

PARTIE I : DYNAMIQUE

Chapitre 1 : Energie Mécanique

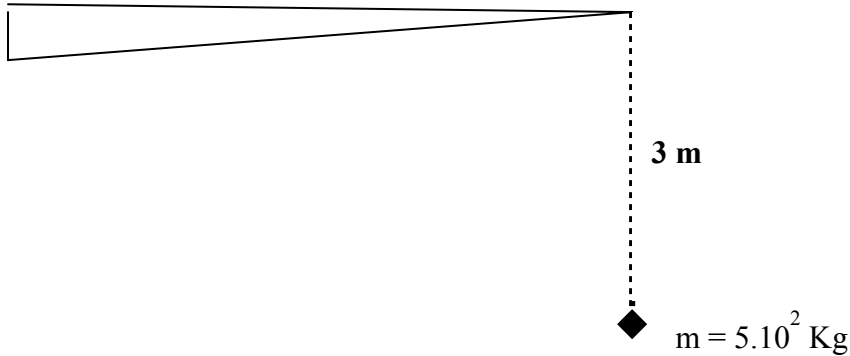
- 1 TRAVAIL d'une force qui se déplace sur sa ligne d'action
- 2 TRAVAIL d'une force oblique
- 3 Notion de PUISSANCE
- 4 Energie POTENTIELLE
- 5 Energie CINETIQUE
- 6 THEOREME de l'énergie Cinétique

Points 1 et 2 notes manuscrites !!

Dactylographiées apd point 3

3 Notion de PUISSANCE

Lorsqu'une grue élève une charge de $5 \cdot 10^3$ N à une hauteur de 3m, elle effectue un Travail de $15 \cdot 10^3$ Joules.



Supposons que la « grue A » fournisse ce travail en 20 secondes

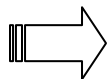
Une autre « grue B » peut effectuer le même travail en 10 secondes

Une 3^e « grue C » peut effectuer le même travail en 5 secondes

Chacune de ces 3 grues effectue le même travail, MAIS,

- La Grue C le fait 2 fois plus vite que le Grue B
- La Grue B le fait 2 fois plus vite que le Grue A

CONCLUSION : - La Grue C est 2 fois plus PUISSANTE que la Grue B
- La Grue B est 2 fois plus PUISSANTE que le Grue A



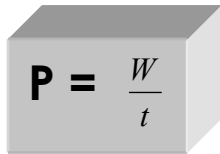
La notion de **PUISSANCE** implique donc le temps que dure le Travail.

Définition 1 : La **PUISSANCE** d'une machine

.....

.....

Algébriquement , cela nous donne :


$$P = \frac{W}{t}$$

où P = la exprimée en **Watt**

W = le exprimé en **Joules**

t = le en **Secondes**

Définition 2 : Le Watt est la puissance d'une machine qui fournit

Le watt s'exprime en Joules / Seconde

$$1 \text{ Watt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ s}}$$

A titre d'exemple, voici quelques ordre de grandeurs de puissances :

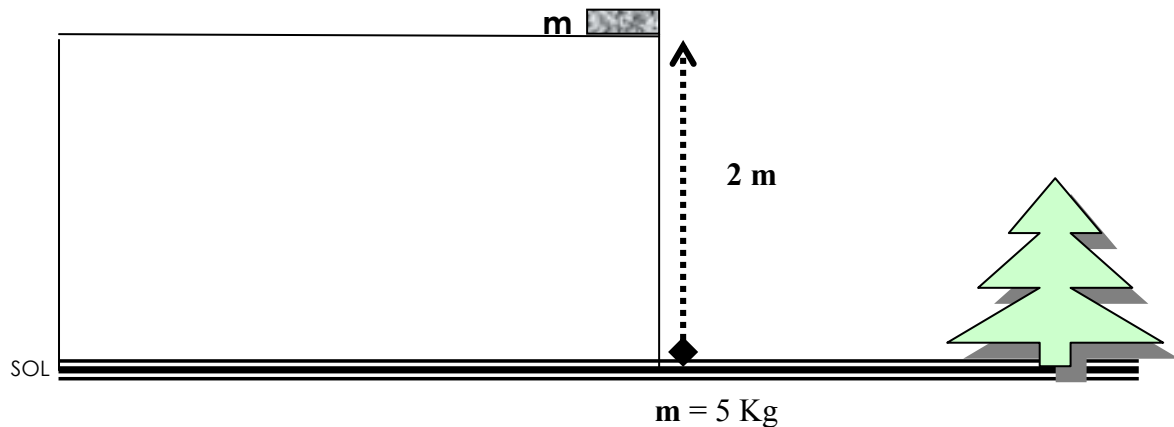
- Une locomotive → 750 KW – 4500 KW
- Moteur d'avion (petit avion) → 750 KW – 3000 KW
- Moteur de camion → 74Kw en moyenne
- Moteur d'auto → 30Kw en moyenne
- Un cheval en service continu → 400 W
- Un cycliste qui fait 15km/h → 75W
- La mécanique d'une petite montre → 800µW
- Un moteur de transatlantique → $15 \cdot 10^4$ KW

4 Energie POTENTIELLE

Tout système qui peut fournir du TRAVAIL possède de l'ENERGIE.

Cette énergie est mesurée en unités de travail.

Soulevons un poids de 50N à une hauteur de 2m au dessus du sol.



Sachant que

$$F = m \cdot a \text{ et que}$$

$$d = 2m \text{ et que}$$

$$W = F \cdot d$$

On obtient pour le travail:

$$W = m \cdot a \cdot d$$

$$W = 5 \cdot 10 \cdot 2 \text{ en admettant que } a = g = 10$$

$$W = 100 \text{ Joules ou Nm}$$

D'une manière générale, lorsqu'on déplace un corps de poids **G** situé à la hauteur **h₁** au-dessus du sol, jusqu'à une hauteur **h₂** avec $h_2 > h_1$, on aura effectué un travail de : $W = G(h_2 - h_1)$

Si le poids tombait à la hauteur à laquelle nous l'avons hissé, il pourrait effectuer un travail équivalent à **W**.

Ce poids suspendu possède donc une certaine quantité d'énergie potentielle **E_p** donnée par :

Si $h_1 = 0$; $E_p = G \cdot h$; d'où

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

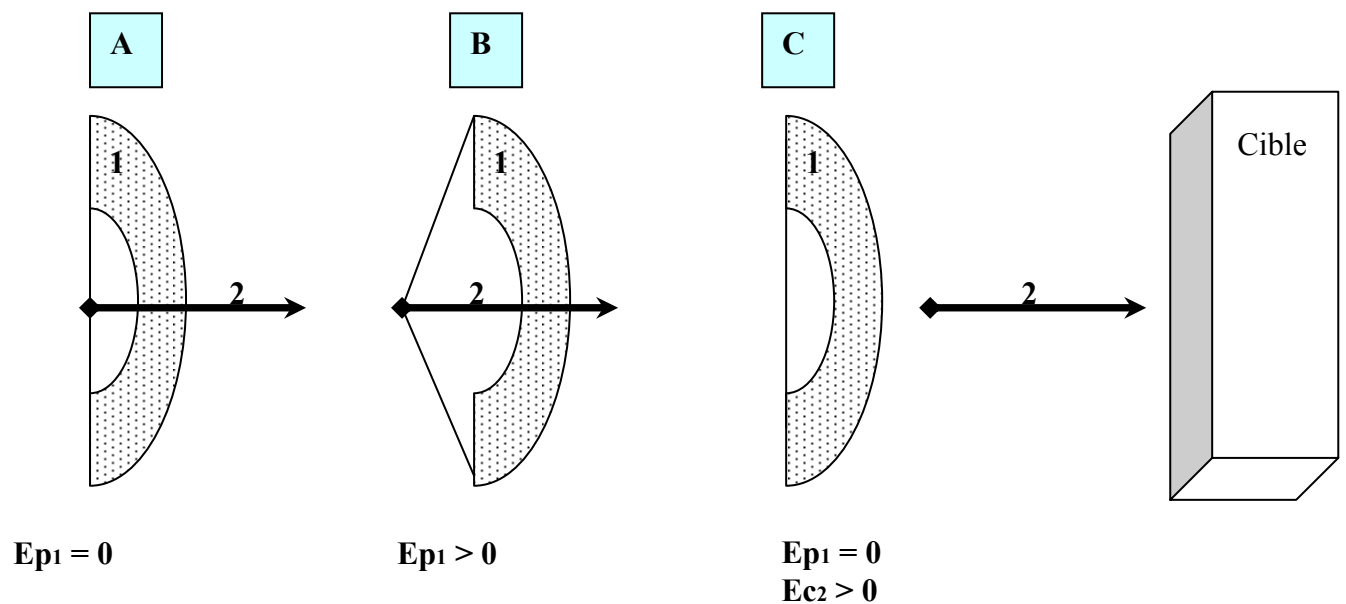
Notion de Potentiel

Potentiel en un point du champ de la pesanteur

Chaque point du champ de la pesanteur est caractérisé par une grandeur qui porte le nom de « Potentiel »

$$V = \frac{E_p}{m} \text{ où } V = \frac{m \cdot g \cdot h}{m} = g \cdot h$$

5 Energie CINETIQUE



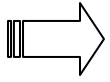
Où E_p = énergie potentielle de l'arc
 E_c = énergie cinétique de la flèche

En C, la flèche lancée à une vitesse V peut effectuer un travail, elle possède donc de l'énergie. Cette énergie n'est pas due à la position qu'occupe la flèche, mais à son mouvement.

On dit qu'elle possède de l'énergie cinétique.

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2$$

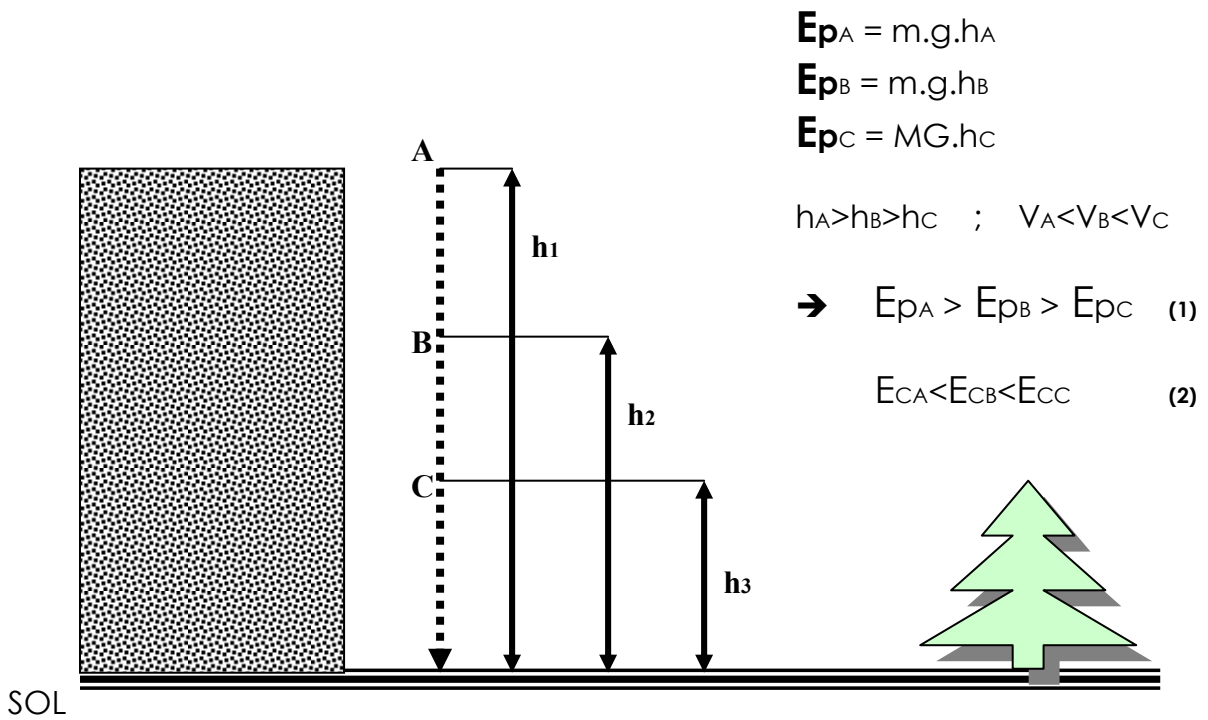
Où E_c = énergie cinétique de la flèche exprimée en **J**
 m = masse de la flèche exprimée en **Kg**
 V = vitesse de la flèche exprimée en **m/sec**



LOI DE LA CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE

E_c }
 E_p } Sont deux formes de l'énergie mécanique

Observons une pierre qui tombe d'une hauteur **h**



Au point A : E_p est maximale
 $E_c = 0$

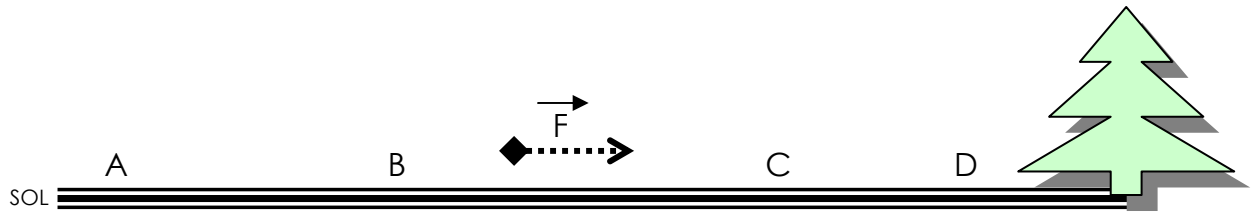
Au point D : $E_p = 0$
 E_c est maximale

On peut prouver ainsi qu'à chaque instant de la chute, la perte en E_p est compensée par un accroissement d'énergie cinétique, de telle façon que l'énergie mécanique totale (E_T) de la pierre, qui est la somme de E_c et de E_p , reste constante.

$E_T = E_c + E_p$

→ reste constante

6 THEOREME de l'Energie Cinétique



Soit un mobile qui se déplace le long de la trajectoire AD sous l'action d'une force constante $F // AD$.

Le travail effectué par F pour déplacer ce mobile de B à C vaut :

$$W_{BC} = F \cdot |BC|$$

On montre que le travail effectué par la force F est toujours égal à la différence de la quantité $\frac{1}{2}mv^2$ évaluée à la fin et au début de la trajectoire.

$$\Rightarrow W_{BC} = \frac{1}{2}mv_c^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

D'où

$$W = E_c(\text{finale}) - E_c(\text{initiale})$$

THEOREME

LE TRAVAIL EFFECTUE SUR UNE PARTICULE EST EGAL A LA VARIATION DE SON ENERGIE CINETIQUE

Résolution de la préparation du 12 octobre 2004

Enoncé

Une voiture de 1000 kg passe d'une vitesse de 25m/s à 17 m/s. Calculer l'énergie de freinage ainsi que la force de freinage si la distance parcourue lors du freinage est de 40m

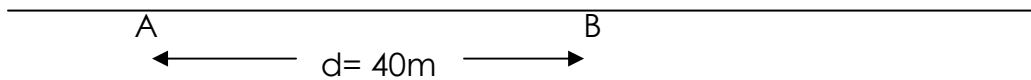
Résolution

Données	Inconnues	Formules
À vous de remplir...		

Schéma :

m= 1000kg
Va=25m/s

Vb=17 m/s



Calculs :

$$W = \Delta Ec$$

$$= Ec(B) - Ec(A)$$

$$= \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1000 * 17^2}{2} - \frac{1000 * 25^2}{2} = 500(17^2 - 25^2) = \boxed{-168.10^3 \text{ J}}$$

$$\boxed{W = -168.10^3 \text{ Joules}}$$

$$W = F.d \rightarrow F = \frac{W}{d} \rightarrow \frac{-168.10}{40} = -4200 \text{ N} \rightarrow \boxed{F = -4200 \text{ N}}$$

Physique PARTIE I : Problèmes à résoudre

Exercice 1



Une bille masse $m=15,0\text{g}$ est en chute libre sans vitesse initiale. Elle a été lâchée d'un balcon au 6^{ème} étage situé à une hauteur $h=18,0\text{m}$.

1. Représenter les forces s'exerçant sur la bille.
2. Déterminer le travail du poids de la bille au cours de la chute.
3. Déterminer l'énergie cinétique de la bille lorsqu'elle arrive au sol.
4. En déduire la vitesse de son centre d'inertie.

Exercice 2

1. Un bobsleigh de masse $m=500\text{Kg}$ est animé d'un mouvement de translation. La valeur de sa vitesse varie de $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ à $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - a. Enoncer le théorème de l'énergie cinétique.
 - b. Calculer le travail reçu par le bobsleigh.
2. Pendant la course d'élan, les bobeurs exercent sur une distance $d=10\text{m}$ une force $F=200\text{N}$ parallèle à la piste. Calculer la vitesse acquise par le bobsleigh de masse $m=350\text{Kg}$ à la fin de la course d'élan horizontale.
 - a. En négligeant la force de frottement.
 - b. En considérant que la force de frottement f , supposée parallèle à la piste, a pour valeur 20N .



Exercice 3

L'eau d'un barrage est amenée à la turbine de la centrale électrique par une conduite forcée. La dénivellation entre le barrage et la turbine est $h=800\text{m}$.

1. Déterminer le travail du poids de $1,0\text{m}^3$ d'eau entre le barrage et la turbine.
2. Déterminer la puissance P de cette chute d'eau si son débit est $D=30\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.
3. On admet que toute la puissance de la chute d'eau est transformée en puissance électrique par l'alternateur relié à la turbine. Quel devrait être le débit D' d'une chute d'eau de même dénivellation pour que sa puissance soit celle d'un réacteur nucléaire de 1000MW ?

Résolutions

EXERCICE 1

1. On étudie le système {bille} dans le référentiel terrestre (galiléen par approximation). Le système {bille} est soumis à une force de la part du milieu extérieur:

- Son poids \vec{P} :
 - Force répartie à distance.
 - Direction: verticale.
 - Sens: vers le bas.
 - Point d'application: centre d'inertie du système.



2. Le travail du poids de la bille au cours de la chute s'écrit:

$$W(\vec{P}) = +m.g.h \Rightarrow W(\vec{P}) = 15,0 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 18,0 \\ \Rightarrow W(\vec{P}) = 2,65\text{J}$$

Remarque: $W(\vec{P}) > 0$: le poids de la bille effectue un travail moteur.

3. La variation d'énergie cinétique de la bille entre le 6^{ème} étage et le sol s'écrit:

$$\Delta E_c = W(\vec{P}) \Rightarrow E_c(\text{sol}) - E_c(6^{\text{ème}}) = W(\vec{P})$$

Or $E_c(6^{\text{ème}}) = 0$ car la bille est lâchée sans vitesse initiale, d'où:

$$E_c(\text{sol}) = W(\vec{P}) \Rightarrow E_c(\text{sol}) = 2,65\text{J}$$

$$4. E_c(\text{sol}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c(\text{sol})}{m}} \\ \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \times 2,65}{15,0 \cdot 10^{-3}}} \\ \Rightarrow V = 18,8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

EXERCICE 2

1.a Soit un solide S en mouvement de translation entre deux instants t_1 et t_2 . dans un référentiel galiléen.

Théorème de l'énergie cinétique:

La variation d'énergie cinétique du centre du solide entre les instants t_1 et t_2 est égale à la somme des travaux de toutes les forces extérieures appliquées au solide entre les instants t_1 et t_2

$$E_{c2} - E_{c1} = \sum W(\vec{F}_{ext})$$

1.b Soit W le travail reçu par le bobsleigh, d'après le théorème de l'énergie cinétique:

$$\begin{aligned} W &= E_{c2} - E_{c1} \quad (\text{finale} - \text{initiale}) \\ W &= 1/2.m.v_2^2 - 1/2.m.v_1^2 \\ W &= 1/2.500.(10^2 - 5^2) \end{aligned}$$

$$W = 18750\text{J}$$



2.a On étudie le système {bobsleigh} dans le référentiel terrestre (galiléen en première approximation)

Le système est soumis à 3 forces extérieures:

- Son poids \vec{P} .
- La réaction normale du sol \vec{R}_N .
- La force motrice \vec{F} due à la poussée.

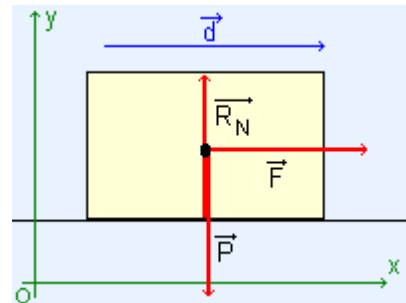
D'après le théorème de l'énergie cinétique:

$$E_{c2} - E_{c1} = W(\vec{P}) + W(\vec{R}_N) + W(\vec{F}).$$

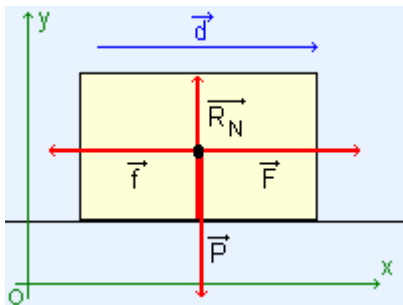
$W(\vec{P})=0$ et $W(\vec{R}_N)$ car les forces \vec{P} et \vec{R}_N sont perpendiculaires au déplacement.

Le travail de \vec{F} est un **travail moteur**: $W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d$, d'où:

$$\begin{aligned} E_{c2} - E_{c1} = W(\vec{F}) &\Rightarrow 1/2.m.V^2 - 0 = F.d \\ \Rightarrow V &= \sqrt{\frac{2.F.d}{m}} \\ \Rightarrow V &= \sqrt{\frac{2 \times 2200 \times 10}{350}} \\ \Rightarrow V &= 3,38\text{m.s}^{-1} \end{aligned}$$



2.b On étudie le système {bobsleigh} dans le référentiel terrestre (galiléen en première approximation)



En plus des forces précédentes, le bobsleigh est soumis à la force de frottements \vec{f} .

Soit \vec{R} la réaction de la piste. On remarquera que $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$

D'après le théorème de l'énergie cinétique:

$$Ec_2 - Ec_1 = W(\vec{P}) + W(\vec{R}_N) + W(\vec{F}) + W(\vec{f}).$$

Or $W(\vec{P})=0$ et $W(\vec{R}_N)$ car les forces \vec{P} et \vec{R}_N sont perpendiculaires au déplacement.

Le travail de \vec{F} est un travail moteur: $W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d$

Le travail de \vec{f} est un travail résistant: $W(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{d} = -f \cdot d$

$$\text{d'où } Ec_2 - Ec_1 = W(\vec{F}) + W(\vec{f}) \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 - 0 = F \cdot d - f \cdot d$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot (F - f)}{m}}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times (200 - 20)}{350}}$$

$$\Rightarrow V = 3,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

EXERCICE 3

1. La masse volumique de l'eau est $\mu=1000\text{kg.m}^{-3}$. La masse de 1m^3 d'eau est donc $m=1000\text{kg}$.
Le travail du poids de cette masse d'eau est donné par:

$$W_h(\vec{P}) = m g h \Rightarrow W_h(\vec{P}) = 1000 \times 9,8 \times 800 \Rightarrow W_h(\vec{P}) = 7,8.10^6\text{J}$$

2. Le volume d'eau débité par la chute pendant la durée Δt est:

$$V = D \Delta t$$

La masse d'eau correspondante est :

$$m = \mu V \Rightarrow m = \mu D \Delta t$$

Le travail du poids de cette masse d'eau est alors:

$$W_h(\vec{P}) = m g h \Rightarrow W_h(\vec{P}) = \mu D \Delta t g h$$

la puissance correspondante est:

$$P = \frac{W_h(\vec{P})}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{\mu D \Delta t g h}{\Delta t} \Rightarrow P = \mu D g h$$

d'où

$$P = 1000 \times 30 \times 9,8 \times 800 \Rightarrow P = 2,3.10^8 \text{ W}$$

3. Notons D' le débit recherché et P' la puissance voulue. D'après ce qui précède on a:

$$D = \frac{P'}{\mu g h} \Rightarrow D = \frac{1000.10^6}{1000 \times 9,8 \times 800} \Rightarrow D' = 1,3.10^2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

Physique PARTIE I : Activité de maîtrise et de rattrapage

Par groupe de deux

Exercice 1



Une bille masse $m=9500 \text{ mg}$ est en chute libre sans vitesse initiale. Elle a été lâchée d'un balcon au 15^{ème} étage situé à une hauteur $h=3200\text{cm}$. (Supposez $g=10\text{m/s}^2$)

1. Représenter les forces s'exerçant sur la bille. (Direction, sens et forces s'appliquant sur la bille)
2. Déterminer le travail du poids de la bille au cours de la chute.
3. Déterminer l'énergie cinétique de la bille lorsqu'elle arrive au sol.
4. En déduire la vitesse de son centre d'inertie.

Exercice 2

Un bobsleigh de masse $m=500\text{Kg}$ est animé d'un mouvement de translation. La valeur de sa vitesse initiale est de 5m.s^{-1} . A la fin de la course, elle vaut 10m.s^{-1} .

- c. Enoncer le théorème de l'énergie cinétique.
- d. Calculer le travail reçu par le bobsleigh.



Exercice 3

Lors d'une descente de toboggan de 12,5 m de haut, un garçon de Poids 350N passe de la vitesse de 0m/s à la vitesse de 10m/s. Calculez l'énergie perdue par frottements au cours de cette descente.

Supposez $g=10\text{m/s}^2$

Exercice 4

Une balle de masse $m=110\text{g}$ est lâchée sans vitesse d'une hauteur $h=1,1 \text{ m}$. $g=10 \text{ m/s}^2$. La balle rebondit sur le sol. A chaque bond, la balle perd 18% de son énergie dû au frottements.

1. Quelle est la vitesse de la balle juste après un rebond ?
2. Quelle est l'altitude maxi atteinte après un rebond ?
3. Quelle est la durée de la seconde descente ?

Devoir surveillé
Introduction à la notion de « Chaleur »

Le ZERO ABSOLU

LECTURE ET COMPRÉHENSION

Lisez le texte ci-dessous et répondez aux questions suivantes sur une feuille séparée

1. Citez le nom du gaz qui se rapproche le plus du zéro absolu ?
2. Selon ce texte, pouvez-vous affirmer que le zéro absolu n'existe pas. Justifiez votre réponse.
3. Est-il vrai que le volume d'un gaz peut être nul s'il atteint le zéro absolu ? Nuancez votre réponse.
4. Quelle est la température la plus basse que l'on ai pu atteindre à ce jour ?
5. Quelles sont les 4 échelles de valeurs utilisées pour désigner une température ?
6. Qu'est ce que l'hélium -3 et comment le fabrique-t-on ? Quels sont les freins à sa fabrication en grande quantité ?
7. Citez des exemples d'application pratique d'un gaz de basse température.
8. Qu'est-ce que le processus de cryogénie ?
9. Quels sont les inconvénients d'un gaz à basse température ?
10. **Effectuez une recherche (Internet ou Livre en bibliothèque) sur ce qu'est la « Chaleur » en physique. Vous remettrez le résultat de vos recherches sous forme de mini-dossier. Le travail sera coté sur base du contenu, de la recherche effectuée, de la présentation. (Remarque : il ne s'agit pas de simplement faire un copier/coller d'une page Internet et le travail est personnel !!)**

Qu'est-ce que le « ZÉRO ABSOLU » ?

Le zéro absolu est - en théorie - le point de température le plus bas qu'une substance puisse atteindre. Il correspond à une température de zéro degré Kelvin, ou $-273,16$ °C. Au niveau microscopique, les molécules qui atteignent cette température deviennent complètement figées. Car le froid ralentit l'agitation moléculaire, habituellement incessante dans toute substance.

Les physiciens ont découvert que certaines substances développent des propriétés très intéressantes quand elles ont froid. Certains fluides, par exemple, perdent toute viscosité (c'est la superfluidité), et certains métaux ou alliages perdent leur résistance électrique (c'est la supraconductivité). Les recherches pour atteindre le zéro absolu sont donc nombreuses.

En pratique, on atteint aujourd'hui facilement $0,21$ K en faisant s'évaporer de l'hélium. Une autre méthode - appelée la « désaimantation adiabatique de substances paramagnétiques » - permet d'obtenir des températures encore plus basses, jusqu'à 10^{-6} K. Mais personne n'est encore parvenu à la fameuse limite du zéro absolu.

Pourquoi le zéro absolu est-il dit « théorique » ?

Le zéro absolu reste toujours un mystère, car personne ne l'a encore atteint, mais il y a eu plusieurs expériences sur le sujet et on se rapproche de plus en plus de cette température utopique. Les recherches, qui ont été amorcées en 1970 dans un laboratoire de l'université de Cornell qui travaille sur les basses températures, ont démontré que le gaz se rapprochant le plus du zéro absolu était un isotope de l'hélium, l'hélium-3.

Nous allons donc approfondir le sujet glacé des basses températures en vous parlant **du zéro absolu et du gaz qui s'en rapproche le plus jusqu'à aujourd'hui, l'hélium-3**. Nous vous décrirons ses caractéristiques chimiques et physiques ainsi que ses propriétés, les facteurs impliqués comme la nature, la quantité, la température, le volume et la pression.

Nous traiterons aussi de ses impacts sur l'environnement et quels effets il y aurait sur notre société si une telle température était atteinte.

Premièrement, **le zéro absolu est une température fictive que l'on a fixé à -273,15 degrés Celsius**. Nous disons qu'elle est fictive, car nous n'avons jamais réussi à l'atteindre avec exactitude, mais nous en sommes à une fraction de degré près.

Les scientifiques ont déduit qu'à cette température le volume d'un gaz serait nul, car à pression constante, plus nous diminuons la température de l'espace environnant et plus le volume d'un gaz diminue, mais nous savons aujourd'hui que **le volume d'un gaz ne sera jamais nul, car lorsque la température diminue, les gaz se transforment en liquide pour ensuite se solidifier**.

Le zéro du zéro absolu est représenté comme étant le zéro de l'échelle Kelvin. Donc 0 K est égale à -273,15 degrés Celsius. Cependant, **pour l'échelle en Fahrenheit, le zéro absolu est représenté par -459,67 F**. Il y a aussi une quatrième échelle, celle de Rankine, mais elle est moins connue et moins utilisée. **À cette température, il n'y a aucun changement chimique** qui se produit, car la baisse de température ne fait que faire changer les gaz de phase, donc les changements physiques sont d'ordres primaires. **Comme changements physiques, il y a le changement de phase de gazeux à liquide et de liquide à solide, la diminution du volume et l'augmentation de la masse**.

Un des seuls gaz à obtenir une température si basse est l'hélium-3.

L'hélium que nous retrouvons dans l'air, n'est pas présent en grande quantité, seulement 1 particule sur 200 000, et la fraction de l'isotope hélium-3 est environ un million de fois plus petite que celle de l'hélium. Cela coûterait donc trop cher pour extraire cet isotope de notre air. Nous le fabriquons donc à partir des irradiations du lithium par des neutrons produits par des réacteurs nucléaires.

Après la réaction nucléaire, un gaz riche en hélium-3 est créé et il est ensuite récupéré, puis vendu à des prix élevés. Cela implique que le gaz condensé, l'hélium liquide, ne gèle pas à des pressions ordinaires, mais il reste plutôt sous forme liquide même à des températures très proches du zéro absolu.

Ce gaz est unique par rapport à tous les éléments du tableau périodique, car c'est seulement sous de forte pression et à une température extrêmement basse que l'hélium liquide se cristallise et se transforme en une phase solide. Ce gaz est celui qui se rapproche le plus près du zéro absolu et lorsque cela se produit, il est sous forme liquide. La plus basse température que nous pouvons lui faire atteindre sous forme gazeuse est de 2 mK, c'est à dire 0,002 K qui équivaut à -273,148 degrés Celsius.

Nous pouvons donc constater que nous sommes extrêmement près du zéro absolu, sans toutefois pouvoir l'atteindre.

Les impacts

Les impacts que ce genre de gaz et de basse température auraient sur notre société sont assez nombreux.

Par exemple, l'avancement du **processus de cryogénie** serait de beaucoup touché par ces expériences, car **la cryogénie utilise de très près les basses températures pour congeler des matériaux organiques pour ensuite les décongeler plus tard sans aucun signe apparent ou chimique de vieillissement.**

Les moyens de **diffusion de l'électricité** pourraient en être avantagé, car **plus la température est froide et plus l'électricité passe facilement** dans le matériau choisi, car la résistance de tout matériau est réduite à de froides températures. La supraconductivité pourrait donc aussi bénéficier de ces recherches, car un fil de cuivre refroidi à 0 K serait conducteur sans aucun signe de résistance, mais il faudrait trouver un moyen de garder cette température froide à la température ambiante de l'extérieur par une belle journée ensoleillée.

L'utilisation pourrait aussi se faire **dans le domaine des transports**, car un moteur qui a tendance à chauffer trop rapidement peut être refroidi à l'aide d'eau, mais s'il était refroidi à l'aide de l'hélium-3, dans son état fluide, ses capacités seraient grandement augmentées, car il aurait beaucoup moins de chance de surchauffer. Nous pourrions **augmenter ainsi le moteur de nos fusées**, facilitant l'exploration de notre univers avec des moteurs plus puissants qui ont moins de chance d'exploser. Ce principe pourrait s'ajouter aussi aux autres types de moteurs ou de processeurs comme par exemple ceux des ordinateurs.

Malheureusement, il n'y a pas que des bons côtés au processus du zéro absolu. Par exemple, si l'on prenait le principe des bombes. Nous savons qu'il existe des bombes à froid qui sont de maigre puissance, car les températures atteintes lors de l'explosion de cette bombe ne sont pas assez froides. Mais imaginez que nous réussissions à contenir la température du zéro absolu dans un contenant et que nous le faisons exploser par la suite. Les résultats de ce froid intense auraient un effet aussi, sinon pire, que les effets immédiats de la bombe nucléaire. Évidemment, ceci n'est qu'une supposition parmi tant d'autres.

Il y a aussi le fait que **pour obtenir l'hélium-3, il faut utiliser une centrale nucléaire**, par conséquent, les déchets toxiques se feront de plus en plus nombreux, si nous ne trouvons pas un moyen de se débarrasser de ses déchets.

La superfluidité de l'hélium-3 apparaît seulement à des températures très basses, environ de 2 mK (0,002 K), et s'est trouvée utilisée seulement par des scientifiques travaillant à des températures extrêmement basses. Sa principale importance a été de développer notre compréhension sur la conduite compliquée de plusieurs particules interagissant fortement dans des systèmes quantiques, comme des liquides quantiques, et pour le développement de concepts théoriques dans les champs d'action microscopique des phénomènes quantiques.

La théorie quantique affirme que l'énergie rayonnante α , comme la matière, a une structure discontinue. Elle ne peut exister que sous forme de grains, ou quanta, de valeur $h\nu$, où h est une constante de valeur $6,624 \times 10^{-34}$ et que ν est la fréquence de rayonnement. Cette théorie est à la base de toute la physique moderne. **Le zéro absolu apporterait beaucoup de changement dans notre monde, surtout d'ordre mécanique, mais il y aurait bien entendu des inconvénients.**

PARTIE I : DYNAMIQUE

Chapitre 2 : La « Chaleur »

- 1 Energie des molécules
- 2 Les forces de cohésion
- 3 Etats de la matière
- 4 Agitation thermique

CHAPITRE II : LA CHALEUR

0. Introduction : Article sur Faraday

Chaleur et température

« Par une nuit moite et sans lune de l'an 1850, le chimiste anglais Michael Faraday se réveille en sueur.

Quel cauchemar ! Lui, l'expérimentateur de génie, aussi doué pour la chimie que pour la physique, ne savait plus la différence entre la température et la chaleur!

Encore sous l'emprise du rêve, il hésite...

Non, il faut en avoir le coeur net, par une expérimentation bien menée.

Faraday se lève, met une couverture sur les épaules et descend dans son

laboratoire : d'abord, du thé, puis, au travail.

Voyons, ce thé bien chaud : qu'en dit le thermomètre ?

70°! Il contient de la chaleur, et sa température est élevée.

La température mesure-t-elle la quantité de chaleur ?

Faraday sait raisonner : il sait que la chaleur est quelque chose qui se transmet, qu'un corps froid que l'on chauffe devient chaud, parce qu'on lui a transmis de la chaleur.

Et les physiciens du XVIIIème siècle lui ont enseigné que cette chaleur qui se transmet est une forme d'énergie.

Par exemple, Joseph Thompson, qui fut anobli sous le titre de Comte Rumford, avait observé que le percement des fûts de canon, qui nécessite de l'énergie, provoquait un échauffement du métal : ainsi, quand on dépense de l'énergie pour réaliser un travail mécanique, on obtient un effet mécanique - l'arrachage du métal- et un échauffement. L'énergie peut ainsi se transformer en chaleur.

Inversement la chaleur peut se transformer en énergie mécanique : dans une machine à vapeur, la chaleur que l'on communique à de l'eau provoque la vaporisation de cette dernière, et l'entraînement d'un piston.

D'accord, se dit Faraday, je sais ce qu'est la chaleur, mais la température, alors?

Il prend un gramme d'eau et le chauffe en mesurant la température : très vite, la température augmente et atteint 100 degrés Celsius.

A ce moment, l'eau s'évapore. Mais quoi ?

La température n'augmente plus, alors que l'on continue d'apporter de la chaleur.

C'est là une première preuve que la température n'est qu'une mesure de la chaleur, sinon la température continuerait d'augmenter quand on continue d'apporter de la chaleur.

Pas encore très bien réveillé, Faraday répète l'expérience, en prenant maintenant dix litres d'eau, qu'il chauffe avec le même feu que précédemment : cette fois, la température n'augmente que très lentement.

Si la température était la même chose que la chaleur, on devrait obtenir la même augmentation de température, puisque l'on chauffe de la même façon dans les deux cas.

Faraday remonte se coucher, rassuré, et il fait cette fois un beau rêve : il rêve que des physiciens découvriront la véritable signification de la chaleur.

Les mouvements des molécules augmentent avec la température. De l'eau, c'est un ensemble de molécules qui bougent dans tous les sens, à la façon de boules de billard sur un tapis sans frottement.

Refroidir l'eau, c'est à dire réduire la température, c'est ralentir les molécules, qui finissent par s'immobiliser en formant de la glace.

A ce stade, les molécules n'ont plus assez d'énergie pour se déplacer : elles vibrent sur place.

Inversement, quand on chauffe de l'eau, c'est à dire quand on augmente sa température, les vitesses des molécules augmentent tant que les molécules d'eau parviennent à s'échapper : c'est la vapeur.

Dehors les nuages ont passé, la lune brille à nouveau et, dans son sommeil, Michael Faraday sourit. Dommage : il ne se souviendra pas de son rêve en se réveillant »

-----→ L'étude de la chaleur et des propriétés chimiques de la matière se rapporte en fait à l'étude de l'énergie et des échanges d'énergie. Les phénomènes thermiques peuvent être interprétés à l'échelle moléculaire : *une substance chaude possède un degré de mouvement moléculaire plus élevé qu'une substance froide.*

La température peut donc être considérée comme une mesure de l'énergie cinétique de ce mouvement moléculaire.

→ **Les molécules possèdent de l'énergie, elles sont capable d'en gagner** (ex : lorsque l'on chauffe de l'eau et qu'elle bout), **alors elles s'agitent. Elles sont également capable d'en perdre**, (ex : lorsqu'on refroidi de l'eau jusqu'à obtenir de la glace), **alors elles s'immobilisent quasi totalement** (même si elles continuent à bouger)

1 Energie des Molécules

Mouvement

A cause de l'extrême petitesse des molécules et aussi à cause des énormes vitesses dont elles sont animées, il nous est impossible d'observer directement leurs mouvements. Il existe cependant un phénomène étrange qui nous permet, non de voir, mais de soupçonner l'existence de l'agitation moléculaire, c'est le mouvement brownien.

Mouvement Brownien

En effet, la confirmation de cette agitation moléculaire fut découverte (mais non expliquée) par le botaniste **Robert Brown** en 1827, en examinant des grains de pollen en suspension dans l'eau moyennant un microscope. Le mouvement irrégulier de ces grains constitue le **mouvement brownien**.

Dimension

*En ce qui concerne la **dimension des molécules**, elle diffère selon la nature des corps. A la suite de diverses considérations, on a pu établir que le diamètre de la molécule d'eau est approximativement de 2,5 angströms (1 angstrom = 10^{-8} cm). Ainsi, sur une longueur de 1mm, on peut aligner 4 millions de molécules d'eau !!*

Energie cinétique, mouvement de translation

→ Etant donné que les molécules de tous les corps sont continuellement en mouvement, **elles possèdent de l'énergie cinétique** donnée par la relation

connue : $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ (**mouvement de translation**)

Mouvements de rotation

En plus des mouvements de translation, les molécules exécutent en beaucoup de cas des mouvements de rotation autour d'un axe passant par leur centre de gravité.

2 Forces de cohésion

Attractivité entre particules

Par analogie avec les forces gravifiques, on admet que les particules qui constituent une substance donnée interagissent entre elles 2 à 2, de manière attractive et que **la grandeur de la force attractive diminue progressivement quand l'inter distance entre ces particules augmente**

Ces forces d'attractivité sont les forces de cohésion. Elles ont donc une portée limitée.

Cohésion

Définition : la **cohésion** désigne l'attraction qui s'exerce entre molécules de même espèce (contrairement à l'**adhésion** qui désigne l'attraction entre particules d'espèces différentes)

Rayon d'action

Autrement dit, si l'inter distance entre deux particules (atomes ou molécules) est supérieure à une distance donnée appelée **rayon d'action** d'une particule donnée, elles ne peuvent plus exercer d'action l'une sur l'autre. La force d'interaction entre ces deux particules est pratiquement nulle.

Sphère d'influence

Une particule ne peut agir que sur celles qui se trouvent dans sa **sphère d'influence de rayon R**.

3 Etats de la matière

C'est dans la nature et la vitesse des mouvements moléculaires qu'il faut rechercher la cause profonde des différents états physiques de la matière (forme solide, liquide ou gazeuse). C'est états de la matière s'expliquent à partir des **forces de cohésion** et de **l'agitation thermique**.

On distingue trois états physiques de la matière.

→ **L'état SOLIDE est rigide**, il a une **forme et un volume défini et constant**. Les éléments constitutifs de la matière (atomes et molécules) dans un solide occupent des places fixes.

exemples : bois, os, fer.

→ **L'état LIQUIDE est fluide**, il prend la forme de la partie du récipient qu'il occupe. Quand un liquide se trouve dans un récipient, il remplit tout l'espace disponible jusqu'au niveau de **sa surface libre**. Un **liquide** est donc un corps qui tend à **préserver son volume**, mais qui a une **forme variable**. Il est pratiquement **incompressible**.

Lorsqu'un corps passe de l'état solide à l'état liquide, **les molécules abandonnent leurs mouvements vibratoires autour d'un centre fixe d'équilibre et elles prennent des mouvements de translation**.

Les **forces de cohésion** sont donc plus faibles que pour les corps solides, bien que les **distances intermoléculaires soient encore extrêmement petites**. Les chocs innombrables entre les molécules du liquide leur font parcourir des chemins en zigzag.

exemples : eau, huile, sang.

→ **L'état GAZEUX** occupe tout le volume qui lui est offert, mais il est **aisément compressible**.

Il a tendance à occuper le volume le **plus grand possible**. Il est **facilement compressible**. Un gaz est un corps qui ne possède donc **ni forme, ni volume déterminés**.

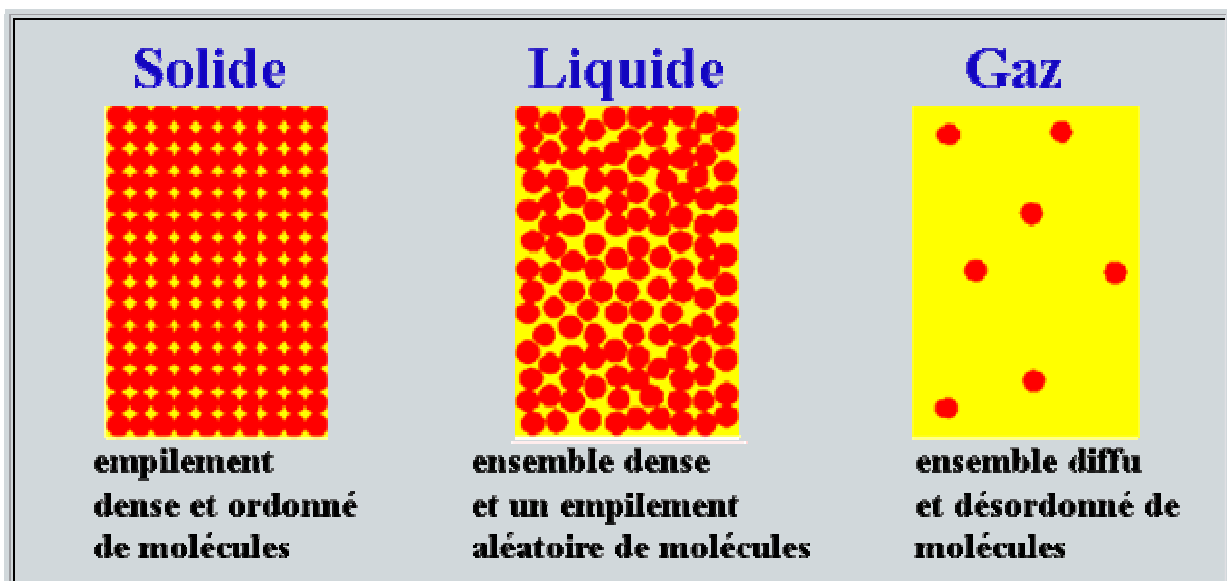
Enfermé dans un récipient, il est constitué de particules très petites qui « volent » dans toutes les directions et sont renvoyés par les parois du récipient.

Dans un gaz, les **distances intermoléculaires sont très grandes**, elles sont donc très compressibles.

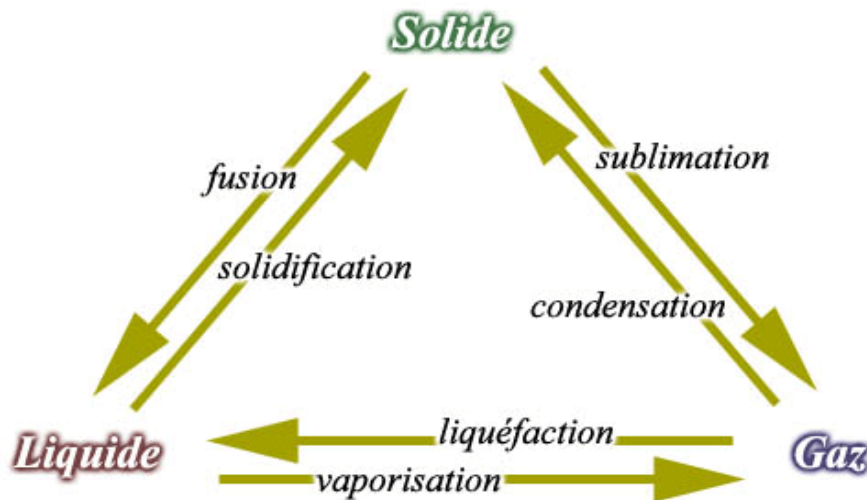
Dans une masse gazeuse, la cohésion est pour ainsi dire quasiment vaincue par l'énergie cinétique des molécules qui se meuvent à des vitesses d'autant plus grandes que la température du gaz est élevée.

exemples : air, hydrogène, dioxyde de carbone.

On peut représenter schématiquement les différents états de la matière par la figure suivante :



Beaucoup de substances peuvent exister dans les trois états physiques. Citons l'eau que nous connaissons à l'état solide (glace), à l'état liquide, et à l'état gazeux (vapeur d'eau). Une substance sera dans une phase donnée en fonction de la température et de la pression du milieu. Les noms des changements d'état (de phase) sont énumérés dans le schéma suivant :



Exemple : chauffer un récipient contenant des morceaux de glaces. Que se passe-t-il ?

Exercice : Sur une feuille de classeur, dressez un tableau avec les différentes propriétés des différents états que peut prendre la matière.

Vous pouvez par exemple y faire apparaître des éléments comme :

- La force de cohésion, la forme, le volume, compressible ? , distance intermoléculaire... et d'autres si vous en trouvez