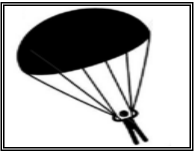
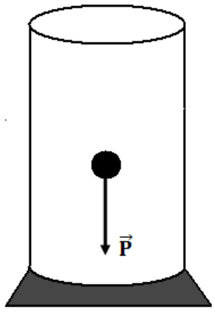


CHIMIE / Unité :4
Evolution temporelle des systèmes mécaniques

Chapitre II
Mouvement de chute verticale d'un solide

I- Chute verticale libre

Un solide est dit en chute libre s'il est soumis uniquement à son poids (le fait qu'il n'existe pas de force de frottement impose que cette condition ne peut être réalisée que dans le vide).

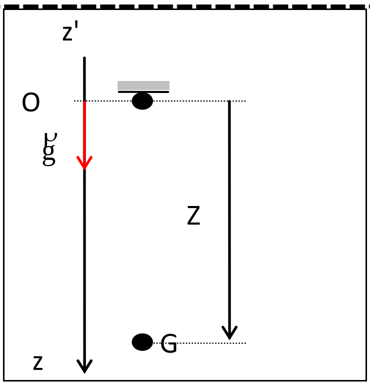


Bien que la chute s'effectue dans un fluide, on peut se rapprocher de cette situation idéale si les forces exercées par ce fluide sur le solide (poussée d'Archimède et force de frottement) sont négligeables devant la force de pesanteur. Pour cela :

- il faut que la masse volumique du solide soit grande devant celle du fluide.
- Il faut aussi que la vitesse du solide, sa forme, ses dimensions et sa surface soient telles que la force de frottement soit plus faible possible.

En pratique, ces conditions sont réalisées lorsqu'un solide dense et de forme aérodynamique chute dans l'air, sur une hauteur ne dépassant pas quelques mètres.

II- Etude de la chute verticale libre

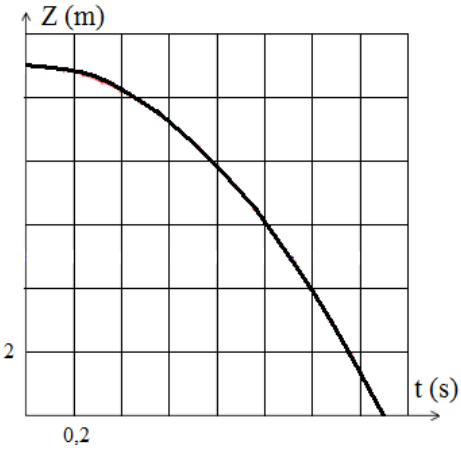


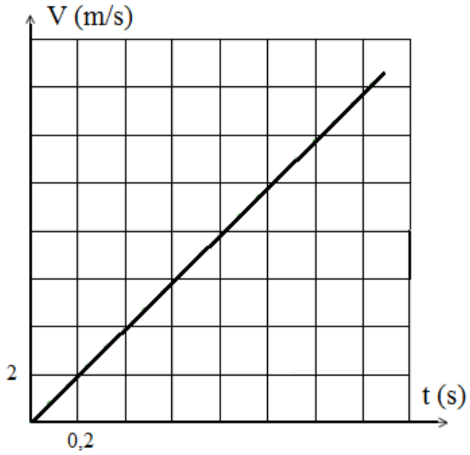
1 - Etude théorique:

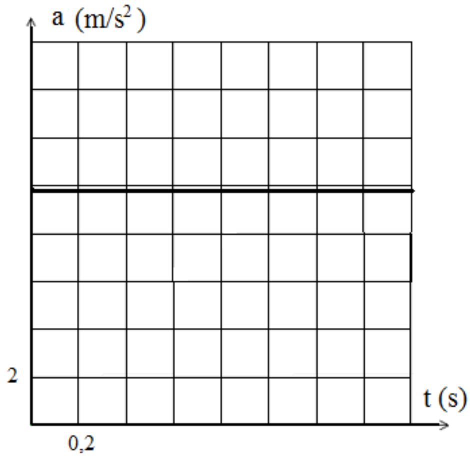
1-1- Expérience

Abandonnons en O une bille d'acier, de masse m = 5,0 g et de rayon r = 0,5 cm, sans vitesse initiale dans l'air.
Etudions la bille en chute verticale sur l'axe z'Oz dans le référentiel

1-2- Evolution des coordonnées et de la vitesse au cours du temps







1-3- Description du mouvement

La vitesse augmente proportionnellement au temps : c'est la définition d'un mouvement uniformément accéléré.
Au cours de la chute, la vitesse continue d'augmenter de façon régulière

2- Etude théorique:

2-1- L'équation différentielle du mouvement

Il faut appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie du solide :

Système étudié : le solide.

Référentiel utilisé : terrestre (galiléen par approximation) (O,z)

Bilan des forces extérieures : $\vec{P}$: poids du solide

Deuxième loi de Newton : $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}_G$.

$\Rightarrow\ \vec{P}=m\vec{a}_G$

$\Rightarrow\ m.\vec{g}=m\vec{a}_G$

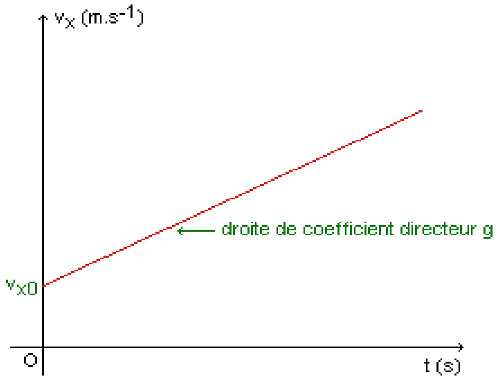
$\Rightarrow \vec{g} = \vec{a}_G$

Le vecteur accélération du centre d'inertie d'un solide en chute libre est égal au vecteur champ de pesanteur .

La projection sur l'axe oz donne : $a_z = g$

$\Rightarrow$ L'équation différentielle du mouvement s'écrit donc: $\frac{dv_z}{dt} = g$

2-2- Résolution analytique de l'équation différentielle



Conditions initiales : supposons que la position initiale (à l'instant t=0) du solide soit $Z(t=0)= z_0$ et sa vitesse initiale soit $\mathbf{v_z}(t=0)= \mathbf{v_{z0}}$..

$\frac{dv_z}{dt} = g$ ($v_z(t)$ est une primitive de $a_z(t)$)

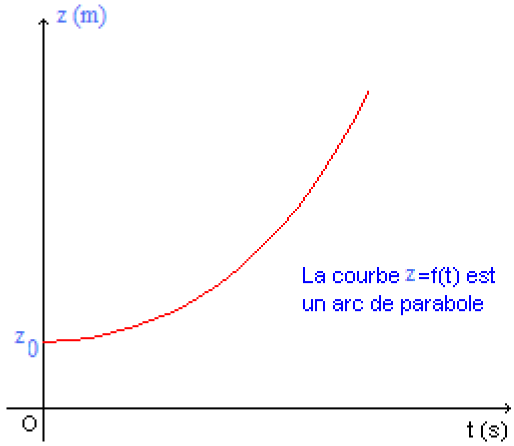
donc $\mathbf{v_z} = g.t+k$

à t=0, $\mathbf{v_z} = \mathbf{v_{z0}}$ Alors $\mathbf{v_z}(t=0) = g.0+k$ donc $\mathbf{v_{z0}} = k$

Expression de la vitesse : $\mathbf{v_z = g.t + v_{z0}}$

Remarque : si la vitesse initiale est nulle ($\mathbf{v_{z0}} = 0$), alors l'expression de la vitesse devient $\mathbf{v_z} = g.t$.

2-3- L'équation horaire du mouvement



Conditions initiales : supposons que la position initiale (à l'instant t=0) du solide soit $Z(t=0)= z_0$ et sa vitesse initiale soit $\mathbf{v_z}(t=0)= \mathbf{v_{z0}}$.

$\frac{dZ}{dt} = \mathbf{v_z}$ ($z(t)$ est une primitive de a $v_z(t)$)

donc $\mathbf{z} = \frac{1}{2}.g.t^2 + \mathbf{v_{z0}}t + k'$

à t=0, $\mathbf{z(t=0)} = \mathbf{z_0}$ Alors $\mathbf{z}(t=0) = \frac{1}{2}.g.0^2 + \mathbf{v_{z0}}0 + k'$ donc $\mathbf{z_0} = k'$

L'équation horaire du mouvement est : $\mathbf{z} = \frac{1}{2}.g.t^2 + \mathbf{v_{z0}}t + \mathbf{z_0}$

Remarque : si le solide est lâché du point O (z_0=0) si la vitesse initiale est nulle (v_{z0}=0), alors l'expression de la position du mobile devient $\mathbf{z} = \frac{1}{2}.g.t^2$

Compétences-exigibles

- Appliquer la deuxième loi de Newton à un corps en chute libre.
- Définir une chute libre, établir son équation différentielle et la résoudre.
- Définir un mouvement rectiligne uniformément accéléré.