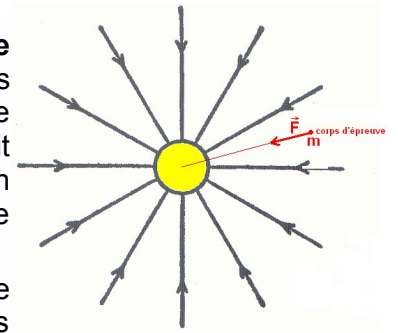




D'après Einstein et Infeld : « l'évolution des idées en physique »

Nous savons que **deux particules s'attirent réciproquement et que cette force d'attraction diminue avec le carré de la distance**. Nous pouvons représenter ce fait d'une manière nouvelle,[...]. Le petit cercle dans notre dessin représente un corps attractif, disons le Soleil. En réalité, on devrait se représenter notre diagramme comme un modèle dans l'espace et non comme un dessin dans un plan. Notre petit cercle représente ainsi une sphère dans l'espace, disons le Soleil.

Un corps, le soi-disant **corps d'épreuve**, placé quelque part dans le voisinage du Soleil, sera attiré le long de la ligne qui relie les centres des deux corps. Les lignes dans notre dessin indiquent ainsi la direction de la force attractive du Soleil pour les différentes positions du corps d'épreuve. La flèche sur chaque ligne montre que la force est dirigée vers le Soleil, ce qui signifie que **la force est attractive**. Ce sont les lignes de force du champ de gravitation.[...] Les lignes de force sont tracées dans un espace où il n'y a aucune matière. Pour le moment, toutes les lignes de force, ou, pour parler plus brièvement, le champ, montrent seulement comment se comporterait un corps d'épreuve, s'il était placé dans le voisinage de la sphère pour laquelle le champ a été tracé.

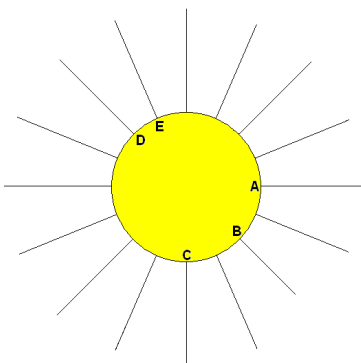
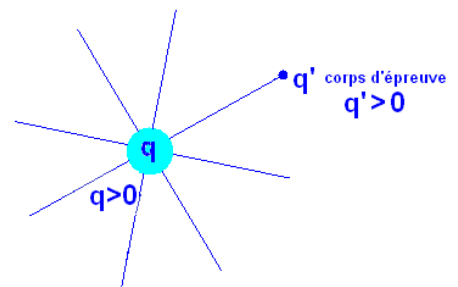


Les lignes de notre modèle dans l'espace **sont toujours perpendiculaires à la surface de la sphère**. Puisqu'elles divergent **à partir d'un point, elles sont plus denses près de la sphère et le deviennent de moins en moins avec la distance**. Si la distance à la sphère devient deux ou trois fois plus grande, la densité des lignes dans l'espace, mais non dans le dessin, sera quatre ou neuf fois moindre. Les lignes jouent un double rôle. D'une part, elles montrent la direction de la force agissant sur un corps qui se trouve dans le voisinage de la sphère solaire. D'autre part, la densité des lignes de force dans l'espace montre comment la force varie avec la distance. Le dessin du champ, correctement interprété représente la direction de la force gravitationnelle et sa dépendance avec la distance.

On peut tout aussi bien apprendre la loi de la gravitation d'un tel dessin que de la description de son action en paroles ou en termes du langage précis et économique des mathématiques.

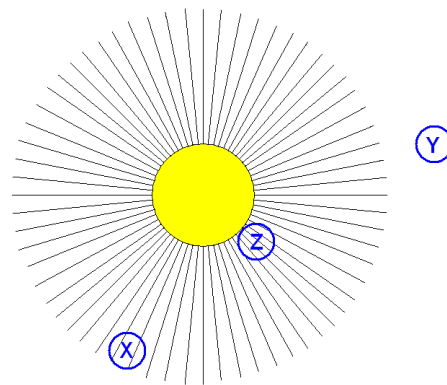
Questions

1. À quelle loi Einstein fait-il allusion dans son texte ? Rappeler l'expression de cette loi.
2. Rappeler la loi correspondante, dite de Coulomb dans le domaine de l'électricité.
3. Quelle est la grandeur physique, caractéristique du corps d'épreuve, qui permet de mettre en évidence le champ de gravitation ?
4. Dans le cas des phénomènes gravitationnels, les forces sont attractives. Existe-il des cas où les forces sont répulsives ?
5. Compléter le schéma ci-contre en orientant les lignes du champ de force.
6. Quelle grandeur physique caractéristique du corps d'épreuve permet de mettre en évidence le champ électrique ?



7. Comment sont les lignes de champ par rapport à la surface de la sphère qui représente le Soleil ? Indiquer, sur le schéma ci-contre, les angles correspondants aux points A, B, C, D et E.
8. Einstein cite un point de la sphère à partir duquel les lignes de champ divergent. De quel point s'agit-il ? Prolonger les lignes pour le retrouver.

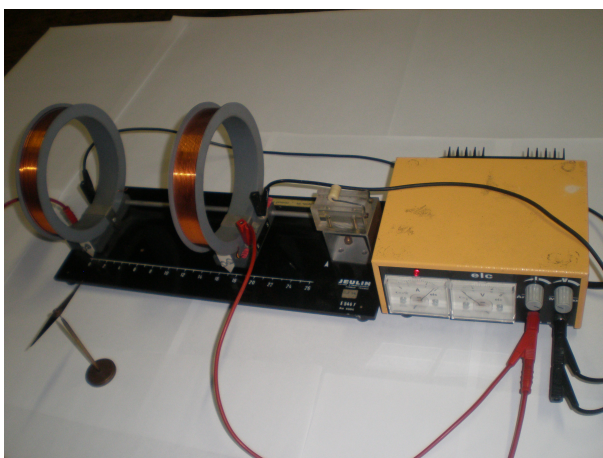
9. Dans quelle région de l'espace, X ou Z, autour de la sphère les lignes du champ de gravitation sont-elles les plus denses ?
10. En déduire dans quelle région de l'espace le champ gravitationnel est le plus intense.
11. Sur le schéma ci-contre :
 - a) orienter quelques lignes de champ ;
 - b) tracer les lignes de champ dans la zone Y.



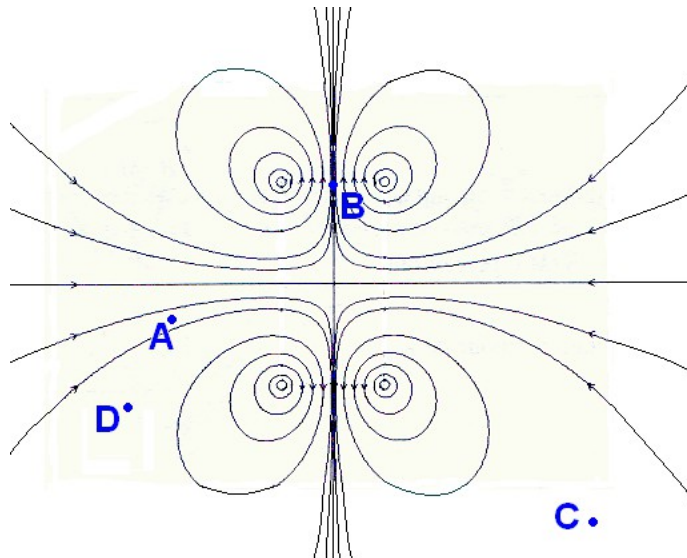
Exercices

Exercice 1 : Lignes de champ magnétique

Montage : les deux bobines sont parcourues par des courants qui circulent dans des sens opposés.



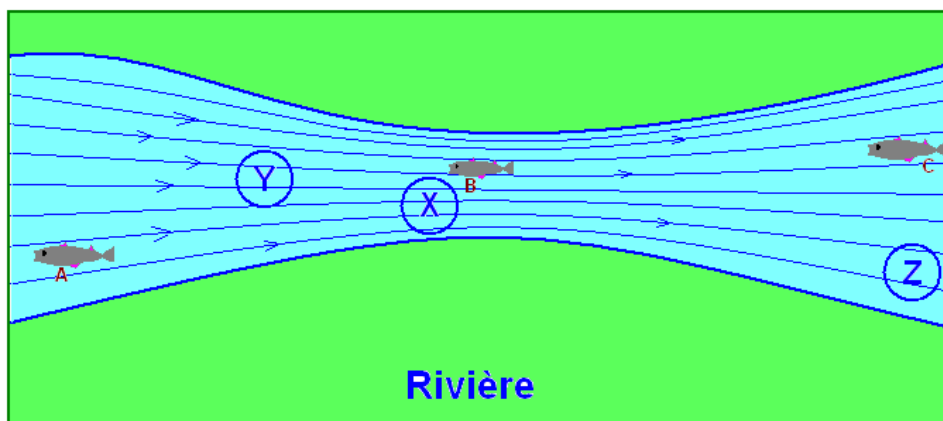
La figure ci-dessous représente les lignes du champ magnétique vues par-dessus :



Classer les champs magnétiques aux points A, B, C et D par ordre croissant d'intensité.

Exercice 2 : Champ des vitesses

La figure ci-contre représente une rivière vue de dessus. On y observe un rétrécissement de la largeur. On a représenté quelques lignes du champ des vitesses de l'eau. On a représenté également trois « petits poissons symbole », supposés être immobiles par rapport au fond de la rivière.



1. Dans quelle zone, X, Y ou Z, la vitesse de l'eau est-elle maximale ?
2. Quel poisson doit fournir le plus d'effort pour rester immobile ?

Corrigé

1. Einstein nous parle de la loi de gravitation : 2 masses distantes de d s'attirent mutuellement avec une force de norme:

$$F_{A \rightarrow B} = F_{B \rightarrow A} = G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

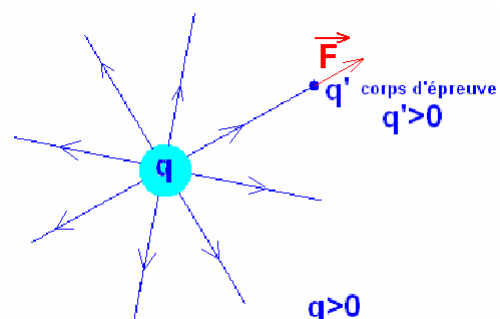
2. En électricité la loi s'écrit : $F_{A \rightarrow B} = F_{B \rightarrow A} = k \frac{|q_A| |q_B|}{d^2}$

3. Si on met une **masse** dans le champ de gravitation il apparaît une force.

4. Les forces entre 2 charges électriques de même nature sont répulsives

5. Schéma ci-contre :

6. Si on met une **charge électrique** dans le champ électrique il apparaît une force.



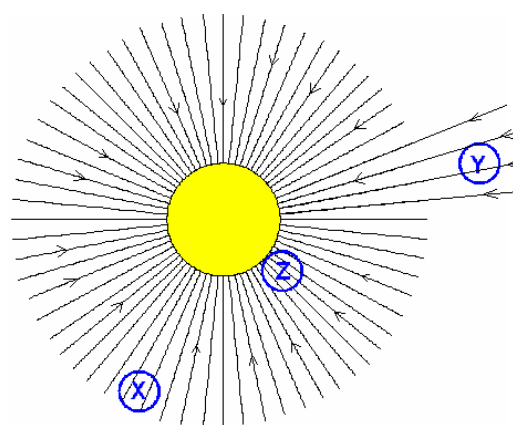
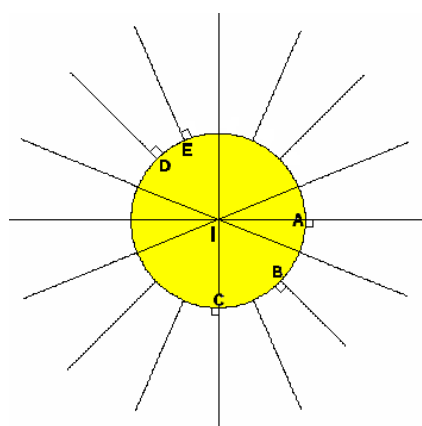
7. Les lignes de champ sont **normales à la surface du Soleil**.

8. Après avoir prolongé quelques lignes, on observe que toutes les lignes divergent à partir du point I, ou **convergent au point I** selon le sens du champ.

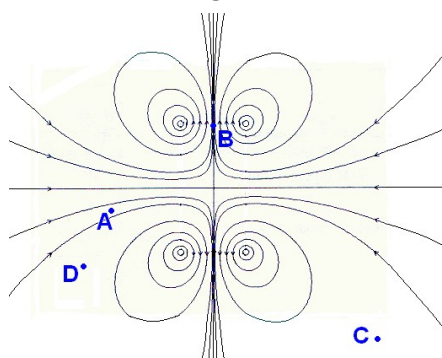
9. Les lignes de champ sont **plus resserrées dans la zone Z**.

10. Le champ est donc **plus intense dans la zone Z**, c'est-à-dire plus près de la surface du soleil

11. Voir schéma.



Exercice 1 : Lignes de champ magnétique



$B_B > B_A > B_D > B_C$. On observe en effet que les lignes de champ sont très resserrées en B, moins en A encore moins en D et enfin encore moins en C.

Exercice 2 : Champ des vitesses

La vitesse est maximale dans la zone X car les lignes du champ des vitesses y sont plus resserrées.

C'est le petit poisson B le plus proche de la zone X qui doit fournir le plus d'effort pour rester immobile.

