

Fiche professeur

THEME du programme : Comprendre

Sous-thème : Champs et forces

Approche de la notion de champ - scalaire ou vectoriel - : Emergence historique, définition, exemples et représentations

Type d'activité : Activité documentaire.

Conditions de mise en œuvre :

Une préparation de cette activité par les élèves eux-mêmes est préconisée en amont de la séance, ce qui doit permettre de traiter l'intégralité de l'activité documentaire proposée en une durée raisonnable. L'utilisation des T.I.C.E. pour la recherche de cette activité requiert une séance à effectif réduit. Cette activité documentaire peut constituer l'introduction du sous-thème *Champs et forces* du thème *Comprendre* du programme de Physique-Chimie de première S. Dans une première partie, les élèves découvrent à l'aide du scalaire "pression" comment a pu émerger historiquement la notion de champ de pression. Les travaux d'EVANGELISTA TORRICELLI et la description de JAMES MAXWELL du champ sont également proposés. Plus largement, cette partie aborde un rôle possible, ici explicatif, du modèle en sciences. Dans une deuxième partie, les élèves découvrent la différence entre champ scalaire et champ vectoriel. Les documents utilisés sont empruntés à la météorologie : le scalaire "température de l'air" et le vecteur "vitesse instantanée du vent" ont été choisis. Enfin, les élèves doivent réfléchir à l'écriture d'une définition possible du champ, définition après laquelle de nombreux exemples de champs - scalaires ou vectoriels - sont proposés. Dans une troisième et dernière partie, des représentations possibles des deux types de champs sont abordées : isocontours et isosurfaces - avec leurs propriétés - pour le champ scalaire, lignes de champ - avec leurs propriétés- pour le champ vectoriel. Là encore, les exemples utilisés sont variés : pression atmosphérique, pluviosité, vitesse instantanée d'une particule dans un fluide, champ magnétique. Enfin, quelques animations utilisant les T.I.C.E. sont proposées.

Prérequis : - Caractéristiques d'un vecteur (direction, sens, valeur)
- Tracé d'un vecteur

NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
Exemples de champs scalaires et vectoriels : pression, température, vitesse dans un fluide	Recueillir et exploiter des informations (météorologie, téléphone portable, etc.) sur un phénomène pour avoir un première approche de la notion de champ. Décrire le champ associé par des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace. Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales.

Compétences transversales : Extraire et organiser de manière autonome des informations utiles à partir d'un texte ou d'un schéma, utiliser les T.I.C.E., rendre compte de façon écrite.

Mots clés de recherche : scalaire, vecteur, champ, modèle, émergence historique, représentations

Provenance : Académie d'Orléans-Tours

Adresse du site académique : <http://physique.ac-orleans-tours.fr/php5/site/>

Approche de la notion de champ - scalaire ou vectoriel - :
Emergence historique, définition, exemples et représentations

Cette activité propose l'approche de la notion de champ en physique, qu'il soit scalaire ou vectoriel. Répondre aux questions posées en utilisant d'une part les documents sélectionnés et d'autre part, dans une moindre mesure, ceux résultant de recherches personnelles.

Document n°1 : Emergence historique de la notion de champ de pression [1].

Ce texte est la transcription d'un extrait de la conférence "LA RICHESSE DU VIDE" de JEAN ZINN-JUSTIN, physicien théoricien, Directeur de recherche du CEA.

« ... Nous avons tous une notion intuitive du vide au sens d'absence d'objets matériels visibles : une pièce est vide. Mais depuis des temps sans doute très lointains, il a été remarqué que tout espace vide est encore rempli d'air, un des quatre éléments avec la terre, le feu et l'eau de différentes civilisations dont la civilisation grecque. En fait, la notion de vide dépend de nos connaissances : le vide est l'absence de ce que nous savons pouvoir exister. Aux quatre éléments classiques, ARISTOTE (- 384 ; - 322) a d'ailleurs proposé d'en rajouter un cinquième, l'éther, la substance des choses immuables comme le ciel et les astres, et affirmé l'impossibilité du vide car la nature a horreur du vide. Ce qu'ARISTOTE a ainsi énoncé a été ensuite considéré comme une vérité absolue jusqu'à la Renaissance et même plus tard. Ainsi une forme d'éther servait à expliquer pourquoi l'eau monte dans un puits quand on pompe [...] En voulant construire une fontaine de 12 m de haut à Florence, on découvrit que l'eau ne pouvait pas monter plus haut que 10 m 30. TORRICELLI, en 1643 reproduisit l'expérience avec du mercure dans un tube de 1 m, trouva une hauteur de 76 cm et conclut à l'existence d'un vide dans la partie supérieure. Il exprime l'idée que nous vivons au fond d'un océan d'air. Ainsi vers cette époque la notion de champ de pression émerge ... ».

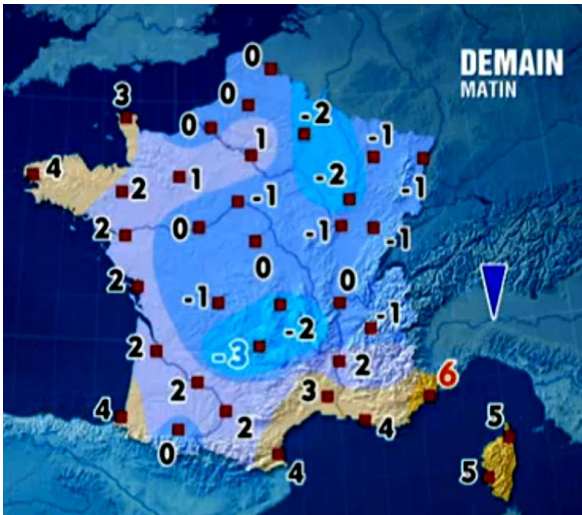
Document n°2 : Maxwell et la notion de champ [2].

Ce texte est extrait du livre "UN SIECLE DE PHYSIQUE" de THIERRY LOMBRY, journaliste scientifique.

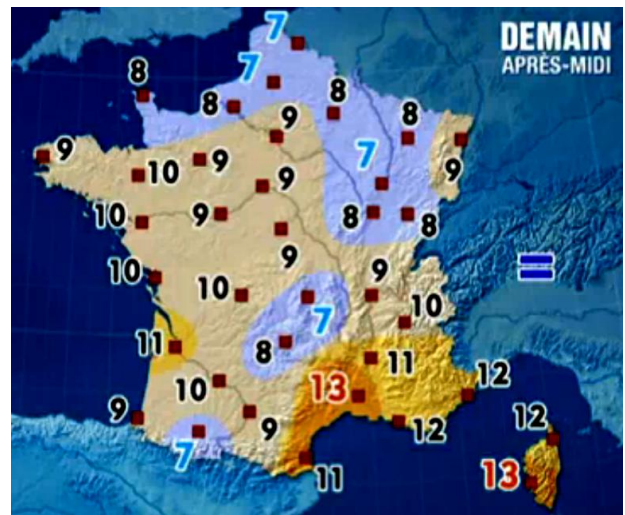
« ... En 1861, MAXWELL créa le concept fondamental du "champ". Par champ, il désignait une perturbation de l'espace qui, en chaque point, est un potentiel de force indépendant des corps qui pouvaient s'y trouver. "Le champ disait-il crée une toile à travers tout le ciel". Son effet peut être gravitationnel lorsque cette force est liée à la Terre, électrique autour d'une charge ou magnétique autour d'un courant électrique. Ces champs évoluent dans le temps et sont à l'origine de l'existence des ondes. En dehors des champs, il n'y a pas de force. C'est la raison pour laquelle en dehors du champ électromagnétique d'une station de radiodiffusion, on ne capte plus du tout ses émissions ... ».

- (1) Qu'appelait-on il y a très longtemps les quatre éléments ?
- (2) Qu'appelle-t-on aujourd'hui élément ?
- (3) Pour quelle raison principale la notion d'élément a-t-elle évolué avec le temps ?
- (4) Pourquoi le cinquième élément appelé éther a-t-il été rajouté ?
- (5) A l'aide de recherches personnelles :
 - (5a) Schématiser l'expérience de TORRICELLI.
 - (5b) Quelles sont les deux notions physiques que l'expérience de TORRICELLI a permis de mettre en évidence ?
- (6) Comment historiquement le modèle du champ émerge-t-elle (et plus largement tout modèle en sciences) ?
- (7) Expliquer le rôle explicatif du modèle du champ donné par MAXWELL.

Documents n°3a et 3b : Approche graphique de la notion de champ scalaire [3].



Document n°3a



Document n°3b

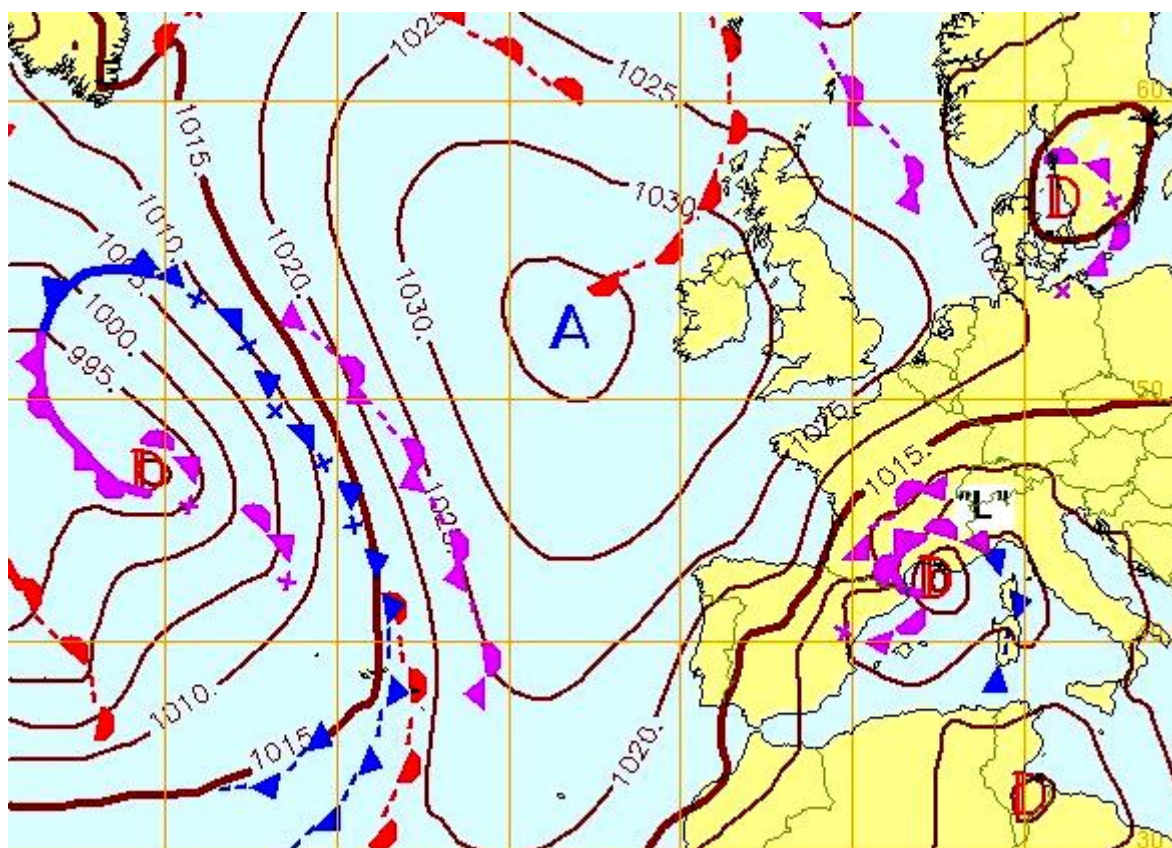
Documents n°4 : Approche graphique de la notion de champ vectoriel [4].



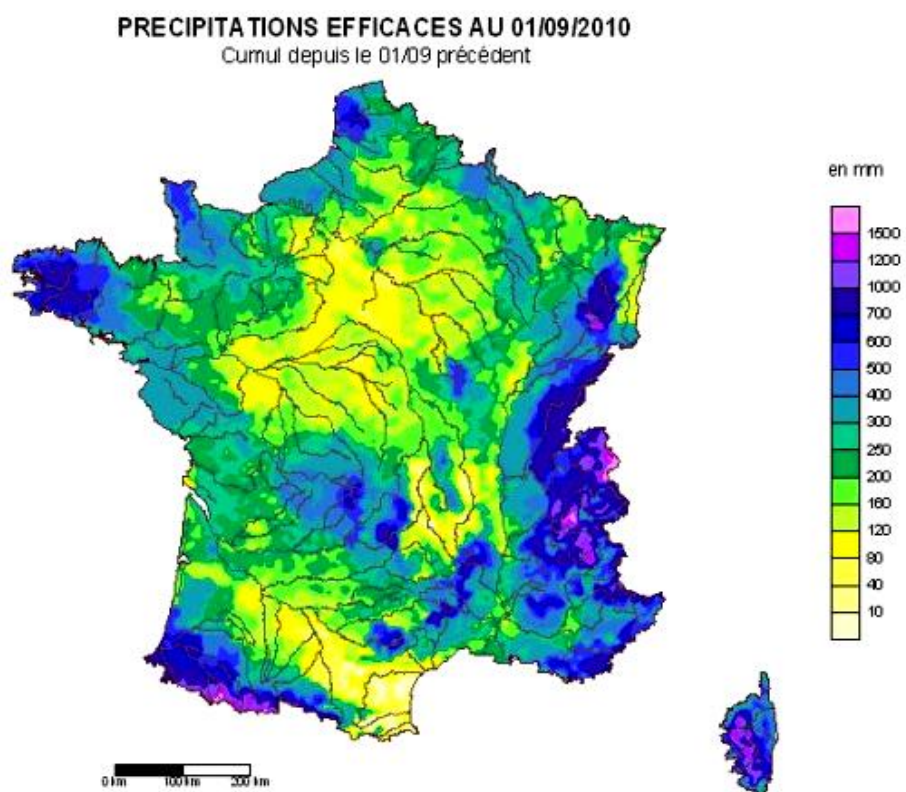
- (8) Que représente le document n°3a ? Le document n°3b ? Le document n°4 ?
- (9) A propos des documents n°3 :
- (9a) On peut dire qu'à chaque point de l'espace, on associe un scalaire. Expliquer en définissant entre autre le mot scalaire.
- (9b) Pour un point donné de l'espace, de quoi peut dépendre ici ce scalaire ?
- (10) A propos du document n°4 :
- (10a) On peut dire qu'à chaque point de l'espace, on associe un vecteur. Expliquer en quoi le document n°4 est plus riche que les documents n°3 en rappelant entre autres les caractéristiques d'un vecteur.
- (10b) Pour un point donné de l'espace, de quoi pourrait dépendre ici ce vecteur ?
- (11) A ce stade de l'activité, proposer une définition possible de la notion de champ en physique.
- (12) Un champ, scalaire ou vectoriel, peut être uniforme sur toute une région de l'espace. Rechercher la signification du mot uniforme.
- (13) Un champ, scalaire ou vectoriel, peut être permanent en un point de l'espace. Rechercher la signification du mot permanent.
- (14) Compléter le tableau ci-dessous dans lequel sont répertoriés quelques exemples de champs.

Nom du champ	Nature du champ : scalaire ou vectoriel
Température	
Vitesse	
Pression	
Pluviosité ou précipitation	
Pesanteur	
Concentration molaire d'un polluant donné dans l'atmosphère	
Electrique	
Altitude	
Magnétique	
Masse volumique	
Potentiel électrique	

Document n°5 : Représentation d'un champ scalaire à l'aide d'isocontours : Exemple du scalaire "pression" [5].



Document n°6 : Représentation d'un champ scalaire à l'aide d'isosurfaces : Exemple du scalaire "précipitation" [6].



(15) Représentation d'un champ scalaire :

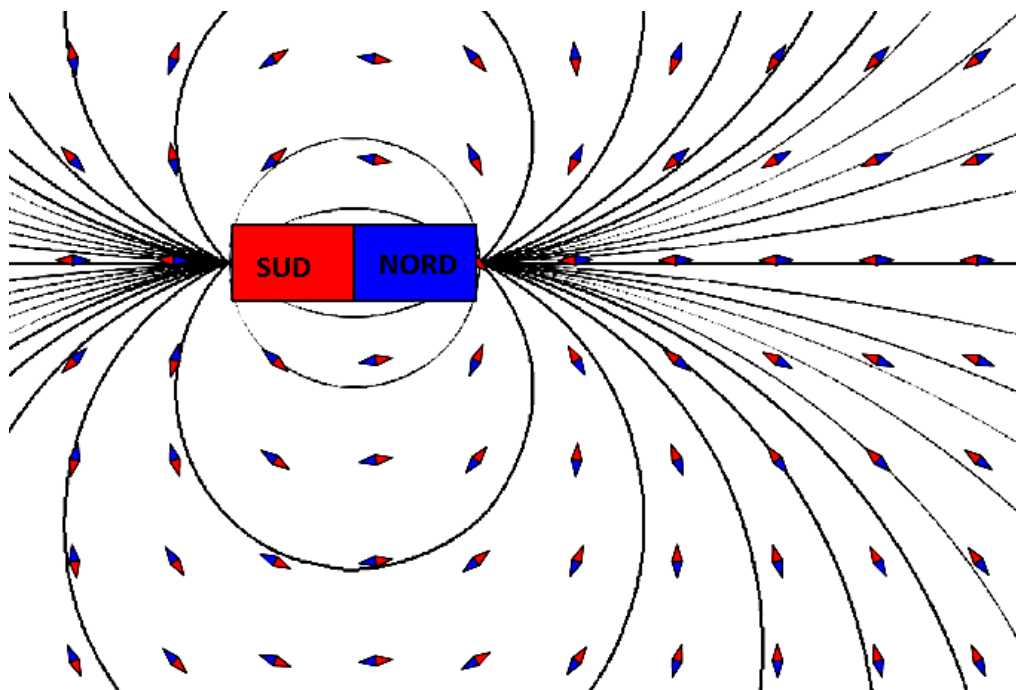
(15a) Pour représenter un champ scalaire, on peut utiliser des courbes appelées isocontours. Définir le mot isocontour.

(15b) Nommer les isocontours du document n°5. Quelle est l'unité de ces isocontours ?

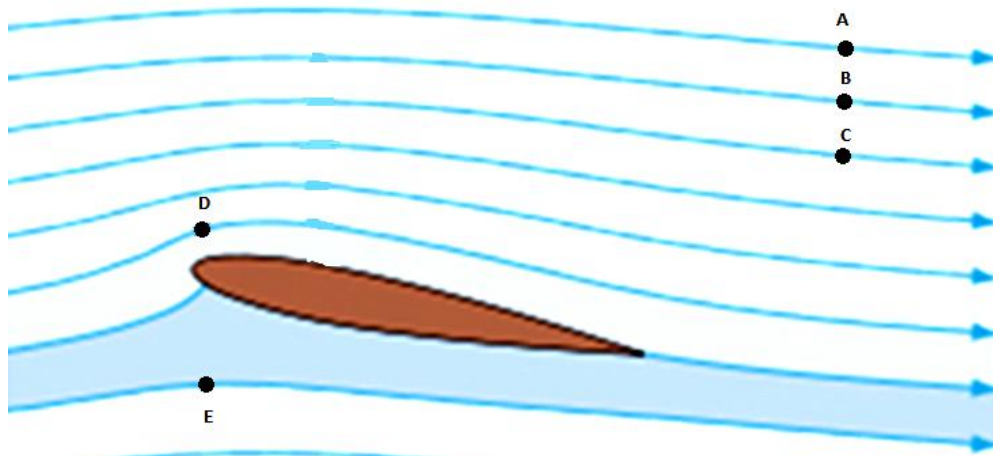
(15c) Comment se nomment les isocontours liés à un champ d'altitude ? Liés à un champ de potentiel électrique ? Liés à un champ de température ?

(15d) Pour représenter un champ scalaire, on peut utiliser des surfaces appelées isosurfaces (voir l'exemple du document n°6). Définir le mot isosurface.

Document n°7 : Représentation d'un champ vectoriel : exemple du vecteur "champ magnétique" [7].



Document n°8 : Représentation d'un champ vectoriel : exemple du vecteur "vitesse instantanée" [8].



[Document n°9 : Représentation d'un champ vectoriel : exemple d'animations \[9\].](#)

La référence [9] de la webographie fournit quelques adresses de sites Internet sur lesquels des animations sont proposées.

(16) Représentation d'un champ vectoriel :

(16a) Pour représenter un champ vectoriel, on peut utiliser des courbes appelées lignes de champ. Sur le document n°7 sur lequel sont représentées des lignes de champ, les aiguilles aimantées donnent la direction (axe de l'aiguille) et le sens (du sud vers le nord) du vecteur champ magnétique. Comment définir alors une ligne de champ par rapport au vecteur associé à ce champ ?

(16b) On note \vec{B}_M le vecteur champ magnétique en un point M. Sur le document n°7, représenter en plusieurs points M choisis arbitrairement quelques vecteurs champs magnétiques autour de l'aimant droit sachant que la valeur du vecteur champ magnétique décroît avec la distance entre l'aimant et le point M.

(16c) Le document n°8 représente les lignes de champ associées au champ vectoriel vitesse instantanée pour des particules en mouvement dans un fluide autour d'un obstacle. Représenter, sur le document n°8, en A, B et C les vecteurs vitesse instantanée \vec{v}_A , \vec{v}_B et \vec{v}_C en faisant valoir le fait que $v_A = v_B = v_C$.

(16d) Représenter, sur le document n°8, en D et E les vecteurs vitesse instantanée \vec{v}_D et \vec{v}_E en faisant valoir le fait que $v_D > v_E$.

(16e) A l'aide du document n°8, que peut-on dire du champ de vitesse quand les lignes de champ sont des droites parallèles entre elles ?

(16f) Donner une propriété générale des lignes de champ en généralisant la réponse précédente.

WEBOGRAPHIE

- [1] "LA RICHESSE DU VIDE" de JEAN ZINN-JUSTIN
<http://universe2009.obspm.fr/fichiers/Grand-Public/lundi-6/Zinn-Justin.pdf>
- [2] "UN SIECLE DE PHYSIQUE" de THIERRY LOMBRY
<http://www.astrosurf.com/luxorion/quantique-champ.htm>
- [3] CARTES METEOROLOGIQUES
<http://meteo.tf1.fr/meteo-france>
- [4] CARTE DES VENTS EN FRANCE
http://www.meteonet.org/html/le_vent.html
- [5] CARTE ISOBARIQUE
<http://www.meteo-centre.fr/image-isobare.php>
- [6] CARTE DES PRECIPITATIONS
<http://www.eaufrance.fr>
- [7] SPECTRE MAGNETIQUE
<http://www.mathsciences.ac-versailles.fr/>
- [8] POURQUOI LES AVIONS VOLENT-ILS ?
<http://www.jesuiscultive.com/spip.php?article443>
- [9] ANIMATIONS SUR LES REPRESENTATIONS DE CHAMPS VECTORIELS
<http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/champs/champs.htm>
<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Elec/Champs/topoB.html>
<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/Elec/Champs/champE.html>

COMMENTAIRES

- Pour la réponse à la question (II), une mise en commun des réponses proposées permettra de faire émerger une définition pour le groupe. Voici une définition possible :

En physique, un champ est la donnée, pour chaque point de l'espace à une date donnée, de la valeur d'une grandeur physique. Cette grandeur physique peut être scalaire (exemple : la température) ou vectorielle (exemple : vitesse des particules de fluide).

- On pourra recommander aux élèves le site Internet scientifique <http://www.techno-science.net>. Ce dernier pourra être utilisé au cours de l'activité, par exemple pour l'émergence de la réponse à la question (7) : « ... En physique, le concept de champ est pratique pour modéliser les perturbations des propriétés d'un espace par une force (gravitation, électromagnétisme, etc.). On parle alors de champ électrique, champ magnétique, champ électromagnétique ou champ gravitationnel. Ces champs existent sans support matériel (concept abandonné de l'éther), par contre ils nécessitent la présence de sources (localisées ou non) ... ».

- Voici ce que disait Einstein à propos de la théorie des champs en physique [2] : « Cette théorie était fascinante. Désormais, à l'idée classique de force qui fait jouer un rôle muet à l'espace, le concept de champ consiste en un processus dans lequel les corps en interaction baignent dans l'espace. Cet espace a la propriété d'interagir avec les corps ».