

Semaine 4

Les transformations physiques de la matière

Modélisation des transformations physiques de la matière

Les états de la matière

Les 3 états de la matière ont été vus au collège. Le tableau ci-dessous en donne un résumé.

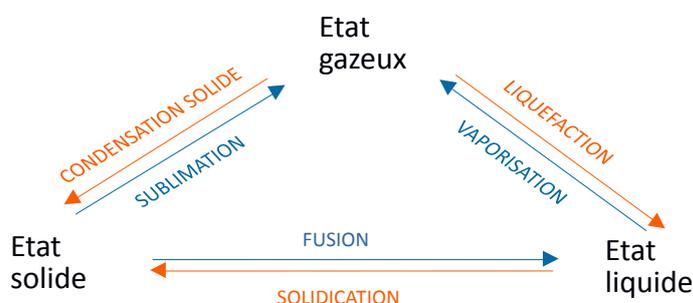
Etat	Propriétés physiques	Interprétation moléculaire
Solide	Forme propre Volume propre	Molécules compactes, immobiles, ordonnées. Il y a des liaisons intermoléculaires.
Liquide	Pas de forme propre Volume propre	Molécules compactes, mobiles, désordonnées. Il y a des liaisons intermoléculaires.
Gazeux	Pas de forme propre Pas de volume propre	Molécules dispersées, agitées, désordonnées. Il n'y a pas de liaisons intermoléculaires.

Les changements d'état

Lors d'un changement d'état, les propriétés physiques de la matière changent.

Au niveau moléculaire, l'arrangement spatial est modifié (disposition), les molécules se comportent différemment (liaison, mobilité).

Exemple: lors d'une vaporisation, les molécules commencent à s'agiter, les liaisons intermoléculaires se cassent et les molécules se dispersent.



Équation de changement d'état

Un changement d'état peut être modélisé sous la forme d'une équation. Il est important de noter que lors d'un changement physique de la matière, les espèces chimiques (atomes, molécules, ions) ne sont pas modifiées. **Seuls leur arrangement spatial et leurs comportements sont modifiés.**

Ainsi on peut écrire le changement d'état de l'espèce chimique X, sous la forme :



On utilisera les lettres g, l, et s pour désigner respectivement les états gazeux, liquide et solide.

Exemple :



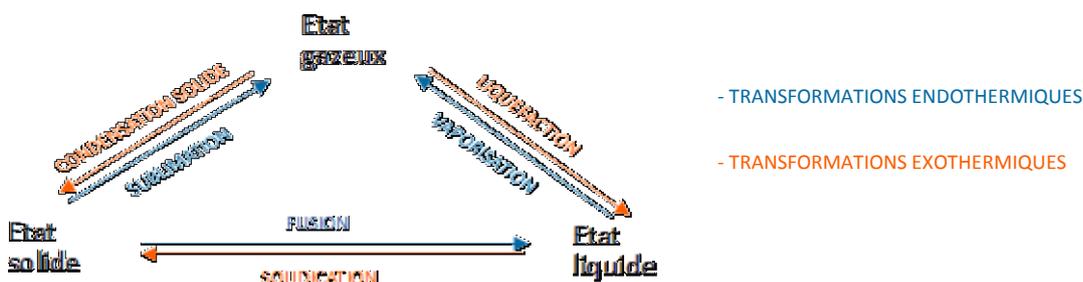
Transferts thermiques

Un changement d'état peut être de 2 natures : endothermique ou exothermique.

Changement d'état endothermique : la transformation consomme de la chaleur, car les molécules absorbent de l'énergie. Les molécules s'agitent, les liaisons peuvent se rompre.

Changement d'état exothermique : la transformation produit de la chaleur, car les molécules libèrent de l'énergie. Les molécules ralentissent, des liaisons peuvent se former.

Ainsi on distinguera sur le schéma précédent les 2 types de changement d'état :



Énergie de changement d'état

Définition de l'énergie massique de changement d'état

On note L, l'énergie massique de changement d'état. Elle s'exprime en $J.kg^{-1}$. On l'appelle aussi chaleur latente de changement d'état ou enthalpie de changement d'état.

C'est l'énergie qu'il faut fournir à une unité de masse (1 kg) d'un corps pour lui faire subir un changement d'état.

Ainsi :

- pour les transformations **endothermiques** $\rightarrow L > 0$
- pour les transformations **exothermiques** $\rightarrow L < 0$

On note :

$$L_{fusion} = L_f$$

$$L_{solidification} = L_s$$

$$L_{vaporisation} = L_v$$

$$L_{liqu\acute{e}faction} = L_l$$

On remarque que : $L_f = -L_s$ et $L_v = -L_l$

Pour chaque type de changement d'état, pour une pression donnée et pour un corps pur donnée, on a une énergie massique de changement d'état qui correspond.

Exemple pour l'eau :

$$L_f = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}; L_s = -334 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

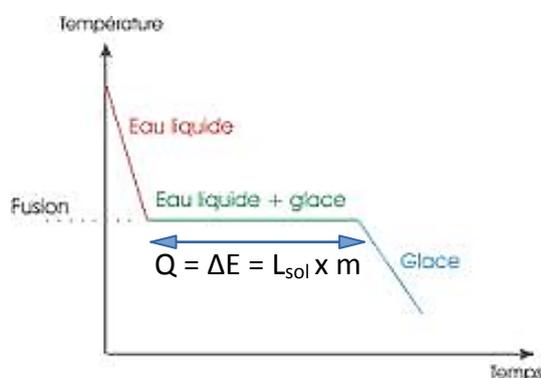
Calcul de l'énergie de changement d'état

L'énergie échangée lors d'un changement d'état peut être quantifiée, elle est proportionnelle à la masse **m** d'espèce chimique qui a subi ce changement d'état.

Cette énergie échangée se note ΔE^4 . On peut aussi la noter **Q**. Elle s'exprime en **Joules (J)**.

$$Q = \Delta E = L \times m$$

Attention : il s'agit bien de l'énergie échangée entre le début du changement d'état et la fin du changement d'état, c'est à dire pendant le temps où coexistent ensemble 2 états de la matière. **Pour les corps purs c'est l'énergie échangée durant tout le temps pendant lequel la température reste constante.**



4 La lettre Δ (« delta ») est très utilisée en physique pour désigner « une différence de »

Exercices non à soumettre

Exercice 9

On fait chauffer de l'eau dans une casserole. Au bout d'un certain temps, des petites bulles apparaissent, l'eau commence à bouillir. Sa température est à 100°C.

1. Quel est le changement d'état qui se produit ? Comment qualifier le transfert thermique ?
2. Décrire du point de vue moléculaire le changement d'état observé.
3. Au sommet de l'Everest, l'eau bout à 72°C. Pourriez-vous expliquer ce phénomène ?
Indice : la température de changement d'état dépend de la pression.

Exercice 10

On met un glaçon d'eau de forme cubique à fondre au soleil. On souhaite connaître l'énergie échangée avec l'extérieur lors de la fusion de ce glaçon.

Données :

L'arête du glaçon vaut : $a = 2 \text{ cm}$

$\rho_{\text{eau}} \text{ à } 0^\circ\text{C} = 999,8 \text{ g.L}^{-1}$

Pour l'eau : $L_f = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$

1. Faire une interprétation moléculaire de la fusion du glaçon.
2. A partir de quel moment commence la fusion ? Quelle est la température du corps pendant la fusion ? Quand termine-t-elle ?
- 3 Calculer l'énergie reçue du soleil pendant la durée de la fusion (donner l'expression littérale puis faire l'application numérique).



Envoyer le devoir à soumettre n°2



Semaine 5

Le mouvement

Le référentiel d'un système

Exemple

Un passager P est assis dans un train qui est en mouvement le long d'un quai de gare.

- pour une personne immobile sur le quai, le passager est en mouvement : le référentiel est le quai.

- Pour un autre passager du train, le passager P est immobile : le référentiel est le train.

Système

On appelle système l'**objet dont on étudie le mouvement** (ex : passager P). Pour simplifier, on modélise le système par un point situé au centre de gravité de l'objet. C'est le modèle du **point matériel**. On le note M.

Référentiel

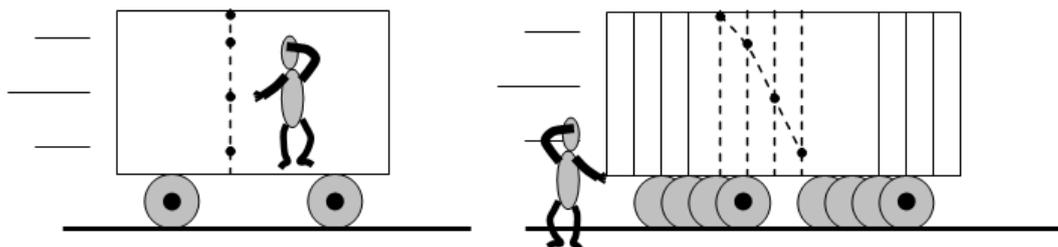
Un référentiel est un **solide de référence** à partir duquel on décrit le mouvement du système. On lui associe un **repère d'espace** et un **repère de temps**.

Pour un mouvement à 2 dimensions, on associe un repère cartésien à 2 dimensions. Ainsi le point M a pour coordonnées M ($x; y$) dans ce repère.

La relativité du mouvement

L'exemple précédent montre que le mouvement est relatif et dépend du référentiel choisi.

Ci-dessous on observe la **relativité du mouvement** d'une balle lâchée dans un train : pour la personne dans le train le mouvement est rectiligne (en ligne droite) alors qu'il est curviligne (c'est à dire en courbe) pour l'observateur placé sur le quai :



La description du mouvement **dépend du référentiel d'étude choisi**. C'est ce que l'on appelle la **relativité du mouvement**.

Ainsi, il faudra bien préciser, pour toute étude de trajectoire d'un mouvement, le référentiel dans lequel on se place.

Le **choix du bon référentiel** permet de simplifier l'étude d'un mouvement.

Exemple :

Pour étudier ,	on se place	C'est le référentiel : ...
un objet sur la terre ou dans l'atmosphère terrestre	Au niveau du sol de la terre	Terrestre
La lune ou un satellite artificiel de la Terre	Au centre de la Terre	Géocentrique
Une planète ou un astre en mouvement autour du soleil	Au centre du Soleil	Héliocentrique

La Terre est immobile dans le référentiel géocentrique et est mobile dans le référentiel héliocentrique.

La trajectoire d'un point matériel M

Définition

La trajectoire est la **courbe obtenue en reliant les positions successives d'un point matériel** au cours du mouvement.

Exemple :

Les traces de pas laissées dans la neige → la courbe qui les relie est la trajectoire de la personne en mouvement.

Plusieurs types de trajectoires

Trajectoire rectiligne : l'objet se déplace en ligne droite dans un référentiel donné.
Exemple : voiture qui roule en ligne droite, balle qui chute librement, dans le référentiel terrestre.

Trajectoire circulaire : l'objet se déplace sur un cercle ou un arc de cercle, dans un référentiel donné.

Exemple : nacelle d'une grande roue qui tourne, dans le référentiel terrestre.

Trajectoire curviligne : l'objet se déplace selon des lignes courbes, dans un référentiel donné.

Exemple : skieur

Vecteur vitesse

Définitions

Le vecteur vitesse d'un point matériel M décrit, à un instant t donné, **la direction, le sens et la valeur de la vitesse.**

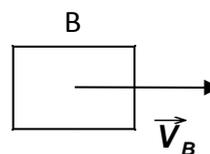
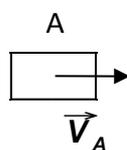
A chaque instant t, il est **tangent à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement.**

Cas d'un mouvement rectiligne : la flèche suit la direction et le sens de la trajectoire.

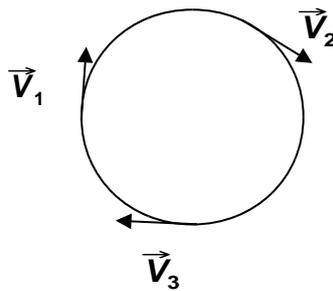
Exemple : déplacement de 2 voitures sur une trajectoire rectiligne.

$$V_A = 50 \text{ km/h}$$

$$V_B = 100 \text{ km/h}$$



Cas d'un mouvement circulaire ou curviligne : la direction de la flèche change constamment pour être toujours tangente à la trajectoire. Le sens est celui de la trajectoire.



Relation entre le vecteur vitesse \vec{V} et le vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$

Vitesse instantanée

Pour obtenir la vitesse instantanée \vec{v} du point matériel M à la date t , il faut connaître sa position à une date t' très proche de t . On calcule alors le vecteur vitesse instantanée :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \text{ avec } \Delta t = t' - t$$

La vitesse instantanée est la vitesse indiquée par un compteur de vitesse.

Vitesse moyenne

En pratique, lorsque l'on étudie un mouvement, on a accès aux positions du point matériel M à des instants t proches, mais pas suffisamment rapprochés pour parler de vitesse instantanée. On mesure alors la **vitesse moyenne** entre 2 points.

Le vecteur vitesse moyenne \vec{v}_2 d'un système au point M_2 , entre deux dates t_1 et t_3 , a pour expression :

$$\vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1M_3}}{t_3 - t_1}$$

Caractéristique du vecteur \vec{v}_2 :

- point d'application : position de M_2
- direction : parallèle au segment M_1M_3
- sens : celui de la trajectoire
- norme (valeur) : $\|\vec{v}_2\| = v_2 = \frac{M_1M_3}{t_3 - t_1}$

avec M_1M_3 : distance en mètre (m) ; $t_3 - t_1$: durée en seconde (s) et v_2 : valeur de la vitesse en m.s^{-1}

Remarque : le vecteur vitesse moyenne est le vecteur vitesse étudié en seconde.

Variation du vecteur vitesse

- Si $\|\vec{v}\|$ **reste constante**, le mouvement est **uniforme**.
- Si $\|\vec{v}\|$ **augmente**, le mouvement est **accélééré**.
- Si $\|\vec{v}\|$ **diminue**, le mouvement est **décélééré** (ralenti).

Cas du mouvement rectiligne

Si la **direction du vecteur vitesse est constante** dans un référentiel donné, alors le mouvement est **rectiligne**.

Si la **direction, le sens et la norme du vecteur vitesse sont constants** dans un référentiel donné, alors le mouvement est **rectiligne et uniforme**.

Si la **direction et le sens du vecteur vitesse sont uniformes** mais que la **norme varie**, le mouvement est **rectiligne non uniforme**.

Représentation d'un vecteur vitesse à l'aide de Python

Le langage Python est enseigné en mathématiques au cours de l'année de seconde. Le programme ci-dessous est largement commenté afin d'être compréhensible même si la représentation des vecteurs avec Python n'a pas encore été abordée en mathématiques.

La programmation en Python permet de représenter et calculer les vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement.

En physique, on utilisera très souvent la fonction `quiver` car elle permet de représenter un vecteur à partir :

- de son point d'application ;
- de ses coordonnées.

Dans le cas suivant, on souhaite représenter les vecteurs vitesse d'une bille lancée sur un plan. On connaît les coordonnées de sa position (X,Y) et l'intervalle de temps entre 2 positions successives (t=1,5 s).

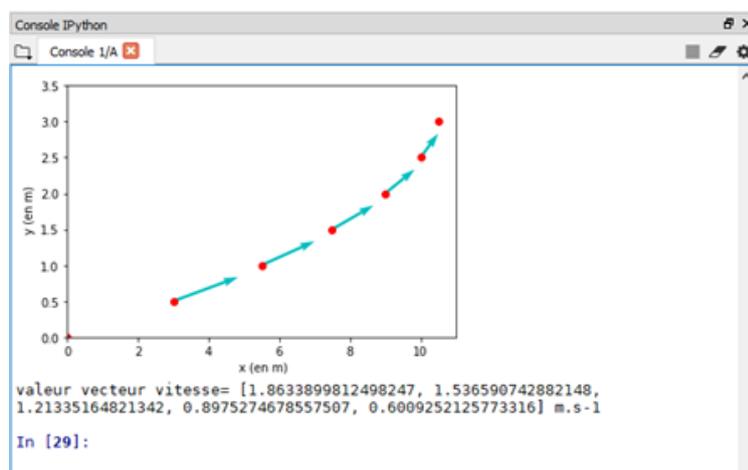
Le programme peut s'écrire ainsi :

```

7
8 import matplotlib.pyplot as plt
9 from math import sqrt
10
11 #on donne les positions du mobile dans un repère orthonormé (0,x,y),
12 #sous forme de listes
13 X = [0,3,5,5,7,5,9,10,10,5]
14 Y = [0,0,5,1,1,5,2,2,5,3]
15
16 #on définit les coordonnées du vecteur vitesse : Vx et Vy
17 Vx = []
18 Vy = []
19
20 #on note vecX et vecY les coordonnées du point d'application du vecteur vitesse
21 vecX = []
22 vecY = []
23
24 #on définit la norme du vecteur vitesse
25 normeV= []
26
27 #on définit l'intervalle de temps entre 2 positions
28 t=1.5
29
30 # on calcule les différents vecteurs vitesse
31 for i in range(1, len(X)-1):
32     vitesse = (X[i+1] - X[i-1])/(2*t)
33     Vx.append(vitesse)
34     vecX.append(X[i])
35
36 for i in range(1, len(Y)-1):
37     vitesse = (Y[i+1] - Y[i-1])/(2*t)
38     Vy.append(vitesse)
39     vecY.append(Y[i])
40
41 for i in range(0, len(Vx)) :
42     norme = sqrt((Vx[i])**2+(Vy[i])**2)
43     normeV.append(norme)
44
45
46 #on définit le repère orthonormé (0,x,y)
47 plt.axis([0,11,0,3.5])
48 plt.xlabel(" x (en m)")
49 plt.ylabel(" y (en m)")
50
51 # on place les points de chaque position de la bille dans le repère
52 plt.plot(X,Y,'ro')
53
54 # puis on trace les vecteurs vitesse
55 plt.quiver(vecX,vecY,Vx,Vy, angles='xy',color='c',scale_units='xy', scale=1)
56
57 # on affiche le graphique
58 plt.show()
59 plt.close()
60
61 # on peut aussi affiche la norme des vecteurs vitesse
62 print ("valeur vecteur vitesse=",normeV, "m.s-1")
63 |

```

L'exécution du programme renvoie un graphique représentant les positions de la bille et les vecteurs vitesse pour chaque position (sauf pour les 2 extrêmes).
On obtient également les valeurs de la norme du vecteur vitesse, sous forme d'une liste.



Ce programme devra être revu lorsque la programmation en Python sera bien maîtrisée.

Exercices non à soumettre

Exercice 11

Une coccinelle est posée sur la grande aiguille d'une horloge.

1. Dans le référentiel terrestre, décrire le mouvement de la coccinelle lorsqu'elle est immobile et lorsqu'elle avance vers le centre de l'horloge.
2. Dans le référentiel « grande aiguille » décrire le mouvement de la coccinelle lorsqu'elle est immobile et lorsqu'elle avance vers le centre.

Exercice 12

Un cycliste roule sur une chaussée à vitesse constante $v = 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

1. Quelle distance d parcourt-il en 10 min ?
2. Convertir la vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
3. Combien de temps met-il pour faire 220 m ?

Exercice 13

La trajectoire d'un mobile ponctuel est donnée ci-dessous. Entre chaque position successive, il s'est écoulé $t = 20 \text{ ms}$

1. Représenter sur le schéma le vecteur vitesse moyenne V_1 lorsque le mobile est à la position M_1 , puis le vecteur vitesse moyenne V_5 (en position M_5). Pour cela vous devez tout d'abord donner les caractéristiques de chaque vecteur.
2. Décrire le mouvement.

