

Le champ électrique



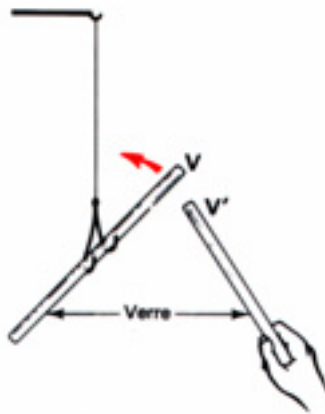
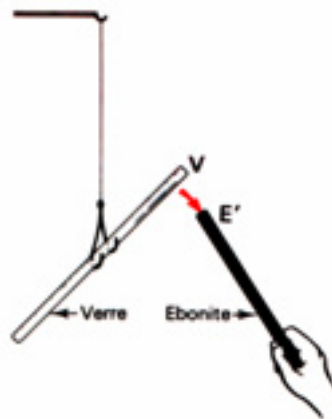
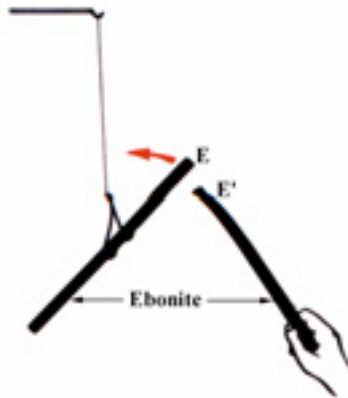
Activité 1

Les interactions électrostatiques entre deux corps chargés



Document 1

1. Comment l'objet en matière plastique acquiert-il la propriété d'attirer les fins morceaux de papier ?
2. Qu'est-ce que le frottement fait apparaître sur le corps ?
3. Pourquoi les morceaux de papier se précipitent-ils sur le corps électrisé ?
4. Quelle est l'origine de ces actions ?
5. Quel est le nom du phénomène observé ?



Document 2

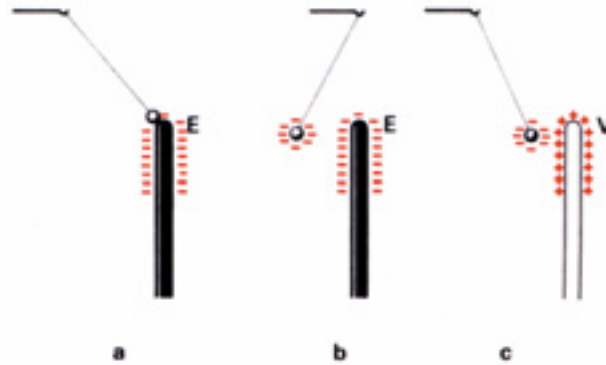
Les extrémités E et E' de deux bâtons d'ébonite ou de matière plastique sont électrisés par frottement avec de la fourrure.

Les extrémités V et V' de deux bâtons de verre sont électrisés par frottement avec un chiffon de laine.

6. Que constate-t-on si l'on approche :

- E' de E ?
- E' de V ?
- V' de V ?

7. Combien d'espèces d'électricité existe-t-il ?
8. Qu'est-ce qu'on convient d'appeler :
 - électricité positive ?
 - électricité négative ?
9. Que se produit-il lorsqu'on met en présence :
 - 2 corps portant des charges de même nom ?
 - 2 corps portant des charges de noms contraires ?



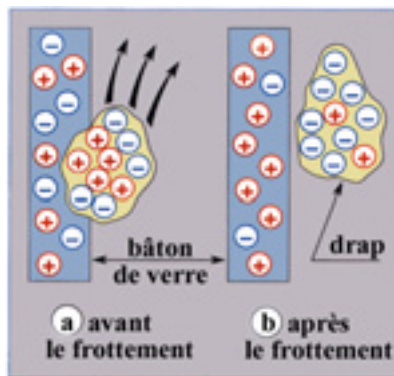
Document 3

Expérience

Protocole de l'expérience :

Utilisons un pendule électrostatique – petite boule conductrice, très légère, électriquement isolée du sol, suspendue à un support par un fil isolant de soie ou de coton.

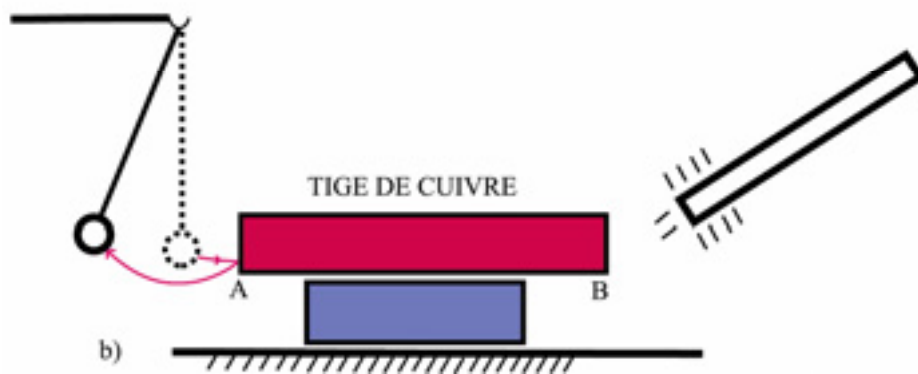
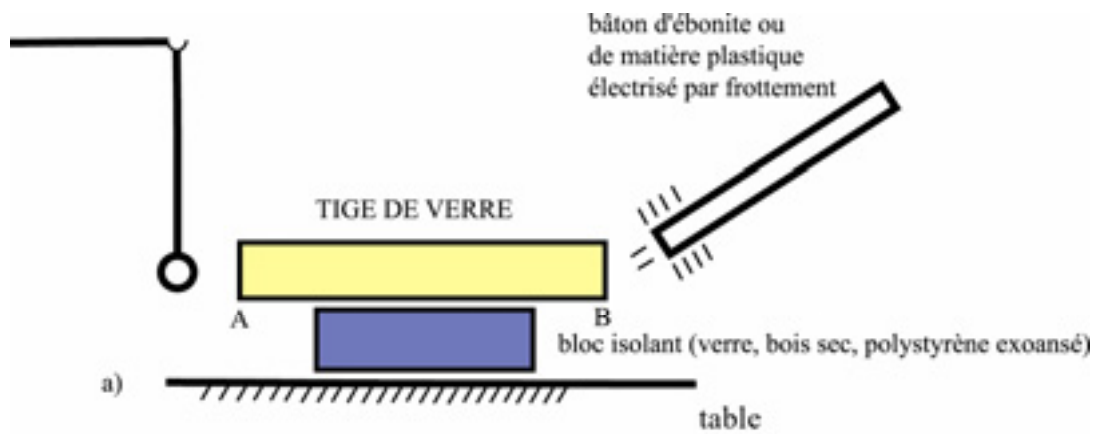
10. Comment la boule s'électrise-t-elle (figure a) ?
11. Quelle sorte d'électricité apparaît sur la boule ?
12. Comment appelle-t-on ce mode d'électrisation ?
13. Expliquez ce que représente la figure b, puis la figure c.



Document 4

Le document 4 schématise l'électrisation d'un bâton de verre frotté avec du drap ou un chiffon de laine.

14. Rappelez-vous que la matière est constituée d'atomes. Précisez la localisation des charges positives et des charges négatives de l'atome.
15. Pourquoi la charge électrique totale du bâton de verre est-elle nulle avant le frottement ?
16. Même question pour le chiffon.
17. Comment les charges positives globales du bâton de verre et du chiffon ont-elles évolué au cours du frottement ?
18. Quel sont les effets du frottement ?
19. Pourquoi le bâton de verre se charge-t-il positivement ?
20. Pourquoi le chiffon se charge-t-il négativement ?
21. Est-ce que la charge totale du système des deux corps a changé ?
22. Expliquez l'électrisation d'un bâton d'ébonite ou de matière plastique frotté avec de la fourrure.



Document 5

On réalise l'expérience décrite sur le document 5 parties a) et b).

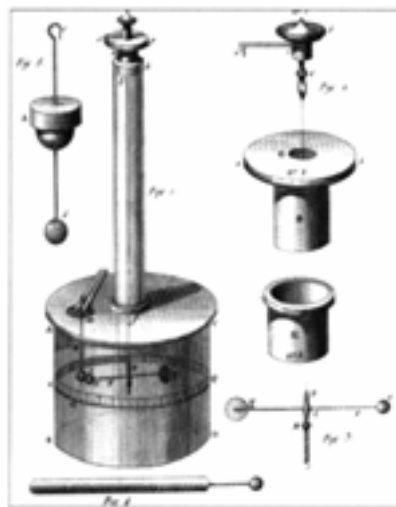
23. Décrivez brièvement cette expérience.
24. Comparez les observations effectuées en a) et b).
25. Interprétez les observations en complétant le schéma b) par des signes + et – placés aux extrémités A et B de la barre de cuivre et sur la boule du pendule.
26. Que s'est-il passé à l'intérieur de la barre de cuivre ?
27. Que possède la barre de cuivre que ne possède pas le verre ?



Activité 2

La loi de Coulomb

1. Dispositif expérimental



Document 1

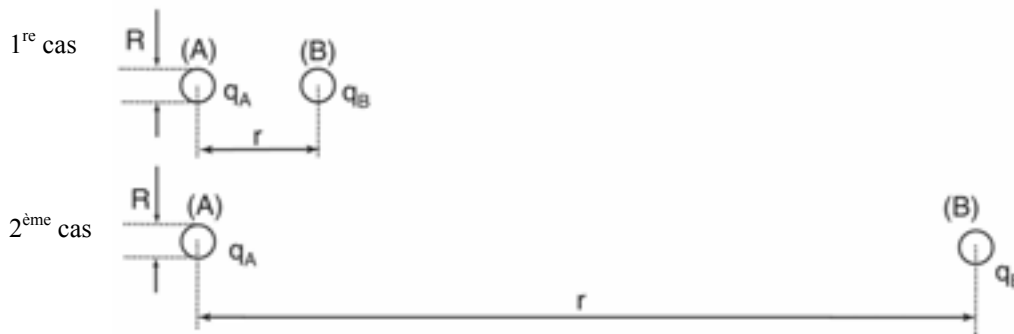
La première étude quantitative de l'interaction électrostatique a été effectuée par Coulomb en 1784. Il utilisait une balance de torsion dite « balance de Coulomb » (document 1).

1. Quand dit-on qu'un fil subit une torsion ? Recherchez dans une encyclopédie le principe de la balance de torsion.
2. Pourquoi Coulomb a-t-il choisi une balance de torsion plutôt qu'un autre dispositif ?

2. Notion de charge électrique ponctuelle

Une charge électrique ponctuelle est portée par un support infiniment petit : c'est un modèle théorique qui n'a pas d'existence réelle. En pratique, une charge est dite ponctuelle lorsqu'elle est portée par un solide ou une goutte de liquide assimilable à un point.

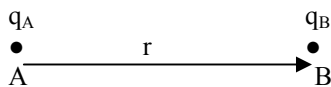
Considérons deux boules (A) et (B) de rayon R portant respectivement les charges q_A et q_B et séparées par une distance r :



Document 2

3. Comparez R à r (premier cas).
4. Comparez R à r (deuxième cas).
5. Dans quel cas les boules (A) et (B) peuvent-elles être assimilées à un point ?
6. Comment appelle-t-on les charges portées par les boules dans ce cas ?

3. Énoncé de la loi de Coulomb



Soient deux charges ponctuelles q_A et q_B placées dans le vide aux points A et B, à la distance r l'une de l'autre. Elles exercent l'une sur l'autre deux forces de même valeur (même si les charges q_A et q_B sont différentes). Coulomb a montré expérimentalement que la valeur commune des forces d'interaction qui s'exercent entre ces deux charges immobiles :

- est proportionnelle aux valeurs (q_A) et (q_B) des charges ;
- est inversement proportionnelle au carré de la distance r qui les sépare.

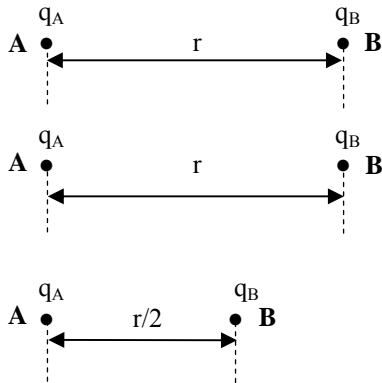
$$F = k \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{r^2}$$

F en N ;

$|q_A|$ et $|q_B|$ en C

r en m avec $k = 9 \times 10^9$ S.I.

7. Précisez l'unité S.I. de k.



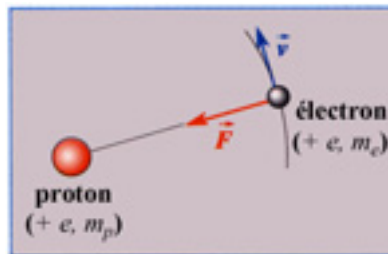
Document 3

8. Complétez les trois schémas en représentant les forces électrostatiques \vec{F}_A et \vec{F}_B qui s'exercent respectivement sur les charges q_A et q_B .

- a) q_A et q_B sont de signes contrains ;
- b) q_A et q_B sont de même signe

9. Dans quel cas les forces sont-elles attractives ?

10. Dans quels cas sont-elles répulsives ?



Document 4

On donne pour l'atome d'hydrogène :

- la charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- la distance moyenne électron – proton : $r \approx 50 \times 10^{-12} \text{ m}$

11. Calculez :

- La valeur des forces électrostatiques qui s'exercent entre le proton et l'électron.
- La valeur des forces gravitationnelles : $F_g = \gamma \frac{m_p m_e}{r^2}$, avec $\gamma = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2\text{kg}^{-2}$, qui s'exercent entre ces mêmes particules.

12. Comparez les valeurs de ces forces.

13. Quelle conclusion peut-on tirer de cette comparaison ?

14. Rappelez-vous que la matière est constituée d'atome. Précisez la localisation des charges positives et des charges négatives de l'atome.
15. Pourquoi la charge électrique totale du bâton de verre est-elle nulle avant le frottement ?
16. Même question pour le chiffon.
17. Comment les charges positives globales du bâton de verre et du chiffon ont-elles évolué au cours du frottement ?
18. Quel sont les effets du frottement ?
19. Pourquoi le bâton de verre se charge-t-il positivement ?
20. Pourquoi le chiffon se charge-t-il négativement ?
21. Est-ce que la charge totale du système des deux corps a changé ?
22. Expliquez l'électrisation d'un bâton d'ébonite ou la matière plastique frotté avec de la fourrure.



Activité 3

Le champ électrostatique : grandeurs caractéristiques

1. Etude expérimentale du champ d'un dipôle électrostatique

Dispositif expérimental



Document 1

Expérience

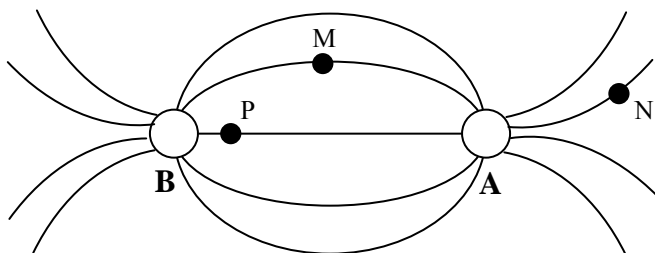
Protocole de l'expérience :

Deux pointes en cuivre reliées aux pôles d'une machine électrostatique plongent en A et B dans une fine nappe d'huile de ricin, saupoudrée de grains de semoule.

Lorsque la machine électrostatique fonctionne, les grains de semoule s'alignent d'une façon particulière. Chaque alignement matérialise une ligne de champ. L'ensemble des alignements constitue un spectre qui matérialise le champ électrique des 2 charges pratiquement ponctuelles et de signes contraires placées en A et B. Ces deux charges constituent un dipôle électrostatique.

1. A quoi sert une machine électrostatique ?
2. Quel est le principe de son fonctionnement ?
3. Pourquoi utilise-t-on un excellent isolant comme l'huile plutôt qu'un autre liquide ?

2. Exploration du spectre

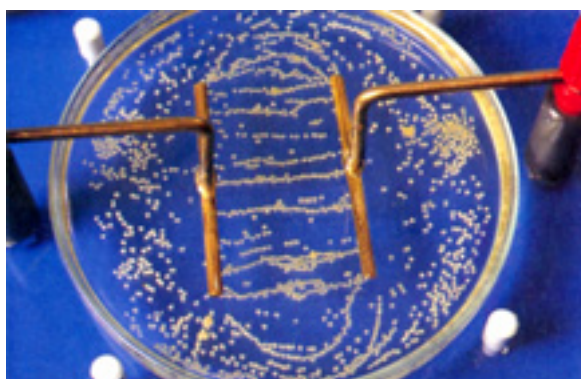


4. Précisez le signe des charges portées par les points A et B en vous aidant des couleurs des fils de connexion.
5. Indiquez le sens conventionnel des lignes de champ en les orientant.
6. Dans quelle région le champ est-il le plus intense ?
7. On place aux points M, N et P une charge q négative. Représentez à l'échelle les forces exercées par le champ sur la charge q ainsi que les vecteurs champ électrique aux points considérés.

3. Cas particulier du champ uniforme

Dispositif expérimental

Expérience



Document 2

Protocole de l'expérience :

Dans l'expérience précédente on remplace les deux pointes A et B par deux plaques métalliques parallèles.

L'ensemble des alignements des grains de semoule constitue un spectre, qui matérialise le champ électrique créé par les deux plaques métalliques parallèles et électrisées.

Exploration du spectre

8. Comparez la forme des lignes de champ avec celles obtenues précédemment.

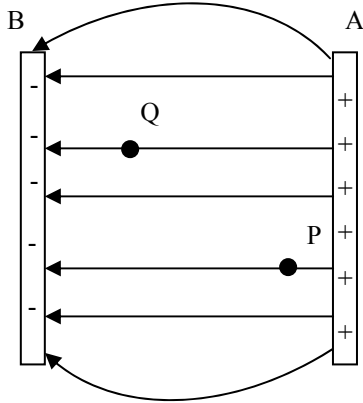


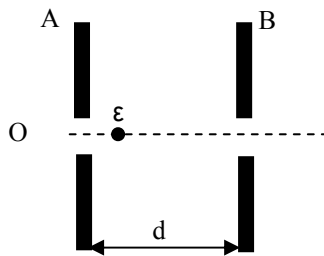
Schéma du spectre

9. On place aux points P et Q une charge q positive. Représentez les forces électrostatiques exercées sur q et les vecteurs champ électrique aux deux points P et Q. Comparez.
10. Précisez qualitativement les caractéristiques du vecteur champ électrostatique en chaque point du champ (direction, sens, valeur). Comment appelle-t-on un tel champ ?
11. On se déplace de A vers B en suivant une ligne de champ. Comment le potentiel en chaque point de la ligne de champ varie-t-il ?
12. Quelle est la relation entre la valeur E du champ qui règne entre les deux plaques, la tension U appliquée entre ces 2 plaques et la distance d qui les sépare ? Précisez l'unité légale de E .

Application numérique

13. La d.d.p entre deux plaques conductrices, planes, parallèles et distantes de $d = 2 \text{ cm}$ est $V_A - V_B = 600 \text{ V}$. Calculez la valeur du champ qui règne entre ces deux plaques.

A et B sont deux plaques conductrices parallèles électriquement chargées. Elles sont percées de 2 minuscules orifices, qui ne modifient pas le champ électrique qu'elles produisent.



Un électron ϵ est émis au voisinage de O avec une vitesse sensiblement nulle.

La distance $d = 20 \text{ cm}$

$U_{BA} = 4 \text{ kV}$

Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$

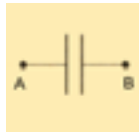
14. Donnez les caractéristiques du vecteur champ électrique entre les plaques (direction, sens et valeur).
15. Déterminez les caractéristiques de la force électrique s'exerçant sur l'électron (direction, sens et valeur).
16. La vitesse de l'électron varie-t-elle ? Si oui comment ?
17. Quel est le mouvement effectué par l'électron dans le champ électrique ?
18. Quel effet produit le champ électrique uniforme sur toute particule chargée ?



Activité 4

Les condensateurs

1. Rappel

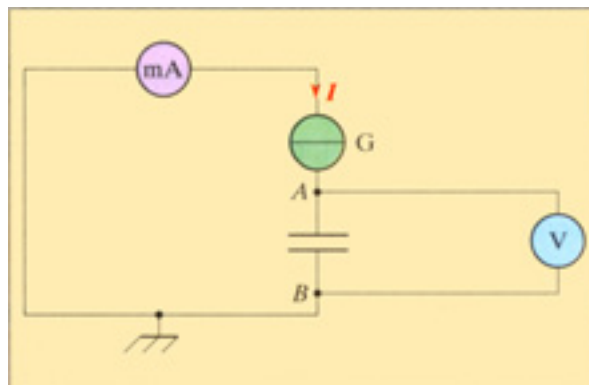


Document 1

1. Comment un condensateur est-il formé ?
2. Ecrivez sur la représentation symbolique d'un condensateur (document 1) les noms des éléments dont il est constitué.
3. Qu'est-ce qu'un condensateur plan ?
4. Que se produit-il lorsqu'une tension électrique continue est appliquée entre les points A et B ?
5. Donnez les caractéristiques du vecteur champ électrique E qui régne entre les deux plaques :
 - direction ;
 - sens ;
 - grandeur.
6. Qu'appelle-t-on la charge d'un condensateur ?

2. Charge d'un condensateur par un courant d'intensité constante

Montage



Document 2 : Schéma du montage expérimental

On réalise le montage du document 2. Dans ce montage G est un générateur particulier appelé « générateur de courant » : il délivre un courant constant quelque soit la tension entre ses bornes. Le condensateur d'armatures A et B est initialement déchargé. Un interrupteur, non représenté dans le schéma du montage, permet de commencer la charge à la date $t = 0$.

7. Est-ce que le circuit est fermé ?
8. Comment explique-t-on le passage du courant dans le circuit ?
9. Pourquoi l'armature A se charge-t-elle positivement et l'armature B négativement ?

Résultats et exploitations

A partir de la date $t = 0$, on mesure pour différentes dates successives les valeurs de la tension U_{AB} aux bornes du condensateur. On relève les valeurs de U_{AB} , toutes les 10 secondes. Le générateur délivre un courant d'intensité 0,5 mA.

t(s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
U_{AB} (V)	0	0,96	1,93	2,88	3,85	4,80	5,75	6,71	7,70	8,65
$q_A = I.t$ (C)										
$\frac{q_A}{U_{AB}}$										

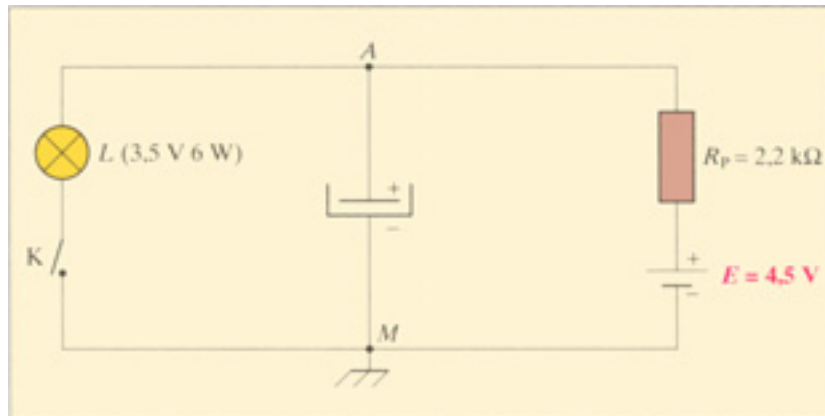
Document 3 : Tableau des mesures

10. Complétez le tableau (document 3).
11. Représentez graphiquement les variations de U_{AB} en fonction de t.
12. Comment la tension U_{AB} varie-t-elle avec le temps ?
13. Comment la charge q_A de l'armature A varie-t-elle avec le temps ?
14. Que peut-on dire du rapport $\frac{q_A}{U_{AB}}$?
15. Quelle grandeur représente, par définition, ce rapport ?
16. Quelle est son unité légale ? Quels sous-multiples de cette unité sont-ils habituellement utilisés ?
17. Indiquez la valeur du rapport $\frac{q_A}{U_{AB}}$ avec l'unité que vous semble la mieux adaptée ?

3. Principe du flash d'un appareil photographique

Ce dispositif met à profit les 2 faits suivants :

- un condensateur peut accumuler, puis restituer, de l'énergie ;
- la durée de charge ou de décharge d'un condensateur dans un circuit dépend de la résistance totale de ce dernier. Plus cette résistance est petite, plus la charge (ou la décharge) est rapide.



Document 4 : Schéma de principe du montage d'un flash photographique

Le condensateur utilisé est un condensateur polarisé de grande capacité (par exemple 4,7 mF), appelé condensateur électrochimique.

18. Notez sa représentation conventionnelle particulière.

La lampe L est une lampe flash. L'interrupteur K est un interrupteur électronique capable de résister à des courants de grande intensité.

19. De quels paramètres dépend la charge, donc l'énergie, accumulée par un condensateur ? Pourquoi utilise-t-on un condensateur électrochimique ?
20. Pourquoi ne fait-on jamais débiter à une pile un courant de grande intensité ? Quel est le rôle de la résistance R_p ?
21. Le flash venant de fonctionner, l'interrupteur K est ouvert. Que se passe-t-il alors dans le circuit ? Après avoir attendu quelques dizaines de secondes on ferme K. Que se passe-t-il alors ? Pourquoi le flash est-il très bref et très intense ?