

M7n – CHAMP ET FORCES

Auteur : Jean-Louis Balas

TI-Nspire™ CAS

Mots-clés : champ, lignes, spectre, cartographie, champ électromagnétique, force, gravitation, pesanteur.

Fichiers associés : champ-electrique.tns



1. Objectifs

- Connaître ce qu'est un champ en physique.
- Caractériser un champ.
- Distinguer un champ scalaire et un champ vectoriel.
- Connaître les caractéristiques de quelques champs.

2. Énoncé

Cette étude se propose d'insister sur le champ électrique. Il sera en effet aisément identifiable par l'intermédiaire des lignes équipotentielles.

Les ondes électromagnétiques sont des champs électriques et magnétiques qui se propagent dans l'espace depuis la source d'émission. Elles sont omniprésentes dans notre environnement.

Le mode de vie occidental, l'industrie, ainsi que de nombreuses techniques médicales en sont dépendants. Certains s'inquiètent de cette proximité entre l'homme et les champs.

3. Matériel

- Une calculatrice TI-Nspire,
- une labstation,
- une sonde de tension,
- une pile de 4,5 V,
- des électrodes de cuivre,
- des pinces crocodiles,
- du papier millimétré,
- du papier Canson noir (faiblement conducteur) ou du papier thermique (utilisé sur les tables à coussin d'air).

4. Conduite de l'activité

L'activité se déroule en deux temps :

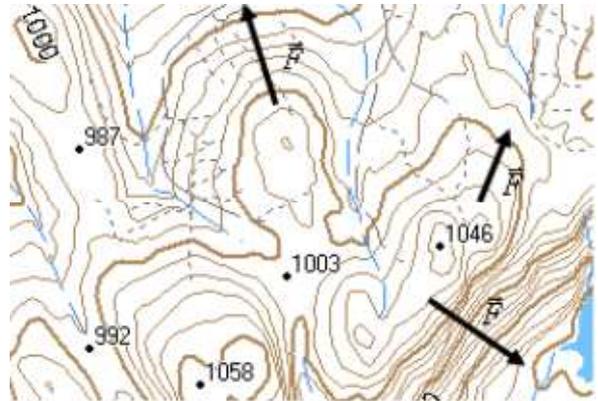
- Utiliser un simulateur pour approcher qualitativement la notion de champ et de ligne de champ.
- Mesurer un potentiel en un point du plan puis déduire, par le calcul, une valeur du champ électrique.

a. Lignes de niveau

Cette expérience a pour but de vous permettre de tracer les lignes de champ électrique autour de divers objets chargés.

Pour y parvenir, on doit d'abord tracer ce qu'on appelle des *lignes équipotentielles* autour de ces objets.

Les lignes équipotentielles ressemblent aux courbes de niveau d'une carte topographique : en terrain accidenté, un objet qu'on déplacerait sur une courbe de niveau aurait toujours la même énergie potentielle gravitationnelle (mgh) car il serait toujours à la même hauteur par rapport au niveau de la mer.



Pour avoir une idée des lignes de niveau,

- ouvrir un nouveau classeur et insérer une application **Graphiques**,

- appuyer sur la touche **menu**,
choisir le menu **2 : Affichage**
puis **3 : Représentation graphique en 3D**

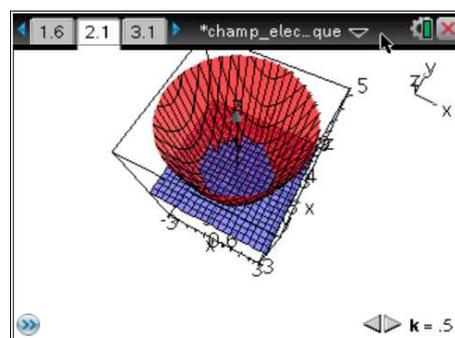
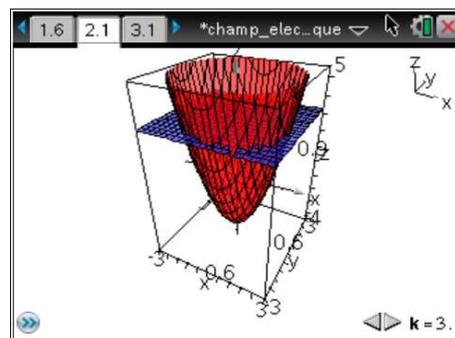
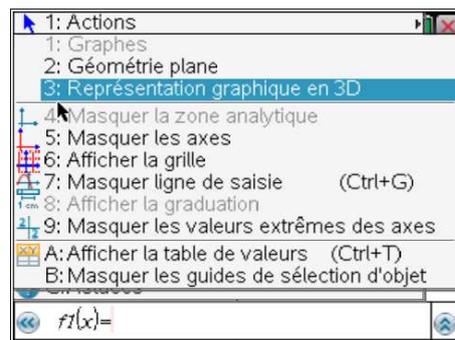
- représenter graphiquement la fonction

$$z = x^2 + y^2 - 3,$$

ajuster la fenêtre en modifiant l'échelle des abscisses et ordonnées qui doivent être comprise entre -3 et 3 ; ne pas modifier les valeurs des côtes ;

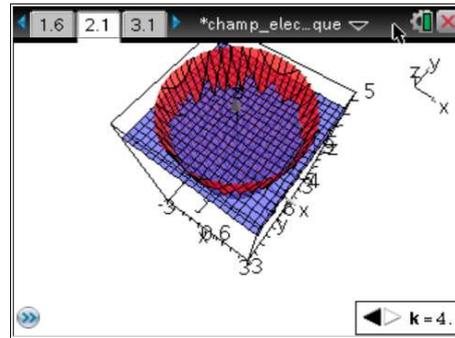
- créer un curseur permettant de représenter graphiquement un plan d'équation $z = k$;

- utiliser la touche **R** pour faire pivoter la représentation graphique ; utiliser les touches **▲** et **▼**.



Le quadrillage dessiné par le logiciel représente des lignes de niveaux.

Utiliser le curseur k pour modifier le point de vue.



b. Lignes de champ électrique

• Champ électrique créé par une seule charge

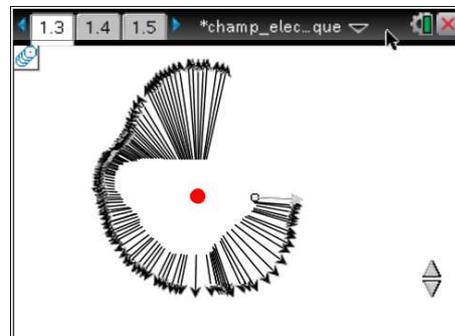
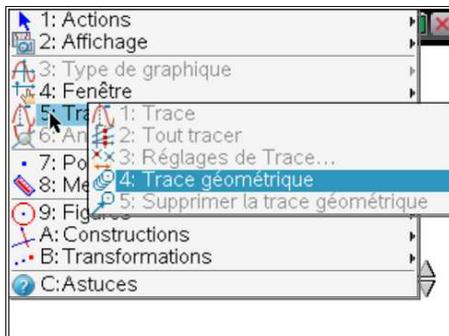
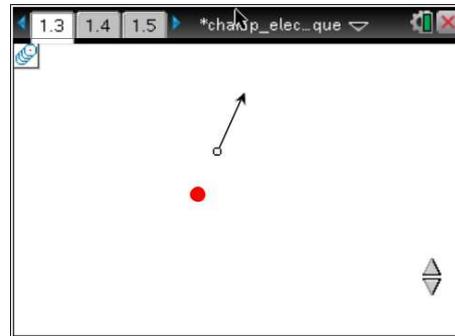
Une charge électrique engendre en tout point de l'espace un champ électrique.

Sélectionner le vecteur, appuyer sur la touche **menu** puis choisir **5 : Trace** et enfin **4 : Trace géométrique**.

Saisir l'origine du vecteur et déplacer celle-ci dans le plan, puis observer.

Les lignes de champ électrostatique sont orientées en fonction de la charge source. Si elle est positive, les lignes partent de la source ; sinon, elles se dirigent vers la source.

Utiliser l'interrupteur pour constater cet effet.



• Champ électrique créé par deux charges

Les pages suivantes du classeur proposent la visualisation du champ électrique créé par deux charges électriques de même signe, puis de signes opposés.

Construire un modèle du champ électrique autour de ces deux charges en appuyant sur **ctrl** **[]** à intervalles réguliers pour laisser une image du vecteur champ électrique à l'écran.

c. Cartographie du champ électrique

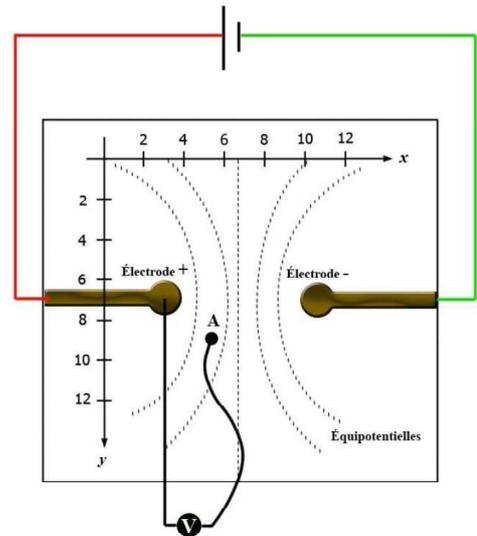
En électricité : une charge test se trouvant dans le champ d'un objet chargé (ou charge source) possède une énergie potentielle électrique qui varie selon sa position, exactement comme l'énergie potentielle gravitationnelle d'un objet se déplaçant sur un terrain accidenté.

Nous allons essayer de trouver le lieu des points où une charge d'épreuve a toujours la même énergie potentielle : c'est une ligne équipotentielle, analogue à une courbe de niveau. Comme dans l'analogie gravitationnelle de la carte topographique, la force électrique sur une charge test est perpendiculaire aux équipotentielles. Il en est de même du champ électrique.

Ainsi, les lignes de champ étant en tous points perpendiculaires aux lignes équipotentiels, une détermination de la configuration des lignes équipotentiels permettra de reproduire le patron des lignes du champ électrique.

Considérer le schéma ci-contre. À l'aide d'une source de tension, on alimente deux électrodes fixes. Les électrodes reposent sur une plaque faiblement conductrice, si bien qu'un faible courant peut s'écouler entre elles. La différence de potentiel entre les deux électrodes fixes est la même que celle fournie par la source.

On dispose d'une sonde de tension, dont l'une des extrémités est fixée à l'électrode positive, et l'autre est mobile. Cela permet donc de mesurer la différence de potentiel qui existe entre l'électrode positive et n'importe quel point de la plaque. Pour une valeur de différence de potentiel donnée, on déplace l'électrode mobile sur la plaque pour repérer où se situent les points qui sont au même potentiel.



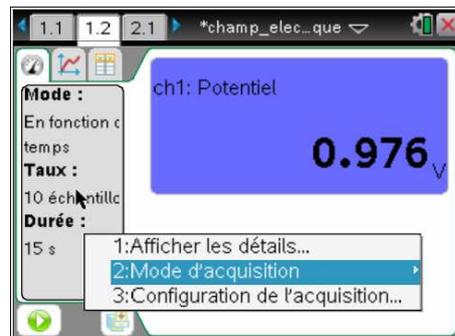
Manipulations

Connecter la sonde de tension à la centrale d'acquisition. Le capteur sera automatiquement reconnu.

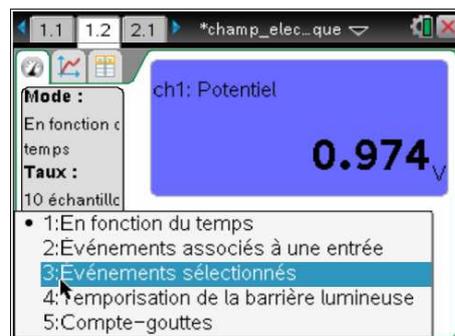
Placer le curseur dans la zone d'affichage des paramètres d'acquisition.



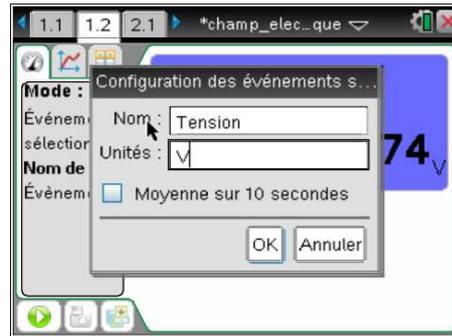
Appuyer sur les touches **ctrl** **menu** pour paramétrer l'acquisition.



Choisir le menu **3 : Événements sélectionnés**.



Compléter les champs correspondants.



1. Placer l'électrode mobile au point (0 ; 2) et lire la valeur du potentiel. Ensuite, déplacer l'électrode mobile de manière à trouver une dizaine d'autres points qui sont au même potentiel.
2. Reporter ces points sur la feuille de papier millimétré.
3. Recommencer les étapes 1 et 2, en plaçant l'électrode mobile aux positions initiales suivantes : (0 ; 4), (0 ; 6). Ensuite, faire (1 ; 0), (4 ; 0) et (5 ; 0). On doit tracer un total de 6 lignes équipotentiels, chacune comportant une dizaine de points.
4. (Si le professeur juge que le temps le permet) Avec la configuration des plaques (on donnera une nouvelle feuille), refaire la même chose, cette fois en partant des points (0 ; 1), (0 ; 2), (0 ; 3), (0 ; 4), (0 ; 5) et (0 ; 6). Ensuite, tracer approximativement, **par symétrie** avec ces lignes, les 5 autres lignes partant de (0 ; 7), (0 ; 8), (0 ; 9), (0 ; 10), (0 ; 11).
5. Numéroté de 1 à n les équipotentiels sur chacun des schémas, où n est le nombre d'équipotentiels que l'on aura tracés sur chacun d'eux.