



**Objectifs de compétence :**

C exp : Pratiquer une démarche expérimentale pour cartographier un champ magnétique ou électrostatique.

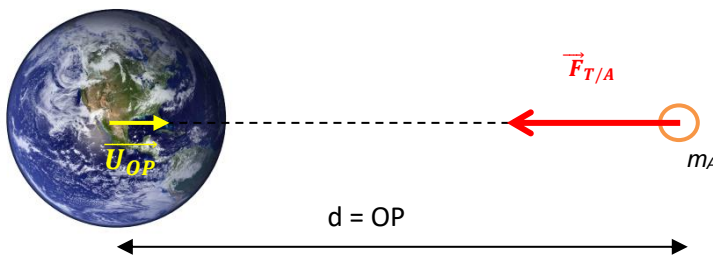
C4 : Connaître les caractéristiques :

- des lignes de champ vectoriel ;
- d'un champ uniforme ;
- du champ magnétique terrestre ;
- du champ électrostatique dans un condensateur plan ;
- du champ de pesanteur local.

C5 : Identifier localement le champ de pesanteur au champ de gravitation, en première approximation.

**I Le champ de Gravitation (Terrestre) (1 heure)**

La Terre de masse  $M_T$  considérée comme immobile centrée sur O, crée dans son environnement un **champ de gravitation**, que nous noterons  $\vec{G}_t$ . Un objet A de masse  $m_A$  peut servir de détecteur de ce champ, car plongé dans ce champ en un point P, il va subir une force d'attraction gravitationnelle  $\vec{F}_{T/A}$ , comme indiqué par le schéma :



La force exercée par la Terre a alors cette expression :

$$\vec{F}_{T/A} = - 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{M_T \cdot m_A}{OP^2} \vec{U}_{OP} \text{ (Masses en kg, distance en m, Force en N), } \vec{U}_{OP} \text{ vecteur unitaire}$$

- 1) En vous inspirant du texte « c'est l'histoire d'un champ », proposer une relation permettant de tirer la valeur du champ au point P de la force gravitationnelle.

**Pour éviter que le champ électrique dépende de la charge électrique détectrice, Faraday avait défini le champ électrique comme :**

**$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$  de la même façon on peut déduire le champ gravitationnel de la Terre, pour qu'il ne dépende pas de la masse détectrice du champ par:**

$$\vec{G}_T = \frac{\vec{F}_{T/A}}{m_A}$$

- 2) La masse du détecteur influence-t-elle sur la valeur du champ ?

$$\vec{G}_T = \frac{\vec{F}_{T/A}}{m} = \frac{- 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{M_T \cdot m_A}{OP^2} \vec{U}_{OP}}{m_A} = - 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{M_T}{OP^2} \vec{U}_{OP}$$

**$m_A$  n'intervient plus dans l'expression donc elle n'influe pas sur la valeur du champ**

- 3) Décrire précisément les caractéristiques du Champ gravitationnel terrestre au point P .

**Le champ est suivant un rayon terrestre, on dit qu'il est radial. (Direction)  
Il est dirigé vers le centre de la Terre : il est dit centripète.(sens)**

**Sa valeur est donnée par (norme) :  $6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{M_T}{OP^2}$**

- 4) Compléter le document joint, en traçant les vecteurs champs aux points indiqués.

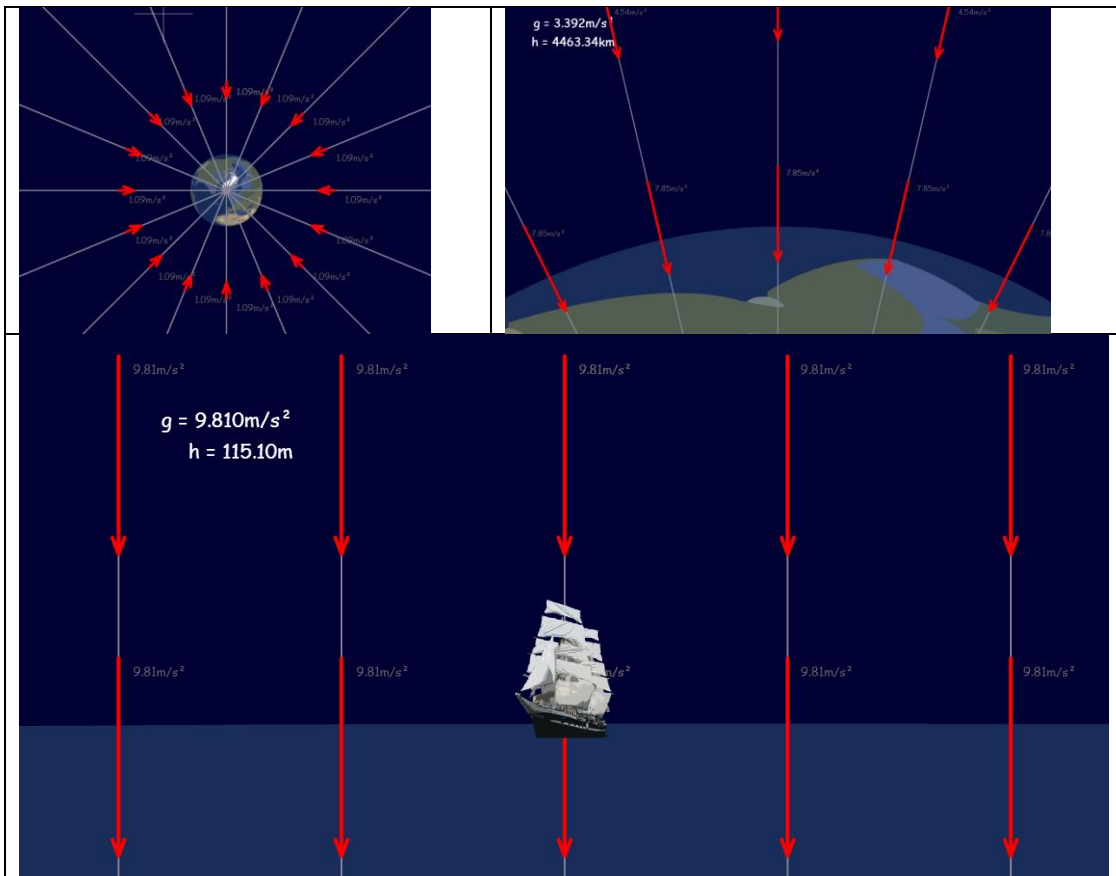
**Voir doc joint, la norme diminue avec le carré de la distance, sur le doc le champ à 6 cm (60 000 km env) du centre de la Terre est alors 4 fois plus petit que celui situé à 3 cm (30 000 km env) du centre, sur le corrigé il peut y avoir des petites incertitudes dues au traçage informatisé.**

- 5) Les lignes de champ sont des lignes tangentes en tout point, aux vecteurs champs et dirigées dans le sens du champ. Tracer les quatre lignes de champ associées au document.

**Voir les lignes en bleu**

- 6) Quelles sont leurs caractéristiques ?  
**Elles se croisent au centre de la Terre (centripètes)**
- 7) Quels sont les lieux ayant la même valeur de champ ? Tracer les dans le plan. Que remarquez-vous vis-à-vis des lignes de champ ? Que peut-on dire de leur altitude ?  
**Voir les lignes violettes (en réalité dans les 3 dimensions, ce sont des surfaces de calottes sphériques). Elles sont perpendiculaires aux lignes de champ. L'altitude des points ayant la même valeur de champ, est la même pour tous les points.**
- 8) Calculer la valeur du champ gravitationnel à la surface de la Terre ( $d = 6380 \text{ km}$  et  $M_T = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ )  
$$\mathbf{G}_T = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{M_T}{OP^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6,0 \cdot 10^{24}}{6380000^2} = 9,83 \text{ N/kg}$$
- 9) En vous aidant de l'animation de Labatut (champ de pesanteur, que remarquez-vous pour les lignes de champ, à la surface de la Terre, sur quelques km).  
**Quand on se rapproche de la surface terrestre les lignes de champs deviennent parallèles. Et sur une petite différence d'altitude  $\vec{g}$  ou  $\vec{g}_T$  est constant**

Animation



- 10) Comment peut-on qualifier le champ gravitationnel au voisinage immédiat de la surface de la mer, sur un petit volume ?

**La direction, le sens et la norme du champ sont constants, le champ peut être qualifié de champ uniforme**

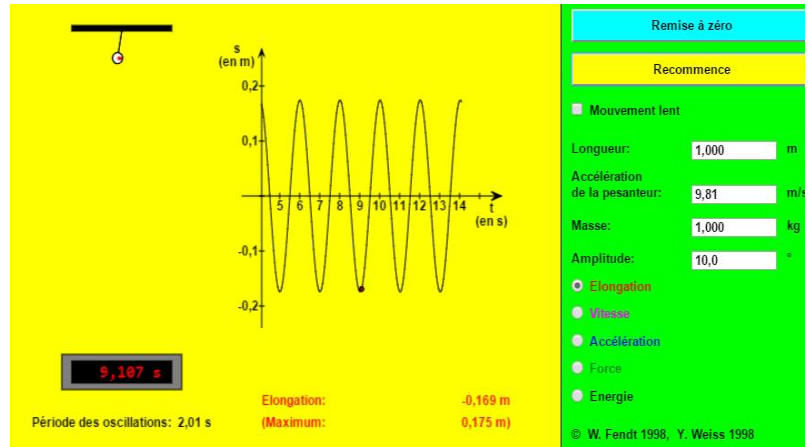
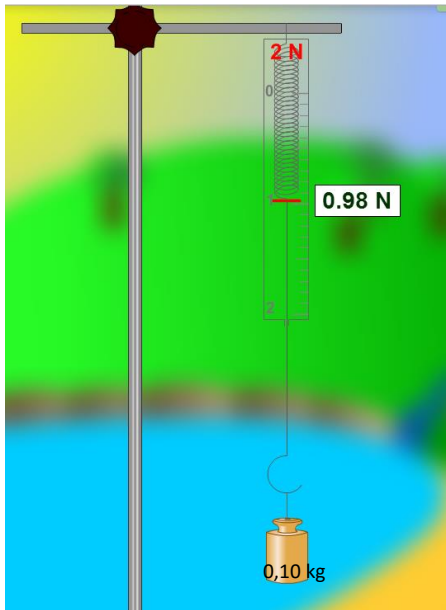
- 11) On peut mesurer le champ de pesanteur  $\vec{g}$  (issu de la relation  $\vec{p} = m\vec{g}$ ), à l'aide d'un pendule. La direction du champ est donnée par celle du pendule à l'équilibre, le sens est vers le bas. La valeur de  $g$ , peut se trouver en mesurant la période du pendule à l'aide de la formule suivante :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

ou  $L$  est la longueur du pendule (en m)

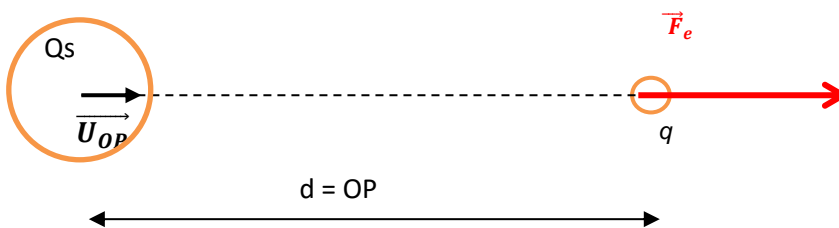
Calculer  $g$  et comparer le champ de pesanteur et le champ de gravitation terrestre au niveau de la mer.

On peut mesurer  $g$  à l'aide d'un dynamomètre, ou à l'aide du pendule, on montre que  $g = 9,8 \text{ N/kg}$  ou  $9,8 \text{ m/s}^2$ , cette valeur est pratiquement égale à celle du champ gravitationnel au niveau de l'altitude 0.  
 Il existe en pratique une petite différence due à la rotation de la Terre sur elle-même,  $g < G_T$



## II Le champ électrostatique.

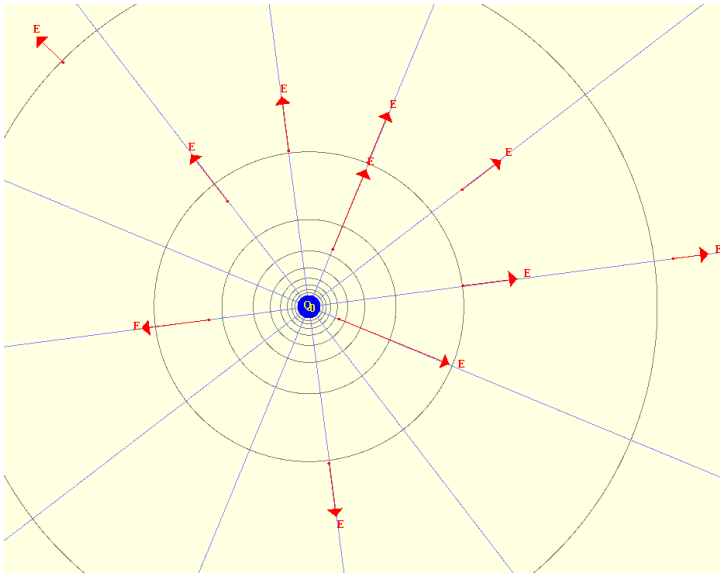
Un corps « immobile » de charge  $Q_s$  (positive ou négative), placé au point  $O$ , crée dans son environnement un **champ électrostatique**, que nous noterons  $\vec{E}$ . Une charge **positive** peut servir de détecteur de ce champ, car plongée dans ce champ en un point  $P$ , elle va subir une force  $\vec{F}_e$ , comme indiqué sur le schéma :



$$\vec{F}_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q_s \times q}{OP^2} \vec{u}_{OP}$$

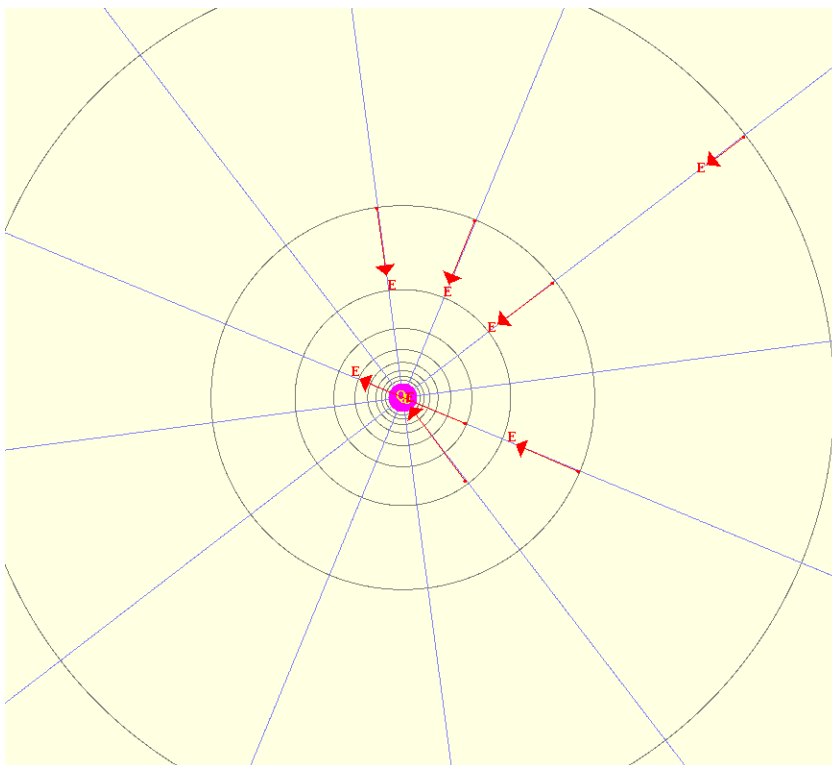
- 1) Indiquer le sens de  $\vec{F}_e$ , si  $Q_s$  est positive.  
 La charge  $q$  de même signe que  $Q_s$  est repoussée par la charge source, donc la force tend à éloigner  $q$  de la charge source
- 2) Sur le modèle du champ de gravitation terrestre, à partir d'une charge source positive, tracer ligne de champs, puis lignes équipotentielles (lignes de même altitude électrique)

Voir ci-dessous

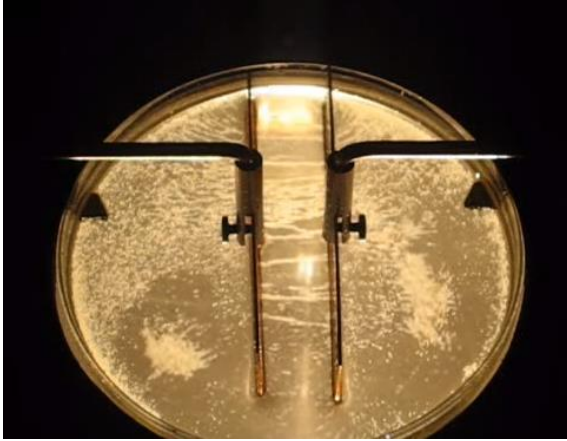


Les lignes de champs sont en bleu, les équipotentielle en noir (réalisé avec simulation Gastebois – sur firefox)

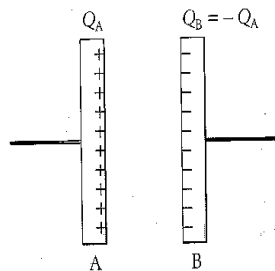
- 3) Faire de même pour une charge source négative, on pourra s'aider de l'animation de Geneviève Tulloue.



4) **Exploration du champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan.**  
**Visualisation des lignes de champ avec semoule .**



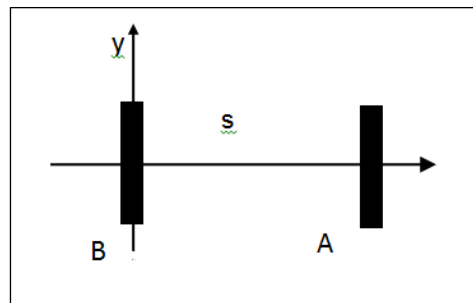
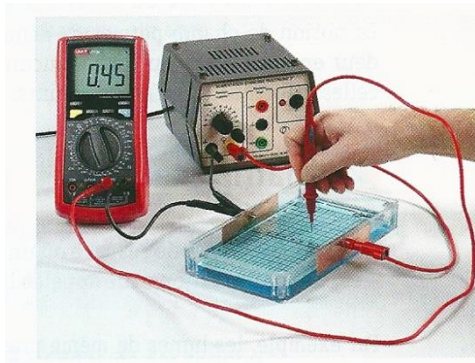
Un condensateur plan est constitué de deux armatures conductrices planes, parallèles et en vis-à-vis. Quand on applique une tension  $U_{AB}$  (ou une différence de potentiel  $V_A - V_B$ ) entre les deux armatures (ou électrodes) A et B, le condensateur se charge : les électrons quittent une électrode : A (qui devient donc (+)) et s'accumulent sur l'autre : B (qui devient donc (-)). Le condensateur crée alors un champ électrique  $\vec{E}$  entre les deux plaques (Voir expérience au bureau avec machine de Wimshurst)



Une cuve rhéographique simule un condensateur plan. Les armatures en cuivre, plongées dans une solution légèrement conductrice de sulfate de cuivre, sont soumises à une tension  $U$  (ici,  $U_{AB}=6,0V$ ). L'expérience consiste à mesurer la tension entre l'armature reliée à la borne (-) du générateur (on prendra comme valeur de potentiel  $V_N = V_B = 0V$ ) et un point quelconque de la cuve.

(En électricité, le potentiel électrique  $V_A$  est synonyme d'altitude électrique du point A, l'altitude de référence (égale à  $0V$ ) étant le potentiel de la borne 0 du générateur.

Vous allez mesurer les potentiels des points se trouvant entre les deux électrodes.



**2. Mesures et exploitation :**

Pour repérer la position de la sonde S entre les plaques A et B, on prendra le repère (Oxy) défini ci-dessus ; on désignera par  $(x ; y)$  les coordonnées de la sonde.

- 1) En tenant la sonde de mesure du voltmètre bien droite, la déplacer le long de l'armature A. Que constate-t-on ? **Le potentiel est de 6 v, valeur de la tension délivrée par le générateur ;**

- 2) a. A l'aide de la sonde (S), mesurer la tension  $U_{SB}$  (ou  $V_S$ ) aux points d'intersection du quadrillage tout en complétant le tableau.

$y$ (cm) \ $x$ (cm)	4,0	2,0	1,0	0	-1,0	-2,0	-4,0
2,0	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
4,0	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
6,0	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
8,0	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6
10,0	5,6	5,5	5,6	5,6	5,5	5,6	5,6

Que remarquez-vous ?

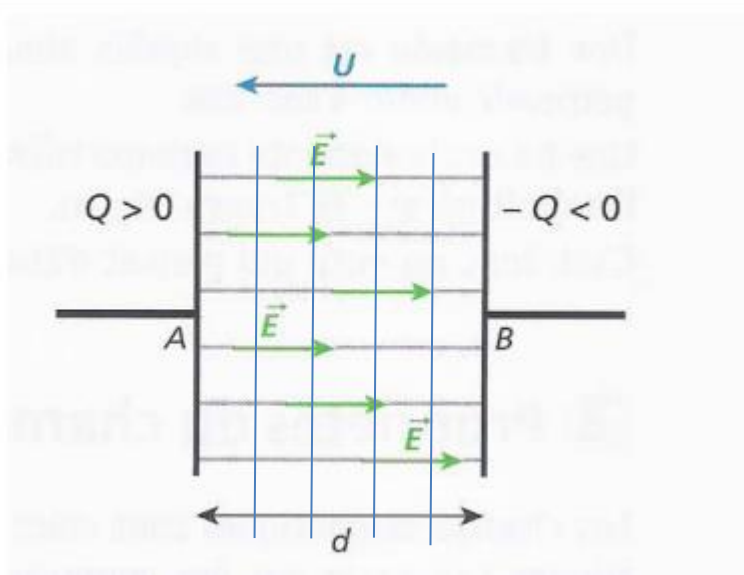
**Pour une même valeur de X, les potentiels sont pratiquement les mêmes**

b. Pour chaque valeur de  $V_S$ , représenter sur papier millimétré, qui représente la cuve entre les deux armatures du condensateur, les points où le potentiel est la même.

c. Relier les points de même potentiel (utiliser des couleurs différentes et mettre une légende).

- Ces lignes sont appelées **lignes équipotentielles en bleu ci-dessous**. Expliquer. **(car de même potentiel électrique)**

- Donner leur direction. **(Parallèles aux plaques électriques)**



d. Dédurre la direction des lignes de champs. Puis leur sens. (Justifier vos propos)

**Comme pour le champ gravitationnel, les lignes de champs sont perpendiculaires aux équipotentiels.**

**Sens du champ : Il est donné par la direction que prendrait une charge positive plongée dans le champ, la charge serait repoussée par l'armature + et attirée par l'armature -, le champ est donc dirigé de la plaque A vers la B**

e. 4) La valeur du champ  $E$  (en  $V/m$ ) entre les armatures d'un condensateur plan se détermine, en tout point d'abscisse  $x$  (en  $m$ ) par la relation :  $E = U_{SB} / d_{SB}$ .

où  $U_{SB}$  est la tension mesurée et  $d_{SB}$  est la distance en  $m$  entre la sonde et  $B$ , ce qui peut encore s'écrire dans notre cas  $E = V_S / x$  quand la sonde est au point d'abscisse  $x$ .

a. Compléter le tableau

$x$ ( $10^{-2}$ m)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
$U_{SB}$ (V) ou $V_S$	1,2	2,3	3,4	4,5	5,6
$E=U_{SB}/x$ ( $V.cm^{-1}$ )	0,6	0,58	0,57	0,56	0,56

b. Que constate-t-on ?

**E est constant ou presque = 57 V/m ou 0,57V/cm**

5) Conclure sur la nature du champ électrique entre les deux armatures d'un condensateur plan.

**En tout point de la région située entre les deux plaques, le champ électrique E conserve la même direction, le même sens et la même valeur. Le vecteur E est un vecteur constant. Le champ électrique crée est un champ uniforme.**