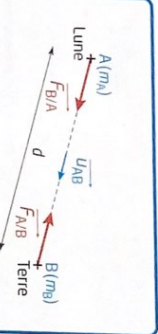


## Synthèse en images

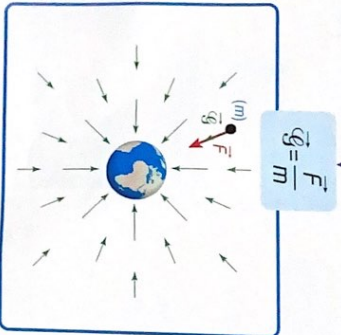


### MODELISATION

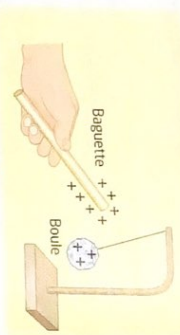


$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} = -G \times \frac{M_A \times M_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$

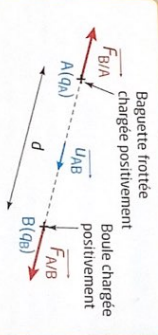
Champ de gravitation créé par la Terre



$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$$

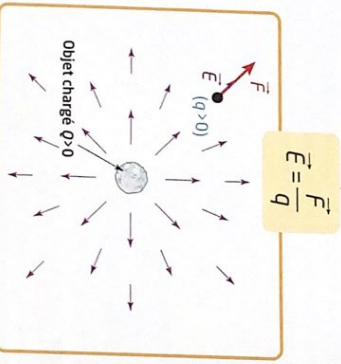


### MODELISATION



$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} = k \times \frac{Q_A \times Q_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$

Champ électrostatique créé par un objet chargé positivement



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$



## S'AUTOÉVALUER

## EXERCICES

Si vous ne trouvez pas la bonne réponse, reportez-vous au § de la Synthèse des activités correspondant pour vous aider.

Recopier en complétant avec un ou plusieurs mots.

1 Électriser un objet consiste à lui apporter ou à lui enlever des électrons par frottement ou par contact.

2 L'interaction s'exerce entre deux points matériels A et B de charges électriques respectives  $q_A$  et  $q_B$  ; c'est la loi de Coulomb.

3 L'interaction gravitationnelle et l'interaction électrostatique sont toutes les deux de portée infinie.

4 Le champ de gravitation et le champ électrostatique sont représentés par des vecteurs.

5 Le vecteur représenté dans le champ électrostatique en un point est tangent en ce point à une courbe appelée ligne de champ.

6 Il y a électrisation par influence lorsqu'il y a : a. contact b. frottement c. un déplacement interne de charges.

7 L'expression de la norme  $F$  de la force électrostatique est : a.  $F = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2}$  b.  $F = k \times \frac{|q_A + q_B|}{d^2}$  c.  $F = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d}$

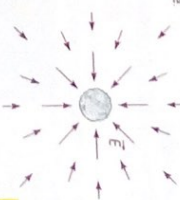
Indiquer la réponse exacte.

8 Il y a électrisation par influence lorsqu'il y a : a. contact b. frottement c. un déplacement interne de charges.

9 L'expression de la norme  $F$  de la force électrostatique est : a.  $F = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2}$  b.  $F = k \times \frac{|q_A + q_B|}{d^2}$  c.  $F = k \times \frac{|q_A \times q_B|}{d}$

10 Le champ de gravitation et le champ électrostatique sont représentés par des vecteurs.

11 Le vecteur représenté dans le champ électrostatique en un point est tangent en ce point à une courbe appelée ligne de champ.



Corrigés p. 468

## Contrôle technique

### 12 Calculer une force électrostatique

EXERCICE RÉSOLU

Un électron  $e$  exerce une force électrostatique sur un autre électron  $e$ . Ces deux particules immobiles sont distantes de  $d = 1,0 \times 10^{-10}$  m. Exprimer puis calculer la norme  $F_{ee}$  de la force électrostatique.

SOLUTION

$$F_{ee} = k \times \frac{(-e) \times (-e)}{d^2}$$

$$F_{ee} = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \times \frac{(1,60 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (1,60 \times 10^{-19} \text{ C})}{(1,0 \times 10^{-10} \text{ m})^2}$$

$$F_{ee} = 2,3 \times 10^{-8} \text{ N}$$

APPLICATION - Sur le modèle de l'exercice résolu

Exprimer puis calculer la norme  $F_{pe}$  de la force électrostatique qui s'exerce entre deux protons de charge  $q = +e$  et distants de  $d = 0,10$  nm.

### 13 Utiliser une échelle de représentation

EXERCICE RÉSOLU

Donner les caractéristiques sur un schéma du vecteur représentant la force de gravitation, de norme  $F_{AB} = 1,2 \times 10^7$  N, exercée par un point matériel A sur un point matériel B avec l'échelle 1,0 cm  $\leftrightarrow$  5,0  $\times$  10<sup>6</sup> N.

SOLUTION

Les caractéristiques sur un schéma du vecteur représentant la force  $F_{AB}$  sont :

- sa direction : droite (AB),
- son sens : de B vers A,
- sa norme :  $\frac{1,2 \times 10^7 \text{ N} \times 1,0 \text{ cm}}{5,0 \times 10^6 \text{ N}} = 2,4 \text{ cm}$

APPLICATION - Sur le modèle de l'exercice résolu

Donner les caractéristiques sur un schéma du vecteur représentant la force de gravitation, de norme  $F_{AB} = 3,8 \times 10^{-7}$  N, exercée par le point matériel A sur le point matériel B avec l'échelle 1,0 cm  $\leftrightarrow$  20  $\times$  10<sup>-7</sup> N.



Données pour tous les exercices :

- constante de gravitation  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- constante de Coulomb  $k_e = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$
- proton : masse  $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ , charge  $+e$ ,
- électron : masse  $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , charge  $-e$ ,
- charge élémentaire  $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

## Modélisation des interactions : forces

► 1 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 14** **LOAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe l'électrification par influence.

- 15** Expliquer, à l'aide de schémas, dans quel cas la force électrostatique est attractive et dans quel cas elle est répulsive.

## Citer des analogies

Reperceur les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.

## 17 Utiliser la loi d'interaction gravitationnelle

La Terre et la Lune sont modélisées par deux points matériels et L.

Données :

- masse de la Terre  $M_1 = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ ,
- masse de la Lune  $M_2 = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$ ,
- distance moyenne Terre-Lune  $d = 3,83 \times 10^8 \text{ m}$ .



- a. Exprimer puis calculer les normes  $F_{1/2}$  et  $F_{2/1}$  des forces de gravitation.
- b. Représenter les vecteurs  $F_{1/2}$  et  $F_{2/1}$  en précisant leurs caractéristiques et en utilisant l'échelle :  $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 1,0 \times 10^{19} \text{ N}$ .

## 18 Comprendre une expérience



Un bâton de verre est frotté à l'aide d'un morceau de laine. À l'issue de cette opération, la charge électrique portée par le bâton est positive.

- a. Déterminer quelle particule élémentaire sont échangées entre le morceau de laine et le bâton, et dans quel sens à l'issue de la charge par frottement.
- b. Déterminer si la laine est elle aussi électrisée lors du frottement.
- c. On approche le bâton de verre, électrisé par frottement, d'une petite boule d'aluminium électriquement neutre suspendue à un fil isolant. On établit un contact entre la boule et le bâton électrisé. Expliquer l'électrification qui en résulte en schématisant le phénomène.

## 19 In english please

The gravitational force exerted by the Sun (S) on Mercury (M) is represented by the vector  $F_{S/M}$  with the scale :  $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 1,0 \times 10^{20} \text{ N}$ .

S

Déterminer la norme  $F_{S/M}$  de la force de gravitation exercée par le Soleil sur Mercure.

## 20 Interpréter la charge électrique d'un objet

On détermine que la charge électrique portée par un objet électrisé est  $Q = -11 \text{ nC}$ .

- a. Interpréter le signe de cette charge.
- b. Exprimer puis calculer le nombre de charges portées par l'objet.

## 21 Réaliser un schéma

Pour éviter des pertes lors qu'on peint un objet au pistolet, les ingénieurs ont mis au point de la peinture électrostatique. Le pistolet est relié à la borne positive d'un générateur et l'objet à la borne négative. Les gouttes attirées par l'objet viennent s'y déposer. Réaliser un schéma illustrant cette technique.



## 22 Comprendre un phénomène physique

Dans le commerce sont vendues des feuilles antistatiques pour sèche-linge. Elles contiennent une espèce chimique qui se vaporise pendant le séchage et qui empêche la formation de charge électrique sur le linge dans le tambour de la machine. Expliquez pourquoi des charges électriques apparaissent lors du séchage sans l'utilisation de ces feuilles.

## 23 Apprendre à rédiger

Deux points matériels immobiles A et B portent des charges électriques  $q_A = -2,0 \times 10^{-6} \text{ nC}$  et  $q_B = +4,0 \times 10^{-6} \text{ nC}$ . La distance entre A et B est  $d = 7,5 \text{ cm}$ .

- a. Exprimer puis calculer les normes  $F_{A/B}$  et  $F_{B/A}$  des forces électrostatiques.

## Aide méthodologique

- Ecrire l'expression littérale de  $F_{A/B}$  et  $F_{B/A}$ .
- Réfléchir sur les unités avant de réaliser le calcul.
- b. Représenter les vecteurs  $F_{A/B}$  et  $F_{B/A}$  en précisant leurs caractéristiques et en utilisant l'échelle :  $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 0,050 \text{ N}$ .
- Un vecteur est caractérisé par une direction, un sens et une norme déterminée en utilisant l'échelle.

## Champs

► 2 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 24** **LOAL** Réaliser un support visuel permettant de décrire oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe le champ de gravitation de la Terre.
- 25** Donner les expressions vectorielles du champ de gravitation et du champ électrostatique en fonction des forces correspondantes.

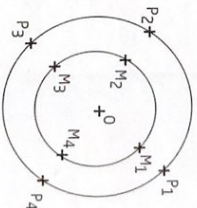
## 26 Comparer des valeurs

- a. Exprimer puis calculer les normes  $F_1$  et  $F_2$  de la force électrostatique exercée par un proton sur un électron situé à une distance  $d_1 = 1 \text{ nm}$  puis à une distance  $d_2 = 0,1 \text{ nm}$ .
- b. En déduire les normes  $E_1$  et  $E_2$  du champ électrostatique à ces deux distances.
- c. Comparer les valeurs obtenues.

## 27 Représenter des champs

On place un objet chargé positivement en O, et des objets de charges positives en  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ , etc.

- a. Recopier et compléter le schéma avec les vecteurs représentant les champs électrostatiques aux différents points.
- b. Représenter les lignes de champ associées.



## QCM pour faire le point

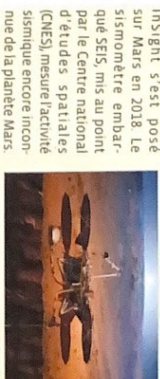
Pour chaque question, indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

- 29** Les normes de la force électrostatique et de la force de gravitation exercées entre deux points matériels sont :
- proportionnelles à la distance entre ces deux points matériels au carré.
  - inversement proportionnelles à la distance entre ces deux points matériels au carré.
  - proportionnelles aux masses respectives de ces deux points matériels.
- 30** La norme du champ électrostatique s'exprime en :
- $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
  - $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$ .
  - $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$ .
- 31** Lorsqu'on frotte un objet avec un tissu, on peut :
- lui donner des protons.
  - lui arracher des électrons.
  - lui donner des électrons.
- 32** La norme du champ de gravitation créé par le Soleil :
- ne dépend pas de la masse des planètes du système solaire.
  - dépend de la masse des planètes du système solaire.
  - dépend de la masse du Soleil.

Corrigés p. 468

SAVOIR ÉVALUER

## 28 Calculer un champ de gravitation



Insight s'est posé sur Mars en 2018. Le sismomètre embarqué SEIS, mis au point par le Centre national d'études spatiales (CNES), mesure l'activité sismique encore inconnue de la planète Mars.

Données :

- masse de Insight :  $m = 358 \text{ kg}$ ,
- masse de Mars :  $M_M = 6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$ ,
- rayon de Mars :  $R_M = 3,40 \times 10^6 \text{ m}$ .

- a. Exprimer puis calculer la norme  $F_{M/I}$  de la force de gravitation exercée par Mars sur Insight.
- b. En déduire la norme  $\gamma_M$  du champ de gravitation à la surface de Mars.

## INDICATEURS DE RÉUSSITE

## SAVOIR ÉVALUER

La valeur de la constante d'attraction gravitationnelle  $G$  est retrouvée dans les données pour tous les exercices.

## ANALYSER RAISONNÉMENT

La distance entre le centre de Mars et Insight posé sur le sol de Mars est équivalente au rayon de Mars.

## RÉALISER

- Le rayon de Mars est exprimé dans la bonne unité.
- Les calculs sont réalisés à l'aide de la calculatrice en n'oubliant pas le carré au dénominateur.









## Exercices

### S'ENTRAÎNER

#### 37 Satellite SPOTS

ANALYSE RAISONNER RÉALISER

#### DIFFÉRENCIATION

Depuis 2016, le satellite SPOTS, piloté par le Centre national d'études spatiales (CNES) et l'Agence spatiale européenne (ESA) prend une image de la Réunion et de 150 autres sites tous les cinq jours. Le satellite décrit une orbite circulaire à une altitude  $h = 820$  km et sa masse est  $m = 3,3$  tonnes.

Données :

- masse de la Terre  $M_E = 5,97 \times 10^{24}$  kg ;
- rayon de la Terre  $R_E = 6,38 \times 10^3$  km.



Donner les caractéristiques du vecteur représentant cette force en précisant l'échelle utilisée. Réaliser un schéma de la situation.

#### DIFFÉRENCIATION

■ Aides à la fin du manuel

#### 38 Loi de Coulomb

S'APPROPRIER ANALYSE RAISONNER RÉALISER

Les protons, les neutrons et les électrons constituent les particules à la base de la matière de l'univers. On note la distance entre deux de ces particules.

Cas	Particule 1		Particule 2		d (en nm)
	nom	$q_1$ (en C)	nom	$q_2$ (en C)	
A	Proton	$e$	?	$e$	0,60
B	Electron	$-e$	?	$-e$	0,60
C	Electron	$-e$	?	$e$	0,60

a. Pour chaque cas A, B et C du tableau :

- déterminer le nom de la particule 2 ;
  - exprimer puis calculer la norme  $F_{12}$  de la force électrostatique exercée par la particule 1 sur la particule 2 ;
  - préciser le caractère attractif ou répulsif de l'interaction
- b. Déterminer l'évolution de la norme de ces forces si la distance séparant les particules 1 et 2 est doublée.
- c. Quelle est la particule dont la force électrostatique exercée par un proton ou un électron sur elle est nulle ?

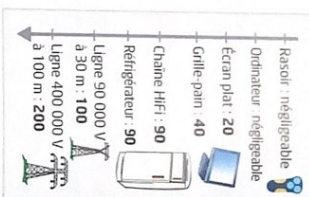
#### 39 Champs électrostatiques courants

S'APPROPRIER ANALYSE RAISONNER COMMUNIQUER

Les objets qui nous entourent sont des sources de champ électrostatique de norme plus ou moins grande.

Document Valeurs des normes du champ électrostatique (en N·C<sup>-1</sup>)

- Rasoir : négligeable
- Ordinateur : négligeable
- Ecran plat : 20
- Grille-pain : 40
- Chaîne HIFI : 90
- Réfrigérateur : 90
- Ligne 90 000 V à 30 m : 100
- Ligne 400 000 V à 100 m : 200



#### 40 Avion à propulsion ionique

S'APPROPRIER COMMUNIQUER

Document Extrait de l'interview de Steven Barrett, du département aéronautique du MIT



« Il s'agit du premier vol prolongé d'un avion utilisant la propulsion électrothermique. Le futur de l'aviation ne devrait pas résider dans des choses comme les hélices et les turbines. Cela devrait plutôt ressembler à Star Trek, avec une sorte de lien bleu et quelque chose qui plane dans les airs. »

- Visionner la vidéo en anglais sur le site [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov).
- Prendre des notes pendant la visionnage de la vidéo afin de répondre aux questions suivantes :
- Déterminer quel type de champ utilise les scientifiques pour accélérer les ions.
  - Déterminer des avantages et des inconvénients de cette technique.

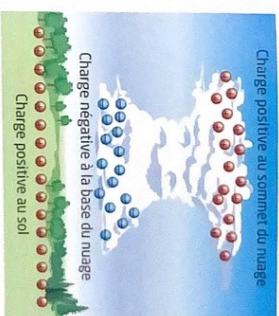
#### 41 Retour sur l'ouverture de chapitre

S'APPROPRIER ANALYSE RAISONNER RÉALISER

La Tour Eiffel est très souvent frappée par des éclairs lors des orages qui ont lieu à Paris.



Document Théorie de J.D Sator



Lors d'un orage, les cumulo-nimbus sont fortement chargés électriquement. D'après la théorie de J.D. Sator, ce sont les chocs entre particules (grains et petits cristaux de glace) à l'intérieur du nuage, causés par les importants mouvements de convection qui créent une électrisation. Les particules de glace sont chargées positivement tandis que les gouttelettes d'eau sont chargées négativement. La glace, plus légère, se retrouve au sommet du nuage, tandis que les gouttelettes d'eau se retrouvent à la base du nuage. La partie du nuage qui se trouve en regard de la Terre était chargée négativement, le sol se charge positivement à sa surface par influence.

D'après culture(sciences)phiques.com/jon.fr.

Donnée :

On peut assimiler la base du nuage et le sol à deux plaques d'un condensateur plan soumise à une tension  $U$  (en V). La norme du champ électrostatique  $E$  (en N·C<sup>-1</sup> ou en V·m<sup>-1</sup>) est égale à  $\frac{U}{d}$  où  $d$  est la distance (en m) entre les plaques.

- Déterminer l'origine de l'électrisation à l'intérieur du nuage et à la surface de la Terre.
- Explique pourquoi des éclairs peuvent naître dans le nuage et entre le nuage et la Terre.
- Un éclair se produit entre un nuage et le sol, la base du nuage étant à 1 km du sol. La norme du champ électrostatique est alors proche de 10 kV·m<sup>-1</sup>. Calculer la valeur  $U$  de la tension électrique entre le nuage et la surface de la Terre.

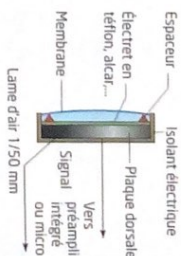
## Exercices

### S'ENTRAÎNER

#### 42 Micro à électret

S'APPROPRIER ANALYSE RAISONNER RÉALISER

Les micros à électret sont très largement utilisés dans le domaine des applications audio grand public, en raison de leur coût modéré et de leur faible encombrement. Ils sont en particulier utilisés dans les téléphones portables. Les micros électrostatiques à électret tirent parti d'une propriété de certains matériaux de conserver une charge électrostatique permanente. Un matériau de cette sorte constitue une armature de condensateur, la membrane du micro constituant l'autre armature.



Donnée : La norme du champ électrostatique  $E$  (en N·C<sup>-1</sup> ou en V·m<sup>-1</sup>) à l'intérieur d'un condensateur plan soumis à une tension  $U$  (en V) est  $E = \frac{U}{d}$  où  $d$  est la distance (en m) entre les plaques.

- Déterminer l'ordre de grandeur de la norme du champ électrostatique entre l'électret et la membrane, qui constituent les armatures du condensateur, en supposant que la tension entre celles-ci est de l'ordre de  $U = 1$  V.
- Lorsqu'une onde sonore arrive sur la membrane, elle la déforme. Il en résulte une variation de tension aux bornes du condensateur de l'ordre de  $U = 10$  mV. Estimer l'ordre de grandeur de la déformation de la membrane du micro à électret.

#### 43 Champ de gravitation et champ de pesanteur terrestre

RÉALISER VALIDER

En raison du mouvement de rotation de la Terre, la norme du poids d'un objet ( $P = mg$ ) n'est pas tout à fait identique à la norme de la force de gravitation exercée par la Terre à sa surface sur cet objet.

Données :

- masse de la Terre  $M_E = 5,97 \times 10^{24}$  kg ;
- rayon de la Terre  $R_E = 6,38 \times 10^3$  km ;
- angle  $\theta$  entre la direction de la force de gravitation exercée par la Terre à sa surface sur un individu de masse  $m = 60$  kg.

- En déduire la norme du champ de gravitation à la surface de la Terre.
- Déterminer si la norme du champ de gravitation est modifiée dans le cas où on considère une personne ayant une autre masse.
- Comparer la valeur obtenue avec celles des normes du champ de pesanteur à l'équateur ( $g_E = 9,78$  N·kg<sup>-1</sup>) et aux pôles Nord et Sud ( $g_P = 9,83$  N·kg<sup>-1</sup>) puis conclure.



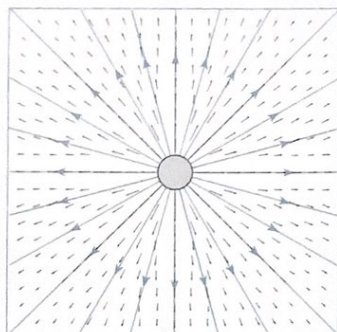
## Exercices

## S'ENTRAÎNER

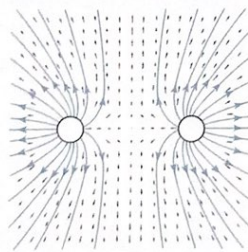
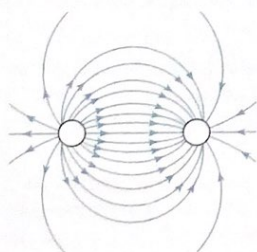
### 44 ★ Lignes de champ

ANALYSER-RAISONNER VALIDER

Des lignes de champ électrostatique dues à un objet chargé placé au centre de l'image sont représentées ci-dessous.



- Déterminer si la charge électrique de l'objet est positive ou négative.
- On travaille maintenant avec deux objets de charges électriques égales en valeur absolue. Déterminer dans quel cas les charges électriques sont de même signe et le cas où elles sont de signe contraire.



### 45 ★ Point neutre

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Il existe un point neutre, sur la droite joignant le centre de la Terre à celui de la Lune, où les normes des forces de gravitation exercées respectivement par la Terre et par la Lune sur ce point sont égales.



- Donner l'expression de la norme de la force de gravitation exercée par la Terre sur un objet de masse  $m$ . On notera  $d$  la distance entre le centre de la Terre  $T$  et le centre de l'objet  $O$ .
- Donner l'expression de la norme de la force de gravitation exercée par la Lune sur ce même objet. On notera  $D$  la distance entre le centre de la Terre  $T$  et le centre de la Lune  $L$ . Réaliser un schéma de la situation.
- Déterminer l'expression de la distance  $d$  dans le cas où l'objet est situé au point neutre.

### 46 ★★ Trou noir

S'APPROPRIER RÉALISER VALIDER COMMUNIQUER

Un trou noir est un objet céleste si compact que son champ de gravitation empêche toute forme de matière ou de rayonnement de s'en échapper.



#### DOCUMENT Deux forces en concurrence

Seules les étoiles les plus massives finissent en trou noir, après une série « d'effondrements gravitationnels ». [...] En son cœur (celui de l'étoile), à tout moment, deux forces sont en concurrence : d'une part, la « pression radiative » due à l'énergie dégagée par la fusion qui tend à dilater l'étoile et à faire baisser la température ; d'autre part, la gravité (le poids) qui la pousse à s'effondrer sur elle-même. Toutes les étoiles passent ainsi par une série de dilatations et d'effondrements, mais leur destin diffère. Examinons deux cas extrêmes : les étoiles dont la masse équivaut à la moitié de la masse solaire se laissent dominer par les forces de pression qui les dilatent et les refroidissent. Elles deviennent alors des naines brunes car elles ne brillent plus. À l'inverse, celles dont la masse équivaut à plusieurs fois la masse solaire voient leur densité augmenter à force de s'effondrer sur elles-mêmes. Puis dans un dernier sursaut, elles explosent en supernova et éjectent leur enveloppe dans l'espace. Leur cœur est alors un astre très dense, comme si toute la masse de la Terre se tassait dans une sphère d'un rayon de 1 cm ! Si cette étoile résiduelle a une masse de plus de 3,2 fois celle du Soleil, elle finira en trou noir.

D'après sciencesetavenir.fr (17/11/2015).

Donnée : masse du Soleil  $M_s = 1,99 \times 10^{30}$  kg.

- Identifier les deux forces qui s'exercent au sein d'une étoile.
- Identifier le cas où il peut y avoir formation d'un trou noir.
- On considère un trou noir de dix masses solaires et de rayon  $r = 30$  km. Exprimer puis calculer les normes  $F_1$  et  $F_2$  de la force de gravitation exercée sur un satellite de masse  $m = 1,0$  tonne placé à une distance  $d_1 = 15\,000$  km puis à une distance  $d_2 = 3\,000$  km du trou noir.
- Un trou noir est un objet céleste dont le champ de gravitation est si intense qu'il empêche toute forme de matière de s'en échapper. Justifier cette affirmation.