiquement été sauvegardées dans une matrice [B] 9 x 11 (tableau de valeurs), c'est essentiellement sur celle-ci que nous allons travailler. Les zéros qui apparaissent dans la matrice sur chaque ligne de rang pair, ne sont pas des potentiels relatifs, mais sont introduits uniquement pour « aérer » les données et créer des points à relier entre eux pour dessiner des lignes de champ.

Appuyer sur la touche **2^{nde} MATRIX** pour avoir accès à l'affichage des matrices. Examiner les données de la matrice [B].

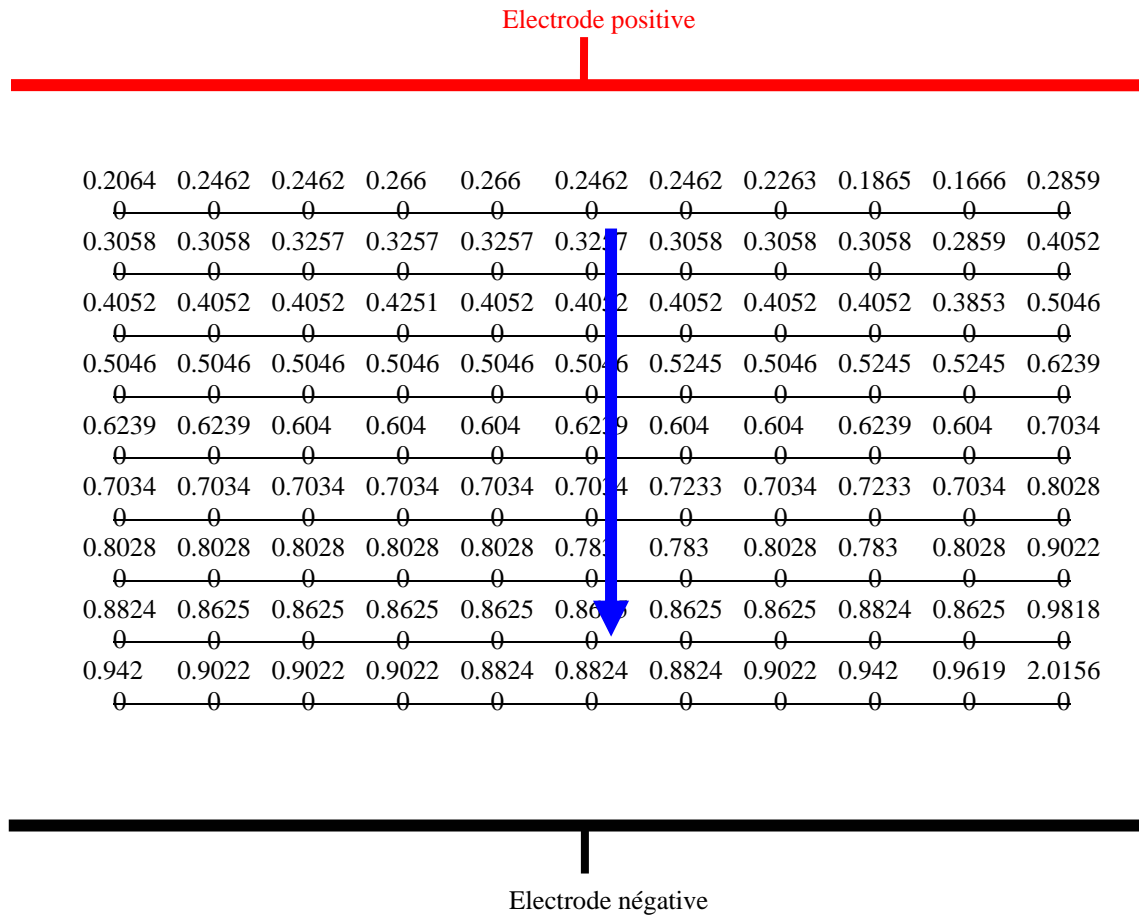
Ouvrir le logiciel TI-connect et relier la calculatrice à l'ordinateur. Explorer le contenu des variables de la calculatrice, puis par un glisser déposer, glisser la matrice [B] dans la fenêtre du logiciel TI-connect.

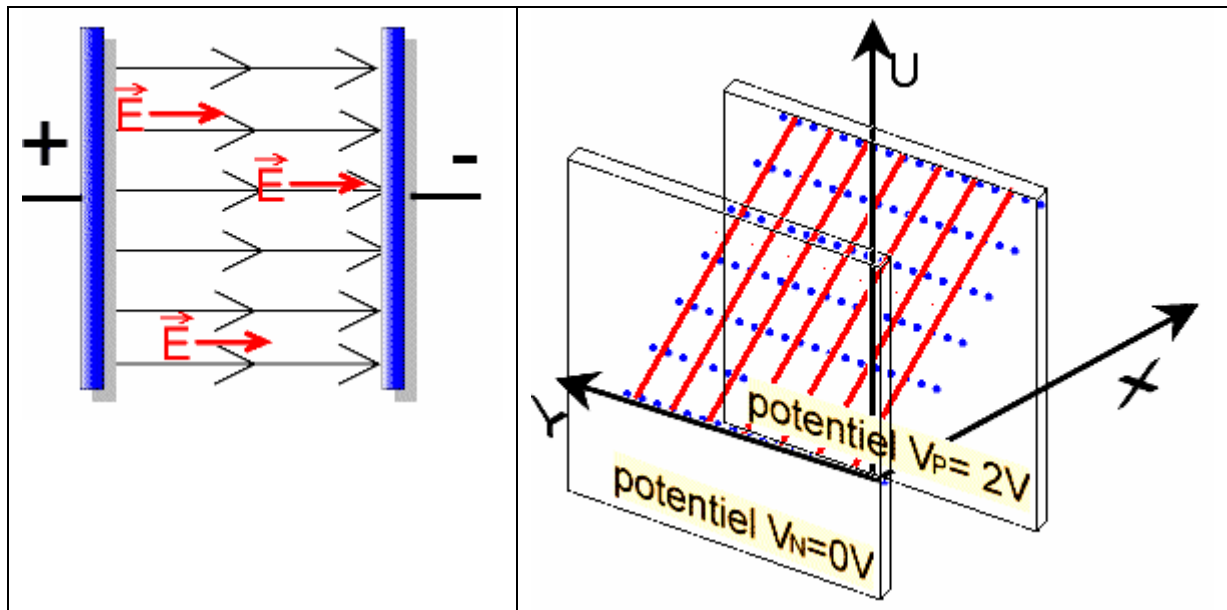
L'éditeur de données s'ouvre automatiquement après le transfert. Copier - coller les données dans votre logiciel traitement de texte, puis imprimer le document éventuellement.

On relie ensuite les points de potentiels relatifs égaux, puis on trace manuellement sur la carte ainsi réalisée l'ensemble des lignes de champ électrique en tous points orthogonales aux équipotentielles après avoir repéré également sur la carte, l'électrode positive et l'électrode négative.

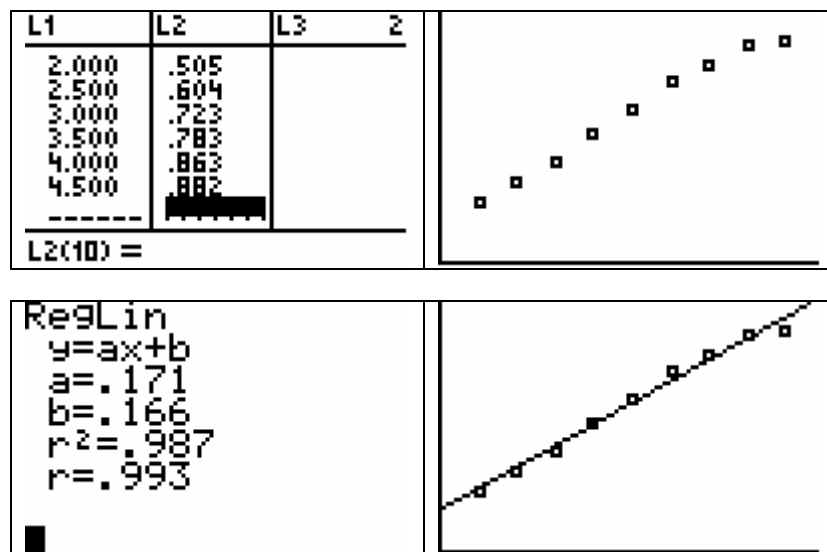
¹ Disponible également sur le site education.ti.com

Les élèves qui le souhaitent pourront à l'initiative du professeur réaliser une représentation en 3 dimensions du champ électrique dans quelques cas simples





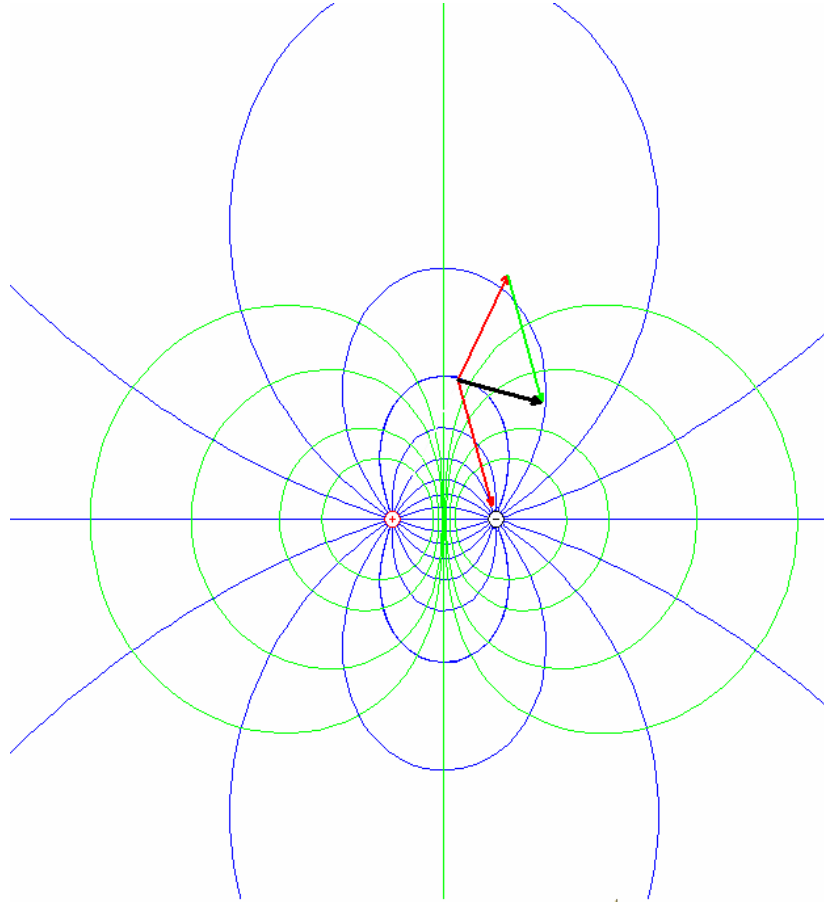
- Modélisation de la relation $E = \frac{U}{d}$



Les valeurs des abscisses stockées dans L1 sont en cm, on peut en déduire $U_{SB} = k \times x_S + b$; $k = \Delta U_{SB} / \Delta x$
 Soit : $U = E \times d$

- Cas du dipôle électrique constitué par deux sphères ou deux billes métalliques chargées.

La détermination du champ électrique est plus difficile. On veillera à guider l'élève en lui fournissant quelques lignes de champ électrique sur un tracé préparé à l'avance.



Préparateur

Matériel à prévoir pour chaque poste

- CBL2
- TI-83 TI-83 Plus TI-84 TI-89 TI- 92 Plus V200
- Programme POT fournit en annexe
- Câble liaison entre calculatrices
- TI-Graph Link
- Logiciel TI-Connect livré avec le câble de liaison calculatrice ordinateur
- Plaque de Cuivres ou électrodes de formes différentes (sphères etc...)
- Cristallisoir
- Sulfate de cuivre ou huile
- Chiffon
- Pâte à modeler pour fixer les électrodes au fond du cristallisoir
- Fils et pinces crocodiles
- Feuille de papier quadrillée à petits carreaux sur laquelle on réalise une grille 11 x 9
- Pile 9V

Prévoir également un poste supplémentaire en cas de pannes, ainsi que des piles de rechange.

- LR06 pour CBL2
- AAA pour les calculatrices

Rajouter quelques câbles de liaison calculatrice-CBL2 en cas de panne également

EM1 – EQUIPOTENTIELLES ET CHAMP ELECTRIQUE

1. Objectif de l'activité

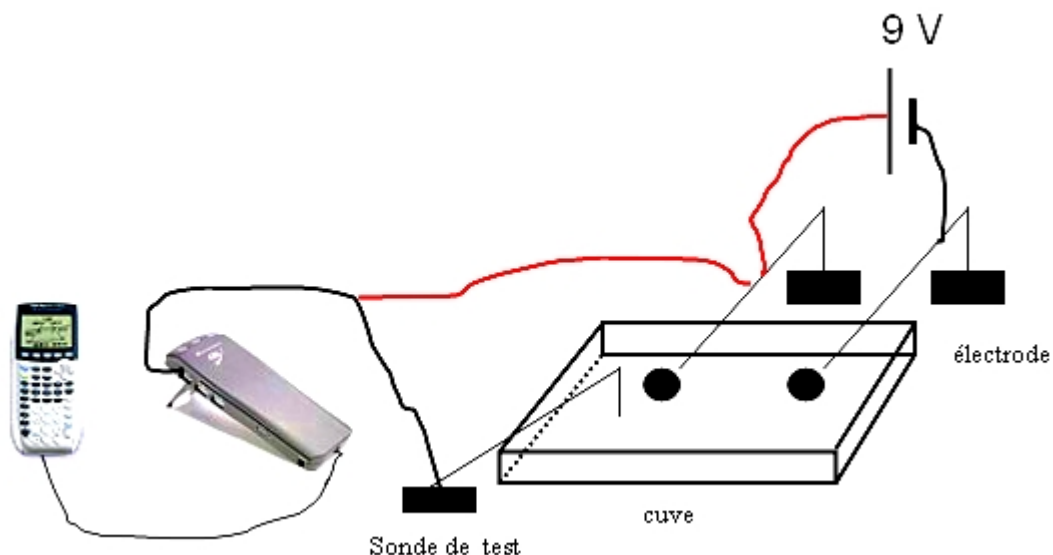
- Pour un condensateur plan ou un dipôle, visualiser expérimentalement les lignes de champ électrique ainsi que les lignes équipotentielles qui peuvent y être associées.
- Déterminer expérimentalement l'expression du potentiel électrique à partir d'un champ électrique uniforme

2. Principe

Dans le voisinage d'une charge électrique, il existe une influence appelée « champ électrique ». Ce champ électrique peut être représenté par des **lignes de champ** entourant le voisinage immédiat de la charge électrique. La direction du champ symbolisée par une flèche (vecteur) est en tout point tangente à une ligne de champ. Cette orientation est du reste la même que la force de Coulomb associée s'exerçant sur une charge électrique positive.

Dans un champ électrique, les lignes joignant les points de même potentiel sont appelées des lignes équipotentielles. On peut montrer (voir annexe) que les lignes du champ électrique sont toujours perpendiculaires aux lignes équipotentielles

On se propose de mettre en évidence expérimentalement l'existence d'un champ électrique pour différentes formes d'électrodes, en créant entre ces électrodes une différence de potentiel. A partir de chaque représentation de champ électrique, on pourra dessiner plusieurs lignes équipotentielles. Ensuite, on sera en mesure de représenter graphiquement le champ électrique par construction des lignes perpendiculaires successivement à chaque équipotentielle.

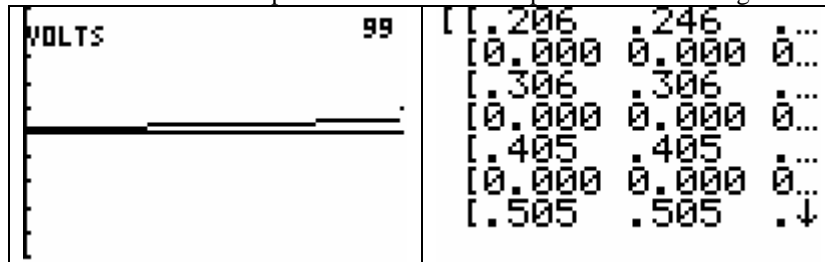


3. Déroulement de l'activité

La réalisation de cette expérience nécessite l'utilisation d'un programme spécifique « POT » qu'il faudra préalablement inscrire dans la calculatrice (voir annexe)

- Placer sous le cristallin, un papier sur lequel est préalablement tracé un réseau quadrillé de 9 lignes par 11 colonnes
- Remplir le cristallin de sulfate de cuivre puis placer les électrodes de façon à ce qu'elles soient contenues dans le quadrillage
- Connecter la calculatrice à CBL2 comme indiqué sur le schéma ci-dessus

- Connecter la sonde de tension à la voie 1 **CH1** de CBL2
- Exécuter le programme « POT » touche **PRGM**, puis choix du programme.
- Commencer la série de mesure de potentiel en plaçant la sonde test dans le coin en haut à gauche du quadrillage, puis valider en appuyant sur la touche **ENTER**. La donnée relative au potentiel est alors représentée graphiquement, avec en haut à droite de l'écran, le numéro de la mesure.
- Poursuivre ainsi de la gauche vers la droite de manière à couvrir le quadrillage en saisissant 99 mesures. Lorsque l'acquisition est achevée, connecter la calculatrice à un ordinateur, les mesures ont automatiquement été sauvegardées dans une matrice [B] 9 x 11 (tableau de valeurs), c'est essentiellement sur celle-ci que nous allons travailler. Les zéros qui apparaissent dans la matrice sur chaque ligne de rang pair, ne sont pas des potentiels relatifs, mais sont introduits uniquement pour « aérer » les données et créer des points à relier entre eux pour dessiner des lignes de champ.



Vous pouvez appliquer cette procédure pour :

- L'étude d'un champ uniforme entre deux plaques parallèles
- L'étude d'un dipôle constitué de deux petites sphères

4. Analyse des mesures

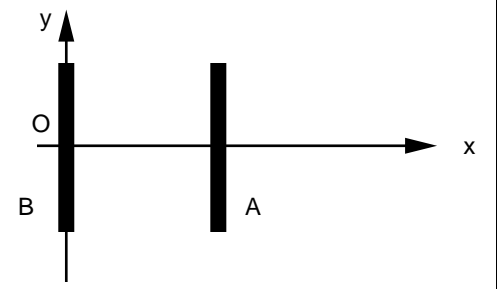
En utilisant le logiciel TI-connect, éditer la matrice [B] (TI-éditeur de données), puis relier par une ligne les points dont les potentiels relatifs sont égaux entre eux. (à 10^{-2} près) **Utiliser les « 0 » créés à cet effet mais ne pas rayer les données. Attention, deux potentiels relatifs égaux peuvent ne pas apparaître sur une ligne ou colonne donnée mais dans un voisinage immédiat d'une cellule donnée. Vous effectuez ainsi une cartographie des équipotentielles.**

0.2064	0.2462	0.2462	0.266	0.266	0.2462	0.2462	0.2263	0.1865	0.1666	0.2859
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3058	0.3058	0.3257	0.3257	0.3257	0.3257	0.3058	0.3058	0.3058	0.2859	0.4052
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4052	0.4052	0.4052	0.4251	0.4052	0.4052	0.4052	0.4052	0.4052	0.3853	0.5046
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5046	0.5046	0.5046	0.5046	0.5046	0.5046	0.5245	0.5046	0.5245	0.5245	0.6239
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6239	0.6239	0.604	0.604	0.604	0.6239	0.604	0.604	0.6239	0.604	0.7034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7034	0.7034	0.7034	0.7034	0.7034	0.7034	0.7233	0.7034	0.7233	0.7034	0.8028
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8028	0.8028	0.8028	0.8028	0.8028	0.783	0.783	0.8028	0.783	0.8028	0.9022
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8824	0.8625	0.8625	0.8625	0.8625	0.8625	0.8625	0.8625	0.8824	0.8625	0.9818
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.942	0.9022	0.9022	0.9022	0.8824	0.8824	0.8824	0.9022	0.942	0.9619	2.0156
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les lignes de champs sont construites de manière à rester en tout point perpendiculaires aux équipotentielles (voir annexe). Elles sont orientées de l'électrode positive vers l'électrode négative.

En vous aidant de votre cours ou de la fiche annexe, et de votre montage expérimental pour préciser l'électrode positive et l'électrode négative, donner l'orientation du vecteur champ électrique \vec{E}

- Soit le repère (Oxy) lié au condensateur, défini comme suit:

	<p>Soit un point S de coordonnées quelconques sur l'axe Ox Tracer le graphe de la fonction $U_{SB} = f(x_S)$. En déduire une relation entre U_{SB} et x_S à l'aide de la calculatrice (édition de données dans des listes) STAT puis EDITE pour éditer STAT puis CALC puis RegLin(ax+b), L1,L2 pour modéliser.conclure.</p>
---	---

Annexe

CHAMP ELECTRIQUE

1°) Dans le cas de charges quasi ponctuelles :

$$F_{A/B} = k \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}_{AB}$$

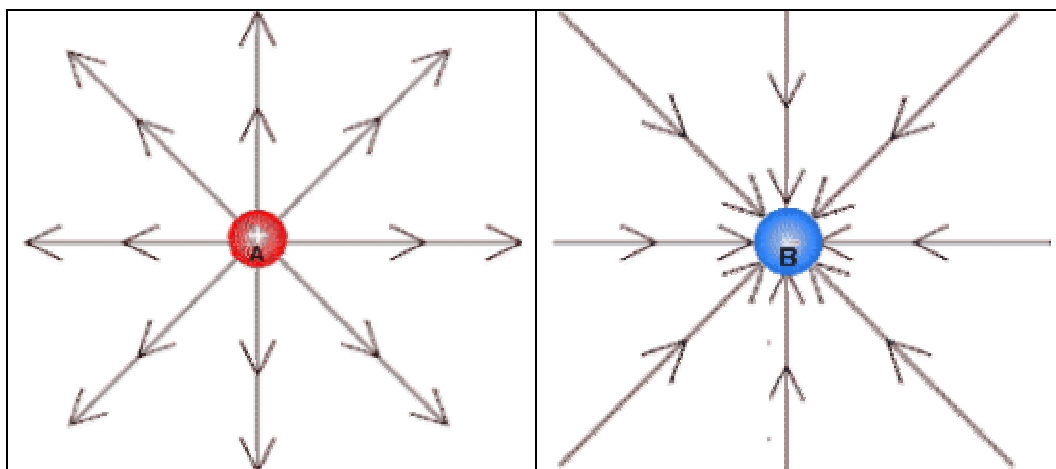
$$\vec{F}_{A/B} = q_B \vec{E}$$

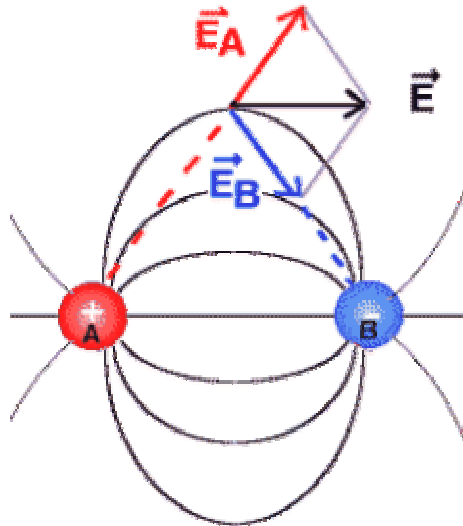
$$\vec{E} = k \frac{q_A}{r^2} \vec{u}_{AB}$$

E** est le champ créé par la boule A à une distance r même en l'absence d'une boule B. En ce sens on peut le considérer comme une modification des propriétés de l'espace due à la présence de la charge q_A. Si une charge q_B se trouve à cet endroit, elle subit une force **F_{A/B} = q_B·E

La structure spatiale du champ électrique peut être représentée par des lignes de champs.

- Pour une boule chargée positivement les lignes champ sont sortantes.
- Pour une boule chargée négativement les lignes champ sont entrantes.
- Pour un dipôle, en chaque point, les vecteurs champ électrique s'additionnent





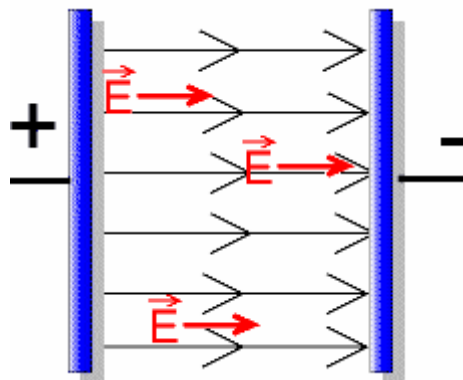
$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

Orientation d'un vecteur champ :

direction: tangente à la ligne de champ

sens: celui de la ligne de champ

2°) Champ électrique uniforme



Pour réaliser un champ électrique uniforme,

- il suffit de disposer d'un condensateur plan
- Les lignes équipotentielles sont perpendiculaires aux lignes de champs (*si on ne se trouve pas trop près des bords*).
- et le vecteur champ électrique reste constant dans cette zone.

Caractéristiques du vecteur E

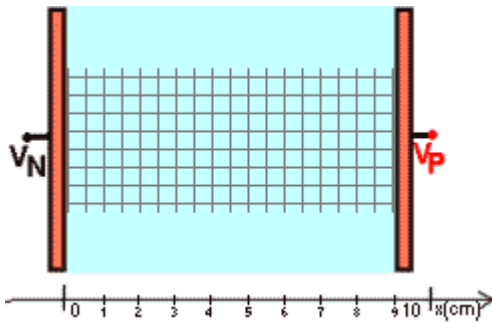
direction: perpendiculaire aux plaques

sens: de la plaque + vers la plaque -

valeur: $E = \frac{|U|}{d}$

- avec $|U|$: valeur absolue de la tension entre les plaques (en Volts)

- **d : la distance entre les plaques (en mètres)**
- **Cela justifie l'unité de champ électrique qui est le V/m**



Exemple de gabarit pour l'enregistrement des mesures

Le programme d'acquisition POT

```

PlotsOff
FnOff
Func
AxesOn
0üXmi n
99üXmax
ú10üYmi n
10üYmax
0üXscl
2üYscl
{1, 0}üL
Send(L )
Cl rHome
Di sp "ENTER"
Di sp "ACQUI SITION DES"
Di sp "DONNEES"
Pause
Cl rLi st L,
99üdi m(L,)
Cl rDraw
Text(4, 1, "VOLTS")
{1, 1, 1}üL
Send(L )
For(I, 1, 99, 1)
Text(2, 85, I)
Pause
{3, .001, 1, 0}üL
Send(L )
Text(2, 85, I)
Get(L, (I))
Pt-On(I, L, (I))
End
{18, 11}üdi m([B])
1üN
For(S, 1, 17, 2)
For(T, 1, 11, 1)
L, (N)ü[B](S, T)
N+1üN
End
End
Cl rHome
Di sp "CONNECTER"
Di sp "A L ORDI NATEUR"
Stop

```