

## M8n – ÉNERGIE MÉCANIQUE

Auteur : Jean-Louis Balas

TI-Nspire™ CAS

**Mots-clés :** énergie potentielle, énergie cinétique, conservation, chronophotographie.

**Fichiers associés :** energie-mecanique\_prof.tns; energie-mecanique\_eleve.tns



### 1. Objectifs

- Connaître l'énergie cinétique et potentielle de pesanteur d'un solide en translation dans un champ de pesanteur uniforme.
- Exploiter le principe de conservation de l'énergie.

### 2. Énoncé

Les lois de la physique sont fondées sur un principe de conservation qui affirme que, dans un système isolé, il existe une grandeur, l'énergie, qui se conserve lors de transformations successives subies par ce système.

L'énergie que possède un système mécanique (appelée simplement "énergie mécanique") est une énergie dont les transformations se produisent à l'échelle macroscopique.

Ainsi tout problème de mécanique met en jeu deux types d'énergie : potentielle et cinétique (l'une pouvant très bien se transformer en l'autre). L'énergie potentielle est liée à la position relative des différentes parties d'un système. C'est, par exemple, le cas de l'énergie potentielle de pesanteur que possède un système {Terre-objet} ou de l'énergie potentielle élastique que possède un ressort par exemple. L'énergie cinétique, elle, est associée au mouvement d'un corps et est proportionnelle à la masse de ce corps, ainsi qu'au carré de sa vitesse.

### 3. Matériel

- Une labstation et une calculatrice TI-Nspire,
- un capteur de distance CBR2 et son câble de liaison USB B - mini USB,
- une balle de tennis,
- un support avec noix de serrage.

### 4. Conduite de l'activité

L'activité se divise en trois parties :

- a) Utilisation de la plate forme TI-Nspire pour analyser une chronophotographie.
- b) Réalisation expérimentale de la chute libre d'une balle de tennis.
- c) Utilisation d'un simulateur afin de faciliter l'apprentissage des notions théoriques et de leurs représentations.

### a. Analyse d'une chronophotographie

On a réalisé à partir d'une vidéo la chronophotographie<sup>1</sup> d'une boule de pétanque de masse  $m = 800$  g.

La vidéo est filmée à 25 images par secondes et sa décomposition lors de la création de la chronophotographie a permis d'obtenir 18 images.

L'intervalle de temps séparant deux images est donc

$$\Delta t = \frac{1}{25} \text{ s.}$$

Mettre la calculatrice sous tension, puis ouvrir le classeur `energie-mecanique_eleve.tns`.

*Remarque :* Si l'on souhaite créer le document, on a la possibilité de le faire en utilisant le logiciel TI-Nspire. L'insertion d'une image n'est pas possible à partir de la calculatrice.

Sur la photographie, une règle de 1m a été posée. Un calcul de proportionnalité va permettre à partir des coordonnées du point  $M$  capturées manuellement d'obtenir la position réelle de la boule de pétanque.

La distance  $AB$  a été stockée dans la variable `e` et les coordonnées du point  $M$  dans les variables `(x0,y0)`.

Pour capturer directement par pointage les coordonnées  $(x(t); y(t))$  de la boule de pétanque à l'instant  $t$ , déplacer le point  $M$  sur une trace de la boule et appuyer sur les touches `ctrl` `.`.

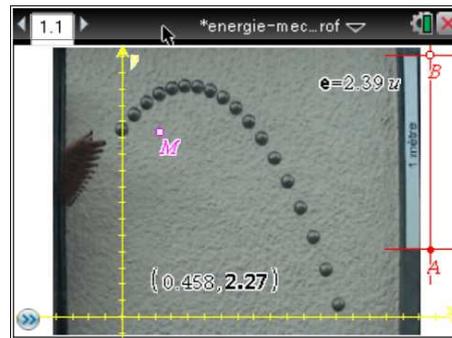
Passer ensuite à la page **1.4** du classeur. Les données sont sauvegardées dans le tableur.

Les vitesses  $v_x(t_n)$  et  $v_y(t_n)$  sont exprimées respectivement en fonction des coordonnées  $x(t_{n+1})$ ,  $x(t_{n-1})$  et  $y(t_{n+1})$ ,  $y(t_{n-1})$  aux dates  $t_{n+1}$  et  $t_{n-1}$ .

On exprime le carré de la vitesse  $v^2$  en fonction des coordonnées  $v_x$  et  $v_y$  du vecteur vitesse dans le repère choisi.

La vitesse de la boule de pétanque est donnée par la

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}.$$



| A  | t                | B           | xt | C       | yt |
|----|------------------|-------------|----|---------|----|
| 1  | 0                | 1.79517E... |    | 2.32203 |    |
| 2  | 1/25             | 0.152542    |    | 2.50847 |    |
| 3  | 2/25             | 0.305085    |    | 2.66102 |    |
| 4  | 3/25             | 0.440678    |    | 2.76271 |    |
| 5  | 4/25             | 0.627119    |    | 2.83051 |    |
| CT | =2.3220338983051 |             |    |         |    |

<sup>1</sup> Chronophotographie réalisée à l'aide du logiciel libre « ChronoPy » <http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/archives/logiciels/auteurs/lanaud.htm> partir d'une vidéo au format .avi

On exprime ensuite les énergies cinétique

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \text{ et potentielle de pesanteur } E_p = mgh,$$

l'origine de l'énergie potentielle étant celle du repère choisi.

$$m = 0,8 \text{ kg et } g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}.$$

Calculer l'énergie mécanique totale  $E_m = E_c + E_p$ .

| t | xt   | yt        | v <sub>x</sub> |
|---|------|-----------|----------------|
| 1 | 0    | -0.020829 | 2.30518        |
| 2 | 1/25 | 0.140967  | 2.49588        |
| 3 | 2/25 | 0.302763  | 2.65647        |
| 4 | 3/25 | 0.444335  | 2.75684        |
| 5 | 4/25 | 0.606131  | 2.81706        |

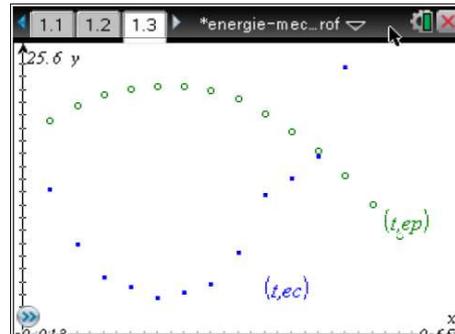
Représenter le diagramme des énergies.

Régler correctement les graduations des axes en plaçant le curseur au voisinage de l'axe. Effectuer un

**ctrl**



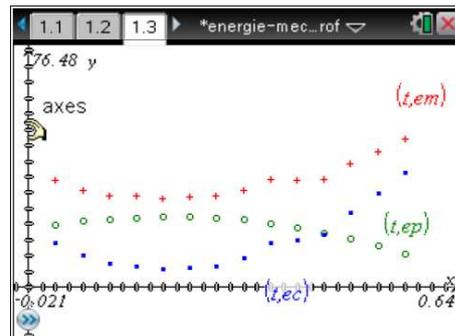
pour fermer la main, appuyer simultanément sur la touche **shift**.



Que peut-on dire, en première approximation, de l'énergie mécanique  $E_m$  au cours du mouvement ?

Que peut-on en conclure ?

Inciter les élèves à critiquer la qualité des mesures, les refaire éventuellement.



## b. Étude expérimentale de la chute libre d'une balle de tennis

Placer le capteur sur un support.

Le capteur CBR 2 enregistre en fonction du temps la distance qui le sépare d'une balle de tennis en mouvement de chute libre.

A l'instant  $t = 0$ , la balle doit être située à une distance minimale de 12 cm.

La vitesse du mobile sera également calculée automatiquement ; il suffira de récupérer la variable correspondante pour effectuer directement le calcul des énergies cinétique et potentielle de pesanteur.



## Paramétrage de l'acquisition

Insérer une nouvelle activité, puis une application **Vernier DataQuest**.

Connecter le capteur CBR2 à la calculatrice.

Placer le curseur dans la zone de réglage des paramètres de l'acquisition.

Appuyer sur les touches **ctrl** **menu** pour accéder aux réglages des paramètres.

Choisir le menu **3 : Configuration de l'acquisition**.

Régler l'acquisition à 40 échantillons par secondes sur une durée totale de 1 secondes.

**Si le capteur n'est pas fixé sur un support,**

- appuyer sur la touche **menu** choisir **1 : Expérience** puis **A : Configuration avancée** et enfin **1 : Acquisition à distance**.

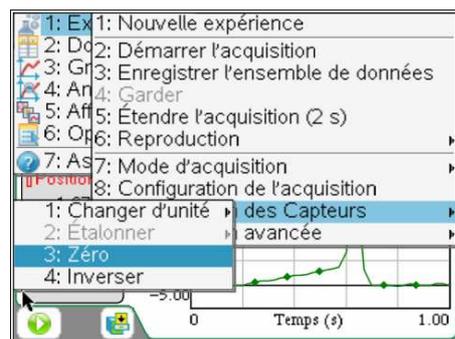
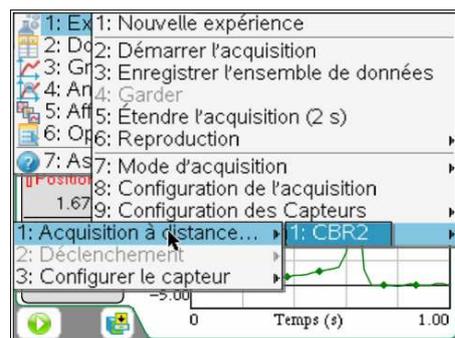
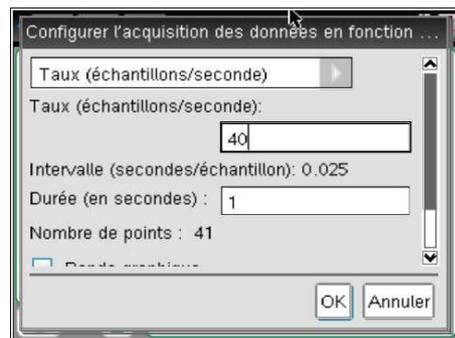
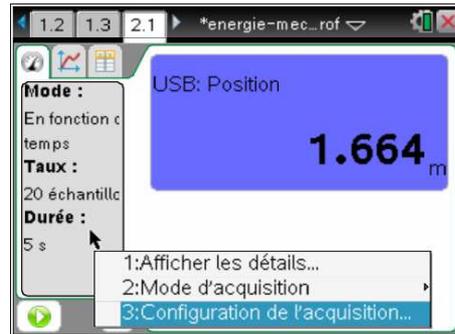
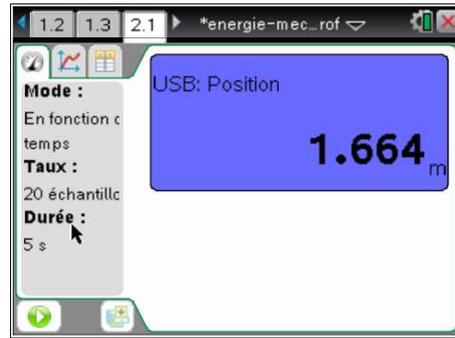
Choisir le menu **1 : CBR2** qui correspond au capteur connecté à la centrale.

Il sera possible de déconnecter le capteur de la calculatrice (ou de l'ordinateur) pour réaliser l'acquisition de données en appuyant sur le bouton **TRIGGER**.

Une fois l'acquisition achevée, reconnecter le capteur, puis suivre les indications qui s'affichent automatiquement à l'écran pour importer les données.

*Remarque :* Si la balle de tennis et le capteur sont posés sur un support fixe, le réglage de zéro du capteur permettra d'affiner la précision des mesures et de fixer correctement l'origine du repère.

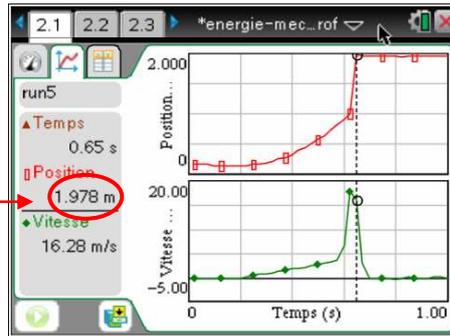
Pour cela, appuyer sur les touches **ctrl** **menu** puis **1 : Expérience** puis **9 : Configuration des Capteurs** et enfin **3 : Zéro**.



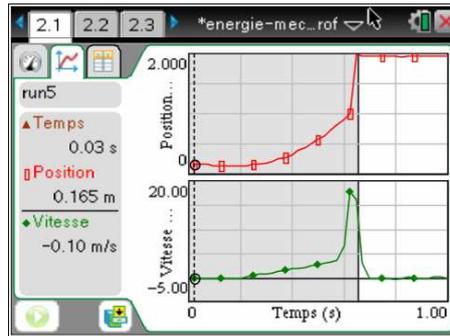
### Analyse des données

Noter soigneusement la hauteur totale de chute. Cette distance sera ultérieurement utilisée pour effectuer le calcul de l'énergie potentielle de pesanteur. L'origine de calcul de cette énergie étant prise bien entendu au niveau du sol.

Stocker éventuellement cette valeur dans la variable *hmax*.

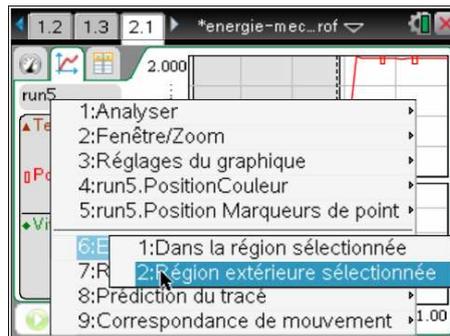


Utiliser le curseur pour sélectionner la portion de données précédant le rebond de la balle.

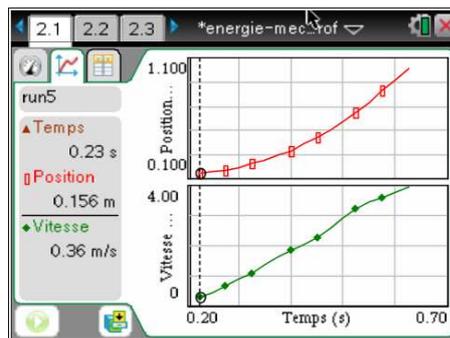


Appuyer sur la touche **menu** puis choisir le menu **6 : Exclure des données** et enfin **2 : Région extérieure sélectionnée**.

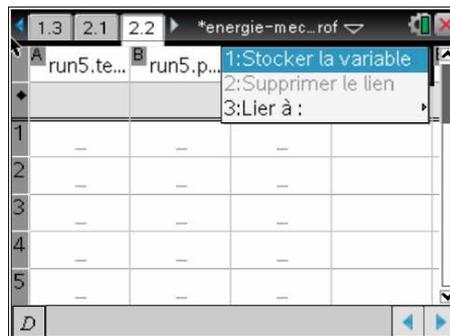
Les données seront exclues de l'analyse mais non effacées.



Affiner la sélection des données si vous le souhaitez.



Appuyer sur les touches **ctrl** **I** pour insérer une feuille du **Tableur & listes**.



Placer le curseur dans une colonne tout en haut de cette colonne

|    | run5.te... | run5.p... | run5.vi... |
|----|------------|-----------|------------|
| 10 | 0.25       | 0.163806  | 0.444577   |
| 11 | 0.275      | 0.177511  | 0.714133   |
| 12 | 0.3        | 0.199829  | 0.946647   |
| 13 | 0.325      | 0.225807  | 1.12122    |
| 14 | 0.35       | 0.254616  | 1.3807     |

Appuyer sur la touche **var** puis choisir le menu **3 : Lier les colonnes à.**

**A** à la variable run.temps,

**B** à la variable run.position,

**C** à la variable run.vitesse.

Le tableau sera automatiquement adapté à la sélection.

Calculer directement les énergies cinétiques et potentielles.

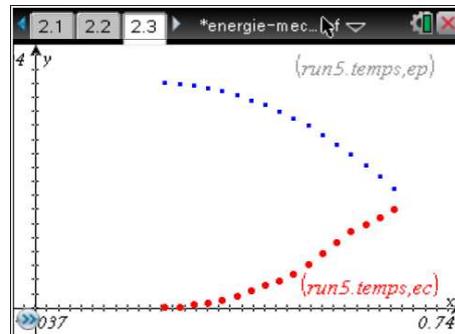
|    | run5.p... | run5.vi... | ec                      | ep                     |
|----|-----------|------------|-------------------------|------------------------|
| 12 | 0.199829  | 0.946647   | $=0.5*0.045*0.946647^2$ | $=0.045*9.81*0.199829$ |
| 13 | 0.225807  | 1.12122    | 0.028286                | 0.099581               |
| 14 | 0.254616  | 1.3807     | 0.042893                | 0.112286               |
| 15 | 0.29473   | 1.66285    | 0.062214                | 0.129976               |
| 16 | 0.328248  | 1.88869    | 0.080261                | 0.149211               |

Formula bar:  $ec = 0.5 \cdot 0.045 \cdot run5.vitesse^2$

La masse de la balle de tennis est :  $m = 0,045$  kg, on prendra  $g = 9,8$   $m.s^{-2}$ .

*Remarque :* L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur par rapport à la terre est prise au niveau du sol, le calcul de celle-ci s'effectue à l'aide de la relation  $Ep = mg(h_{max} - h)$ .

Représenter graphiquement le nuage de points des énergies calculées en fonction du temps

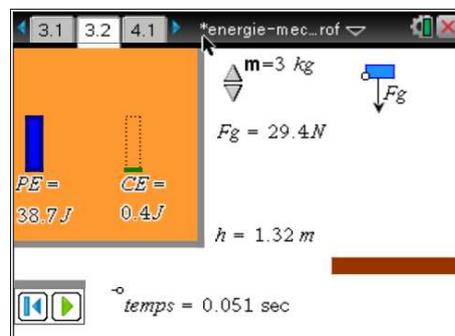


### c. Utilisation d'un simulateur afin de faciliter l'apprentissage des notions théoriques et de leurs représentations

Deux simulateurs permettent d'observer de manière dynamique les variations des énergies mise en jeu lors d'un mouvement.

Les paramètres qui influent sur ces énergies peuvent être modifiés à l'aide de curseurs.

Le premier simulateur concerne l'expérience précédente sur la chute libre.



Le second est, quant à lui, consacré à l'étude des énergies d'un chariot sur les montagnes russes, avec la possibilité d'introduire un coefficient de frottement.

L'objectif de ces simulateurs est de faciliter l'apprentissage des représentations théoriques et mathématiques, facilitant ainsi le travail sur des objets abstraits.

