

BILAN ENERGETIQUE D'UN SYSTEME EN MOUVEMENT

Niveau (Thèmes)	Première générale – Enseignement de spécialité de Physique-chimie 2. Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques
Introduction	Cette activité propose d'aborder les concepts d'énergie potentielle de pesanteur, d'énergie cinétique en vue de pouvoir discuter de l'éventuelle conservation de l'énergie mécanique, en particulier pour identifier des phénomènes dissipatifs.
Type d'activité	Activité de modélisation numérique (PYTHON OU TABLEUR-GRAPHEUR)
Compétences	S'APPROPRIER : - Relier entre elles des informations d'ordre théorique ANALYSER : - Proposer les étapes d'une résolution - Repérer ou sélectionner des informations utiles RÉALISER : - Ecrire un résultat de façon adaptée VALIDER : - Discuter de la validité d'une information COMMUNIQUER : - Décrire clairement une démarche suivie - Formuler une réponse compréhensible - Utiliser un vocabulaire adapté
CRCN - Compétences Num.	Ecrire des programmes et des algorithmes pour répondre à un besoin (automatiser une tâche répétitive, accomplir des tâches complexes ou chronophages, résoudre un problème logique...) et pour développer un contenu riche (jeu, site web...) avec des environnements de développement informatique simples, des logiciels de planification de tâches....
Notions et contenus du programme	Notions et contenus : Énergie mécanique. Conservation et non conservation de l'énergie mécanique. Gain ou dissipation d'énergie. Compétences exigibles : Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique. Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement, oscillations d'un pendule en l'absence de frottement, etc... Capacité numérique : Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement.
Objectif(s) pédagogique(s)	S'approprier la notion d'énergie mécanique et sa conservation ou non conservation. S'initier à la programmation en langage PYTHON ou concevoir une feuille calculs dans un tableau-grapheur.
Objectifs disciplinaires et/ou transversaux	S'approprier la notion d'énergie mécanique. Comprendre sa conservation ou non conservation.
Description succincte de l'activité	Les élèves, après avoir lu le document et avoir répondu aux premières questions, réalisent un programme PYTHON ou une feuille de calculs dans un tableur-grapheur, simulant une chute libre. Le programme et la feuille de calculs doivent permettre d'afficher l'évolution temporelle des différentes énergies de la nacelle. Une analyse critique du document est ensuite demandée (comparaison entre le modèle théorique de la chute libre et la réalité). Des aides sous forme de jokers peuvent être distribuées aux élèves si nécessaire.
Découpage temporel de la séquence	Séquence de 2 H 00 en demi-groupe (TP).
Pré-requis	Énergie cinétique et énergie potentielle de pesanteur
Outils numériques utilisés/Matériel	Ordinateur doté d'un IDE PYTHON OU Tableur grapheur
Gestion du groupe Durée estimée	2 H 00 en demi-groupe (TP)

Énoncé à destination des élèves

BILAN ENERGETIQUE D'UN SYSTEME EN MOUVEMENT

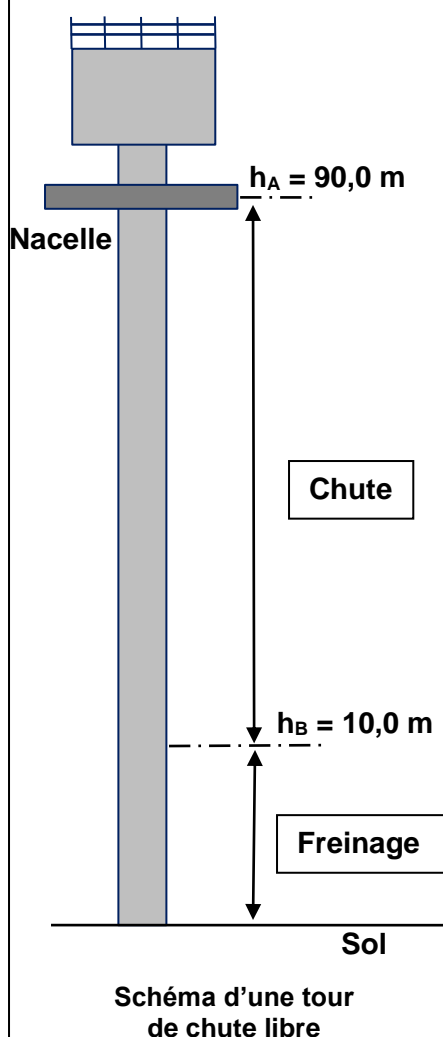
Objectifs :

Le but de cette séquence est de s'approprier la notion d'énergie mécanique en concevant un programme en langage PYTHON ou une feuille de calcul dans un tableur-grapheur

Etude énergétique d'une chute libre à l'aide d'une simulation PYTHON

1S – 2 H 00

► Document : Tour de chute libre



■ Une **tour de chute libre** est une attraction foraine composée d'une nacelle se déplaçant verticalement sur une tour centrale servant de mât. La nacelle est hissée le long de la tour presque jusqu'au sommet s'arrête puis est lâchée subitement, produisant une un «airtime» en apesanteur de quelques secondes. Le sommet de la tour accueille la machinerie. Un système de frein magnétique ralentit la chute permettant aux passagers de revenir lentement au sol. Ce type de tours varient en hauteur, capacité, types d'élévateur et de frein.

Extrait d'un article Wikipedia

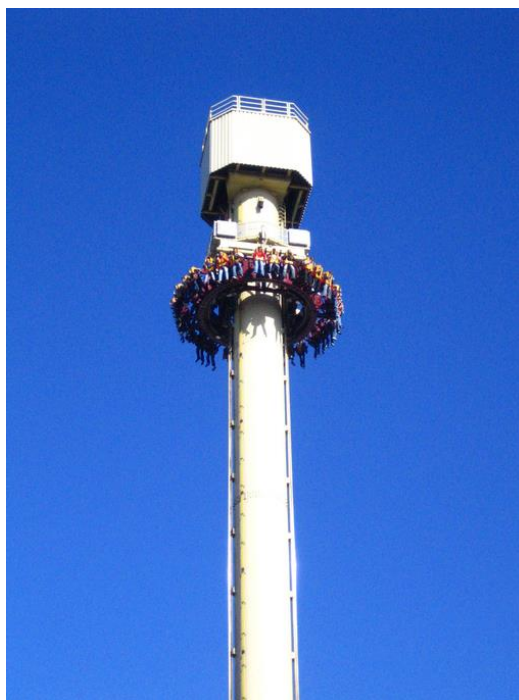


Photo: Freefalltower MoviePark Germany
(Source : Wikimedia Commons)



[VIDEO](#)

■ La nacelle est en chute libre si la seule force extérieure qui s'exerce sur elle est son poids.

■ Caractéristiques techniques d'une tour de chute libre :

- Nombre de passagers maximum : **16**
- Masse totale de la nacelle passagers compris : **3000 kg**
- Hauteur effective de chute : **80,0 m**
- Vitesse maximale de chute annoncée : **135 km.h⁻¹**.

■ **Données** : champ de pesanteur terrestre **$g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$** .

Cette attraction fait intervenir des transferts d'énergie que l'on se propose d'étudier dans cette activité.
HYPOTHESE : on négligera les forces de frottements dans les calculs et on choisira l'énergie potentielle de pesanteur comme étant nulle au niveau du sol.

Q1. Rappeler l'expression de l'énergie cinétique E_c .

Q2. Rappeler l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} .

Q3. Rappeler l'expression de l'énergie mécanique E_m .

Q4. En l'absence de frottements, quelle énergie se conserve ?

Q5. Montrer que la formule littérale permettant d'exprimer la vitesse v_B au point B en fonction de celle v_A au point A est :

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2gH} \text{ avec } H = h_A - h_B \text{ (hauteur de chute)}$$

Q6. On souhaite représenter sur un même graphique l'évolution temporelle des différentes énergies liées au mouvement de la nacelle. **Construire un programme PYTHON ou une feuille de calcul avec un tableur grapheur permettant d'afficher les valeurs des différentes énergies en fonction de la durée de chute.** On calculera les valeurs des différentes énergies pour les hauteurs suivantes de la nacelle par rapport au sol

Altitude h_B (en m)	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Hauteur de chute $H = h_B - h_A$ (en m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Durée de chute t (en s)	0								

Données :

- $h_A = 90$ m
- dans l'hypothèse d'une chute libre, la durée de chute peut se calculer grâce à la formule suivante :

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \text{ avec } H = h_A - h_B \text{ (hauteur de chute)}$$

Q7. Expliquer sous la forme de transferts d'énergie ce qui se passe lors de la chute de la nacelle.

Q8. A l'aide du graphique et du programme PYTHON™, pour quelle altitude atteinte par la nacelle observe-t-on une équipartition de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur ?

Q9. La vitesse maximale de chute annoncée par le constructeur du manège est-elle la même que celle calculée ? Si tel n'est pas le cas, expliquer la raison.

Q10. Peut-on qualifier la chute de la nacelle comme étant une chute libre ? Expliquer.

Q11. Dans l'extrait de l'article WIKIPEDIA que pensez-vous de l'affirmation « ...produisant un airtime de quelques secondes en apesanteur. »

Fiche à destination des enseignants

BILAN ENERGETIQUE D'UN SYSTEME EN MOUVEMENT

Objectifs :

Le but de cette séquence est de s'approprier la notion d'énergie mécanique en concevant ou utilisant des programmes en langage PYTHON.

1. Etude énergétique d'une chute libre à l'aide d'un programme PYTHON™

2 H 00

Q1. $E_c = \frac{1}{2} m v^2$

Q2. $E_p = m g h$

Q3. $E_m = E_c + E_p$

Q4. En l'absence de frottement l'énergie mécanique se conserve : $E_m(A) = E_m(B) = \text{cste.}$

Q5. $E_m(A) = E_m(B) \leftrightarrow \frac{1}{2} m v_A^2 + m g h_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B$

$\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = m g h_A - m g h_B$

$v_B^2 - v_A^2 = 2 g (h_A - h_B)$

$v_B^2 = v_A^2 + 2 g (h_A - h_B)$

$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2g(h_A - h_B)}$

Q6. Feuille de calcul EXCEL : voir fichier en annexe **energies_nacelle.xlsx**

Les formules des cellules de la première ligne de la feuille de calcul sont rappelées ci-dessous.

	A	B	C	D	E	F	G
1	h_B (en m)	H (en m)	t_B (en s)	v_B (en m/s)	E_c (en J)	E_{pp} (en J)	E_m (en J)
2	90	0	0	0	0	2646000	2646000
3	80	10	1,42857143	14	294000	2352000	2646000
4	70	20	2,02030509	19,7989899	588000	2058000	2646000
5	60	30	2,4743583	24,2487113	882000	1764000	2646000
6	50	40	2,85714286	28	1176000	1470000	2646000
7	40	50	3,19438282	31,3049517	1470000	1176000	2646000
8	30	60	3,49927106	34,2928564	1764000	882000	2646000
9	20	70	3,77964473	37,0405184	2058000	588000	2646000
10	10	80	4,04061013	39,5979797	2352000	294000	2646000

\times \checkmark f_x $=\text{RACINE}(2*B2/9,8)$

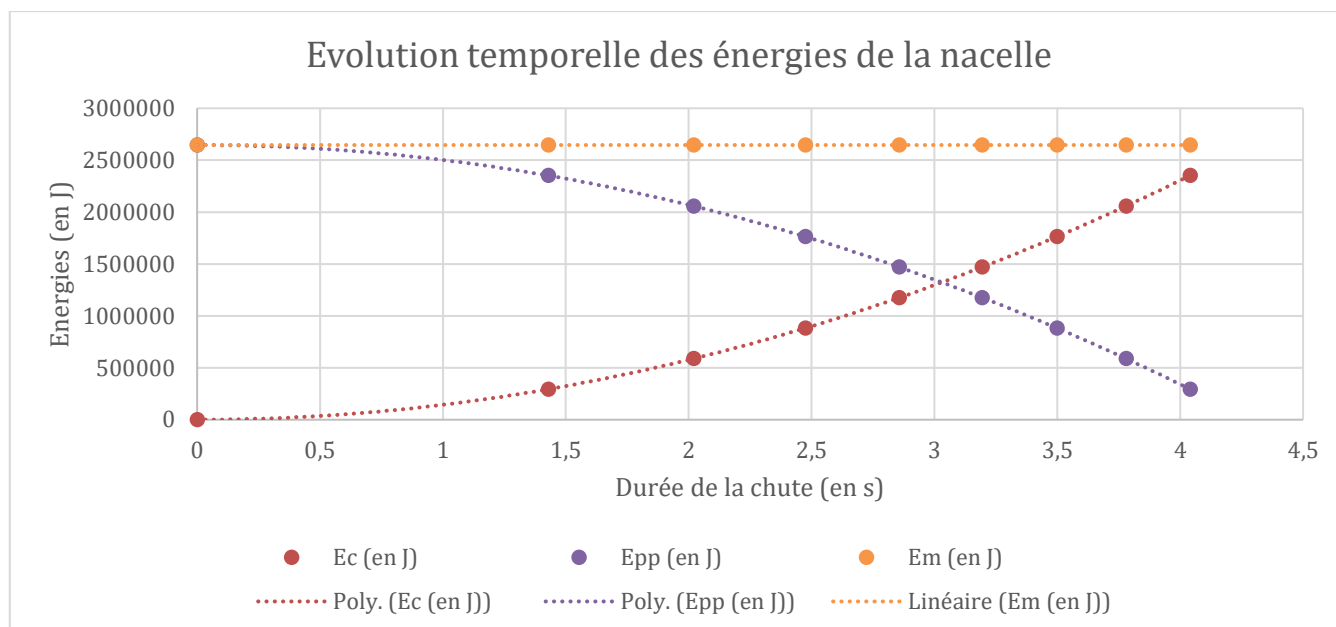
\times \checkmark f_x $=\text{RACINE}(2*9,8*B2)$

\times \checkmark f_x $=0,5*3000*D2*D2$

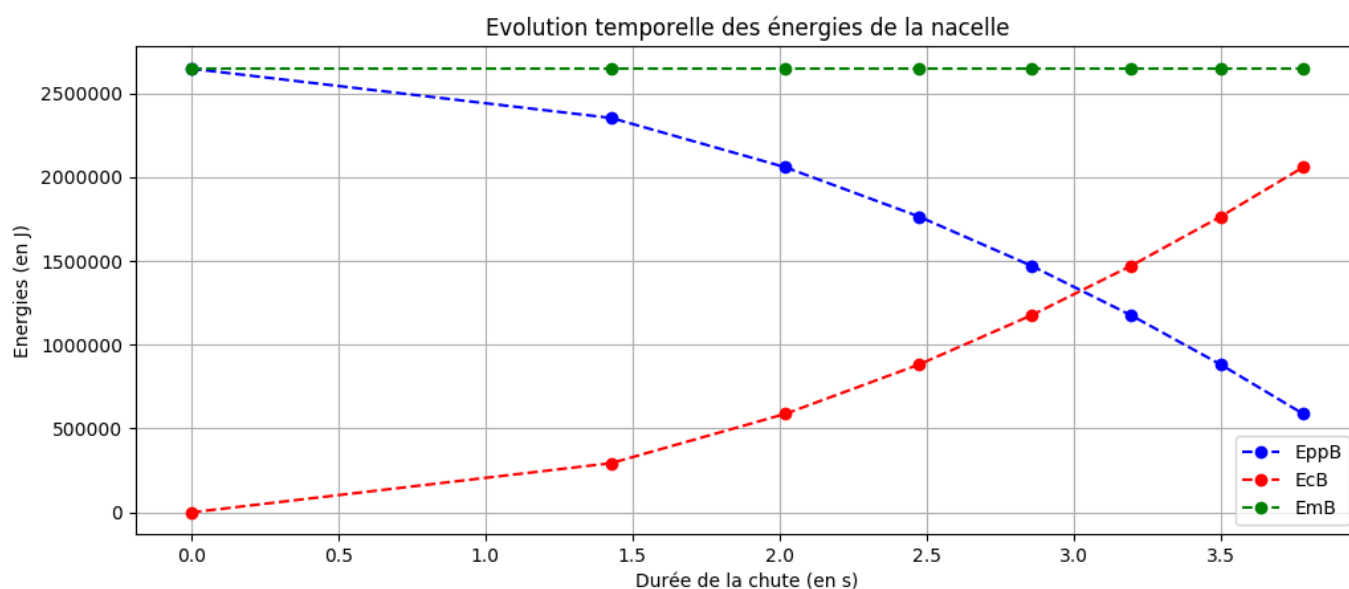
\times \checkmark f_x $=3000*9,8*A2$

\times \checkmark f_x $=E2+F2$

Pour tracer les courbes énergétiques sur le même graphique, on sélectionne (CTRL + clic gauche) les valeurs contenues dans les cellules des colonnes C, E, F et G puis on sélectionne le menu Graphiques → Nuages de points.



Programme PYTHON: voir fichier annexe **energies_nacelle.py**



Q7. D'après les courbes énergétiques, au cours de la chute de la nacelle, on assiste à un transfert intégral de l'énergie potentielle de pesanteur en énergie cinétique. Dans l'hypothèse de l'absence de frottements, l'énergie mécanique se conserve.

Q8. D'après le graphique, les courbes $E_c = f(t)$ et $E_p = g(t)$ se coupent au bout d'un peu plus de 3,0 s. D'après le programme PYTHON™, cela intervient précisément pour une hauteur $h = 90,0 / 2 = 45,0$ m.

Q9. La plus grande vitesse atteinte par la nacelle est celle juste avant la phase de freinage c'est-à-dire pour $h_B = 10,0$ m. A cette hauteur on a : $v_B = 39,6 \text{ m.s}^{-1} = 39,6 \times 3,6 \approx 143 \text{ km.h}^{-1}$. La vitesse calculée dans l'hypothèse de l'absence de frottements est donc supérieure à celle annoncée par le constructeur. La valeur communiquée par ce dernier semble donc mieux tenir compte de la réalité car les forces de frottements ne peuvent pas être négligées compte tenu de la hauteur de chute importante.

Q10. La nacelle est donc soumise à son poids et à des forces de frottements dues à l'air et aux contacts sur le mât vertical. Elle n'est donc pas soumise uniquement à son poids. La chute de la nacelle n'est donc pas libre.

Q11. Cette affirmation est fausse car pour être en apesanteur la chute doit être libre.

Annexes

Exemple de code PYTHON complet

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 #/////////////////////////////////////////////////////////////////
3 # Programme permettant d'afficher l'évolution temporelle
4 # des énergies d'une nacelle
5 # Hypothèse d'une chute libre
6 # TraAM 2018-2019
7 # Auteur David LATOUCHE (Académie de Versailles)
8 #/////////////////////////////////////////////////////////////////
9
10
11 # ----- Importation des bibliothèques nécessaires -----
12 from matplotlib import pyplot as plt
13 from math import *
14
15 # ----- Variables globales -----
16 m=3000      # Masse de la nacelle (en kg)
17 g=9.8       # Champ de pesanteur terrestre (en m/s^2)
18 hA=90       # Hauteur initiale (en m)
19 vA=0        # Vitesse initiale (en m / s)
20 EppA=m*g*hA # Energie potentielle de pesanteur initiale (en J)
21
22 # ----- Initialisation des listes vides -----
23 H=[]
24 t=[]
25 vB=[]
26 EcB=[]
27 EppB=[]
28 EmB=[]
29
30 # ----- Construction des listes -----
31 """
32 La méthode .append ajoute des éléments à une liste
33 Dans la boucle for, la variable h varie de 0 à 80 par pas de 10
34 """
35
36 for h in range (0,80,10):
37     H.append(h)
38     t.append(sqrt(2*h/g))
39     vB.append(sqrt(vA**2+2*g*h))
40     EcB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2)
41     EppB.append(EppA-m*g*h)
42     EmB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2 + EppA-m*g*h)
43
44 # ----- Graphiques -----
45 plt.plot(t,EppB,"bo--",label="EppB")
46 plt.plot(t,EcB,"ro--",label="EcB")
47 plt.plot(t,EmB,"go--",label="EmB")
48 plt.title("Evolution temporelle des énergies de la nacelle")
49 plt.xlabel('Durée de la chute (en s)')
50 plt.ylabel('Energies (en J)')
51 plt.grid()
52 plt.legend()
53 plt.show()
```

Joker TABLEUR-GRAPHEUR EXCEL

A distribuer aux élèves si nécessaire

X ✓ f_x =RACINE(2*B2/9,8)

X ✓ f_x =RACINE(2*9,8*B2)

	A	B	C	D	E	F	G
1	h_B (en m)	H (en m)	t_B (en s)	v_B (en m/s)	E_c (en J)	E_{pp} (en J)	E_m (en J)
2	90	0	0	0	0	2646000	2646000
3	80	10					
4	70	20					
5	60	30					
6	50	40					
7	40	50					
8	30	60					
9	20	70					
10	10	80					

X ✓ f_x Formule ?

X ✓ f_x Formule ?

X ✓ f_x Formule ?

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 #/////////////////////////////////////////////////////////////////
3 # Programme permettant d'afficher l'évolution temporelle
4 # des énergies d'une nacelle
5 # Hypothèse d'une chute libre
6 # TraAM 2018-2019
7 # Auteur David LATOUCHE (Académie de Versailles)
8 #/////////////////////////////////////////////////////////////////
9
10
11 # ----- Importation des bibliothèques nécessaires -----
12 from matplotlib import pyplot as plt
13 from math import *
14
15 # ----- Variables globales -----
16 """ Compléter les valeurs manquantes """
17 m=          # Masse de la nacelle (en kg)
18 g=          # Champ de pesanteur terrestre (en m/s^2)
19 hA=         # Hauteur initiale (en m)
20 vA=         # Vitesse initiale (en m / s)
21 EppA=m*g*hA # Energie potentielle de pesanteur initiale (en J)
22
23 # ----- Initialisation des listes vides -----
24 H=[]
25 t=[]
26 vB=[]
27 EcB=[]
28 EppB=[]
29 EmB=[]
30 |
31 # ----- Construction des listes -----
32 """
33 La méthode .append ajoute des éléments à une liste
34 Dans la boucle for, la variable h varie de 0 à 80 par pas de 10
35 """
36
37 for h in range (0,80,10):
38     H.append(h)
39     t.append()          # A compléter
40     vB.append()         # A compléter
41     EcB.append()        # A compléter
42     EppB.append()       # A compléter
43     EmB.append()        # A compléter
44
45 # ----- Graphiques -----
46 plt.plot(t,EppB,"bo--",label="EppB")
47 plt.plot(t,EcB,"ro--",label="EcB")
48 plt.plot(t,EmB,"go--",label="EmB")
49 plt.title("Evolution temporelle des énergies de la nacelle")
50 plt.xlabel('Durée de la chute (en s)')
51 plt.ylabel('Energies (en J)')
52 plt.grid()
53 plt.legend()
54 plt.show()

```