

Le système solaire : activités supports en classe de troisième

par Jean-Paul BAYLIN
Collège C. Freinet - 37800 Sainte Maure de Touraine

Dans la partie « transports et propulsion » du nouveau programme de troisième, il est fait mention, parmi les activités supports proposées de : « système solaire, mouvement des planètes ». Nous connaissons l'intérêt que portent nos élèves à l'astronomie et suite au programme de quatrième, ce domaine, comme d'autres d'ailleurs, peut permettre d'illustrer des notions élémentaires du programme : vitesse moyenne, trajectoire, mouvement de rotation, interaction à distance, distinction entre poids et masse, relation entre poids et masse, ordre de grandeur de vitesses, de forces.

Le principe de ces activités est simple : il s'agit d'exploiter, en adaptant au niveau de la classe, des tableaux de données établis à partir du « Grand Atlas de l'Astronomie (Encyclopédie Universalis 1986) », « d'Astronomie (Larousse 1981) », et actualisés à l'aide de « La Terre et l'Univers » (Collection Synapses Hachette Education 1993).

ÉTUDE DU MOUVEMENT DES PLANÈTES*

(les comètes et astéroïdes sont exclus)

En première approximation, on observe des mouvements circulaires uniformes.

Activité 1 et 2 - Les trajectoires

Les trajectoires sont approximativement des cercles centrés sur le Soleil. L'excentricité des trajectoires est en général très faible sauf pour Mercure 0,206, pour Mars presque 0,1 et pour Pluton 0,246 (trajectoire elliptique).

* **Remarque** : 10 à la puissance 15 sera noté 10(15).

Activité : faire tracer une maquette du système solaire à l'échelle :

Activité 1 - soit de la classe en plaçant les planètes sur un fil tendu.

Activité 2 - soit en dessinant sur une feuille des portions de trajectoires.

Les rapports d'échelle pour les distances et les diamètres sont différents.

Planètes	Pour activité 1			Pour activité 2
	Diamètre approché (cm)	Modèle	Distance sur 10 mètres (m)	Diamètre (cm)
Mercuré	1	billes	0,1	0,3
Vénus	2		0,18	0,5
Terre	2		0,25	0,7
Mars	1		0,38	1
Jupiter	24	ballons	1,32	3,6
Saturne	21		2,42	6,5
Uranus	10	balles	4,86	13,1
Neptune	10		7,62	20,6
Pluton	0,5	boulette	10	27

Activité 3 - Les vitesses

En utilisant le tableau 1, colonnes 1 et 2, puis le tableau 2, colonnes 1 et 5 (1 jour = 23,93 heures), et la formule $V_0 = 2 * 3,14 * D_s / T_r$, on retrouve les valeurs approchées de la colonne 3 et 2. On peut resituer ces valeurs dans un tableau d'ordre de grandeur des vitesses. Certains, observant ces valeurs, s'étonnent «du peu d'effet perceptible» sur Terre. Cela n'a rien de remarquable car les accélérations liées à ces valeurs (V^2/R) sont extrêmement faibles, de l'ordre de 0,006 SI pour la révolution autour du Soleil et de 0,03 pour la rotation autour de l'axe N S, ceci pour la Terre. Les dimensions mises en jeu dans ce phénomène expliquent le résultat.

Faire remarquer que si D_s augmente, la vitesse diminue.

Numéro
de colonne

1

2

3

4

Planètes	Distance moyenne au Soleil (Ds)	Période de révolution sidérale (Tr)	Vitesse orbitale (Vo)	3 ^{ème} loi de Képler $Tr^2/Ds^3 = 1$ Tr(an), Ds(ua)
Mercuré	0,39 ua $57,9 * 10^6$ km	87,969 jours 0,2408 an	47 900 m/s 172 300 km/h	$(0,241)^2/(0,39) = 1$
Vénus	0,72 ua $108,2 * 10^6$ km	224,701 jours 0,6152 an	35 000 m/s 126 100 km/h	Très voisin de 1 id
Terre	1,00 ua $149,6 * 10^6$ km	365,256 jours 1 an	29 800 m/s 107 200 km/h	= 1
Mars	1,52 ua $227,94 * 10^6$ km	1 an 321,73 jours 1,881 ans	24 100 m/s 86 800 km/h	Très voisin de 1
Jupiter	5,2 ua $778,3 * 10^6$ km	11 ans 321,73 jours 11,862 ans	13 000 m/s 47 000 km/h	Très voisin de 1
Saturne	9,54 ua $1 427 * 10^6$ km	29 ans 167 jours 29,457 ans	9 600 m/s 34 800 km/h	Très voisin de 1
Uranus	19,2 ua $2 871 * 10^6$ km	84 ans 7 jours 84,07 ans	6 800 m/s 24 500 km/h	Très voisin de 1
Neptune	30,1 ua $4 497,1 * 10^6$ km	164 ans 280 jours 164,767 ans	5 400 m/s 19 600 km/h	Très voisin de 1
Pluton	39,5 ua $5 913,5 * 10^6$ km	247 ans 249 jours 247,682 ans	4 700 m/s 17 100 km/h	Très voisin de 1 Très voisin de 1

Tableau 1 : Caractéristiques orbitales des planètes du système solaire.

Activité 4 - Calculer son poids sur les planètes (classique !)

A l'aide du tableau 2 colonne 4, de la valeur de $g(\text{Terre})$ à l'équateur 9,78, et de la propre masse de l'élève faire calculer le poids sur les planètes. Analyser les résultats. Conclure.

Activité 5 - Calculer la force d'attraction (Soleil Terre) puis (Terre Lune)

Dans une activité sur les ordres de grandeur de forces ou une généralisation de la notion de poids, on peut inclure l'évaluation des valeurs des forces de gravitation en donnant la formule $F = G * M(\text{Soleil}) * M(\text{planète})/Ds^2$; $G = 6,67 * 10^{-11}$ SI.

Numéro
de colonne

1

2

3

4

5

Planètes	Diamètre équatorial De (km)	Vitesse d'un point à l'équateur $3,14 * De/T$ (km/h)	Densité moyenne	Rapport de la pesanteur à celle de la Terre (équateur)	(T) période rotation sidérale
Mercure	4 878	10,9	5,4	0,37	58,6 jours
Vénus	12 104	6,5	5,2	0,894	243 jours (rétro)
Terre	12 756	1 674,4	5,5	1	23 h 56 min
Mars	6 794	867,6	3,9	0,38	24 h 37 min
Jupiter	142 796	45 636,5	1,3	2,54	9 h 50 min
Saturne	120 660	37 042,1	0,7	1,08	10 h 40 min
Uranus	51 118	14 915,2	1,2	0,88	17 h 14 min
Neptune	50 538	9 663,4	1,7	1,15	16 h 03 min
Pluton	3 000	61,8	2,2	0,01	6 jours 9 h

Tableau 2 : Caractéristiques physiques des planètes.

Pour le **Soleil** : Diamètre = 1 392 000 km – masse = $1,989 * 10^{30}$ kg – Densité = 1,4. Vitesse par rapport aux étoiles = 19 700 m/s – Température de surface = 5 770°C.

Numéro
de colonne

6

7

8

9

10

Planètes	Rapport de la masse à celle de la Terre	Rapport du volume à celui de la Terre	Température observée au sol (°C)	Inclinaison équateur sur orbite (°)	Satellites connus
Mercure	0,056	0,056	- 170 à + 390	0	0
Vénus	0,815	0,815	+ 450 à + 480	177	0
Terre	1	1	- 88 à + 48	23,5	1
Mars	0,107	0,152	- 128 à + 24	25	2
Jupiter	318	1 338	- 140	3	21
Saturne	95	766	- 160	27	23
Uranus	14,6	60,4	- 180	98	15
Neptune	17,2	56,9	- 200	29	8
Pluton	0,002	?	- 238	120	1

Tableau 3 : Caractéristiques physiques des planètes (suite).

Masse de la Terre = $5,97 * 10^{-24}$ kg.

En utilisant les données des tableaux, on trouve pour :
 $F_s/t = 3,52 * 10(22) \text{ N}$.

Planètes	Rapport de la force à F_s/t
Mercure	0,36
Vénus	1,57
Terre	1
Mars	0,05
Jupiter	11,8
Saturne	1,05
Uranus	0,04
Neptune	0,02
Pluton	0,000001

Pour la Lune, $M(\text{Lune}) = 7,34 * 10(22) \text{ kg}$; $D(\text{Terre Lune}) = 345\ 000 \text{ km}$ on trouve $F_t/1 = 2,5 * 10(20) \text{ N}$. Cette valeur est à replacer dans un tableau d'ordre de grandeur.

Activité 6 - Pesons la Terre (ou les planètes) - Pesons le Soleil (loi de Képler)

En considérant le système à deux corps (Terre Lune) ou (Terre Soleil) on peut en déduire la masse de la Terre ou du Soleil suivant le cas. Ceci est une conséquence de la troisième loi de Képler.

A l'équilibre pour le système (Soleil Planète) :
 $F_{\text{centrifuge}} = F_{\text{attraction}}$.

$G * M_s * M_p / D_s^2 = M_p * V_t^2 / D_s$ ce qui donne $V_t^2 * D_s = G * M_s$
 et $V_s = 2 * 3,14 * D_s / T_r$.

$$D_s(3) / T_r^2 = G * M_s / [4 * (3,14)^2]$$

On peut faire **constater** cette loi $T_r^2 / D_s(3) = \text{constante}$ (= 1 si T_r -an et D_s -ua) aux élèves.

On peut utiliser pour calculer :

$$M_{\text{Soleil}} = 4 * (3,14)^2 * D_s, t(3) / [G * T_r^2 \text{ Terre}].$$

On peut calculer la masse (Terre) :

$$M_{\text{Terre}} = 4 * (3,14)^2 * D_t, l(3) / [G * T_r^2 \text{ Lune}].$$

On trouve environ $6 * 10(24)$ kg.

Activité 7 - Fiche de voyage et de séjour pour une visite de la planète

Il peut s'agir de faire utiliser des tableaux de données par les élèves :

<u>DESTINATION</u> :	Jupiter
Durée du voyage : fusée 25 000 km/h.....	2,87 années
Vitesse de la planète pour un «atterrissage»	47 000 km/h
Un signal radio (aller retour) mettrait (hypothèse planètes alignées)	1 h 10 mn environ
<u>COMPARONS LA PLANÈTE À LA TERRE</u>	
Le diamètre est.....	11 fois plus grand
Ton poids sera multiplié par	2,5
La durée du jour sera de (exprimée en unités terrestres).....	9 h 50 mn
Il verra le Soleil	2 fois au moins
La température au sol serait de	- 140°C
La vitesse d'un point à l'équateur (hypothétique) sera	45 000 km/h
L'effet des saisons sur le climat serait (inclinaison de l'axe de rotation de la planète)	faible (3°) effet saison peu marqué
Combien de Lunes seraient observables.....	21
Il y aura beaucoup de phénomènes de phases et d'éclipses.	
Composition chimique de :	
- L'atmosphère	hydrogène 90 % + hélium 10 %
- L'intérieur de la planète	voir tableau 4 colonne 13

Numéro
de colonne

11

12

13

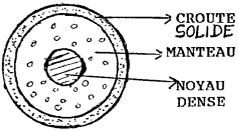
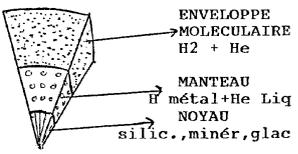
Planètes	Constituants principaux de l'atmosphère (% volume)	Pression au sol en bars	Constituants internes schéma
PLANÈTES TELLURIQUES			
Mercuré	Très faible (He) + (H)	0,010	
Vénus	Très dense CO ₂ (97 %)	94	
Terre	N ₂ (78 %) + O ₂ (21 %)	1	
Mars	CO ₂ (95 %), N ₂ (-3 %)	0,010	
PLANÈTES GÉANTES GAZEUSES			
Jupiter	H(90 %), He (- de 10 %) CH ₄ , NH ₃	1	
Saturne	H (93), He (15), CH ₄ , NH ₃	1	
Uranus	H (93), He (15), CH ₄	1	
Neptune	H + He (99), CH ₄	1	
PLANÈTE MAL CONNUE			
Pluton	CH ₄ (?)	Surface faite de méthane gelé ?	

Tableau 4 : Caractéristiques physiques des planètes (suite).

ÉTUDE MÉCANIQUE SIMPLIFIÉE

(Soleil + Planète) ou (Planète + Satellite) :

$M_p \ll M_s$, problème à deux corp

Mouvement circulaire

La planète (P) est soumise à deux

Gravitation $F_a = G * M_p * M_s / D^2$

Centrifuge : $F_c = M_p * V^2 / D$.

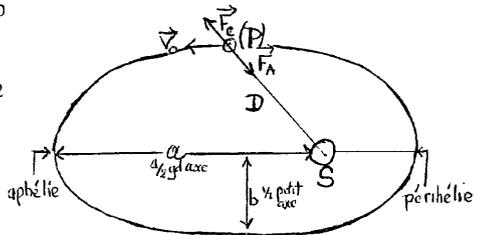
A l'équilibre : $F_a = F_c$ donne :

$$V^2 * D = G * M_s$$

ou

$$D^3 / T^2 = G * M_s / 4 * 3,14^2$$

Loi de Képler



$G = \text{cte de gravitation} = 6,67 * 10^{-11}$.

ORDRE DE GRANDEUR DE FORCES

Force exercée par		
Un ressort d'horloge	0,1 N	10(- 1) N
Doigt sur le poussoir d'un stylo	1 N	10(0) N
Ouverture d'un placard	10 N	10(1) N
Pied sur la pédale de frein	100 N	10(2) N
Un cheval	1 000 N	10(3) N
Une voiture sur une remorque	10 000 N	10(4) N
Une grosse grue électromagnétique	100 000 N	10(5) N
Une locomotive sur un convoi	1 000 000 N	10(6) N
Les moteurs de la fusée SATURNE 5	10 000 000 N	10(7) N
.....		
.....		
La Terre sur la Lune	100 000 000 000 000 000 000 N	10(20) N
Le Soleil sur la Terre	10 000 000 000 000 000 000 000 N	10(22) N
Remarque : 10 puissance 15 sera noté 10(15).		

CONCLUSION

Il ne s'agit là que d'activités où le calcul tient évidemment beaucoup de place, mais chacun aura compris qu'elles ne remplaceront jamais l'émotion et les faits obtenus à partir de l'observation astronomique directe.