

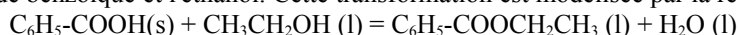
## Devoir du samedi 12 Avril 2008

### Exercice 1 : chimie et beauté (35 minutes)

**I Les parabènes** (paraben en anglais) sont des conservateurs utilisés dans l'industrie cosmétique pour empêcher la prolifération des bactéries et des champignons. On les trouve dans bon nombre de produits de beauté : shampoings, gels douches, crèmes hydratantes... La formule semi-développée du propylparaben ou parahydroxybenzoate de propyle est donnée en annexe.

- 1) Entourer les deux fonctions chimiques que vous reconnaissez et les nommer sur l'annexe.
- 2) Le propylparaben peut être synthétisé à partir de deux réactifs, le réactif n°1 et le réactif n°2.
  - a) Le réactif n°1 est l'acide para-hydroxybenzoïque. Écrire sa formule semi-développée.
  - b) Quel est le nom du réactif n°2 ? Écrire sa formule semi-développée.
- 3) Parmi les quatre molécules a, b, c, d en annexe, identifier le méthylparaben sans justifier.

**II L'olivier de Bohème** (ou *Elaeagnus angustifolia*) contient un grand nombre de composés aromatiques dont le benzoate d'éthyle de formule :  $C_6H_5COOCH_2CH_3$ . On se propose d'étudier la synthèse du benzoate d'éthyle qui est synthétisé grâce à la réaction qui a lieu entre l'acide benzoïque et l'éthanol. Cette transformation est modélisée par la réaction d'équation:



1) Etude de la synthèse

La synthèse du benzoate d'éthyle étudiée précédemment a été réalisée en mélangeant une masse  $m = 1,22$  g d'acide benzoïque et un volume  $V = 9,2$  cm<sup>3</sup> d'éthanol.

a) Calculer la quantité de matière  $n_0(ac)$  d'acide benzoïque introduit. Calculer la quantité de matière  $n_0(et)$  d'éthanol introduit. On utilisera les données ci-dessous :

Espèce chimique	acide benzoïque	benzoate d'éthyle	éthanol
Masse molaire (en g.mol <sup>-1</sup> )	122	150	46

Densité de l'éthanol :  $d = 0,80$

$$46 * 2 = 92$$

$$46/2 = 23$$

b) A  $t \rightarrow +\infty$ , on dose l'acide restant d'une prise d'échantillon  $V_{ech}$  de 3 mL du mélange réactionnel avec une solution de soude de concentration  $c_B = 5,0 \cdot 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>. Le volume pour atteindre l'équivalence vaut  $V_E = 13$  mL. Déterminer l'expression de la quantité d'acide restant dans le milieu réactionnel.

c) Le calcul donne  $2,0 \cdot 10^{-3}$  mol. En déduire le taux d'avancement final de la réaction d'estérification. On pourra se servir du tableau d'avancement fourni en annexe.

d) Le graphique en annexe donne l'évolution de l'avancement molaire  $x$  de la réaction au cours du temps  $t$ .

Qu'appelle-t-on temps de demi-réaction ? Celui-ci vaut 200 heures. Graduer le graphique.

e) En rajoutant un peu d'acide sulfurique, tracer en vert l'allure de la courbe que l'on aurait obtenue en justifiant.

f) En utilisant la même quantité d'acide sulfurique qu'à la question précédente et en utilisant un très très grand excès d'éthanol, tracer en rouge l'allure de la courbe que l'on aurait obtenue en justifiant.

2) Afin d'avoir une réaction quasi-totale et encore plus rapide, on aurait pu utiliser un composé dérivé de l'acide benzoïque.

a) Quel est le nom de sa famille ?

b) Donner l'équation chimique correspondante en nommant les quatre espèces qui y apparaissent.

### Exercice 2 : défense militaire maritime (40 minutes)

On considère un boulet éjecté à partir d'un canon avec un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale et une vitesse initiale  $v_0$ . Le boulet évolue dans le plan  $(Oik)$  avec  $(\vec{O}\vec{k})$  orienté vers le haut.

1) Le repère choisi est tel que les coordonnées initiales du boulet soient  $x_0$  et  $z_0$ . Etablir les lois horaires  $x(t)$  et  $z(t)$ .

2) Montrer que la trajectoire est parabolique si  $\alpha$  est différent de  $90^\circ$ .

3) Comment se simplifient les équations dans le cas où l'origine du repère coïncide avec la position initiale du centre du boulet ? On considèrera qu'il en est ainsi dorénavant dans tout l'exercice.

4) On appelle portée  $P$  du tir la distance séparant le point de lancement au sol du boulet et le point d'impact quand le boulet retombe au sol.

a) Montrer que 
$$P = v_0^2 * \frac{\sin(2\alpha)}{g}$$

b) Retrouver la dimension de  $P$  par analyse dimensionnelle, (rappel : un sinus a toujours une dimension de 1).

c) Montrer que la portée est maximale pour un angle de  $45^\circ$ . Quelle est alors l'expression de  $P$  ? Il en sera ainsi dorénavant dans tout l'exercice.

5) Au 17<sup>ème</sup> siècle, la portée maximale des canons est de 900 m.

a) Déterminer la vitesse à laquelle sont lancés les boulets. On prendra  $g = 10$  m.s<sup>-2</sup>.

b) Cette portée est déjà faible à l'époque. Louis XIV demande à Colbert de créer l'arsenal royal de Rochefort à l'intérieur des terres en 1666, en Charente maritime (voir carte en annexe). Celui-ci pose le problème de sa protection maritime d'autant que les navires étaient terminés d'être armés à l'embouchure de la Charente lors des grandes marées. Cette flotte restait alors une proie facile pour l'ennemi anglais qui pouvait facilement rentrer en bateau dans la Rade de l'Île d'Aix malgré la présence de nombreux forts l'encerclant. Justifier cette affirmation en complétant les zones de portée des canons des forts (symbolisés par une étoile) 7 à 13 comme il l'a été fait pour les forts 1 à 6. Entre quelles terres se trouve le fameuse faille ?

c) Cette construction géométrique n'a de sens que si le champ de pesanteur est uniforme dans la rade. Qu'est-ce qu'un champ de pesanteur uniforme ? Ce champ est-il bien uniforme dans la rade ?

d) Il fut ainsi décidé de construire un nouveau fort en pleine mer afin d'empêcher toute intrusion ennemie. Placer en rouge sur la carte la position stratégique à choisir pour la réalisation de ce fort.

e) Vauban fut consulté et déclara : « *Sire, il serait plus facile de saisir la Lune avec les dents que de tenter en cet endroit pareille besogne* ». Le projet fut abandonné. En avril 1804 un convoi de douze navires destinés à secourir les Antilles est anéanti par une escadre anglaise. Cette défaite relance la construction du fort militaire qui voit enfin le jour en 1843... au moment où les anglais ne sont plus ennemis et où la portée des canons atteint 3 km. Montrer que le fort est devenu obsolète en construisant deux nouveaux cercles sur la carte.

f) (bonus) La construction du fort a coûté l'équivalent de 150 km d'autoroute actuel et, finalement, n'a jamais eu d'utilité défensive. Mais comment se nomme cette forteresse ? Et à quoi sert-elle aujourd'hui ?

### Exercice 3 : mouvements des satellites de Jupiter (45 minutes)

Les mouvements sont étudiés dans le référentiel jupitérocentrique. On note  $M$  la masse de Jupiter,  $r$  le rayon de Jupiter et  $G$  la constante de gravitation universelle. Les corps étudiés ont une masse dont la répartition est à symétrie sphérique.

#### 1) Etude du champ de gravitation de Jupiter

Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle exercée par Jupiter sur un de ses satellites de masse  $m$  situé à l'altitude  $h$  de Jupiter. Faire un schéma explicatif.

#### 2) Etude du satellite Ganymède

On considère que Ganymède, un des satellites de Jupiter dont la masse sera notée  $m_G$ , est soumis à la seule force de gravitation due à Jupiter et que son mouvement est circulaire de centre  $O$  (centre de Jupiter) avec une altitude  $h$ .

a) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme. A quelle loi de Képler ce résultat est-il lié ? Énoncer cette loi dans le cas général.

b) Établir l'expression de la vitesse  $v$  de Ganymède en fonction de  $G$ ,  $M$ ,  $r$  et  $h$ . En déduire l'expression de la période  $T$  de révolution de ce satellite en fonction des mêmes paramètres.

c) Quelle serait la trajectoire de Ganymède s'il n'existait pas la force gravitationnelle exercée par Jupiter sur son satellite ? Expliquer la phrase « Ganymède n'arrête pas de tomber sur Jupiter ». Un schéma est attendu.

#### 3) Se repérer dans le temps

Le document A en annexe indique les positions des quatre plus gros satellites de Jupiter par rapport à la planète tels qu'on peut les voir avec une petite lunette astronomique. Les positions correspondent à celles de ce mois d'avril 2008 à l'heure universelle (méridien de Greenwich). Il suffit de tracer un trait horizontal qui coupe les quatre courbes figurant « la danse des satellites » autour de la planète, au jour et à l'heure désirée, afin de connaître les positions relatives des quatre satellites par rapport au centre de la planète. Les traits horizontaux séparent deux journées consécutives à minuit, heure universelle.

On signale que la Terre est suffisamment loin de Jupiter pour affirmer que la vision de la position des satellites depuis la Terre, correspond à celle que l'on aurait dans le référentiel jupitérocentrique.

a) Les centres des quatre satellites, vus depuis la Terre, sont constamment alignés. Que peut-on en conclure sur les trajectoires des quatre satellites ? Est-ce une conséquence d'un des trois lois de Képler ? Si oui, préciser laquelle.

b) Les quatre satellites tournent-ils dans le même sens ? Est-ce une conséquence d'un des trois lois de Képler ? Si oui, préciser laquelle.

c) Combien de fois et à quelle(s) date(s) Ganymède est-il éclipsé par Jupiter durant ce mois d'Avril ?

d) A partir de ce document, on a pu déterminer les périodes de révolution des trois satellites suivants :

Callisto : 16,7 jours ; Ganymède : 7,18 jours ; Europe : 3,56 jours

Déterminer la période de révolution de Io à partir du document A en expliquant clairement votre démarche. Compléter le tableau de l'annexe 2.

$$(20,7 \times 31) / (21,9 \times 16) = 1,83$$

e) On considère dans cette question que les trajectoires des satellites sont des cercles. On cherche à connaître le rayon  $R$  de l'orbite de Io. Sachant que le document est à la même échelle pour tous les satellites, calculer ce rayon et compléter le tableau de l'annexe. Détaillez vos calculs.

f) Que valent les exposants  $m$  et  $n$ , présents dans les deux dernières lignes du tableau, de la troisième loi de Képler ? Compléter ces deux lignes à l'aide de la grille de calcul fournie et construire le graphique  $T^n = f(R^m)$ .

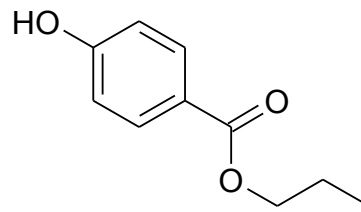
g) La troisième loi de Képler est-elle vérifiée ? Justifier.

h) Le coefficient directeur vaut  $3 \cdot 10^{-16}$  unités SI. Quelle est son unité ? En déduire M avec un chiffre significatif. On prendra  $\pi^2 = 10$  et  $G = (20/3) 10^{-11}$  unités SI.

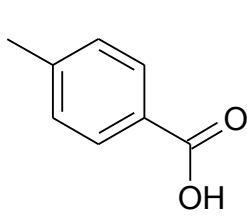
# Annexe à rendre avec la copie

NOM :

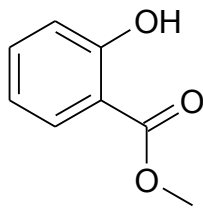
## Exercice 1



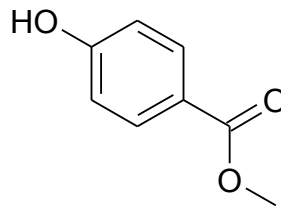
propylparaben



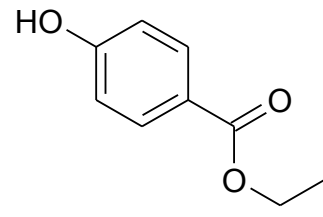
a)



b)

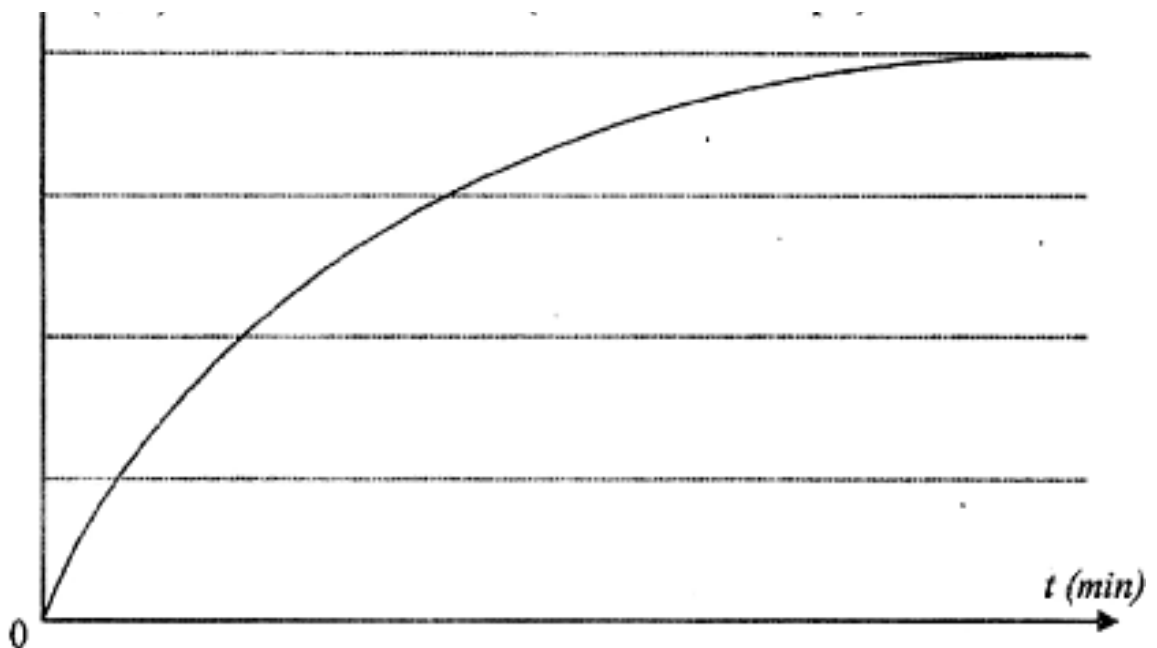


c)

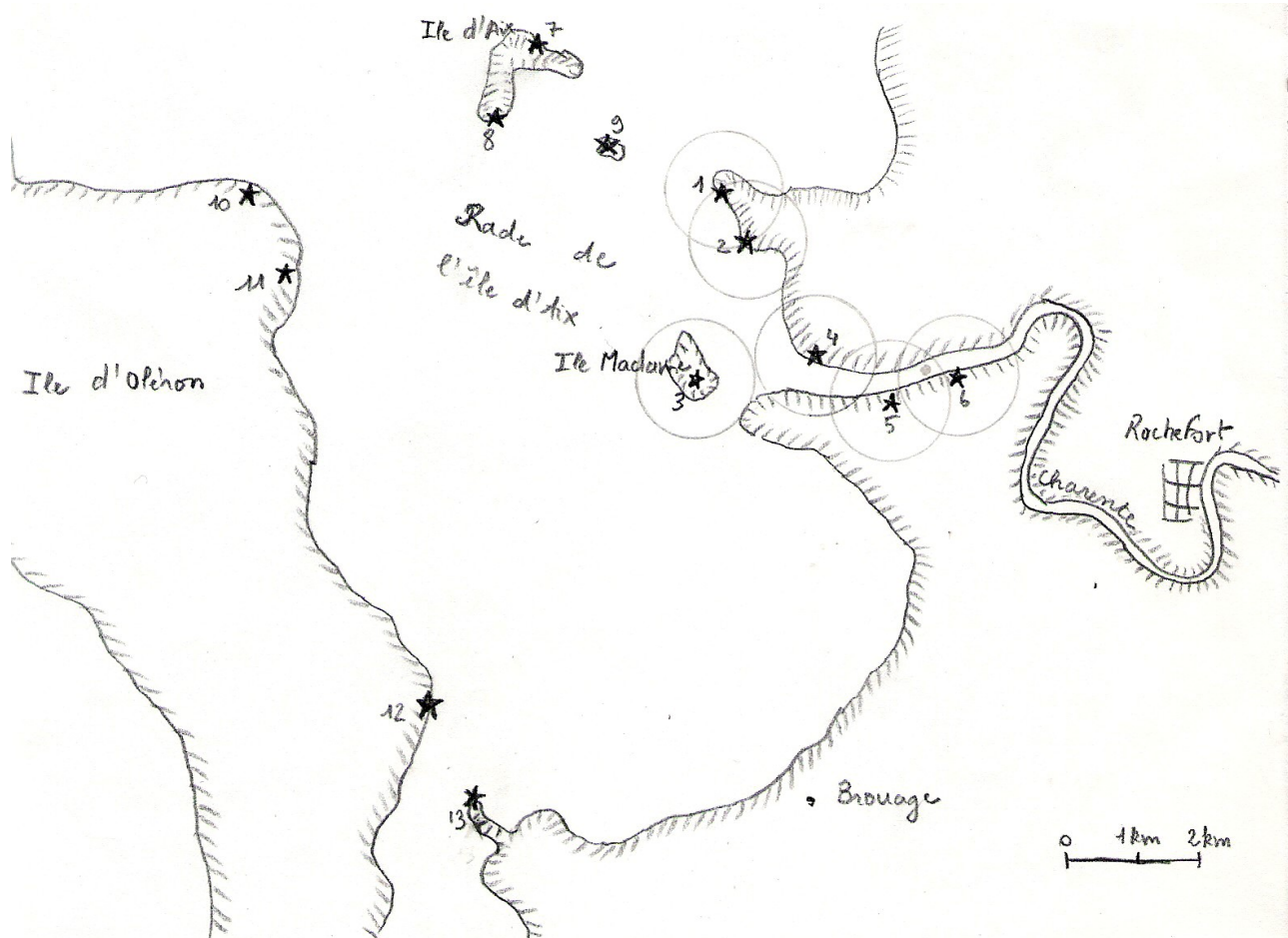


d)

Équation de la réaction		$C_6H_5COOH_{(s)} + CH_3CH_2OH_{(l)} = C_6H_5COOCH_2CH_3_{(l)} + H_2O_{(l)}$			
État du système	Avancement $x$ (mol)	Quantité de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$	$n_0(ac)$	$n_0(et)$	$0$	$0$
État final	$x = x_f$	$n_1(ac) =$	$n_1(et) =$	$n_1(be) =$	$n_1(eau) =$



## Exercice 2



*Embouchure de la Charente dans la Rade de l'Île d'Aix*

### Fortifications sur la côte :

- 1 : La redoute de l'Aiguille
- 2 : Citadelle du Château de Fouras
- 4 : Fort de la Pointe
- 5 : Fontaine Saint Nazaire
- 6 : Fort Lupin
- 13 : Fort Chapus

### Fortification sur les îles :

- 3 : Fort de l'Île Madame
- 7 : Fort Liédot sur l'Île d'Aix
- 8 : Fort de la Rade sur l'Île d'Aix
- 9 : Fort de l'Îlot d'Enet
- 10 : Fort des Saumonards sur l'Île d'Oléron
- 11 : Fort de la Pointe de Boyardville sur l'Île d'Oléron
- 12 : Fort du Château d'Oléron sur l'Île d'Oléron

# Satellites de Jupiter en avril 2008

I, Io

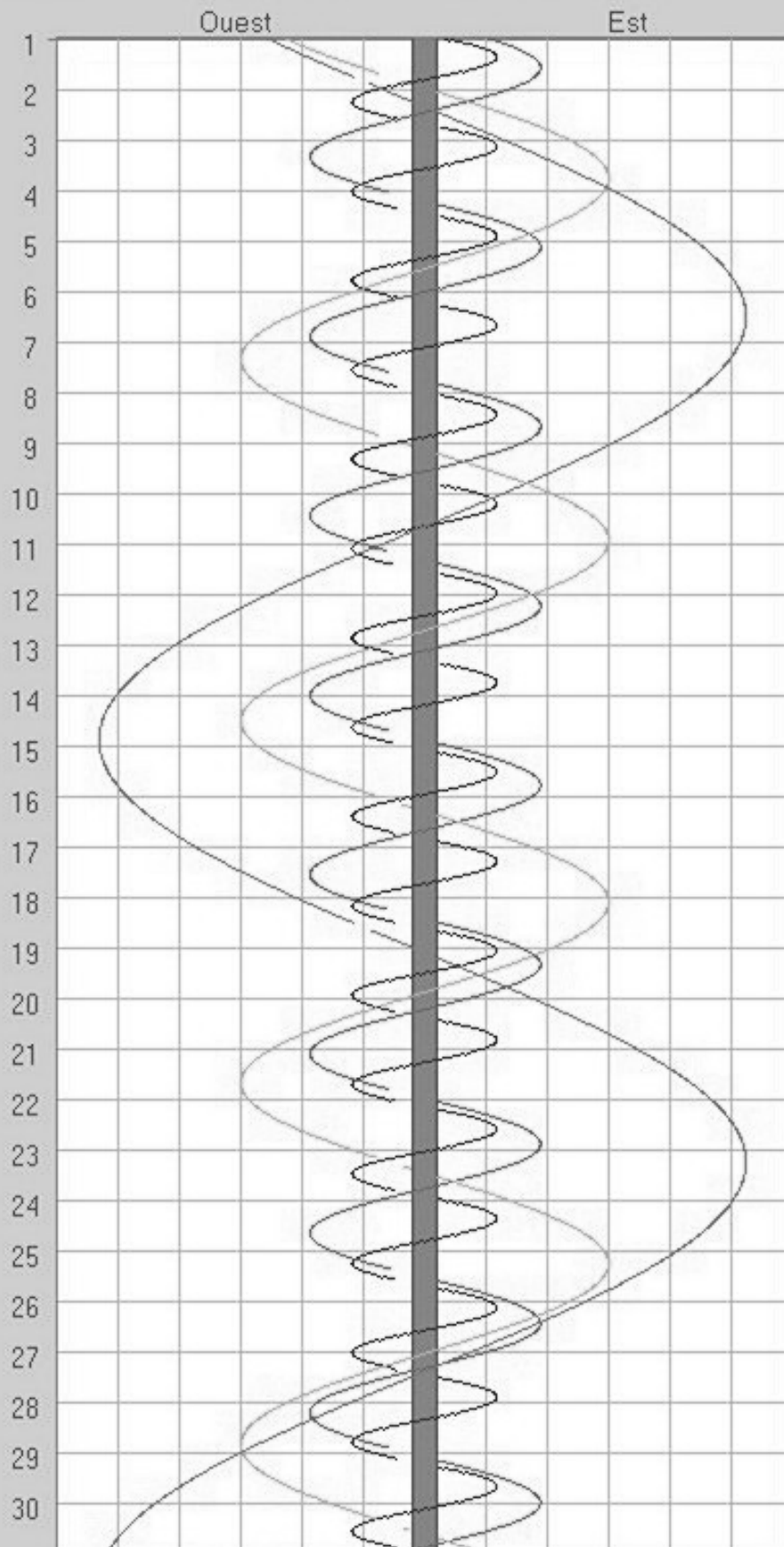
II, Europe

III, Ganymède

IV, Callisto

Échelle horizontale = 5 rayons de Jupiter par division.

Les jours débutent à 0 h heure normale.



Le curseur indique le temps du site.



Table des puissances

x	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>
1	1	1	26	676	17576	51	2601	132651	76	5776	438976
2	4	8	27	729	19683	52	2704	140608	77	5929	456533
3	9	27	28	784	21952	53	2809	148877	78	6084	474552
4	16	64	29	841	24389	54	2916	157464	79	6241	493039
5	25	125	30	900	27000	55	3025	166375	80	6400	512000
6	36	216	31	961	29791	56	3136	175616	81	6561	531441
7	49	343	32	1024	32768	57	3249	185193	82	6724	551368
8	64	512	33	1089	35937	58	3364	195112	83	6889	571787
9	81	729	34	1156	39304	59	3481	205379	84	7056	592704
10	100	1000	35	1225	42875	60	3600	216000	85	7225	614125
11	121	1331	36	1296	46656	61	3721	226981	86	7396	636056
12	144	1728	37	1369	50653	62	3844	238328	87	7569	658503
13	169	2197	38	1444	54872	63	3969	250047	88	7744	681472
14	196	2744	39	1521	59319	64	4096	262144	89	7921	704969
15	225	3375	40	1600	64000	65	4225	274625	90	8100	729000
16	256	4096	41	1681	68921	66	4356	287496	91	8281	753571
17	289	4913	42	1764	74088	67	4489	300763	92	8464	778688
18	324	5832	43	1849	79507	68	4624	314432	93	8649	804357
19	361	6859	44	1936	85184	69	4761	328509	94	8836	830584
20	400	8000	45	2025	91125	70	4900	343000	95	9025	857375
21	441	9261	46	2116	97336	71	5041	357911	96	9216	884736
22	484	10648	47	2209	103823	72	5184	373248	97	9409	912673
23	529	12167	48	2304	110592	73	5329	389017	98	9604	941192
24	576	13824	49	2401	117649	74	5476	405224	99	9801	970299
25	625	15625	50	2500	125000	75	5625	421875	100	10000	1000000

	Callisto	Ganymède	Europe	Io
Période de révolution en jours	17	7,2	3,6	?
En s	14 ; 10 <sup>5</sup>	6,2.10 <sup>5</sup>	3,1.10 <sup>5</sup>	1,6.10 <sup>5</sup>
Rayon des orbites :				
Distance sur le dessin en cm	4,7	2,7	1,7	?
Distance réelle en m	18.10 <sup>8</sup>	11.10 <sup>8</sup>	6,7.10 <sup>8</sup>	?
T <sup>n</sup> en s <sup>n</sup>	196.10 <sup>10</sup>	?	?	2,6.10 <sup>10</sup>
R <sup>m</sup> en m <sup>m</sup>	63.10 <sup>26</sup>	13.10 <sup>26</sup>	?	0,59.10 <sup>26</sup>

