



UE3A – PHYSIQUE

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

LA MÉCANIQUE CLASSIQUE ÉTUDIE LES MOUVEMENTS D'UN SYSTÈME

Elle a pour but de :

- COMPRENDRE LES MOUVEMENTS DU SYSTÈME
- PRÉDIRE LES MOUVEMENTS DU SYSTÈME

Pour cette étude, il faut un référentiel

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

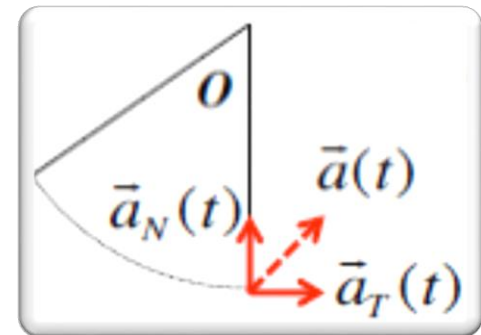
LA CINÉMATIQUE : ÉTUDE DES SYSTÈMES EN MOUVEMENT, SANS PRENDRE EN COMPTE LES FORCES EXTÉRIEURES

Elle s'intéresse à trois choses :

- LA TRAJECTOIRE
- LA VITESSE
- L'ACCÉLÉRATION

L'accélération possède deux composantes :

- UNE COMPOSANTE TANGENTIELLE
- UNE COMPOSANTE NORMALE



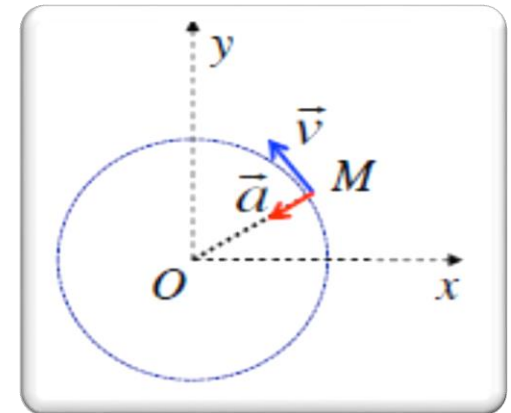
Rappel :

- L'ACCÉLÉRATION EST LA DÉRIVÉ PAR RAPPORT AU TEMPS DE LA VITESSE
- LA VITESSE EST LA DÉRIVÉ PAR RAPPORT AU TEMPS DE LA POSITION

ÉTUDE DE CAS : LE MOUVEMENT CIRCULAIRE UNIFORME

Le mouvement circulaire uniforme se caractérise par :

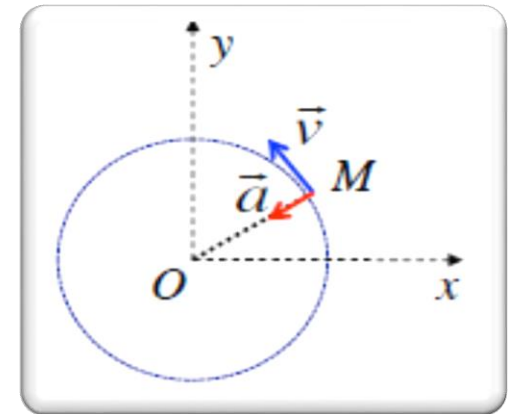
- UNE TRAJECTOIRE CIRCULAIRE
- UNE VITESSE CONSTANTE
- UNE ACCÉLÉRATION TANGENTIELLE NULLE



Dans ce type de mouvement, on parle de vitesse angulaire, notée ω : $\omega = \frac{v}{r}$

Pour l'accélération :

- UNIQUEMENT UNE COMPOSANTE NORMALE
- DIRIGÉE VERS LE CENTRE DU CERCLE :
ACCÉLÉRATION CENTRIPÈTE



L'accélération peut s'exprimer en fonction de la vitesse angulaire : $a_n = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

LA DYNAMIQUE : ÉTUDE DES SYSTÈMES EN MOUVEMENT, EN TENANT COMPTE DES FORCES EXTÉRIEURES

Trois lois de bases de la dynamique, qui sont les **lois de Newton** :

- 1) LE PRINCIPE D'INERTIE
- 2) LE PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE
- 3) LE PRINCIPE D'ACTION RÉACTION

LA PREMIÈRE LOI, OU PRINCIPE D'INERTIE

Dans un référentiel galiléen, l'accélération est nulle si et seulement si la somme des forces extérieures est nulle :

$$\vec{a} = 0 \Leftrightarrow \sum \vec{F}_{ext} = 0$$

Référentiel galiléen : la première loi de Newton s'applique

LA DEUXIÈME LOI, OU PRINCIPE FONDAMENTALE DE LA DYNAMIQUE

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures est égale au produit entre la masse de l'objet et son accélération :

$$m \vec{a} = \sum \vec{F}_{ext}$$

LA TROISIÈME LOI, OU PRINCIPE D'ACTION RÉACTION

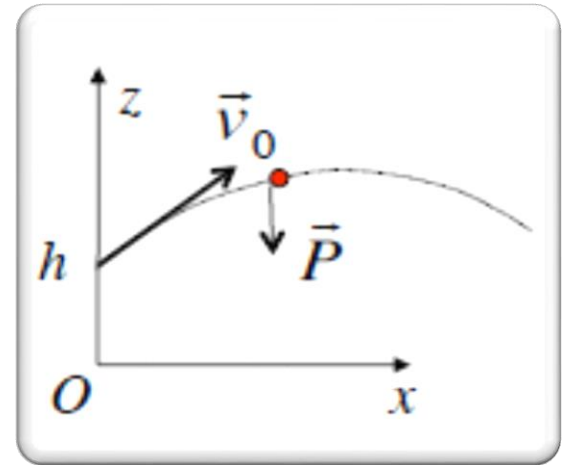
Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force opposée, d'intensité égale exercée par le corps B :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

EXEMPLE : TIR BALISTIQUE

Tir balistique d'un objet avec :

- UNE VITESSE INITIALE
- UN ANGLE θ
- UNE HAUTEUR INITIALE (SOUVENT PRISE COMME NULLE)



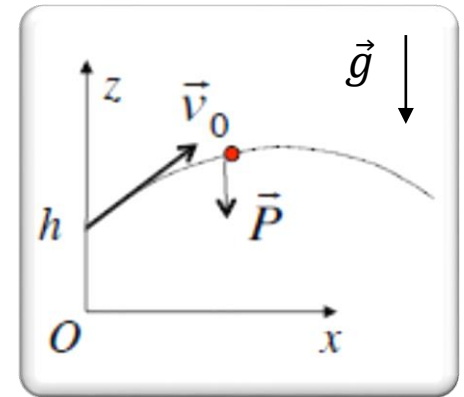
Deuxième loi de Newton !

Une seule force : **le poids**

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

$$m \vec{a} = m \vec{g} \quad \vec{a} = \vec{g}$$

$$a_t \left| \begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{array} \right|$$



En intégrant l'**accélération** puis
la **vitesse** :

$$v_t \left| \begin{array}{l} v_x = v_{0x} \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + v_{0z} \end{array} \right| \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_t = v_{0x}t \\ y_t = 0 \\ z_t = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0z}t + h \end{array} \right.$$

Pour avoir une idée globale de la trajectoire, on élimine la variable t :

$$\begin{cases} t = \frac{x}{v_{0x}} \\ z = -g \cdot \frac{x^2}{2v_{0x}^2} + \frac{v_{0z}}{v_{0x}}x + h \end{cases}$$

En exprimant en fonction de la **vitesse initiale** et de l'angle du tir :

$$v_{0z} = v_0 \cdot \sin(\Theta)$$

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos(\Theta)$$

$$z = -g \cdot \frac{x^2}{2v_0^2 \cos^2(\Theta)} + \frac{\sin(\Theta)}{\cos(\Theta)}x + h$$

Pour z et h pris comme nuls, on a alors :

$$0 = -g \cdot \frac{x^2}{2v_0^2 \cos^2(\Theta)} + \frac{\sin(\Theta)}{\cos(\Theta)} \cdot x \quad x = \frac{2 \cdot v_0^2 \sin(\Theta) \cos^2(\Theta)}{\cos(\Theta) \cdot g}$$

$$x = \frac{v_0^2 \sin(2\Theta)}{g}$$

Equation importante !

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

UN OBJET EST EN ÉQUILIBRE LORSQUE TOUS SES POINTS SONT AU REPOS

Pour cela, deux conditions :

- BILAN DES FORCES EXTÉRIEURES EST NUL, ÉQUILIBRE DE TRANSLATION
- MOMENT DES FORCES EST NUL, ÉQUILIBRE DE ROTATION

MOMENT D'UNE FORCE

Le **moment d'une force** F appliquée au point M par rapport au point O est donné par le produit vectoriel :

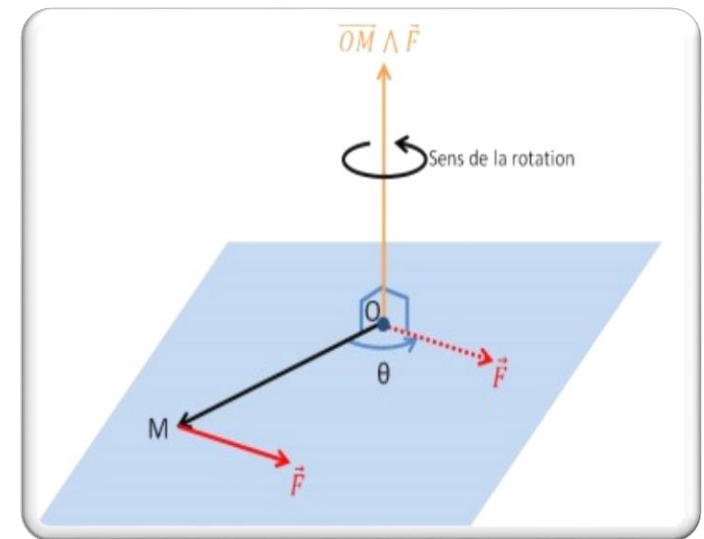
$$\overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{F}$$

Le vecteur issu de ce produit :

- SA DIRECTION EST PERPENDICULAIRE AU PLAN (OMF)
- SON SENS EST DONNÉ PAR LA RÈGLE DU VISSAGE DROIT
- SA NORME VAUT : $\|OM\| \cdot \|F\| \sin(\theta)$

RÈGLE DU VISSAGE DROIT

1. PROJETER LE VECTEUR \vec{F} , POUR QUE LES DEUX VECTEURS AIENT LA MÊME ORIGINE
2. PLACER LA MAIN DANS LA DIRECTION \vec{OM}
3. TOURNER JUSQU'AU VECTEUR \vec{F} , EN PRENANT LE CHEMIN LE PLUS COURT

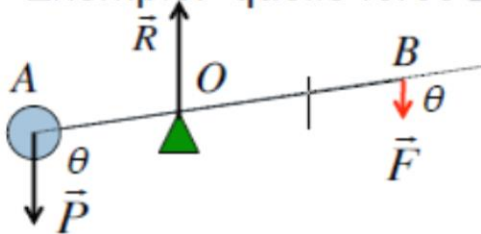


Il y a 2 possibilités :

- SENS **HORAIRE**, RENTRE DANS LA FEUILLE : SIGNE **POSITIF**
- SENS **ANTI-HORAIRE**, SORT DE LA FEUILLE : SIGNE **NÉGATIF**

EXEMPLE : LE LEVIER

Exemple: quelle force F appliquer au point B pour obtenir l'équilibre du levier ?



$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = 0$$

$$\mathbf{OA} \wedge \vec{P} + \mathbf{OB} \wedge \vec{F} = 0$$

$$-OA.P \sin \theta + OB.F \sin \theta = 0 \Rightarrow F = P \frac{OA}{OB}$$

Pour l'équilibre, les **deux conditions** doivent être remplies

QCM 1 : A PROPOS DE LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

- A. La cinématique prend en compte les forces extérieures
- B. La deuxième loi de newton définit ce qu'est un référentiel galiléen
- C. La vitesse possède deux composantes : une tangentielle et une normale
- D. Dans un mouvement circulaire uniforme, l'accélération centrifuge est dirigée vers le centre du cercle
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

QCM 1 : A PROPOS DE LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

- A. La cinématique prend en compte les forces extérieures
- B. La deuxième loi de newton définit ce qu'est un référentiel galiléen
- C. La vitesse possède deux composantes : une tangentielle et une normale
- D. Dans un mouvement circulaire uniforme, l'accélération centrifuge est dirigée vers le centre du cercle
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

QCM 2 : A PROPOS DES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE

- A. Le moment des forces d'un objet tournant sur lui-même est non nul
- B. Un système en équilibre est stable
- C. Un système stable est en équilibre
- D. Un système dont le bilan des forces et le moment des forces est nul, est forcément en équilibre statique
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

QCM 2 : A PROPOS DES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE

- A. Le moment des forces d'un objet tournant sur lui-même est non nul
- B. Un système en équilibre est stable
- C. Un système stable est en équilibre
- D. Un système dont le bilan des forces et le moment des forces est nul, est forcément en équilibre statique
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

ELECTROSTATIQUE : ÉTUDES DES CHARGES ÉLECTRIQUES AU REPOS

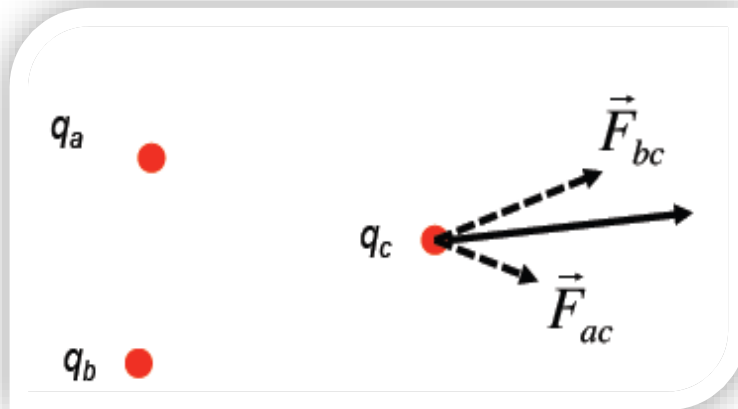
Loi de Coulomb : $\vec{F}_{a/b} = k \frac{q_a \cdot q_b}{r^2} \cdot \hat{r}$

Deux types de forces :

- **ATTRACTIVE**, POUR DES CHARGES DE SIGNES OPPOSÉS
- **RÉPULSIVE**, POUR DES CHARGES DE MÊME SIGNES

PROPRIÉTÉ IMPORTANTE : LA FORCE ÉLECTROSTATIQUE EST ADDITIVE

Comment calculer la force exercée sur q_c ?



$$\vec{F} = \vec{F}_{a/c} + \vec{F}_{b/c}$$

$$\vec{F} = k \cdot \frac{q_a \cdot q_c}{r^2} \cdot \hat{r} + k \cdot \frac{q_b \cdot q_c}{r^2} \cdot \hat{r}$$

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

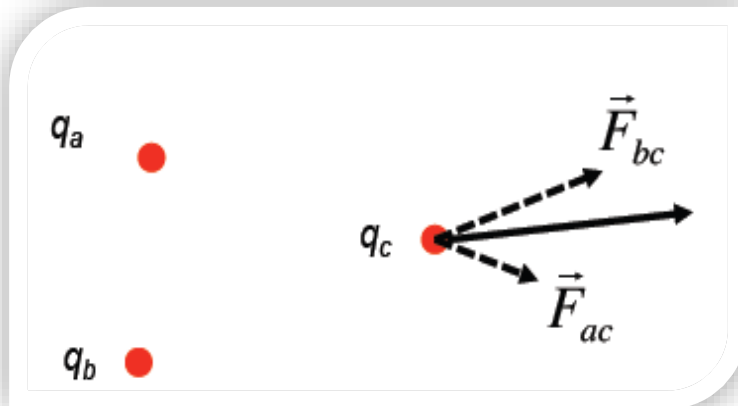
CHAMP ÉLECTRIQUE : CHAMP DE FORCE CRÉÉ PAR L'INTERACTION DE PLUSIEURS CHARGES ÉLECTRIQUES

Le **champ électrique** au point (x,y,z) est la **force électrique** qui s'exercerait sur une **charge unité** placée en ce point

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}(x, y, z)$$

$$\vec{E} = \sum k \cdot \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \hat{r}_i$$

EXEMPLE : CHARGE DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE



$$\vec{E} = k \cdot \frac{q_a}{r_{ac}^2} \cdot \hat{r}_{ac} + k \cdot \frac{q_b}{r_{bc}^2} \cdot \hat{r}_{bc}$$

$$\vec{F} = q_c \vec{E} \quad \vec{F} = k \cdot \frac{q_a \cdot q_c}{r^2} \cdot \hat{r} + k \cdot \frac{q_b \cdot q_c}{r^2} \cdot \hat{r}$$

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

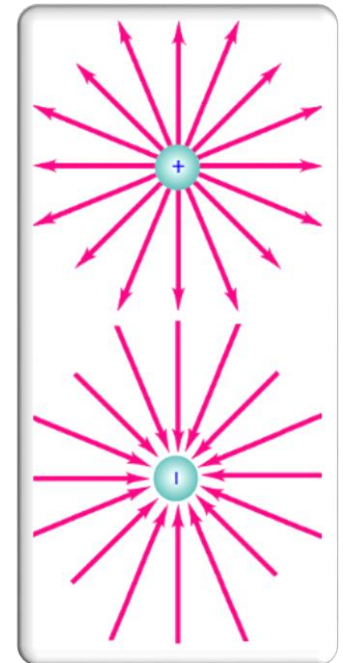
IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

CHARGES PONCTUELLES

On distingue deux types de charges :

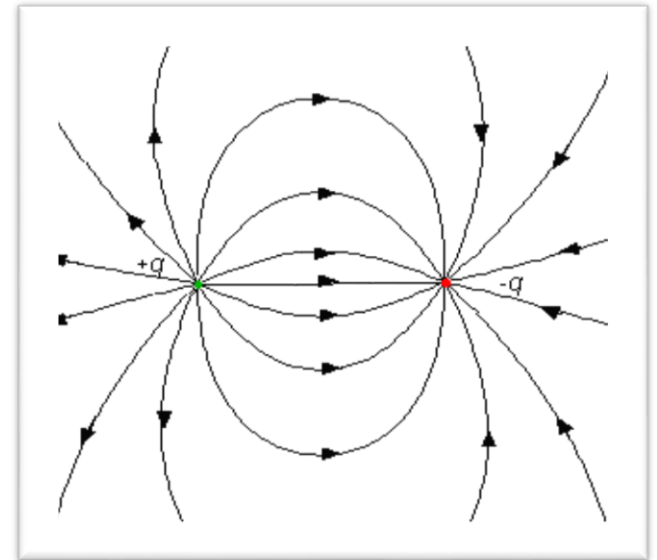
- LES CHARGES POSITIVES : LES LIGNES DE CHAMPS SONT RADIALES ET DIRIGÉES VERS L'EXTÉRIEUR (RÉPULSIF)
- LES CHARGES NÉGATIVES : LES LIGNES DE CHAMPS SONT RADIALES ET DIRIGÉES VERS L'INTÉRIEUR (ATTRACTIF)



DIPÔLE ÉLECTRIQUE

Propriété du champ électrique :

- DEUX CHARGES PONCTUELLES IDENTIQUES, DE SIGNES OPPOSÉS
- LE CHAMP VA DE LA CHARGE POSITIVE, À LA CHARGE NÉGATIVE

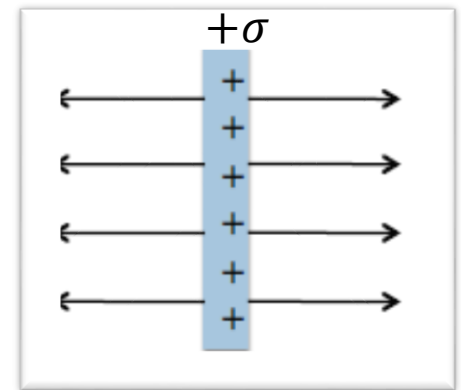


DISTRIBUTION PLANE DE CHARGES S'ÉTENDANT À L'INFINI

On définit σ la **densité de charges** du plan

Propriété du champ électrique :

- **PERPENDICULAIRE** AU PLAN
- **CONSTANT**, PEU IMPORTE LA DISTANCE

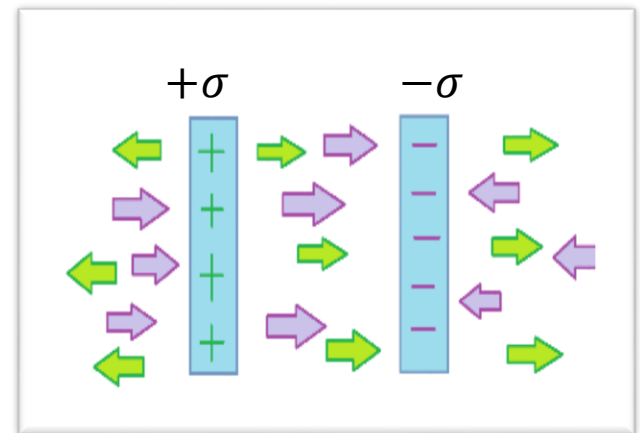


Norme du champ électrique : $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

CHAMP ÉLECTRIQUE ENTRE DEUX PLANS

Pour deux plans chargés, de **signes opposés** :

- CHAMP **CONSTANT** ENTRE LES PLAQUES
- **S'ANNULE À L'EXTÉRIEUR** DES PLAQUES
- VA DU **PLAN POSITIF** VERS LE **PLAN NÉGATIF**

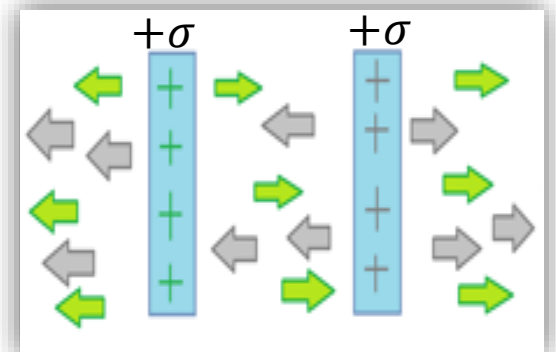


Entre les plaques, le champ vaut : $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

CHAMP ÉLECTRIQUE ENTRE DEUX PLANS

Pour deux plans chargés, de même signes :

- LE CHAMP S'ANNULE ENTRE LES PLAQUES
- CHAMP CONSTANT À L'EXTÉRIEUR DES PLAQUES



En dehors des plaques, le champ vaut : $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

QCM 3 : A PROPOS DES CHARGES ÉLECTRIQUES

- A. La force de coulomb est additive
- B. Le champ électrique va de la charge positive à la charge négative
- C. Entre deux plans chargés négativement, le champ électrique s'annule
- D. Les lignes de champ d'une charge ponctuelle négative sont radiales et dirigées vers l'intérieur
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

QCM 3 : A PROPOS DES CHARGES ÉLECTRIQUES

- A. La force de coulomb est additive
- B. Le champ électrique va de la charge positive à la charge négative
- C. Entre deux plans chargés négativement, le champ électrique s'annule
- D. Les lignes de champ d'une charge ponctuelle négative sont radiales et dirigées vers l'intérieur
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

LE TRAVAIL D'UNE FORCE

Il s'agit de l'**énergie** fournie par la force lors du déplacement de son point d'application



$$W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$

LE TRAVAIL D'UNE FORCE

Plusieurs types de travail :

- TRAVAIL **MOTEUR**, FORCE **FAVORISE** LE DÉPLACEMENT : VALEUR **POSITIVE**
- TRAVAIL N'INFLUX PAS SUR LE DÉPLACEMENT : VALEUR NULLE
- TRAVAIL **RÉSISTANT**, FORCE **S'OPPOSE** AU DÉPLACEMENT : VALEUR **NÉGATIVE**

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

FORCES CONSERVATRICES

Le travail pour aller de A vers B **ne dépend pas du chemin suivi** :

- FORCE DE PESANTEUR
- FORCE D'ÉLASTICITÉ
- FORCE DE COULOMB

Les forces de **frottements** ne sont **pas conservatrices**

L'ÉNERGIE POTENTIELLE NE S'APPLIQUE QU'AUX FORCES CONSERVATRICES

L'énergie potentielle correspond à :

- UNE ÉNERGIE LIÉE À UNE INTERACTION
- UNE ÉNERGIE CAPABLE DE SE TRANSFORMER EN ÉNERGIE CINÉTIQUE

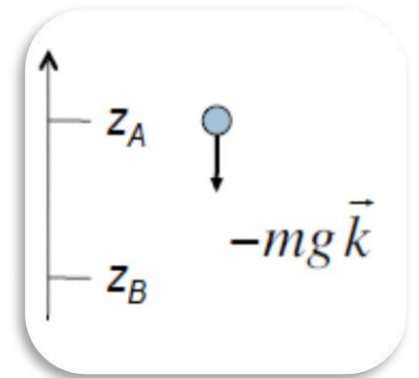
Variation d'énergie potentielle : $W_{AB} = U_f(A) - U_f(B)$

CAS 1 : LE FORCE DE PESANTEUR

Expression des énergies potentielles :

$$U_A = mgz_A$$

$$U_B = mgz_B$$



Travail de la force de pesanteur :

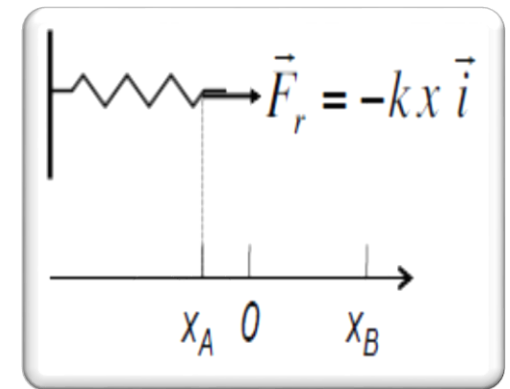
$$W_{AB} = mgz_A - mgz_B = mg.(z_A - z_B)$$

CAS 2 : LA FORCE D'ÉLASTICITÉ

Expression des énergies potentielles :

$$U_A = \frac{1}{2} k x_A^2$$

$$U_B = \frac{1}{2} k x_B^2$$



Travail de la force d'élasticité :

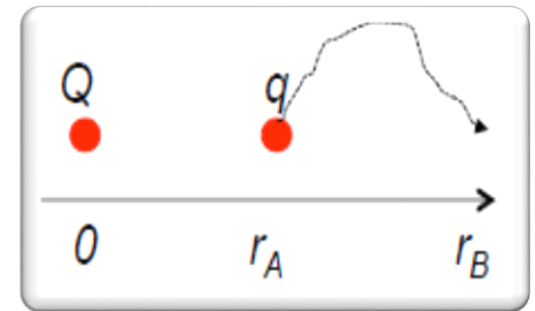
$$W_{AB} = \frac{1}{2} k x_A^2 - \frac{1}{2} k x_B^2 = \frac{1}{2} k \cdot (x_A^2 - x_B^2)$$

CAS 3 : LA FORCE DE COULOMB

Expression des **énergies potentielles** :

$$U_A = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r_A}$$

$$U_B = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r_B}$$



Travail de la force de coulomb :

$$W_{AB} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r_A} - k \cdot \frac{Q \cdot q}{r_B} = kQq \cdot \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

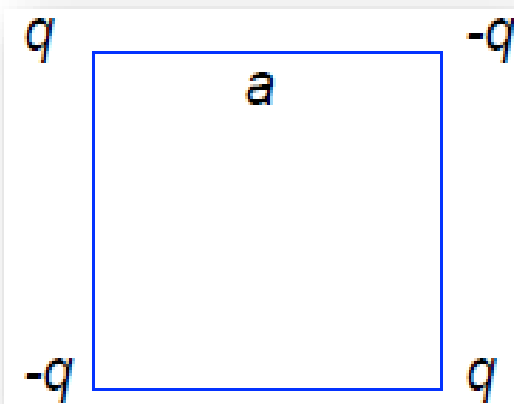
ÉNERGIE POTENTIELLE D'UNE DISTRIBUTION DE CHARGES

Energie nécessaire pour former la distribution,
on en distingue **deux types** :

- SYSTÈME **LIÉ** : L'ÉNERGIE FINALE EST **NÉGATIVE**
- SYSTÈME **NON LIÉ** : L'ÉNERGIE FINALE EST **POSITIVE, INSTABLE**

ATTENTION : un système lié n'est pas
forcément stable !

QUELLE EST L'ÉNERGIE DE CE SYSTÈME ?



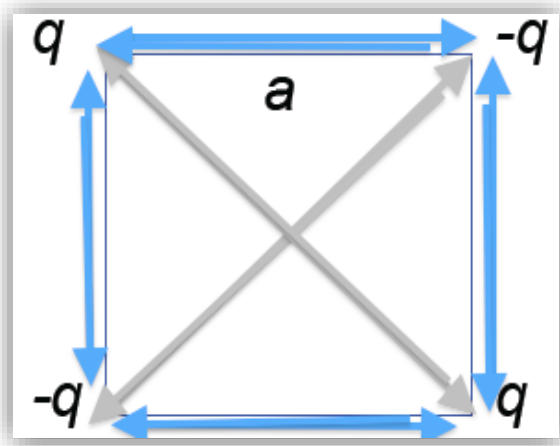
On utilise la **propriété additive** de la loi de Coulomb

On cherche le **nombre d'interactions**

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

Il y a **6 interactions**

QUELLE EST L'ÉNERGIE DE CE SYSTÈME ?



En additionnant les énergies :

$$U = -4k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} = 2k \frac{q^2}{a} \cdot \left(\frac{1 - 2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \right)$$

On remarque un terme **négligatif** : il s'agit d'un **système lié**

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

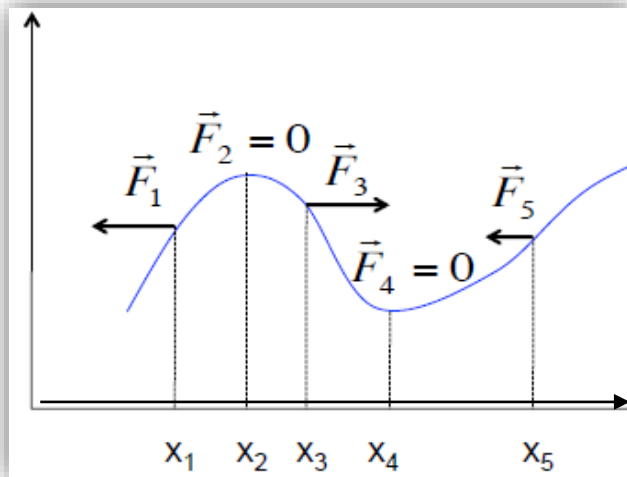
L'ÉNERGIE POTENTIELLE EST LA DÉRIVÉE DE LA FORCE

Définition utile lorsque :

- ON FAIT DE LA **PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE**
- ON NE CONNAIT PAS LA **FONCTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE**

$$F = - \frac{dU_F}{dx}$$

EXEMPLE : VARIATION D'ÉNERGIE EN FONCTION D'UNE DIRECTION DONNÉE



On remarque :

- POINT x_1 : ÉNERGIE POSITIVE
- POINT x_3 : ÉNERGIE NÉGATIVE
- DEUX POINTS D'ÉQUILIBRE

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

ÉNERGIE TOTALE ET ÉNERGIE CINÉTIQUE

Energie totale : somme énergies cinétique
et potentielle :

$$E_t = E_c + U_r$$

L'énergie cinétique s'exprime :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

Expression du travail :

$$W_{AB} = E_c(B) - E_c(A)$$

$$W_{AB} = U_{ext}(A) - U_{ext}(B)$$

Loi de conservation de l'énergie :

$$E_c(B) + U_{ext}(B) = E_c(A) + U_{ext}(A)$$

ÉNERGIE TOTALE D'UNE MASSE SOUMISE À LA PESANTEUR ET LIÉE À UN RESSORT

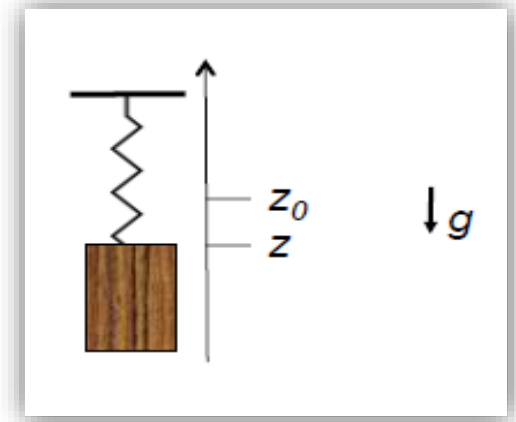
Quelles **forces** s'exercent ?

- FORCE DE PESANTEUR
- FORCE D'ÉLASTICITÉ

Quelles sont les **énergies** potentielles ?

$$U_F = \frac{1}{2}k(z - z_0)^2$$

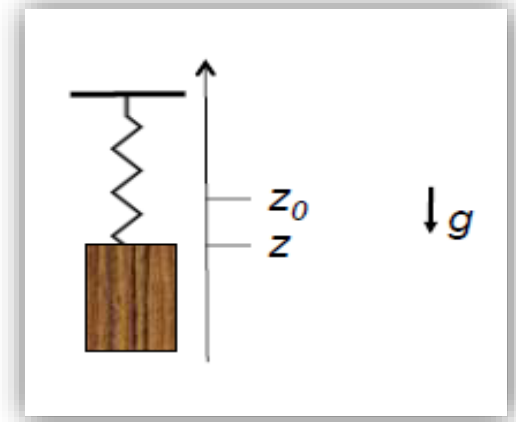
$$U_P = mgz$$



ÉNERGIE TOTALE D'UNE MASSE SOUMISE À LA PESANTEUR ET LIÉE À UN RESSORT

On en déduit l'expression de
l'énergie totale :

$$E_t = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k(z - z_0)^2 + mgz$$



QCM 4 : LE FORMALISME DU POTENTIEL

- A. Le travail d'une force est une énergie
- B. L'énergie potentielle d'une charge ponctuelle décroît avec le carré de la distance
- C. Une énergie potentielle négative signifie que le système est stable
- D. L'énergie potentielle s'exprime en joule
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

QCM 4 : LE FORMALISME DU POTENTIEL

- A. Le travail d'une force est une énergie
- B. L'énergie potentielle d'une charge ponctuelle décroît avec le carré de la distance
- C. Une énergie potentielle négative signifie que le système est stable
- D. L'énergie potentielle s'exprime en joule
- E. Les réponses A,B,C et D sont fausses

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

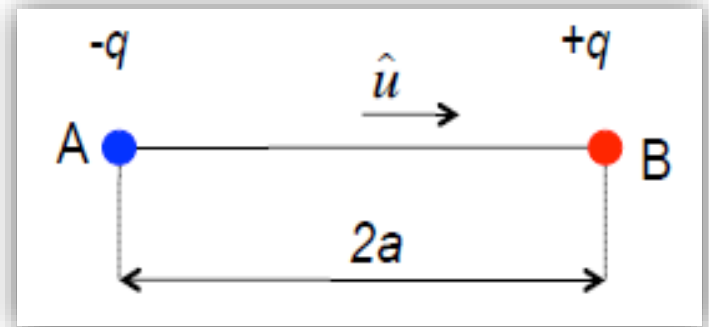
IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

DÉFINITION

Un **dipôle** correspond à **deux charges** :

- DE MÊME VALEUR
- DE SIGNE OPPOSÉS
- SÉPARÉES D'UNE DISTANCE $2a$



On y associe un **moment dipolaire** : $\vec{p} = 2a.q.\hat{u}$

LE MOMENT DIPOLAIRE

Caractérisé par un **vecteur** :

- ALIGNÉ SUR LA DROITE JOIGNANT LES DEUX CHARGES
- VA DE LA CHARGE NÉGATIVE À LA POSITIVE
- LA NORME SE NOTE **P**

Unité : **Coulomb.m**

PROPRIÉTÉ DU DIPÔLE

Potentiel électrique décroît avec le carré de la distance :

$$V(M) = k \cdot \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^2}$$

Champ électrique créé par le dipôle décroît avec le cube de la distance

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

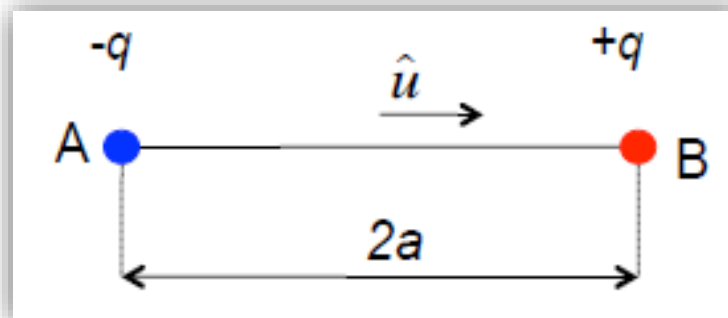
IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

DIPÔLE DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE

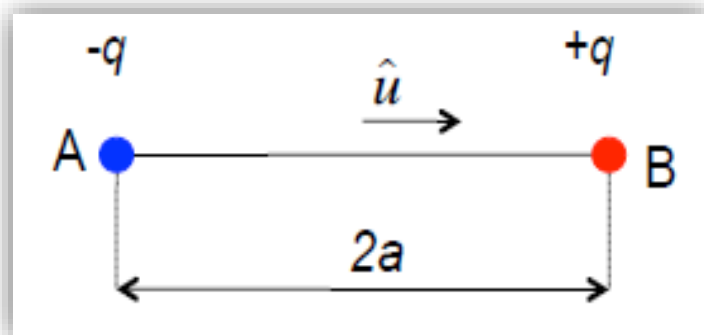
Le **moment dipolaire** cherche à se mettre dans le même sens que le champ :

- LA **CHARGE POSITIVE** TENDRA À SE METTRE DANS LE **MÊME SENS** QUE LE CHAMP
- LA **CHARGE NÉGATIVE** IRA DANS LE **SENS OPPOSÉ**



DIPÔLE DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE

Les **forces** s'appliquant :



$$\vec{F}_A = -q \vec{E} \qquad \vec{F}_B = q \vec{E}$$

$$\vec{F}_A + \vec{F}_B = 0$$

Moment des forces :

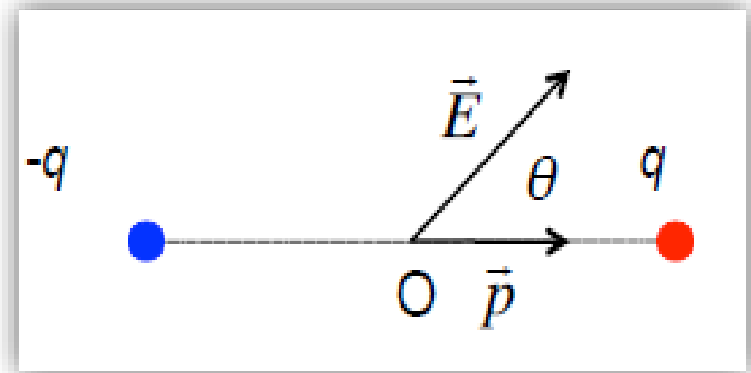
$$\vec{\Gamma} = \vec{OA} \wedge \vec{F}_A + \vec{OB} \wedge \vec{F}_B = \vec{p} \wedge \vec{E}$$

$$\Gamma = p \cdot E \cdot \sin(\Theta)$$

ÉNERGIE POTENTIELLE DU DIPÔLE DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE

L'énergie potentielle prend en compte :

- LE MOMENT DIPOLAIRE
- LE CHAMP ÉLECTRIQUE
- L'ANGLE ENTRE LES DEUX



$$U(\theta) = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -p.E.\cos(\theta)$$

ÉNERGIE POTENTIELLE DU DIPÔLE DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE

Variation de l'énergie potentielle :

- ÉNERGIE MINIMUM : MOMENT DIPOLAIRE ET CHAMP ÉLECTRIQUE ALIGNÉS
- ÉNERGIE MAXIMUM : MOMENT DIPOLAIRE ET CHAMP ÉLECTRIQUE EN SENS OPPOSÉ

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

DIPÔLE DANS LA MATIÈRE

Il existe deux types moments dipolaires :

- MOMENT DIPOLAIRE INDUIT : MOLÉCULES NON POLAIRE, CARACTÉRISÉ PAR LE COEFFICIENT DE POLARISABILITÉ $\vec{p} = \alpha \vec{E}$
- MOMENT DIPOLAIRE PERMANENT : MOLÉCULES POLAIRES

ATTENTION : les molécules polaires ont aussi un moment dipolaire induit !

BASES GÉNÉRALES DE PHYSIQUE

I) LA MÉCANIQUE CLASSIQUE

1. GÉNÉRALITÉ
2. CINÉMATIQUE
3. DYNAMIQUE
4. CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE

II) L'ÉLECTROSTATIQUE

1. FORCE ÉLECTROSTATIQUE
2. NOTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE
3. EXEMPLES ÉLÉMENTAIRES

III) LE FORMALISME DU POTENTIEL

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
2. NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE
3. ÉNERGIE POTENTIELLE ASSOCIÉE À UNE DISTRIBUTION DE CHARGES
4. RELATION FORCE-ÉNERGIE PONCTUELLE
5. ÉNERGIE CINÉTIQUE ET ÉNERGIE TOTALE

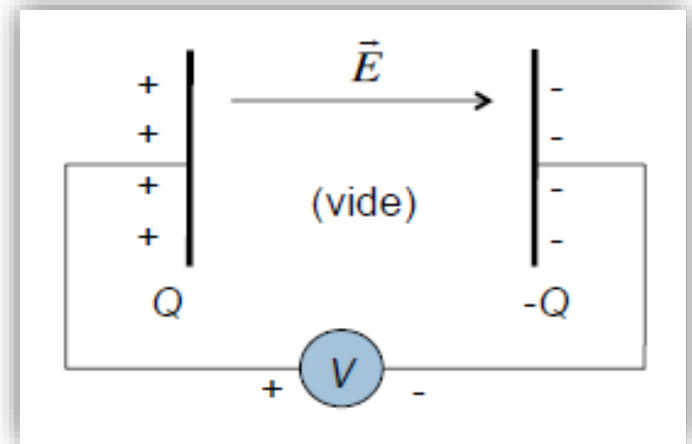
IV) LES DIPÔLES ÉLECTRIQUES

1. DÉFINITION
2. DIPÔLE ÉLECTRIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE
3. DIPÔLE ÉLECTRIQUE DANS LA MATIÈRE
4. CONDENSATEUR

LE CONDENSATEUR

Il s'agit d'un **dipôle** :

- CONSTITUÉ DE DEUX PLAQUES CHARGÉES
- DE SIGNES OPPOSÉS
- SÉPARÉES D'UNE DISTANCE D



On peut évaluer la **densité de charge** : $\sigma = \frac{Q}{S}$

CAPACITÉ DU CONDENSATEUR

La charge des plaques est directement proportionnelle à la capacité du condensateur :

$$Q = C.V$$

On en déduit l'expression de la capacité d'un condensateur :

$$C = S \frac{\epsilon_0}{d}$$

ÉNERGIE D'UN CONDENSATEUR

L'énergie emmagasinée d'un condensateur s'exprime :

$$W = \frac{1}{2} C.V^2$$

Unités :

- CAPACITÉ DU CONDENSATEUR : FARAD
- ÉNERGIE EMMAGASINÉE : JOULES
- DIFFÉRENCE DE POTENTIEL : VOLT

MATÉRIAU DIÉLECTRIQUE

Permet de moduler le **champ électrique**

Les conséquences de l'utilisation d'un **diélectrique** sont :

- DIMINUTION DU CHAMP ÉLECTRIQUE
- DIMINUTION DE LA DIFFÉRENCE DE POTENTIEL
- AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ DU CONDENSATEUR

