Ph 19	Chutes verticales.

I. Étude expérimentale de plusieurs mouvements de chute.

1. Mise en œuvre.

Vous allez étudier les chutes d'objets à l'aide d'enregistrements vidéo (extension AVI) : **chutelibre1000, fluide1,** et **fluide2** . Toutes les vidéos ont été rangées dans un dossier « vidéos » sur le disque « données ».

Vous utiliserez REGAVI logiciel de pointage qui permet de relever le triplet x, y , t pour chaque point (coordonnées cartésiennes et date).

Les mesures seront ensuite exportées vers REGRESSI .

Conseil : pour que les transferts se fassent sans problème de REGAVI vers REGRESSI les 2 logiciels doivent être ouverts.

2. Étude d'une chute dans l'air.

Ouvrir REGRESSI et lancer REGAVI (fichier, nouveau …)

Dans REGAVI ouvrir **chutelibre1000**. Laisser la valeur indiquée dans « images/seconde ». Elle est automatiquement détectée.

Définir l'échelle : Echelle et cliquer sur chaque trait tracé sur le mur : 1,50 m entre les 2 traits. Choisir l'axe y'y orienté vers le bas : Echelle

Prendre l'origine au premier point à l'aide de Origine .

Débuter les mesures en cliquant sur . L'image suivante remplace automatiquement la précédente.

Quand la balle atteint le sol transférer vers REGRESSI Regressi. Nommer « chute libre » cette page (dans commentaires).

Dans REGRESSI à l'aide de créer la nouvelle grandeur **dérivée** $v_y = \frac{dy}{dt}$.

C'est la valeur algébrique de la projection de la vitesse sur l'axe y'y. Ici $v = v_y$ (la valeur algébrique de la vitesse est positive ici).

Choisir le temps en abscisse et la valeur de la vitesse $v = v_y$ en ordonnées avec puis modéliser à l'aide de et des modèles prédéfinis .

3. Étude d'une chute dans un fluide.

Dans REGAVI ouvrir **fluide1** qui représente la chute d'une bille en acier (masse : m = 13,9 g et diamètre 15 mm) dans un liquide visqueux (produit à vaisselle). Exporter vers REGRESSI en choisissant l'option « nouvelle page » ce qui évitera de refaire tous les manipulations précédentes et nommer cette nouvelle page « fluide1 ».

4. Influence de la masse.

Le fichier **fluide2** représente la chute d'une bille de verre de masse 5,1 g de même dimension que la bille précédente dans le même liquide.

Refaire une étude semblable aux précédentes.

II. Interprétations.

1. Courbes à tracer.

Tracer dans le même repère les 3 courbes précédentes. Identifier les.

2. Interprétations du mouvement de chute dans l'air.

Quelle est l'expression de la vitesse de l'objet en fonction du temps.

Préciser la valeur de la constante utilisée.

Est-ce un mouvement de chute libre ? Que peut-on dire des forces qui s'exercent sur l'objet au cours de la chute ?

3. Interprétations du mouvement de chute dans un fluide.

Que peut-on dire des variations de la vitesse en fonction du temps ?

S'agit-il d'une chute libre ? Quelles sont les forces exercées sur la bille au cours de sa chute ?

Que peut-on dire de la vitesse limite en fonction de la masse du solide qui chute ?

III. Mise en équation.

1. Étude théorique.

A partir du bilan des forces exercées sur la bille au cours de son mouvement de chute dans le fluide et en utilisant le plan habituel montrer que l'équation différentielle permettant de calculer la vitesse au cours du mouvement s'écrit $\frac{dv}{dt} = A - B.v^2$ si la force de frottement fluide est modélisée par $F = k.v^2$ (en valeur).

2. Signification physiques.

Comment trouver les valeurs numériques des termes constants figurant dans l'équation différentielle à partir des résultats expérimentaux ?

On utilise pour cela une remarque à caractère expérimental :

à t = 0 on a v = 0 $\Rightarrow A = \left(\frac{dv}{dt}\right)_{t=0}$ (pente de la tangente à la courbe v(t) à t = 0.

quand v = cte = $v_{lim.}$ donc $\frac{dv}{dt}$ = 0 et B est tel que A – B.v² = 0 alors B = $\frac{A}{v_{lim}^2}$

IV. Résolution de l'équation différentielle par une méthode itérative.

1. Principe de la méthode d'Euler.

Elle consiste à déterminer les valeurs de v sans connaître son expression.

L'équation différentielle : $\frac{dv}{dt}$ = A – B.v²

Avec A = g.(1 – $\frac{\rho_{fluide}.V_{bille}}{m_{bille}}$) = g (1- $\frac{\rho_{fluide}}{\rho_{bille}}$) et B = $\frac{k}{m_{bille}}$

Numériquement on prendra :

A = 5 $m.s^{-2}$ et B = 15 m^{-1}

t	v = vy1
s	$mm.s^{-1}$
0	39,5
0,034	157
0,067	270
0,1	386
0,134	475
0,167	528
0,2	566
0,234	572
0,267	572
0,3	574
0,334	564
0,367	554

On considère que pendant une courte durée Δt (**pas de résolution ou de discrétion numérique**) l'augmentation de vitesse est proportionnelle à la durée ce qui revient à dire que l'accélération est constante pendant cette courte durée : elle varie par saut. La valeur de a = $\frac{dv}{dt}$ étant prise au début de l'intervalle.

Soit a = $\frac{dv}{dt} \approx \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{vf - vi}{\Delta t} \Rightarrow v_f = v_i + a\,.\,\Delta t$ si v_i est la valeur initiale de la vitesse et v_f la valeur finale de la vitesse sur ce petit intervalle Δt. Avec a = A – B.v_i^2 (a = $\frac{dv}{dt}$ est donnée par l'équation différentielle dans laquelle v_i est la valeur initiale de la vitesse sur l'intervalle).

2. Calcul des premiers termes à la main.

Préparer un tableau à 4 colonnes (4 ou 5 lignes maximum).

t (s)	v_i ($m.s^{-1}$)	a = $\frac{dv}{dt}$ ($m.s^{-2}$)	vf = v_i + a . Δt. ($m.s^{-1}$)
0	0		

1er intervalle :

Début à t = 0 et v_i = 0 ⇒ a = $\frac{dv}{dt}$ = A – B.v_i^2 puis $v_f = v_i + a\,.\,\Delta t$.

2ème intervalle :

Début à t = 0 + Δt ; v_i = valeur précédente de v_f. Calculer a = $\frac{dv}{dt}$ = A – B.$v^2{}_i$ puis $v_f = v_i + \frac{dv}{dt}.\Delta t$. Et ainsi de suite.

3. Utilisation d'un tableur.

Remplir les têtes de colonnes comme ci-dessous.

	A	B	C	D	E	F	G
1	t	vi	a	vf	Valeur A	Valeur B	Valeur Δt
2	0	0	5,000	0,025	5	15	0,005
3							

La valeur de A est en E2 , celle de B est en F2 et celle de Δt est en G2.

Pour la valeur suivante de t il faut ajouter Δt à la précédente : taper alors en A3 « =A2+$G$2 » puis valider. Pour les suivantes cliquer dans cette dernière cellule (A3) , un cadre épais entoure la cellule avec un petit carré en bas à droite : c'est la poignée de recopie. Cliquer dessus et en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncée tirer vers le bas jusqu'à la colonne 15. ($ signifie ?)

La 2ème valeur de v_i est la valeur précédente de v_f : en B3 taper « =D2 ». Valider et incrémenter jusqu'à la ligne 15.

La valeur de a = $\frac{dv}{dt}$ = A – B.$v^2{}_i$ s'obtient en tapant dans C2 « =$E$2-$F$2*B2*B2 ». Valider et incrémenter jusqu'à la ligne 15.

Pour v_f == v_i + $\frac{dv}{dt}$.Δt taper en D2 « =B2+C2*$G$2 ». Valider et incrémenter jusqu'à la ligne 15.

4. Critiques.

Comparer les valeurs trouvées aux valeurs expérimentales : accord ou pas ? toujours ou pas ? Au début ou à la fin ?

Que peut-on modifier pour que l'accord soit meilleur ?

Comment choisir Δt en général ? (par rapport au temps caractéristique).

Modifier la valeur et observer.

5. Courbe v_i = f(t).

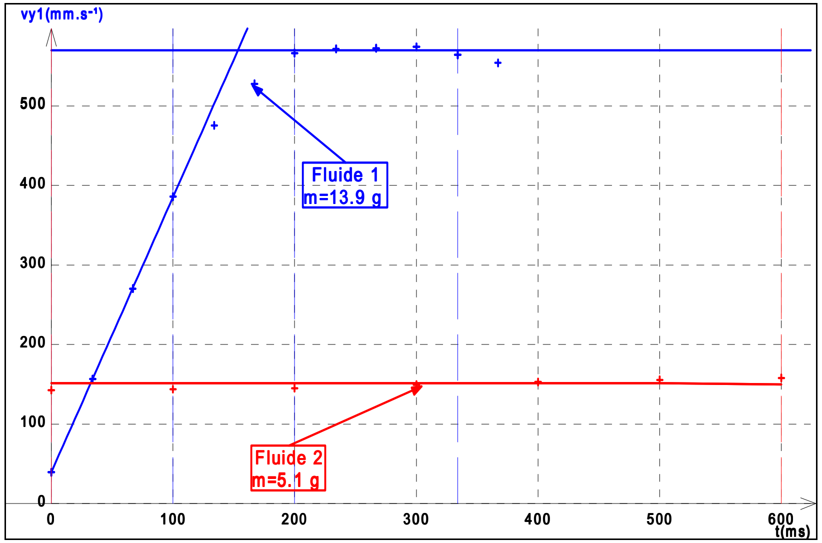
Cliquer sur « insérer » puis « diagramme ».

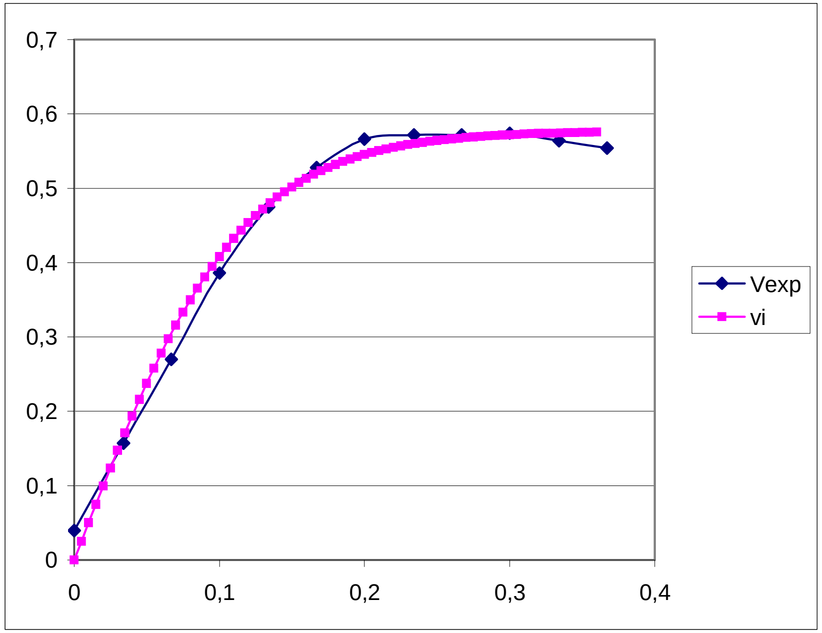
Sélectionner la plage des mesures (colonnes t et v_i).

Faire suivant et sélectionner « XY ».

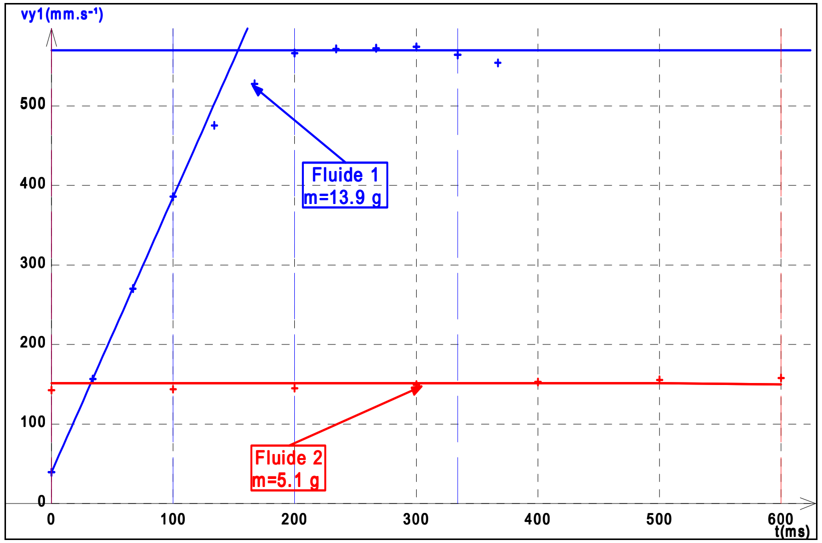
Faire suivant et sélectionner « spline cubique »

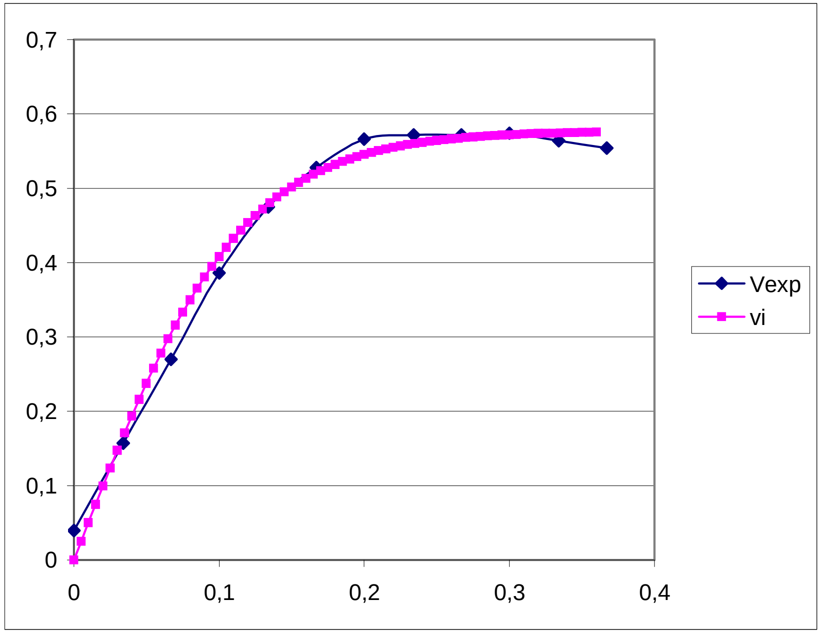
Faire suivant et mettez des titres si vous voulez et « créer ».





Résolution par la méthode d'EULER.
(F modélisée par k.v²)





Résolution par la méthode d'EULER.
(F modélisée par k.v²)