

Spectrographie avec geogebra

Vitesse orbitale de la Terre

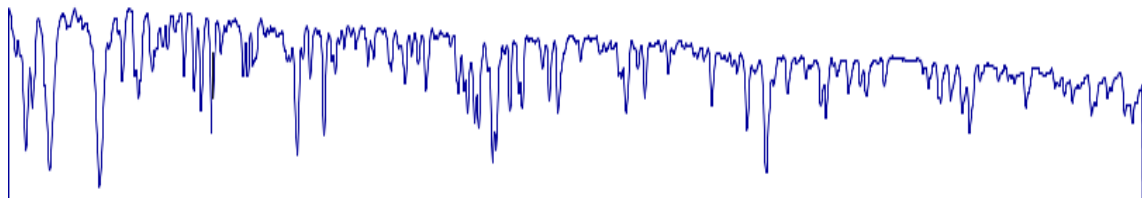
Philosophie des mesures

Geogebra utilitaire pédagogique orienté mathématique permet aussi de traiter des données physiques.

- par l'inclusion d'images spectrales ou autres dans les graphiques



- par des tracés en profil de données



- par des mesure précises des raies spectrales à l'aide de curseurs Ces mesures servent à construire les courbes d'étalonnage, à pointer les positions, etc.

La partie mathématique de Geogebra sert à l'ajustement des courbes, et aux calculs de formules physiques (Effet Doppler, etc)

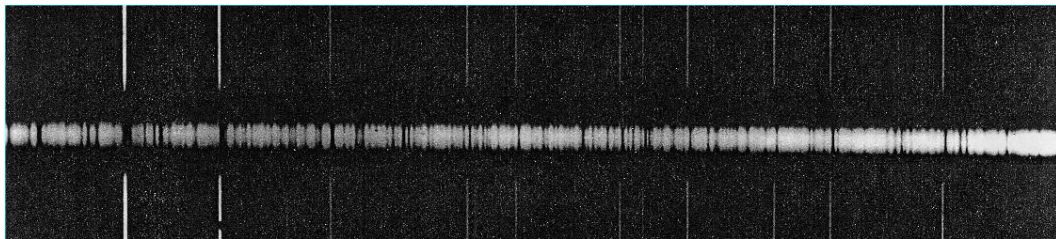
Les données traitées

L'application sert à traiter deux spectres d'Arcturus pris à six mois d'intervalle.

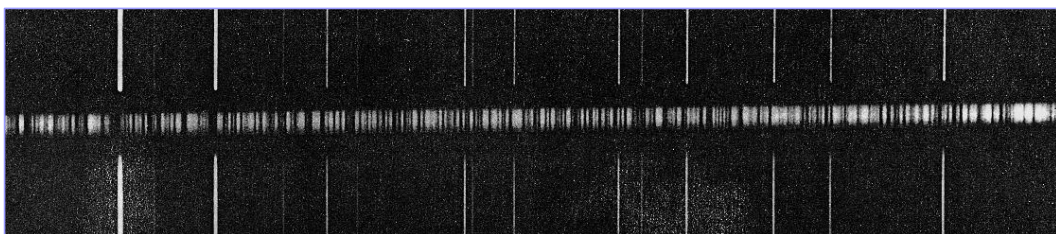
Voir le principe, la méthode et les calculs dans les documents du TD : *Vitesse orbitale de la Terre*

Les spectres utilisés sont sur plaques photographiques anciennes qui ont été scannées avec soin.

Spectre a) - 19 juillet 1959



Spectre b) - 30 janvier 1960

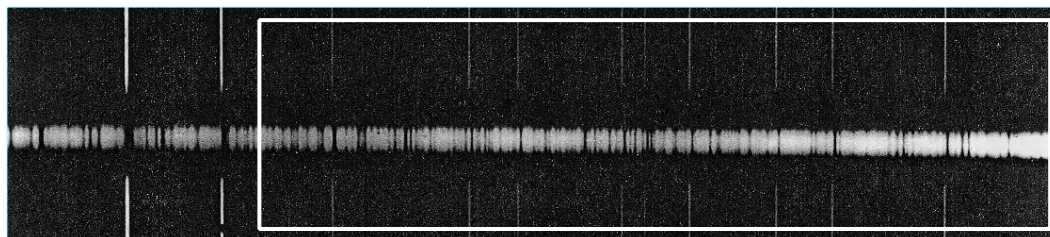


Comme tout spectre en photographie argentique, ils comportent :

- Le spectre de l'étoile au centre
- De part et d'autre, un spectre d'étalonnage (ici l'arc de Fe I) obtenu successivement sans toucher aux réglages du spectrographe.

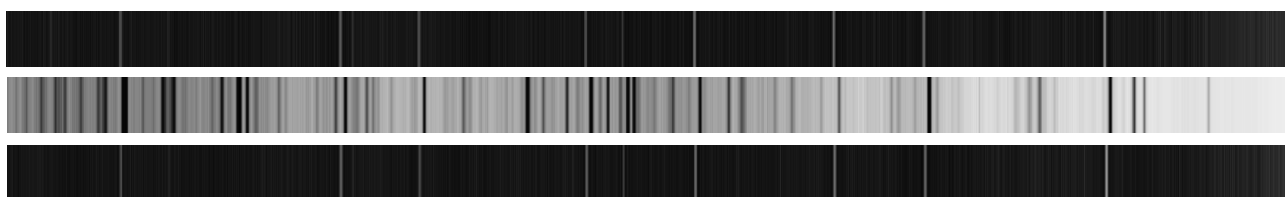
Le but des mesures est de mesurer des vitesses radiales, donc de mesurer des décalages de longueurs d'onde entre les raies des spectre de l'étoile et celui du laboratoire : le spectre de l'arc du fer.

Ces décalages sont faibles, il faut donc faire des mesures précises.
 Il faut aussi que les raies d'étalonnage soient fines pour être bien mesurées.
 Pour cette raison, on élimine la partie gauche avec deux raies larges du fer.
 On ne garde que :



Les images spectrales ont été traitées et mises en forme avec le programme IRIS de deux façons :

1 – Séparation des trois composantes du spectres : étalonnage bas, étoile, étalonnage haut en trois images séparées (avec les mêmes références de positionnement en pixels).



2 – transformation de ces images en données numérisées tabulées.

Nous nous servons des deux sortes de données.

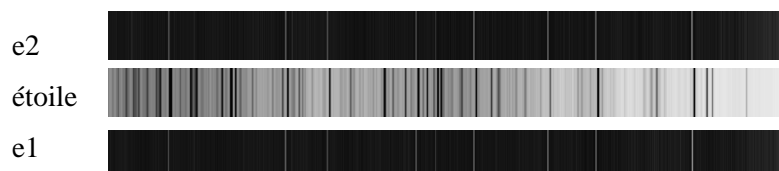
	A	B	C	D
1	No pixel	Etal. bas	Etal. haut	Etoile
2	0	17	18	125
3	1	28	21	127
4	2	28	17	137
5	3	19	19	142

Les fichiers utilisés

Spectre 19 juillet 1959 – **A** - fichier source du scan : *spectr_a.fit*

Spectre 30 janvier 1960 – **B** - fichier source du scan : *spectr_b.fit*

	Spectre A	Spectre B
Etalonnage bas	<i>spectre_a_e1.bmp</i>	<i>spectre_b_e1.bmp</i>
Etalonnage haut	<i>spectre_a_e2.bmp</i>	<i>spectre_b_e2.bmp</i>
Etoile	<i>spectre_a_etoile.bmp</i>	<i>spectre_b_etoile.bmp</i>
données	<i>spectre_a.xls</i>	<i>spectre_b.xls</i>



Geogebra spectra pas à pas...

1. Liste des opérations :
2. Entrée des données tabulées dans la partie tableur de Geogebra
3. Positionnement des images spectrales dans la fenêtre graphique
4. Construction et utilisation du curseur de pointé
5. Construction des spectres en profils sous forme de segments et leur positionnement ajustable
6. Mesures des abscisses des raies de référence et calculs des étalonnages donnant : numéros pixels - longueurs d'onde.
7. Mesure positions des raies de l'étoile et calcul vitesses radiales.

Ce travail se fait pour chaque spectre, mais une partie de la construction du spectre A sert à l'étude du spectre B

Et calcul final de la vitesse orbitale de la Terre (en repassant au TD *Vitesse orbitale de la Terre*)

Pour faciliter l'écriture des valeurs et formules, on donne dans le fichier *commandes.txt* (fichier ascii à ouvrir avec le bloc-notes ou autre traitement de texte), des données spectrales ou des formules de commandes un peu complexes. Ces formules sont des textes où les erreurs de syntaxe sont difficilement détectables. Elles peuvent être reprise par copié-collé et mise dans la *ligne de la fenêtre de saisie* de Geogebra. Cela ne doit pas empêcher d'en regarder la construction.

Entrée des données

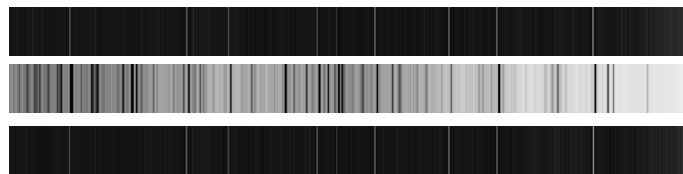
Dans un premier temps, on ne s'occupe que du spectre A. La démarche et la suite des mesures seront identiques pour le spectre B. Il n'y aura pas à tout reconstruire, mais à dupliquer le fichier "ggb" du spectra A et l'adapter au spectre B.

Images spectrales :

spectre_a_e1.bmp

spectre_a_e2.bmp

spectre_a_etoile.bmp



Données digitalisées : *spectre_a.xls* (Pour le spectre B, idem en remplaçant « a » par « b »).

Les images sont de 1701 x 40 pixels.

En abscisses les 1701 pixels sont comptés de 0 à 1700.

✕ Ouvrir Geogebra

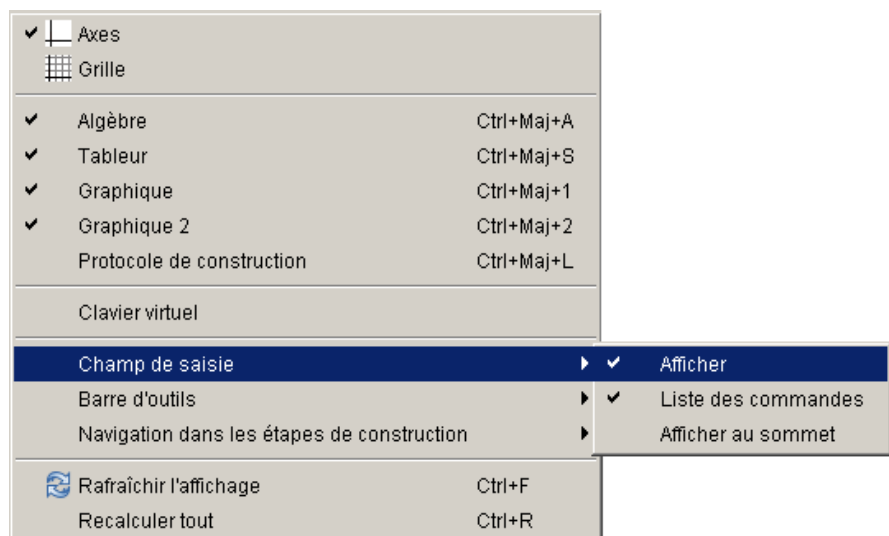
et si ce n'est déjà fait, faire apparaître

- la fenêtre « Tableur » avec 3 colonnes A, B et C

- la fenêtre de « *champ de saisie* »

- la fenêtre « *Graphique 2* ».

La réduire en icône.



Entrée des données tabulées

Ouvrir avec Excel (ou Open Office ou autre), le fichier :

spectre_a.xls

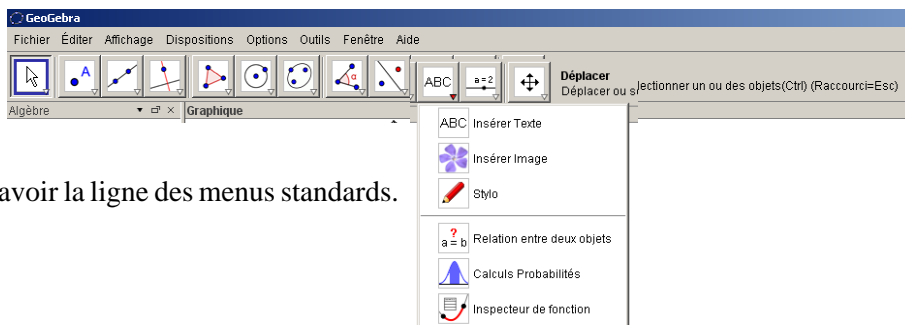
- Sélectionner en une seule fois l'ensemble des cellules B2 à D1702.
- « Copier » ou CTRL-C
- Retourner à la fenêtre Geogebra
- Un clic gauche de la souris dans la cellule « A21 »
- « Coller » ou CTRL-V

Un temps mort interminable...

Et voilà les données dans le tableau de Geogebra.

- « Sauver » le travail dans un fichier (exemple de nom : spectre_a.ggb).

	A	B	C	D
1	No pixel	Etal. bas	Etal. haut	Etoile
2	0	16	18	137
3	1	23	24	134
4	2	27	22	125
5	3	17	18	125
6	4	28	21	127
7	5	28	17	137
8	6	19	19	142



Placement des images

- Cliquer sur la fenêtre graphique pour avoir la ligne des menus standards.

Choisir « Insérer Image »

Cliquer bouton gauche sur la fenêtre graphique.

Une fenêtre répertoire s'ouvre.

- Sélectionner le fichier : spectre_a_etoile.bmp et l'Ouvrir

Il faut placer l'image à l'origine avec l'échelle des abscisses correspondant aux pixels.

- Cliquer bouton droit sur l'image

Un menu apparaît, choisir « Propriétés »

- Choisir l'onglet « Position »

« Coin 1 » et « Coin 2 » correspondent aux points

P1 et P2 sur le spectre

Syntaxe d'un point dans Geogebra : (x,y)

Où x et y sont les coordonnées et peuvent être :

- des valeurs numériques (fixes ou curseurs),
- des variables dépendantes (calculées),
- des valeurs de fonctions algébriques

Rentrer les valeurs ci-dessous :

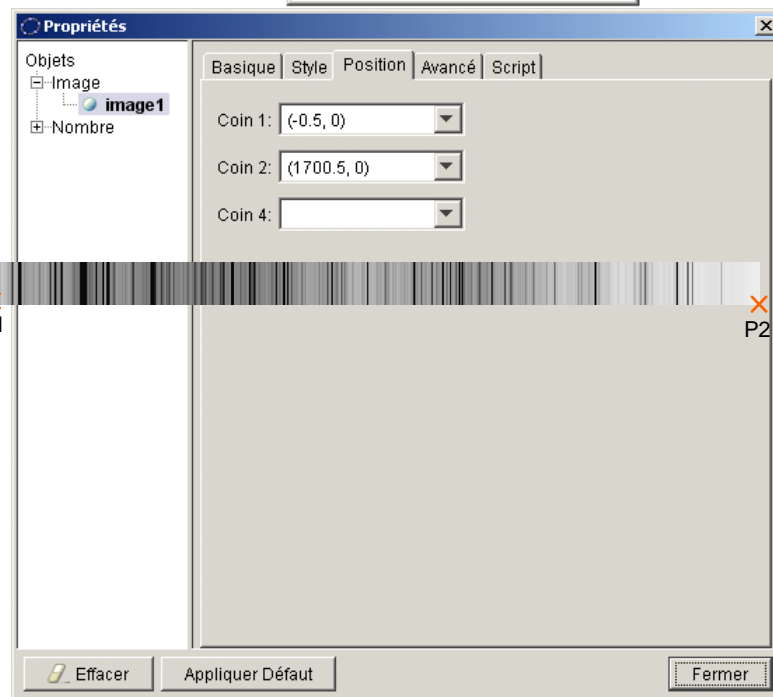
- Coin 1 : $(-0.5, 0)$
- Coin 2 : $(1700.5, 0)$

Les -0.5 et 1700.5 sont nécessaires pour que le milieu du pixel image correspond bien à une valeur entière des abscisses.

« Coin 4 » permettrait d'agrandir ou de diminuer l'image dans sa hauteur.

Il permet aussi de gauchir l'image si cela était nécessaire.

Remarques : les positions des points étant paramétrables, il est facile de faire tourner une image sous geogebra..



Voir exemples dans les documents des Ateliers du mercredi et plus particulièrement des volvelles de Astronomie et Navigation


(<http://www-obs.univ-lyon1.fr/labo/fc/navigation/astronavig.htm>).

Volvelles des heures de marées :

http://www-obs.univ-lyon1.fr/labo/fc/navigation/lune&marees/volvelle_3var.ggb

Visibilité des images

Si les plages des coordonnées de la fenêtre sont petites, il n'est visible qu'une petite partie de l'image.

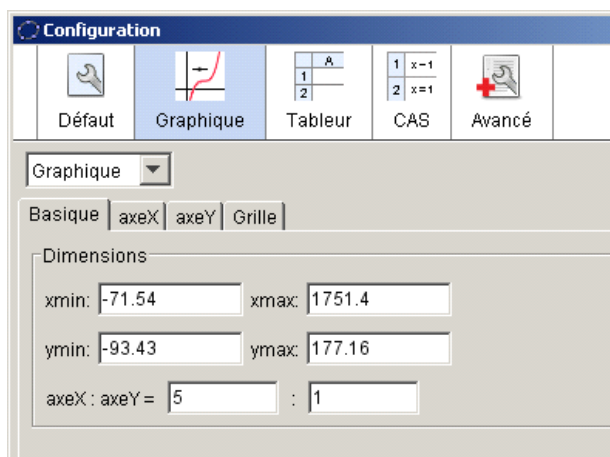
A l'aide de la molette de la souris ou de la commande  "dézoomer" de façon à faire apparaître le spectre entier dans la fenêtre.

Bien utiliser le fait que le point visé par le curseur de la souris ne change pas de place.

Le spectre paraît filiforme. Il faut adapter l'échelle des ordonnées à la hauteur des spectres.

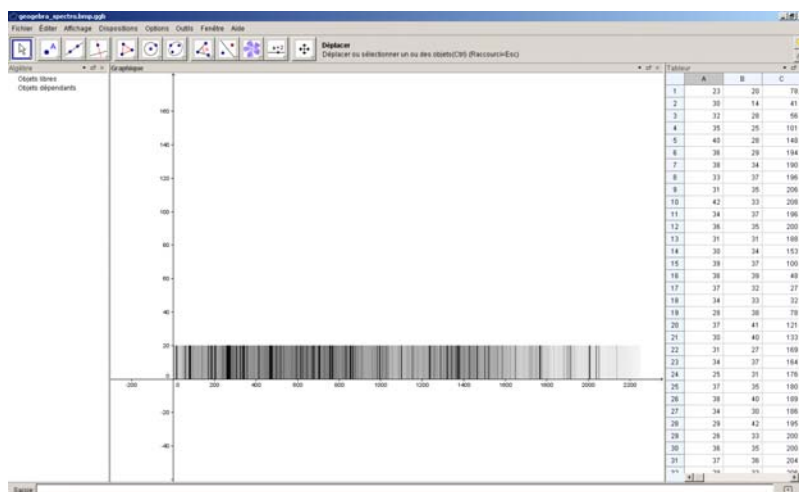
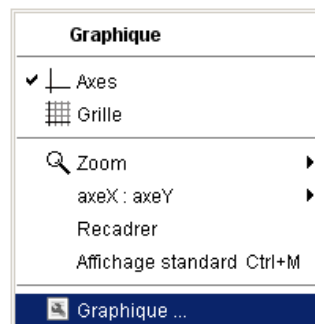
Pour cela, "clic" droit sur la fenêtre graphique, là où il n'y a pas d'objets.

Ouverture menu « Graphique ».



Dans le rapport d'axe : « axeX : axeY »
mettre : 5

Résultat :

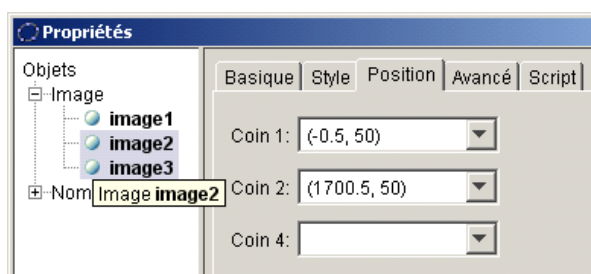


Les deux spectres d'étalonnage sont placés de même, mais avec une ordonnée décalée.

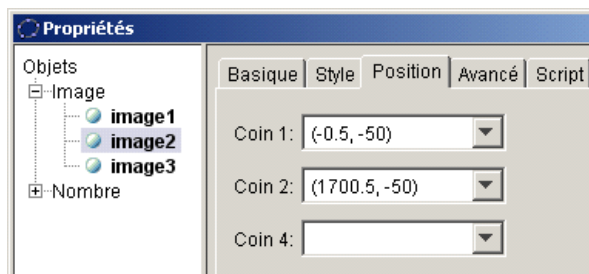
Décalages en ordonnées : *spectre_a_bas.bmp* -50

spectre_a_haut.bmp +50

Insérer Image / Propriétés / Onglet Position



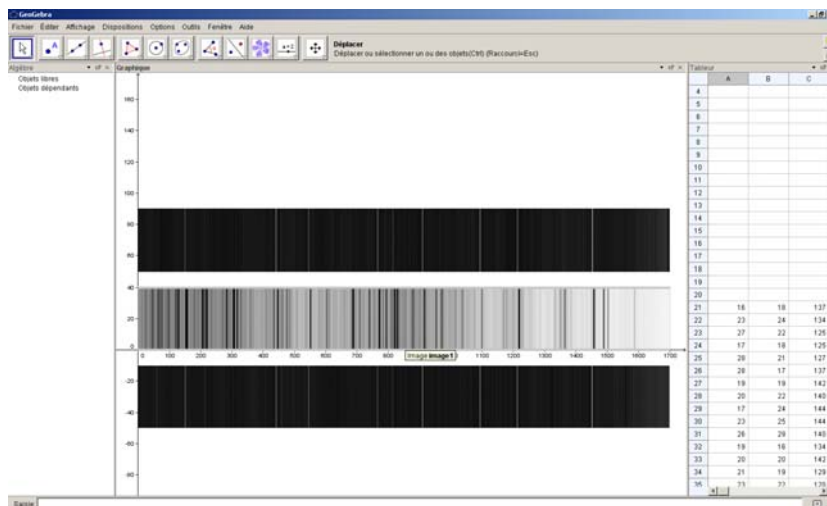
spectre_a_e1.bmp



spectre_a_e2.bmp

On peut renommer les spectres dans l'onglet « basique »

Image1 -> *Ietoile* *Image2* -> *Ieta1* *Image2* -> *Ieta2*



Ouf ! Les trois spectres images sont placés.

Ne pas oublier de **sauver** le travail en réenregistrant le fichier .

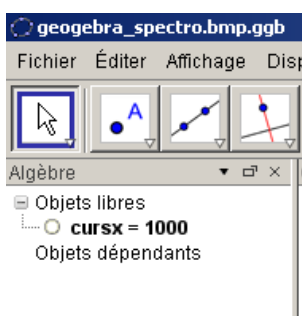
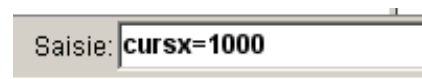
3 - Curseur et droite de pointage

Pour se repérer en abscisse (les pixels des spectres), on crée un **curseur**.

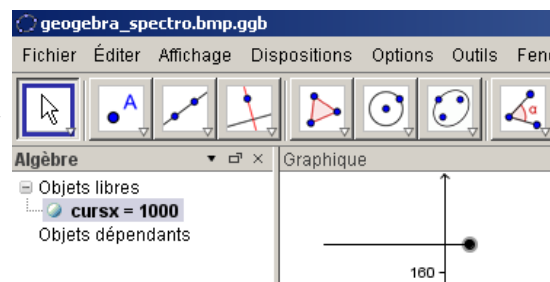
Une droite verticale asservit au curseur marque l'abscisse (pixel) visée.

Nom du curseur : *cursx*, Création dans la ligne de commande : *cursx = 1000*

L'objet apparaît dans la fenêtre « Algèbre » comme « objet libre »



Cliquez une fois sur le petit rond à sa gauche.
 Miracle, un curseur apparaît dans la fenêtre graphique.



En pointant le curseur avec la souris et en tenant appuyé le bouton gauche, le déplacer en bas au milieu.

Mise en forme du curseur.

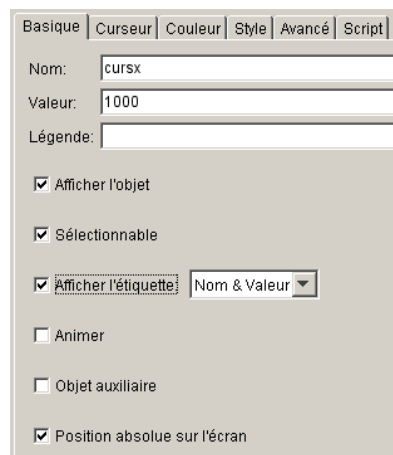
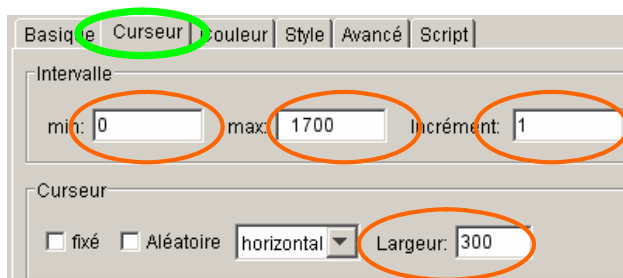
La souris pointée sur le curseur, avec le bouton droit, ouvrir la fenêtre de *Propriétés / onglet « curseur »*.

Remplir comme ci-dessous :

- Min : 0
- Max : 1700
- Incrément : 1 provisoirement
- Largeur : 300

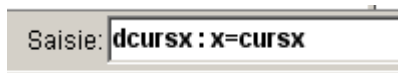
Onglet « *Basique* »

- Cocher « *Afficher l'étiquette* »
- Vérifier que « *Position absolue* » est bien validée.



Droite de pointée, verticale asservie

Création de la droite, dans la fenêtre de saisie



Curseur et déplacement de la droite repère

Vous pouvez déplacer cette droite soit en :

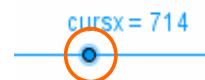
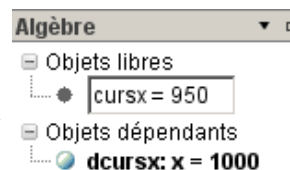
- Rentrant une nouvelle valeur dans l'objet *cursx* de la fenêtre algèbre (par double clic, changer la valeur et *Entrée* pour valider)

- En pointant le rond du curseur et en tenant appuyé le bouton gauche de la souris, puis en déplaçant la souris à gauche ou à droite.

En sélectionnant le curseur (le point devient flou) et en agissant sur les flèches de déplacement. Alors *cursx* varie avec le pas : « Incrément ».

On peut aussi lui changer sa couleur, ainsi que celle de la droite.

Cliquer sur l'objet, menu bouton droit, « Propriétés », « Onglet couleur ».



Usage du curseur avec les flèches

Le curseur est sélectionné (rond du curseur un peu flou), et l'on se sert des touches flèches $\leftarrow \uparrow \downarrow \rightarrow$ pour déplacer la ligne *dcursx*.

Appuyer une fois sur une touche flèche incrémente ou décrémente de :

- la valeur de l'Incrément

- 10 fois la valeur de l'« Incrément » si l'on appuie sur la touche « CTRL » en même temps

- $1/10^{\text{ème}}$ de la valeur de l'« Incrément » si l'on appuie sur la touche « SHIFT » en même temps.

Pour changer facilement d'Incrément, on crée l'objet :

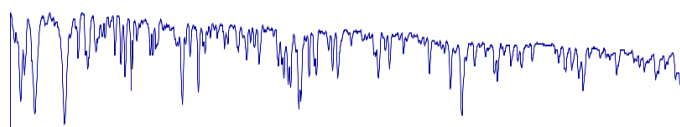
Nom que l'on met dans l'Onglet curseur de *cursx*



Il suffira de changer la valeur de « inc » pour changer l'incrément de « *cursx* » sans rentrer dans les « Propriétés » du curseur.



4 - Création des profils spectraux



Ce sont des suites de segments dont les extrémités ont successivement comme coordonnées :

- en abscisses la valeur du pixel : 0, 1, 2, ..., i, i+1, ..., 1700.

- en ordonnées, la valeur correspondante dans le tableau :

Par ex. pour le spectre étalonnage bas : col. A : A₂₁, A₂₂, A_i, A_{i+1}, ..., A₁₇₂₁.

Les segments successifs seront :

$Segment[(0,A_1),(1,A_2)], \dots, Segment[(i-1,A_i),(i,A_{i+1})], \dots, Segment[(1699,A_{1700}),(1700,A_{1701})]$

En fait, on ne crée pas de points (ce qui occuperait beaucoup de mémoire).

On crée :

- une liste des données du spectre (les ordonnées des points)

- une séquence de segments à partir de la liste

Création des listes de données spectrales

Sélectionner toutes les données d'un spectre, par exemple A21 à A1721.

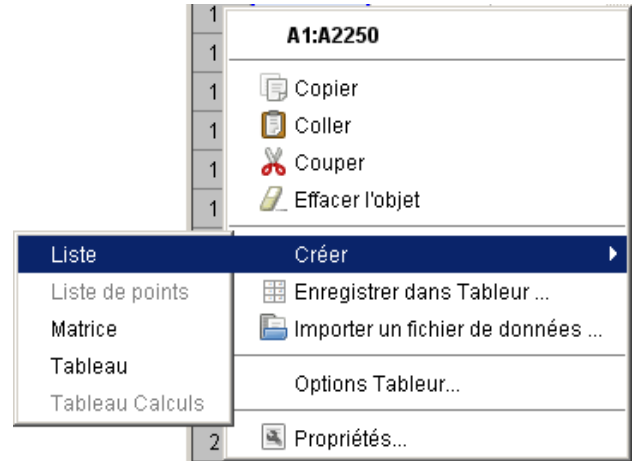
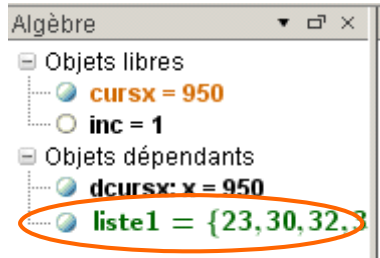
Le pointeur de la souris étant sur la partie sélectionnée?

• Click bouton droit, ouverture menu :

En se déplaçant sur « créer », un menu apparaît.

Se placer sur « liste »

• En cliquant sur le bouton gauche, Geogebra crée « liste1 ».



Faire de même pour les données B21 à B1721 (liste2), et C21 à C1721 (liste3).

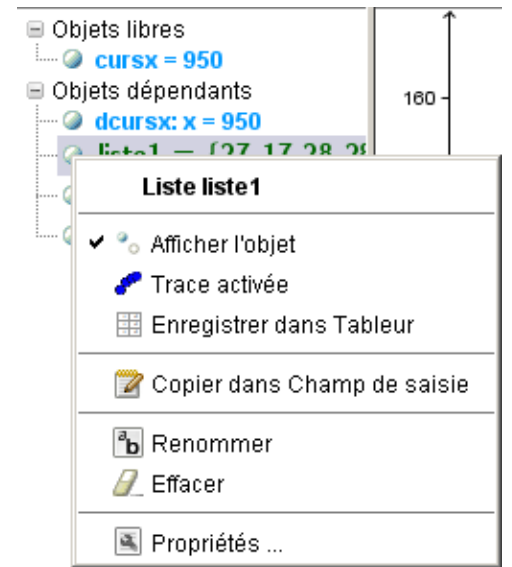
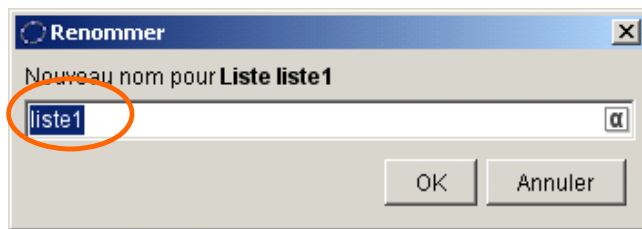
Pour être plus parlant, on va renommer :
liste1 en *leta1*
liste2 en *leta2*
liste3 en *leta3*

Pour renommer un objet, click bouton droit sur le nom de l'objet

Un menu apparaît.

Choisir « Renommer » par clic gauche.

Apparition de la fenêtre :



Renter le nouveau nom et OK.

Il est temps de sauver de nouveau le travail bien avancé.

Création des profils spectraux en segments

Création de la séquence des segments d'un spectre.

Syntaxes :

Séquence | Séquence[<Expression>, i indice, 1, 1700]

Segment | Segment[<Point>, <Point>]

Point (x,y) (i-1, Élément[leta1,i]) (i, Élément[leta1,i+1])

Ecriture du spectre :

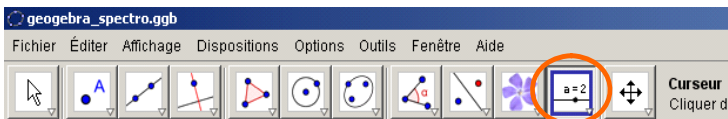
$speta1 = \text{Séquence} [\text{Segment} [(i-1, \text{Élément} [leta1, i]), (i, \text{Élément} [leta1, i+1])], i, 1, 1700]$

Pour faire les mesures, il sera nécessaire de bien superposer les spectres images et profil en les déplaçant suivant les ordonnées.

On va donc avoir besoin de déplacer en ordonnées chaque spectre de segments.

Création d'un curseur $dy1$ pour $speta1$

Choisir bouton *curseur*



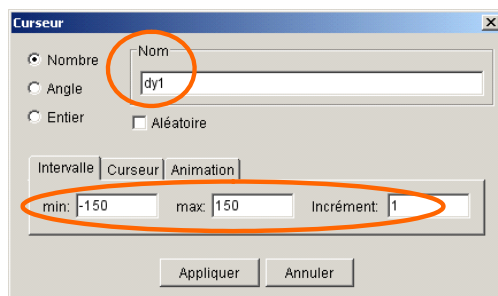
En cliquant dans la fenêtre graphique, ouverture du menu

- Remplir comme sur la figure ci-contre :

- Appliquer

- ranger le curseur $dy1$ en bas à gauche (ou à droite).

La valeur de $dy1$ est ajoutée aux ordonnées des points du segment :

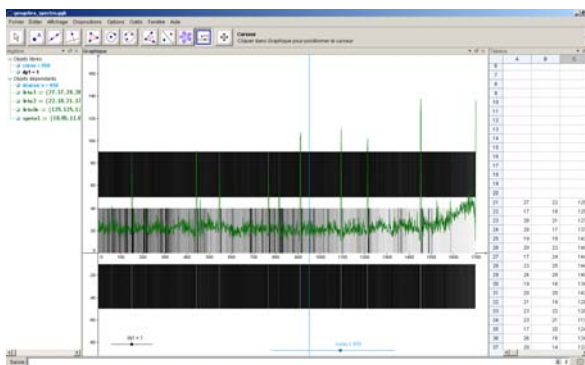


$speta1 = \text{Séquence}[\text{Segment}[(i-1, \text{Elément}[leta1, i] + dy1), (i, \text{Elément}[leta1, i+1] + dy1)], i, 1, 1700]$

Ligne à écrire dans la fenêtre de saisie :

Saisie: **$speta1 = \text{Séquence}[\text{Segment}[(i-1, \text{Elément}[leta1, i] + dy1), (i, \text{Elément}[leta1, i+1] + dy1)], i, 1, 1700]$**

* Ligne à reprendre par copier-coller du fichier texte « *commandes.txt* » si l'on veut.



Il faut faire de même pour le deuxième spectre d'étalonnage et le spectre étoile.

On crée deux curseurs $dy2$ et dye , que l'on placera au-dessus de $dy1$.

Pour rentrer les lignes des Séquences, on se sert de la propriété de réutiliser les lignes de commandes déjà écrites dans la fenêtre de saisie :

- Cliquer dans la fenêtre de saisie

- Monter ou descendre dans les lignes avec les touches flèches ??.

- Changer dans la ligne, le nom de l'objet et le nom du curseur, faire entrer

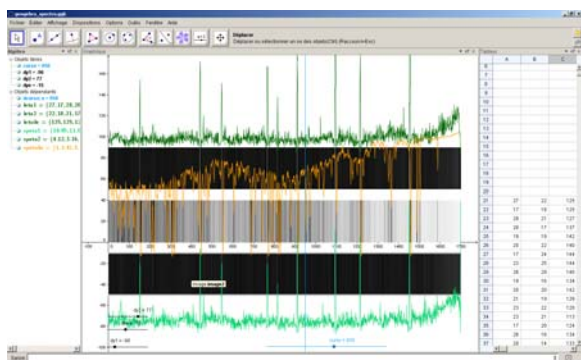
$speta2 = \text{Séquence}[\text{Segment}[(i-1, \text{Elément}[leta2, i] + dy2), (i, \text{Elément}[leta2, i+1] + dy2)], i, 1, 1700]$

$spetoile = \text{Séquence}[\text{Segment}[(i-1, \text{Elément}[letoile, i] + dye), (i, \text{Elément}[letoile, i+1] + dye)], i, 1, 1700]$

Comme son amplitude est grande, on divise par 2 ses valeurs :

$spetoile = \text{Séquence}[\text{Segment}[(i-1, \text{Elément}[letoile, i]/2 + dye), (i, \text{Elément}[letoile, i+1]/2 + dye)], i, 1, 1700]$

Vous pouvez faire disparaître ou apparaître tout élément graphique en cliquant sur le petit rond à gauche du nom de l'objet :



Objet invisible :

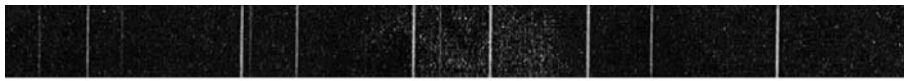
 $spetoile = \{1, 1.41, 5.$

Objet visible :

 $spetoile = \{1, 1.41, 5.$

5 - Etalonnage

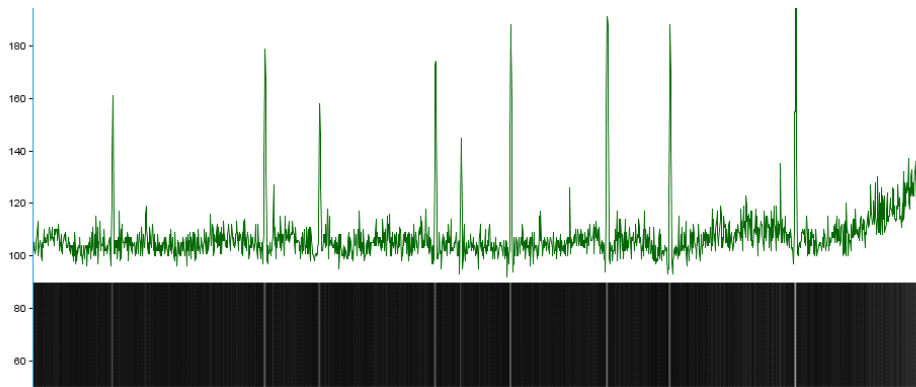
Pour faire des mesures de longueurs d'onde sur le spectre de l'étoile, Il faut établir la relation pixel – longueur d'onde, par les longueurs d'onde connues des spectres d'étalonnage :



1 2 3 4 5 6 7

1	442.731
2	444.234
3	444.772
4	446.165
5	446.654
6	447.602
7	449.457

Certaines raies brillantes ne sont pas utilisées, car elles cachent une duplicité (superposition de 2 raies ou blend)



Repérer sur les spectres et noter leurs positions approximatives en pixels.

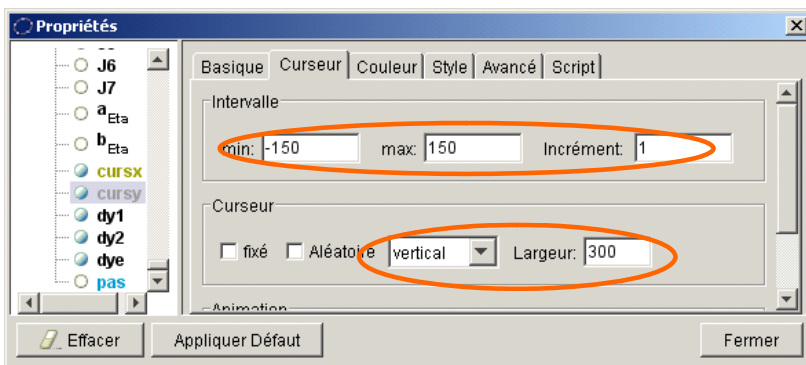
152
442
547
816
910
1094
1452

2 1 2 3 4 5 6 7

Tableur	
	A
1	442.73
2	444.23
3	444.77
4	446.17
5	446.65
6	447.6
7	449.46

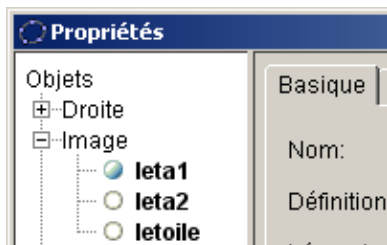
Etalonnage – mesures précises des longueurs d'onde

Rentrer dans les cellules A1-A7 les longueurs d'onde des raies d'étalonnage (à prendre en copier-coller dans le fichier commandes .txt)

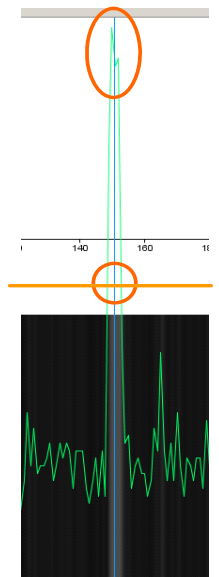


Pour effectuer les mesures, on crée un curseur cursy horizontal auquel on associe une droite horizontale *dcursy* translatable. Il permet de se repérer par rapport aux intensités des raies.

Placer ce curseur sur le bord gauche (ou droite).



- Ne garder visible que *spetal* et son image *lita1*.
- Prendre pour le curseur *cursx* un pas de $inc = 0.1$
- Se centrer sur la raie d'étalonnage no 1 à mesurer vers le pixel 150 .



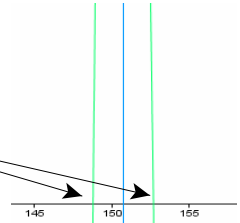
On voit que le maximum n'est pas la bonne position de la raie.

Une bonne mesure sera le milieu à mi-intensité de la raie.

On amène le curseur cursy à la mi-hauteur de la raie.

Protocole de mesure des positions des raies

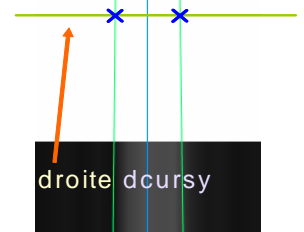
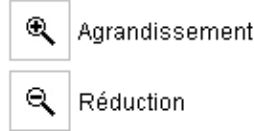
On repère avec soins, à l'aide du curseur *cursex*, les abscisses des deux intersections de *dcursy* avec les deux côtés de la raie.



Valeurs que l'on reporte dans les cellules *B1* et *C1*.

Zoomer fortement s'il y a lieu pour faire des mesures précises (au 1/100^{ème} de pixel).

Utiliser pour la facilité la molette de la souris mais aussi les commandes :



Mesures

Mesures à faire pour les 7 raies :

Valeurs à rentrer dans les cellules *B1* à *C7*.

Calculer les milieux dans les cellules *D1* à *D7*.

Dans *D1* : $(B1 + C1) / 2$ dans *D2* : $(B2 + C2) / 2$, etc

Mesures similaires pour le spectre étalonnage haut *speta2*.

Valeurs à rentrer dans les cellules *B8* à *C14*.

Calculer les milieux dans les cellules ***D7*** à ***D14***.

Dans *D8* : $(B8 + C8) / 2$ dans *D9* : $(B9 + C9) / 2$ etc

Il reste à faire les moyennes des deux spectres pour avoir la valeur qui correspond au milieu du spectre (position étoile).

Cellules *E1* à *E7* $E1 = (D1 + D8) / 2$, etc

On a donc :

Les positions des 7 raies d'étalonnage (*E1* à *E7*)

Les longueurs d'onde de laboratoire de ces raies (***A1*** à ***A7***)

Le spectrographe ayant un réseau comme agent dispersif, la relation position longueur d'onde est pratiquement une droite.

Tableur												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
1	442.731	speta1										
2	444.234											
3	444.772	position côté gauche	position côté droit	position milieu								
4	446.165											
5	446.654											
6	447.602											
7	449.457											
8					speta2							
9												VR
10												
11												
12												
13												
14												

Calcul de la droite de régression de l'étalonnage

On crée les points représentatifs position-étalonnage (dans le graphique 2)

Liste des abscisses : $x_p = \{E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7\}$

Liste des ordonnées : $y_p = \{A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7\}$

Création des points :

$P\{Eta\} = Séquence[Elément[x_p, i], Elément[y_p, i], i, 1, 7]$

Droite de régression : $dr_{\{Eta\}} = AjustLin[P_{\{Eta\}}]$

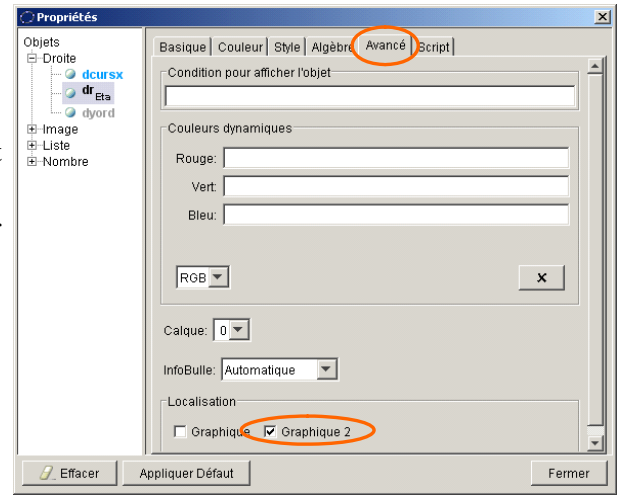
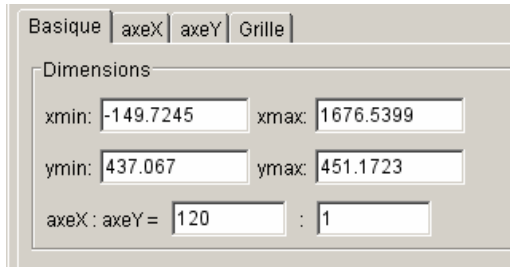
Visualisation de la droite

Mettre les points et l'ajustement dans le **graphique 2**.

Entrer dans la fenêtre *Propriétés* et dans l'onglet *Avancé* et cocher *Graphique 2*.

L'amplitude des variations des abscisses est très faible par rapport aux ordonnées.

Changer le rapport d'axe dans le menu *Graphique* :



Pour placer les points au centre de la fenêtre graphique « dézoomer » et « rezoomer » en plaçant correctement le pointeur de la souris.

Vérification

En recalculant les longueurs d'ondes de l'étalonnage avec les positions mesurées et en faisant la différence avec les longueurs d'onde de laboratoire, on teste la qualité des mesures.

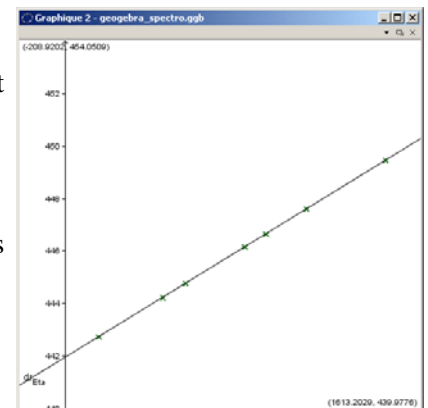
Cellules $F1$ à $F7$: $F1 = A1 - dr_{\{Eta\}}(E1)$

$F2 = A2 - dr_{\{Eta\}}(E2)$

etc

Si une mesure contient un très grand écart, vérifier et refaire la mesure de cette raie.

F
-0.001
-0.0004
0.0005
0.0028
0.0005
-0.0022
-0.0002



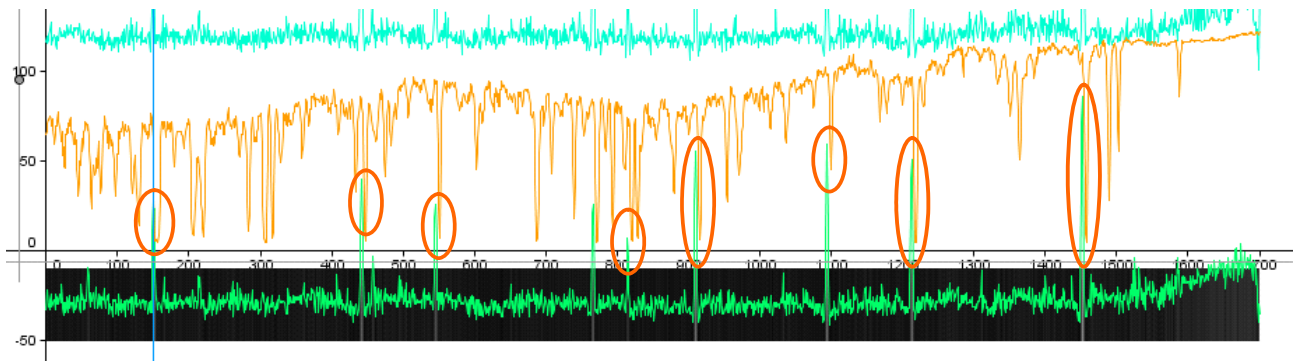
6 - Mesures étoiles – vitesses radiales

Mesures des positions

L'étoile Arcturus étant proche du type solaire contient beaucoup de raies métalliques en absorption.

Comme le Soleil, celles du fer prédominent.

On y retrouve donc les raies de l'arc au fer presque aux mêmes abscisses, mais systématiquement décalées par l'effet Doppler.



On met dans les cellules G1 à H7 les mesures faites sur le spectre de l'étoile.

Cellules I1 à I7 : calcul des longueurs d'onde : $I1 = dr_{\{Eta\}}((H1 + G1) / 2)$

Vitesses radiales : en appliquant la loi élémentaire de Doppler Fizeau : $J1 = (I1 - A1) / A1 (300000)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	442.731	148.68	152.72	150.7	150.415	-0.001	150.7	159.33	442.7558	16.7994
2	444.234	439.8	443.3	441.55	441.24	-0.0004	444.75	448.9	444.2632	19.7397
3	444.772	543.65	547.07	545.36	545.215	0.0005	549.31	552.95	444.8021	20.2696
4	446.165	813.3	815.45	814.375	814.4275	0.0028	817.75	822.68	446.1921	18.2192
5	446.654	907.71	911.27	909.49	909.54	0.0005	913.61	917.49	446.6846	20.539
6	447.602	1092.03	1095.22	1093.625	1093.5625	-0.0022	1097.74	1101.1	447.6344	21.7284
7	449.457	1450.08	1453.33	1451.705	1452.275	-0.0002	1455.44	1459.94	449.4852	18.8077
8		148.7	151.56	150.13						
9		438.86	443	440.93						
10		543.49	546.65	545.07						
11		813.31	815.65	814.48						
12		907.5	911.68	909.59						
13		1091.43	1095.57	1093.5						
14		1450.53	1455.16	1452.845						

Ne pas oublier de sauvegarder !

Pour finaliser le TD :

1 – Passer à la mesure du spectre B

En utilisant une copie du fichier Geogebra du spectre A

- Introduire par copier-coller les données du fichier : *spectre_b.xls*

Attention : le remplacement des données en un seul copier-coller du fichier Excel au tableau de Geogebra, demande beaucoup de temps, mais ne détruit pas les objets déjà créés.

Insérer les images : *spectre_b_e1.bmp*, *spectre_b_e2.bmp*, *spectre_b_etoile.bmp*

Faire les mesures des raies des trois spectres et mettre les valeurs dans les cellules appropriées de la partie tableau.

2 – Faire la synthèse et les corrections dues à l'inclinaison de la direction de l'étoile sur le plan écliptique telles que décrites dans le fichier du TD : *vot.doc* pour arriver à la vitesse orbitale de la Terre.

Bases Geogebra

Affichages

Affichage des différentes parties

Pour travailler dans la configuration de base, il faut faire afficher :

- la fenêtre Algèbre
- la fenêtre Graphique
- la barre de saisie

Suivant le travail, il faut faire apparaître

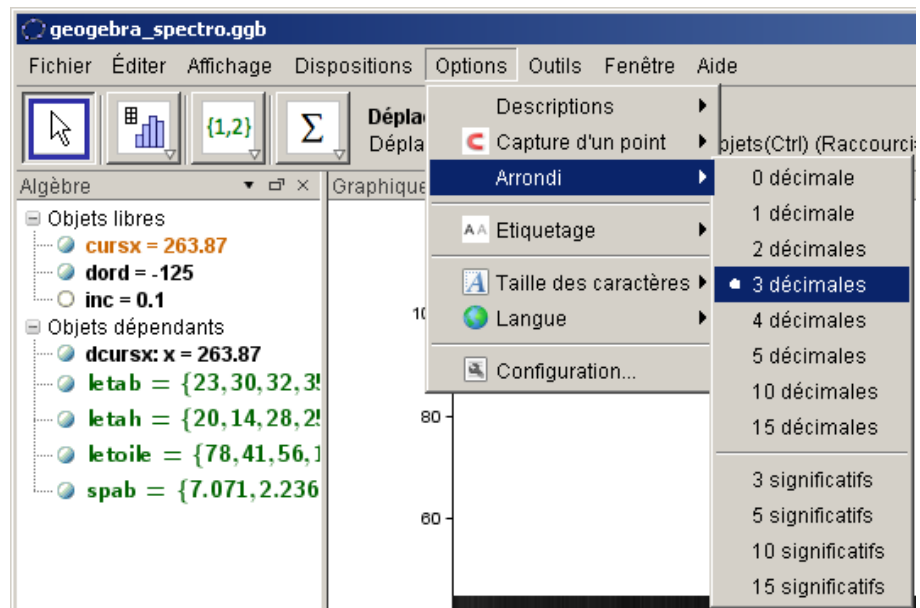
- la fenêtre tableur
- la fenêtre graphique 2.

Remarque importante : dans la version actuelle 4.0.20.0, ouvrir une première fois la fenêtre Graphique 2 ne permet pas de changer un objet de fenêtre graphique. L'option ci-contre de changement de fenêtre n'apparaît pas dans l'onglet "Avancé" des Propriétés. Après sauvegarde (avec la fenêtre Graphique 2 visible), et réouverture, cela sera possible.

Choix du nombre de décimales affichées :

Menu : Options / Arrondi
choisir 0, 1, 2... décimales

Idem pour la taille des caractères



Les noms des objets

Geogebra distingue les majuscules des minuscules.

Un nom d'objet avec un indice s'écrit :

- un seul caractère dans l'indice : A_P donne A_P
- plusieurs caractères : $A_{\{Eta\}}$ donne A_{Eta}

A_{Eta} donnera $A_{E\eta}$.

Par convention, Geogebra donne des noms de lettres en majuscule pour les points, mais ce n'est pas obligatoire.


Fenêtre graphique : déplacement et Zoom

Les mesures des positions des raies requièrent sous Geogebra un positionnement précis et un grandissement adapté.

Une mesure en milieu d'écran est plus facile que sur un bord.


Un grandissement optimisé permet plus de précision.

Déplacement

Valider le bouton . Avec le bouton gauche de la souris on déplace toute le graphique.

Avec les flèches du clavier $\blacktriangleright \blacktriangleleft \blacktriangleup \blacktriangledown$, le déplacement se fait par saut. Ce saut est 10 fois plus grand quand la touche CTRL est tenue enfoncée.

Pour sortir du déplacement :

- appuyer sur la touche Échappement **ESC** (haut gauche du clavier) ou sur clic sur le bouton 

Zoom

Différent boutons du menu déroulant permettent de zoomer + ou -.

Mais la façon la plus aisée est la molette de la souris :

- Zoom +, tourner la molette vers soi (on approche l'objet)
- Zoom -, tourner la molette à l'inverse (on repousse l'objet)

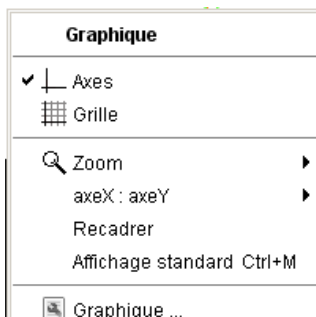
Règle d'or : le point sous le curseur de la souris reste immobile.

Changement d'échelle

Il arrive souvent que les plages utiles des abscisses et ordonnées soient très dissemblables, par exemple de 0 à 3000 en abscisses et 40 à 60 en ordonnées.

On change alors le rapport des axes par le menu "Graphique":

- soit en passant par Options / Configuration
- soit par clic bouton droit souris sur la fenêtre graphique hors objet qui ouvre le menu



La fenêtre "Graphique" s'ouvre :

où l'on rentre les valeurs adaptées dans "axeX:axeY"

Les cellules acceptent des variables objets.

