

# La trajectoire de la comète Ison en 3D avec Geogebra

## Introduction

Une comète nous est née ou plutôt découverte il y a un peu plus d'un an.  
Son petit nom est Ison car trouvée à l'aide du télescope de 40 cm de l'International Scientific Optical Network (ISON) près de Kislovodsk en Russie.  
Son nom de code astronomique est *C/2012 S1*.

Comme d'habitude pour de nombreux phénomènes célestes, les informations alarmistes (du type 21 décembre 2012) circulent sur le web.

Pour en apprécier la saveur on peut consulter entre autres :

[http://www.cidehom.com/astronomie.php?\\_a\\_id=594](http://www.cidehom.com/astronomie.php?_a_id=594)

Nom des comètes, voir :

[http://www.lesia.obspm.fr/perso/jacques-crovisier/promenade/pro\\_comete\\_noms.html](http://www.lesia.obspm.fr/perso/jacques-crovisier/promenade/pro_comete_noms.html)

<http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/CometResolution.html> (en anglais).



Fig. 1 - Comète Ison 25/10/2013 (HST).

Son passage au périhélie l'aura quelque peu perturbée par une bonne cure d'ammaigrissement.

## Présentation et déroulement de l'activité

L'observation de la comète et son repérage astrométrique permettent rapidement d'établir sa trajectoire avec précision.

La page d'Ephémérides en ligne de l'IMCCE nous donne, à la demande, ses coordonnées dans tous les systèmes de repérage utilisés par les astronomes : local, horaire, équatorial, écliptique, coordonnées sphériques, coordonnées cartésiennes.

On peut donc tracer son orbite par rapport au Soleil, à la Terre.

On se propose de la tracer dans un système écliptique héliocentrique avec l'orbite de la Terre en référence.

Pour la visibilité, le tracé sera en perspective en 3 dimensions, en utilisant GeoGebra 3D.

## Les données des éphémérides

Nous nous intéressons à sa trajectoire durant son passage près du Soleil et de la Terre.

Nous la suivrons du 1 novembre 2013 au 1 février 2014 avec un pas de 1 jour.

Données IMCCE :

```

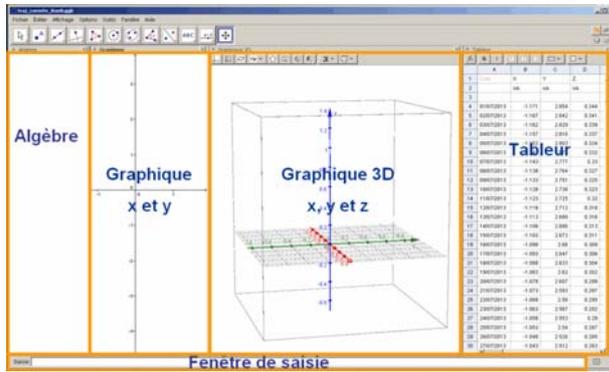
#####
EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
#####
Comete ISON (C/2012 S1)
Coordonnees Moyennes J2000
Centre du repere : heliocentre
Perturbations relativistes, systeme de coordonnees 0
Coordonnees rectangulaires ecliptiques (x, y, z)
#####
Date UTC          X          Y          Z          Distance
  h m s          ua.         ua.         ua.         ua.
1 10 2013 0 0 0.00 -0.6586953029890  1.5093507359023  0.1140916875486  1.6507683239377
2 10 2013 0 0 0.00 -0.6518861728667  1.4918394392619  0.1113317285986  1.6318502531498
...
31 1 2014 0 0 0.00 -0.3882709901055  1.5758066955437  0.6354357621987  1.7428997995751
1 2 2014 0 0 0.00 -0.3932762723864  1.5928797796260  0.6409430780161  1.7614596924200
  
```

Transportées dans le tableau de GeoGebra :

	A	B	C	D
1		<i>Comète</i>	<i>Ison</i>	
2	<i>Dates</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
3		<i>ua</i>	<i>ua</i>	<i>ua</i>
4	01/10/2013	-0.6587	1.50935	0.11409
5	02/10/2013	-0.65189	1.49184	0.11133
6	03/10/2013	-0.64503	1.47423	0.10856

# 1 - Les cadres de la fenêtre de GeoGebra 3D

- ▶ Lancer *GeoGebra 3D* : (Geogebra 5 Webstart)
- ▶ Charger le fichier : *rtraj\_ison\_data\_1jour.ggb*



	A	B	C	D
1	Date	X	Y	Z
2	ur	ur	ur	ur
3				
4	01/07/2013	-1.171	2.854	0.344
5	02/07/2013	-1.167	2.842	0.341
6	03/07/2013	-1.162	2.829	0.339
7	04/07/2013	-1.157	2.816	0.337
8	05/07/2013	-1.152	2.803	0.334
9	06/07/2013	-1.147	2.79	0.332
10	07/07/2013	-1.143	2.777	0.33
11	08/07/2013	-1.138	2.764	0.327
12	09/07/2013	-1.133	2.751	0.325
13	10/07/2013	-1.128	2.738	0.323

- ▶ **Sauver** avec un nouveau nom.

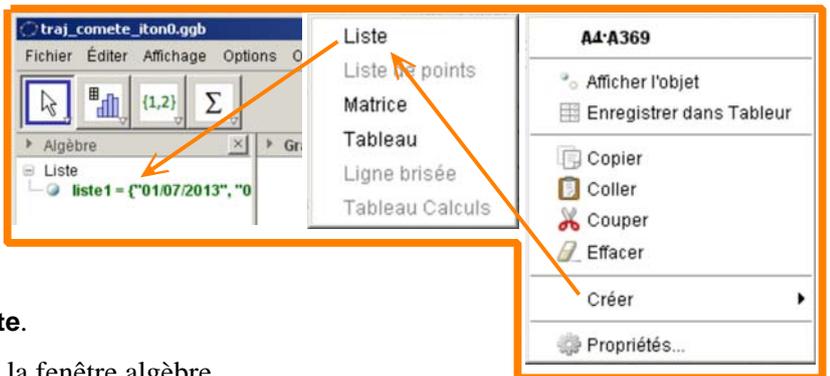
Toutes les cadres peuvent être apparents ou cachés à partir du menu de la barre des taches « **Affichage** ».

Les positions données avec quatre coordonnées (temps, x, y, z) vont être séparées pour pouvoir atteindre les éléments individuellement dans les affichages, calculs et tracés.

## 2 - Liste des dates

Une liste est une série d'objets (valeurs, points, etc) réunis sous un même nom.

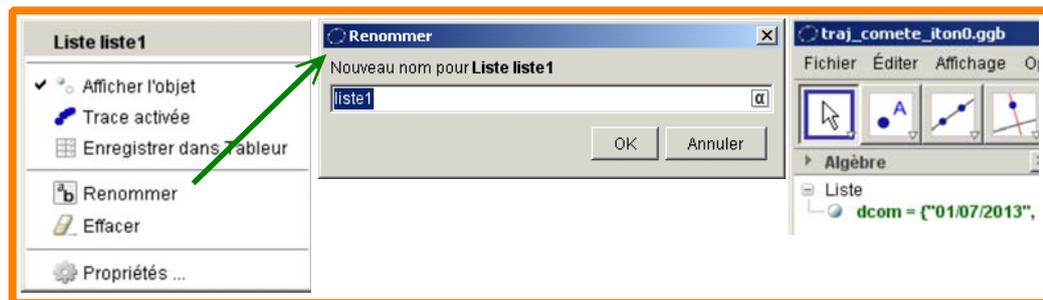
- ▶ **Création de la liste des dates dcom**  
Sélectionner toutes les dates (**A4 à A369**)  
Souris sur la sélection, bouton droit, dans le menu choisir :



- **Créer**, un autre menu apparaît, choisir **Liste**.

Il est créé une liste d'éléments qui apparaît dans la fenêtre algèbre.

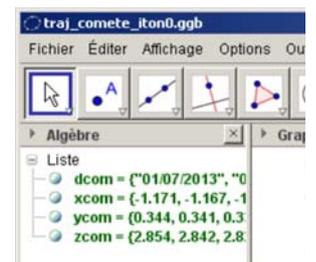
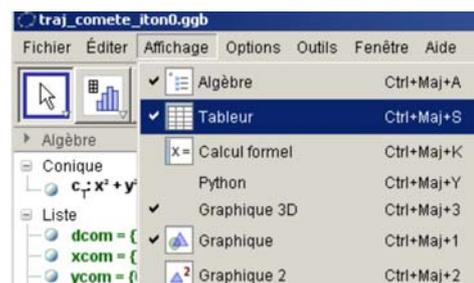
- ▶ renommer la liste :  
- Bouton droit sur la liste  
- Choisir **Renommer**



Nouveau nom **dcom** avec (d et com comme date de la comète).

- ▶ Faire de même avec les listes des 3 coordonnées que l'on renommara : **xcom**, **ycom**, **zcom**

On peut maintenant cacher la fenêtre Tableur en dévalidant l'option « **Tableur** » dans le menu « **Affichage** »



- ▶ Compter le nombre de points :  
**npt = Longueur[dcom]**

- **Sauver le travail sous un nouveau nom.**

## 2 - Le Soleil centre du monde

- A l'origine, on crée un point Soleil **H** . Le mettre en jaune et de taille 6.

Dans la *fenêtre de saisie* écrire :

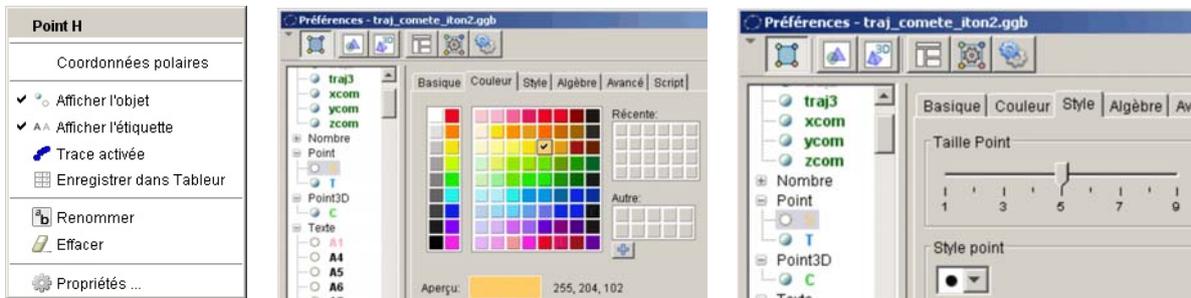
Saisie:

Ouvrir la fenêtre des **Propriétés (Préférences)**

La souris étant sur le point **H** dans la fenêtre « Algèbre » ou « Graphique », appuyer sur le bouton droit pour faire apparaître un menu et choisir **Propriétés**.

Onglet « **Couleur** »

Onglet « **Style** »



## 3 - L'orbite de la Terre

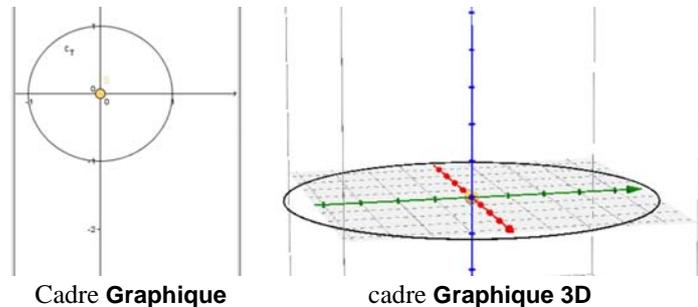
L'échelle de notre graphique est en unités astronomiques (ua distance moyenne Terre-Soleil 150000000 km).

Pour simplifier le problème, on suppose l'orbite de la Terre circulaire.

- Tracer dans le **plan XY** son orbite, cercle de rayon 1.

$c_T = \text{Cercle}[H, 1]$

Conique  
 $c_T: x^2 + y^2 = 1$



## 4 - Le curseur temps

- Par la commande « **Curseur** » créer un curseur que l'on renommera **temps**.

Et cliquer à l'endroit voulu pour sa position dans la fenêtre « **Graphique** ».

Apparaît la fenêtre « **Curseur** »

Mettre les caractéristiques :

- Nom : **temps**
- Minimum : **1**
- Maximum : **npt**
- Incrément : **1**

- Faire **Appliquer**

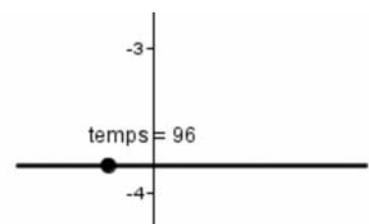
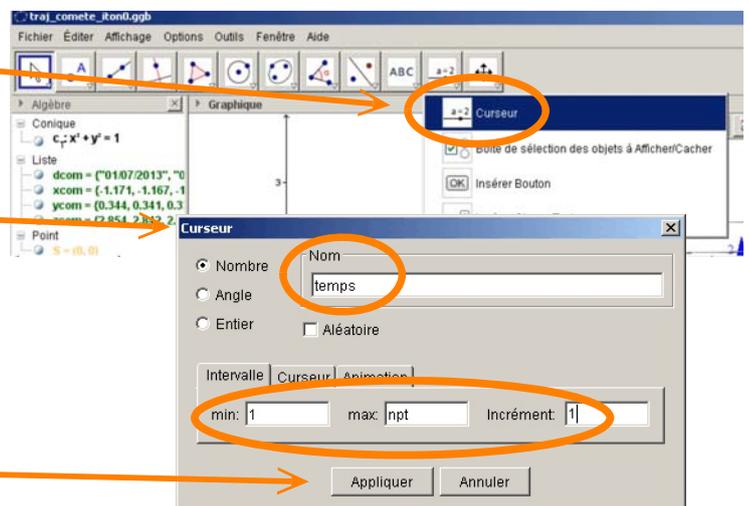
- Ajuster sa position si nécessaire.

- Parfaire son style : grosseur du trait, couleur, grandeur par la fenêtre « **Propriétés** ».

- Faire **Esc** pour sortir de la commande « **Curseur** »

- Voir dans les pages du fichier *elements\_geogebra.pdf*: **Manières de faire varier la valeur d'un curseur**.

- **Sauver le travail**.



Le curseur temps.

## 5 - Affichage de la date

L'élément de la date de la liste « **dcom** » à afficher sera celle de rang « **temps** » du curseur variant de 1 à **npt**.

Sa syntaxe d'écriture est : **Élément[dcom,temps]**

► Afficher la date dans un texte par la commande

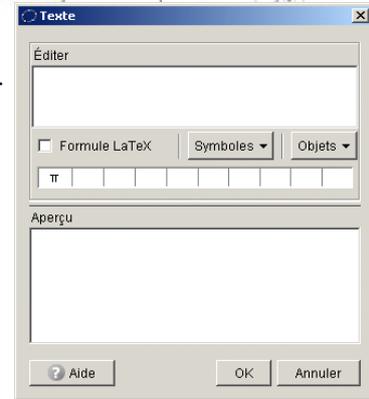
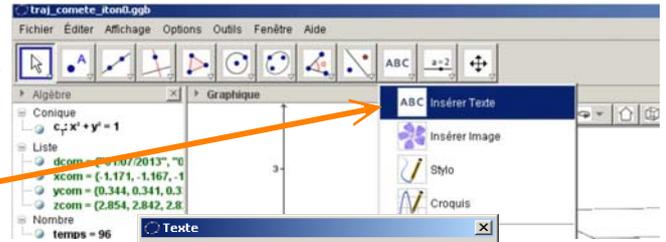
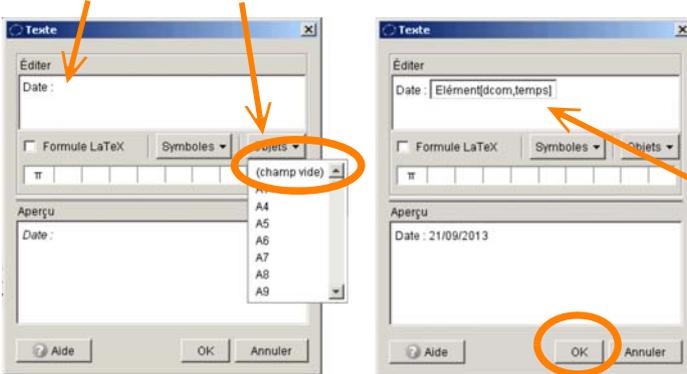
**ABC Insérer texte**

– dans la fenêtre « **Graphique** », cliquer sur l'endroit choisi pour insérer le texte.

– une fenêtre « **Texte** » s'ouvre.

Rentrer le texte et les variables à afficher :

**Texte**    **Objet**    choisir « **champ vide** »



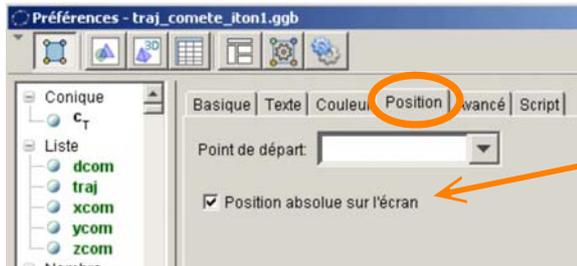
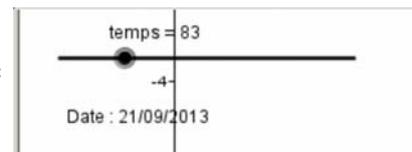
plac

et dans le champ rentrer :

**Élément[dcom,temps]**

Faire « **OK** ».

Finaliser par les **Propriétés** : couleur, grandeur des caractères, etc  
Si vous changez la valeur de la variable **temps**, la date change.



Il faut fixer l'affichage à l'écran

En cochant dans l'onglet « **Position** » la case  
Sortir de la commande **Texte** par la touche Esc



## 6 - Placer la Terre à la bonne date

Nous sommes dans le plan de l'écliptique et les coordonnées sont longitudes, latitudes.

La Terre n'a qu'une coordonnée variable la longitude, la latitude étant nulle par définition (écliptique : plan de l'orbite de la Terre)

```

#####
EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
#####
Planete 3 Terre
Coordonnees Moyennes J2000
Centre du repere : heliocentre
Coordonnees ecliptiques (Long, Lat)
#####
Date UTC           Long.           Lat.           Distance       V(1,0)
      h m s         o ' "          o ' "          ua.
1 10 2013 0 0 0.00  7 47 25.8694  -00 0 0.4887  1.001245664  -3.86
    
```

Coordonnées au 1<sup>er</sup> octobre 2013 :

Ephémérides : longitude héliocentrique de la Terre au 1<sup>er</sup> octobre :  $l_0 = 7.79^\circ$

► Entrer cette valeur dans GeoGebra :  **$l_0 = 7.79$** .

**Où est la Terre sur le graphique au 1<sup>er</sup> juillet ? Et en fonction de la variable « temps » ?**

On place la Terre en coordonnées polaires  $\rho$  et  $\theta$  dans le plan xOy

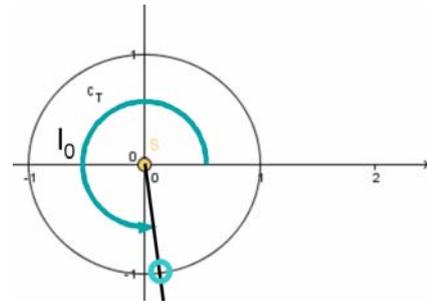
A la date origine , on place la Terre en  $\rho = 1, \theta = l_0$

La Terre se déplace à la vitesse angulaire moyenne de :

$$v_T = 360 / 365.25 \text{ } ^\circ / \text{jour}$$

La position à la date « temps » sera  $\theta = l_0 + (\text{temps}-1) * v_T$

Point sur le graphique (en coordonnées polaires GeoGebra) :



►  $\theta = l_0 + (\text{temps}-1) * 360 / 365.25$

► Créer dans GeoGebra les objets  $v_T$  et  $\theta$ .

Le point T s'écrira :

$$T = (1 ; \theta^\circ)$$

Le caractère “°” est important, sinon l'angle est exprimé en radians !

Grossir le point T (4 ou 5) et le colorier en bleu.

● **Sauver le travail.**

**7 - La trajectoire de la comète**

On va enfin tracer la trajectoire de la comète.

La  $i^{\text{ème}}$  position donnée par les éphémérides donne un point de la trajectoire dont les trois coordonnées sont :

- Elément[xcom , i]
- Elément[ycom , i]
- Elément[zcom , i]

La syntaxe de ce point (x,y,z) s'écrit dans GeoGebra 3D :

$$( \text{Elément}[ \text{xcom} , i ] , \text{Elément}[ \text{ycom} , i ] , \text{Elément}[ \text{zcom} , i ] )$$

« i » variant de 1 à npt.

On pourrait tracer tous les points par une séquence de points avec la syntaxe :

$$\text{Séquence}[ \langle \text{Expression} \rangle , \langle \text{Variable} \rangle , \langle \text{de} \rangle , \langle \text{à} \rangle ]$$

$$\text{Séquence}[(X,Y,Z), i, 1, \text{npt} ]$$

Mais cela va surcharger le graphique.

Il est plus élégant de tracer des segments fins entre les points successifs sans avoir à les créer.

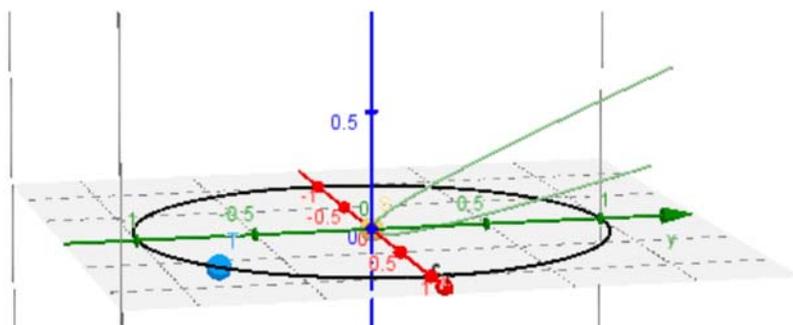
$$\text{traj} = \text{Séquence}[\text{Segment}[ \langle \text{Point} \rangle , \langle \text{Point} \rangle ] , \langle \text{Variable} \rangle , \langle \text{de} \rangle , \langle \text{à} \rangle ]$$

et qui s'écrit avec l'indice i qui ici varie de 1 à npt-1 :

►  $\text{traj} = \text{Séquence}[ \text{Segment}[(\text{Elément}[\text{xcom},i] , \text{Elément}[\text{ycom},i] , \text{Elément}[\text{zcom},i]),$   
 $(\text{Elément}[\text{xcom},i+1] , \text{Elément}[\text{ycom},i+1] , \text{Elément}[\text{zcom},i+1])], i, 1 , \text{npt}-1]$

► Construire la séquence ci-dessus

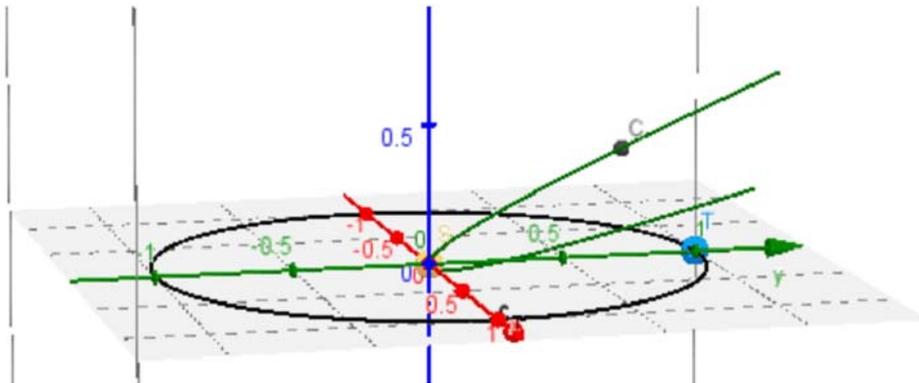
Commentaire : c'est la seule écriture compliquée !



► Placer la comète à une date donnée par « temps ».

L'indice « i » du point est remplacé par « temps » et le point C s'écrit :

$$C = ( \text{Élément}[xcom, \text{temps}], \text{Élément}[ycom, \text{temps}], \text{Élément}[zcom, \text{temps}] )$$



Le point C n'apparaît pas forcément, il peut être en dehors des limites actuellement visibles du graphique. Faire varier « temps » pour faire apparaître le point dans le graphique.

## 8 - La trajectoire de la comète - affichages

► En fonction de la date (**temps**) on affiche :

– La distance Soleil - comète  $d_{sc}$  :

$$d_{\{HC\}} = \text{Distance}[H,C]$$

– La distance Terre - comète  $d_{TC}$

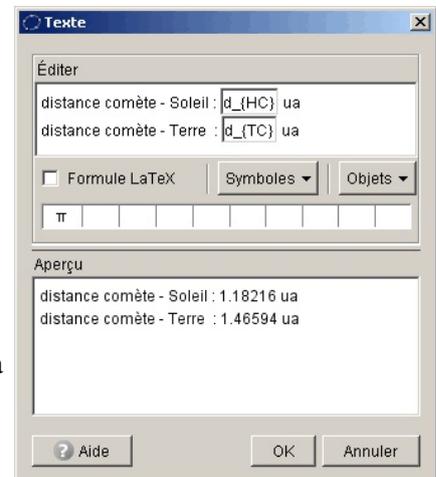
$$d_{\{TC\}} = \text{Distance}[T,C]$$

Fixer le texte à l'écran « **Propriétés / Position** ».

On peut améliorer la lecture en changeant la grandeur du texte, la couleur, la police...

### Retrouver les dates

- du passage au périhélie
- du passage au plus près de la Terre



## 9 - La trajectoire de la comète - raffinements

Afin de mieux se représenter la trajectoire de la comète, il est intéressant de pouvoir distinguer si elle se trouve au-dessus ou au-dessous du plan éclipique.

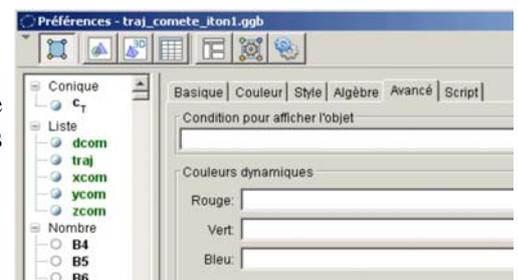
Le critère sera la coordonnée **zcom** positive ou négative.

Pour le matérialiser, on changera la couleur du point C.

- au-dessus couleur verte (0,255,0) dans l'onglet couleur des propriétés.
- en-dessous grise (128,128,128)

Il serait possible de faire de même sur la trajectoire.

Il suffit de scinder la séquence des segments en trois séquences de segments : au-dessus, au-dessous, au-dessus et en affectant des couleurs différents à chaque séquence.



Pour affecter une couleur en fonction d'une variable, il faut se rendre dans l'onglet « **Avancé** » des « **Propriétés** » et remplir *correctement* les cases des « **couleurs dynamiques** »

Le test sera sur **Elément[zcom , temps]** :

Couleur Rouge : **Si [ Elément[zcom, temps ] > 0 , 0 , 0.5 ]**

Couleur Verte : **Si [ Elément[ zcom, temps ] > 0 , 1, 0.5 ]**

Couleur bleue : **Si [ Elément[ zcom, temps ] > 0 , 0, 0.5 ]**

L'échelle des couleurs RVB habituellement codée de 0 à 255, l'est ici de 0.0 à 1.0, 0.0 correspond à 0, 0.5 à 127 et 1. à 255

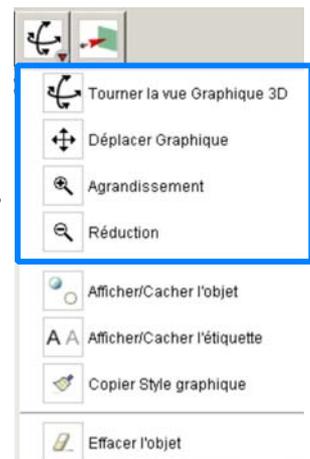
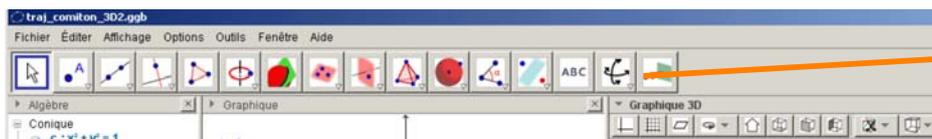


## 10 - La trajectoire de la comète - perspective

L'angle de vue et le rapport de zoom du graphique 3D d'origine ne sont pas forcément le mieux adaptés à la bonne vision de la trajectoire.

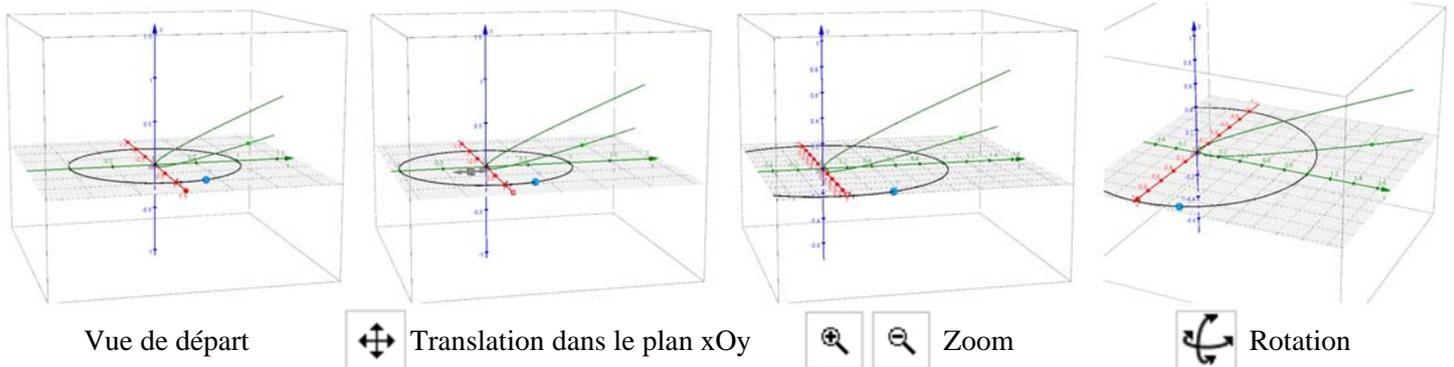
Il est recommandé de chercher une meilleure orientation et un meilleur grandissement.

Cliquez n'importe où dans la fenêtre Graphique 3D pour faire apparaître le menu :



Les commandes du menu déroulant vont nous permettre toutes les orientations et grandissements possibles.

- *Translation* dans le plan xOy
- *Zoom* (à la molette de la souris) ou avec les commandes
- *Rotation* (bouton gauche de la souris appuyé)



● **Sauver le travail.**