

MARCHE A SUIVRE

I- PREPARATION DU FICHER REPONSES

1- Téléchargez sur votre ordinateur les images à analyser contenues dans le fichier **photographies** (.zip). Ce fichier est disponible dans l'énoncé de l'exercice.

Au moment de décompresser les images, débrouillez vous pour que toutes celles-ci et le logiciel exécutable SalsaJ soient dans le même fichier.

2- Télécharger de même le **fichier réponses** Excel aussi disponible dans l'énoncé de l'exercice. Ouvrez le afin qu'il soit prêt à être rempli et utilisé.

3- Vous disposez d'une série de 20 photographies, sur lesquelles vous pouvez observer chaque fois les mêmes étoiles, mais à des dates différentes. Ces dates sont contenues dans le titre de chaque image. Par exemple, **Cep-43522-1999-10-24-03-23-25** a été prise le 24 octobre 1999 à 03h 23min et 25s. Remplissez la première colonne « **jour et heure de la photographie** » de votre fichier réponses Excel, en prenant soin d'inscrire les photographies de la plus ancienne à la plus récente.

4- Vous allez maintenant remplir la deuxième colonne de votre tableau intitulée « **Intervalle de temps (en jours)** ». Pour cela, déterminez pour chacune des 20 photographies le temps en jours qui la sépare de la première, prise le 24 octobre 1999. Notez que vous pouvez négliger les minutes, mais pas les heures.

II- UTILISATION DE SALSAJ : PHOTOMETRIE

5- Ouvrez maintenant SalsaJ. Une fois que le programme est ouvert, vous allez voir la barre d'outils suivante s'afficher en haut de votre écran :

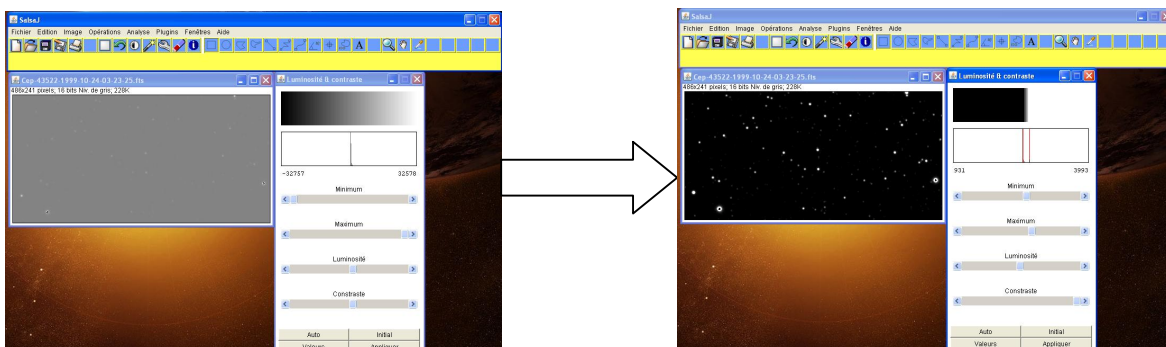


6- Dans la barre d'outils SalsaJ, cliquez sur « **fichier** », puis « **ouvrir** ». Ouvrez alors la première photographie **Cep-43522-1999-10-24-03-23-25**.

7- Cliquez sur le bouton de la barre menu « **luminosité et contraste** » :

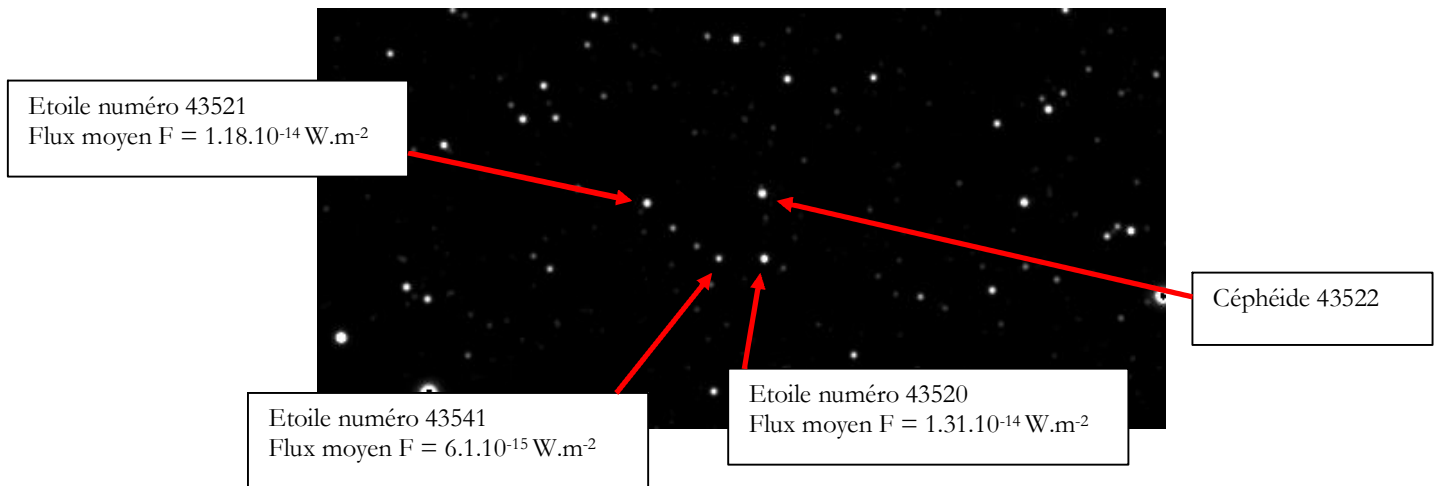


Une nouvelle fenêtre s'ouvre. Cliquez alors sur « **Auto** » : les étoiles vous paraîtront nettement plus visibles. Ensuite, si c'est nécessaire, modifiez les curseurs « **luminosité** », « **maximum** » et « **minimum** » (souvent, « **luminosité** » suffit amplement) afin d'avoir une belle image. Fermez ensuite la fenêtre « **luminosité et contraste** ».

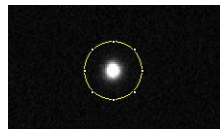


8- Vous allez maintenant commencer la photométrie. Pour cela, cliquez sur « **analyse** » puis sur « **photométrie** ». Alors, une nouvelle fenêtre (blanche) apparaît. C'est la fenêtre dans laquelle les valeurs d'intensité s'afficheront.

9- Vous allez maintenant repérer attentivement les étoiles qui nous intéressent dans cet exercice. Elles sont au nombre de 4 : la Céphéide 43255 et trois étoiles que nous appellerons « étoiles de comparaison ». Pour les repérer, observez la figure suivante :



10- Repérez la Céphéide sur votre photographie. Cliquez en son centre. Alors, l'étoile est encerclée et une valeur d'intensité apparaît dans la fenêtre blanche.



11- Choisissez et repérez maintenant une étoile de comparaison. Cliquez de même en son centre. Deux valeurs d'intensité sont dès lors présentes dans la fenêtre blanche que vous aviez ouverte en étape 8.

12- Dans votre fichier réponses, vous pouvez maintenant remplir la première ligne, concernant la première photographie. Dans la colonne « **Luminosité de la Céphéide Lc** », entrez la valeur de la luminosité obtenue en étape 10. Dans la colonne « **Luminosité de l'étoile de comparaison Le** », entrez la valeur de la luminosité obtenue en étape 11.

Le fichier Excel détermine automatiquement la valeur du rapport L_c/L_e en 5^{ème} colonne.

13- Recommencez les étapes 6 à 12 pour les 19 autres photographies.

REMARQUE IMPORTANTE : L'étoile de comparaison que vous avez choisie en étape 11 doit être utilisée pour les 20 photographies. Il ne faut pas changer d'étoile de comparaison au cours de l'exercice !

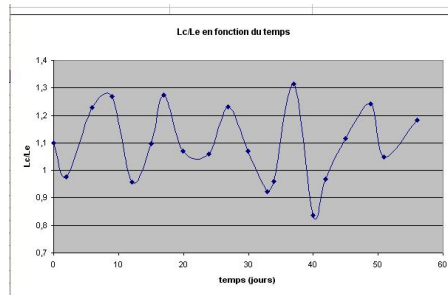
III- EXPLOITATION DES RESULTATS

1- Détermination du flux moyen F_c de la Céphéide

14- En dessous de la colonne « Lc/Le » apparaît en gras la moyenne des valeurs du rapport Lc/Le (lorsque vous avez rempli tout votre tableau). A partir des données de l'étape 9 et de cette valeur, égale en fait au rapport (Flux moyen Céphéide / Flux moyen de l'étoile F), déterminez la valeur du flux moyen de la Céphéide. Remplissez ainsi les cases vertes de votre fichier réponses.

2- Détermination de la période de pulsation de la Céphéide

15- En dessous de votre tableau, le rapport Lc/Le s'est tracé automatiquement en fonction du temps (en jours)



16- En fait, les points se trouvent théoriquement sur une sinusoïde, d'équation :

$$f(t) = A \sin(\omega t + \phi) + B$$

où :

- A est l'amplitude de la sinusoïde c'est-à-dire la moitié de la « taille » de la courbe.
- ω est la pulsation de la sinusoïde, elle vaut $2\pi / T$, où T est la période de la sinusoïde.
- B est la valeur moyenne de la sinusoïde. Elle veut la valeur moyenne de toutes les valeurs de Lc/Le.
- Phi est la phase de la sinusoïde. Elle est comprise entre $-\pi$ (-3.14) et $+\pi$ (+3.14). Si les premiers points sont en dessous de la valeur de B, la phase est négative, s'ils sont au dessus, la phase est positive.

Déterminez sur le graphique, à l'œil, des valeurs approchées de A, T (et donc ω) et phi. B a été calculé en bas de la colonne « Lc/Le ».

17 - Rentrez ces valeurs approchées (A, ω , phi et B) dans les cases bleues faites pour cela dans le fichier réponses. Lorsque toutes vos valeurs sont rentrées, la colonne bleue « **Approximation** » se remplit juste à côté de vos **valeurs expérimentales** de Lc/Le. Cette colonne bleue correspond aux **valeurs théoriques** que vous auriez obtenues en calculant directement et sans mesure sur SalsaJ le rapport Lc/Le, seulement à partir de la formule

$$f(t) = A \sin(\omega t + \phi) + B$$

8	Jour et heure de la photographie	Intervalle de temps (en jours)	Luminosité de la Céphéide Lc	Luminosité de l'étoile de comparaison Le	Lc / Le	Approximation
9	24/10/1999 03h23	0			#DIV/0!	0
10	26/10/1999 01h41	1,917			#DIV/0!	0
11					#DIV/0!	0
12					#DIV/0!	0
13					#DIV/0!	0
14					#DIV/0!	0
15					#DIV/0!	0
16					#DIV/0!	0
17					#DIV/0!	0
18					#DIV/0!	0
19					#DIV/0!	0
20					#DIV/0!	0
21					#DIV/0!	0
22					#DIV/0!	0
23					#DIV/0!	0
24					#DIV/0!	0
25					#DIV/0!	0
26					#DIV/0!	0
27					#DIV/0!	0
28					#DIV/0!	0
29					#DIV/0!	0
30					#DIV/0!	0
31					#DIV/0!	0
32					#DIV/0!	0
33					#DIV/0!	0
34					#DIV/0!	0
35					#DIV/0!	0
36					#DIV/0!	0
37					#DIV/0!	0
38					#DIV/0!	0
39					#DIV/0!	0
40					#DIV/0!	0
41					#DIV/0!	0
42					#DIV/0!	0
43					#DIV/0!	0
44					#DIV/0!	0
45					#DIV/0!	0
46					#DIV/0!	0
47					#DIV/0!	0
48					#DIV/0!	0
49					#DIV/0!	0
50					#DIV/0!	0
51					#DIV/0!	0
52					#DIV/0!	0
53					#DIV/0!	0
54					#DIV/0!	0
55					#DIV/0!	0
56					#DIV/0!	0

<p>Variable A =</p> <p>Variable omega = 2PI/T =</p> <p>Variable phi =</p> <p>Variable B =</p> <p>Valeur du Solveur (cellule cible) = #DIV/0!</p> <p>Période de pulsation (jours) =</p> <p>Flux de l'étoile de comparaison choisie =</p> <p>Flux moyen de la céphéide =</p> <p>Luminosité céphéide/Luminosité du soleil =</p> <p>Luminosité du soleil =</p> <p>Luminosité Céphéide = 0,091-00</p> <p>Distance au soleil (mètre) = #DIV/0!</p> <p>Soit, en années de lumière = #DIV/0!</p>	<p>Fonction d'Approximation f(t) = A*sin(omega*t + phi) + B</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Valeurs théoriques

Valeurs expérimentales

Valeurs approchées de A, ω , B et phi déterminées à l'œil

18- Comme Excel, contrairement à Regressi, n'a pas de fonction pour déterminer les paramètres d'une sinusoïde (A, B, oméga et phi), nous allons utiliser la fonction **solveur** d'Excel. Nous souhaitons grâce à elle affiner nos valeurs de A, oméga, phi et B pour que les valeurs théoriques soient le plus proches possible des valeurs expérimentales.

La moyenne des différences entre les résultats expérimentaux et théoriques pour chaque image est présente dans la case « **valeur du solveur : cellule cible** » de votre fichier réponses. On comprend bien que plus cette valeur est grande, plus les résultats théoriques sont loin des résultats expérimentaux. Au contraire, plus cette valeur est proche de 0, plus les résultats théoriques sont proches de l'expérience.


Nous allons demander à Excel d'affiner nos valeurs de A, oméga, phi et B pour atteindre une valeur la plus proche de zéro possible pour cette case.


Cliquez sur la valeur de la cellule cible (**G40** dans le fichier réponses). Cliquez sur **Outils**, puis **Solveur**. Une fenêtre s'ouvre.

REMARQUE : si « solveur » n'apparaît pas dans Outils, cliquez sur **Outils, Macro complémentaire**, puis sélectionnez « **complément solveur** ». Cliquez sur Ok, puis, recommencez **Outils**, puis **Solveur**.



19- vérifiez que, dans « Cellule cible à définir », vous avez bien la cellule G40. D'après les explications en étape 18, vous souhaitez que la valeur de cette cellule soit très proche de zéro. Cochez donc Egale à : Valeur 0.

20- toujours dans cette fenêtre, vous allez maintenant dire à Excel ce qu'il a le droit de légèrement modifier afin de trouver la valeur 0. Dans la case blanche cellule variable, cliquez sur le bouton  puis sélectionnez dans votre tableur la valeur approchée d'oméga déterminée à l'étape 16.

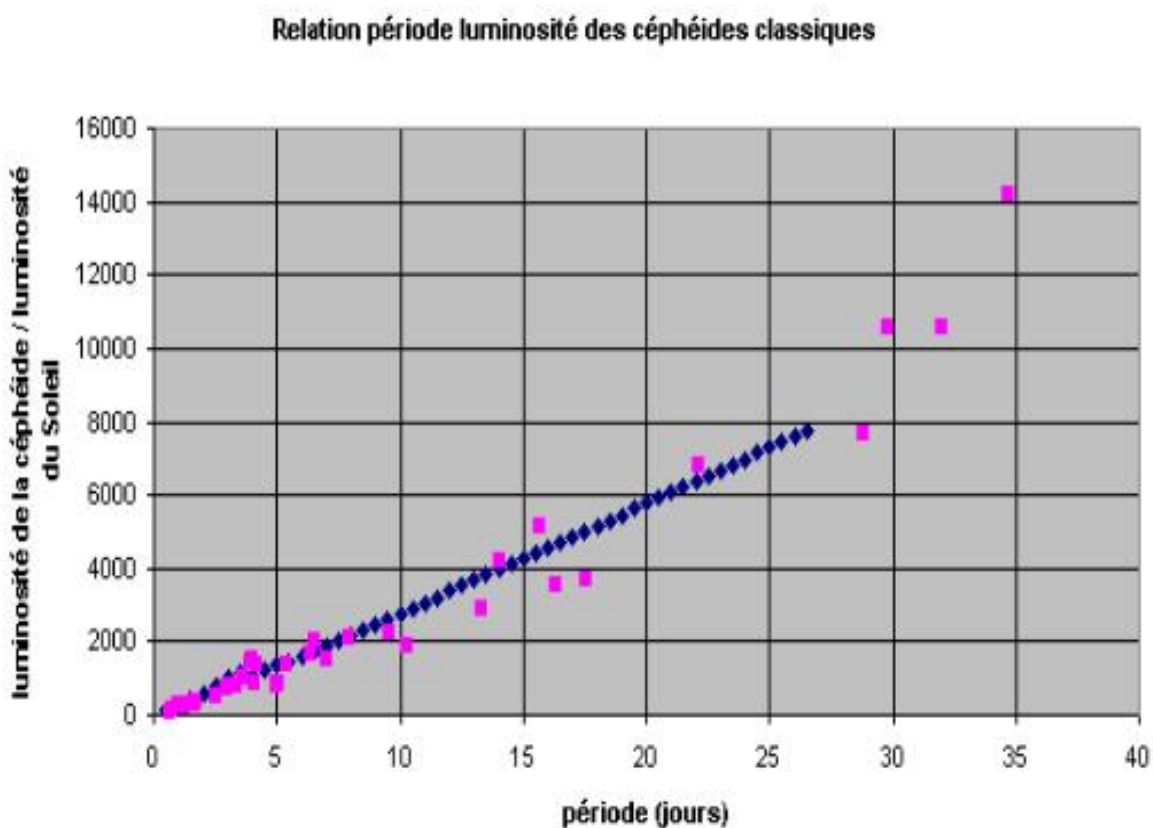
Cliquez de nouveau sur , puis cliquez sur **Résoudre**. Votre cellule cible s'est rapprochée de la valeur 0, et la valeur d'oméga a été plus ou moins légèrement affinée.

21- Renouvelez les étapes 18, 19 et 20 pour les autres cellules variables A, phi puis B. Vous avez maintenant une approximation théorique plus que correcte (jugez en à la valeur de votre cellule cible, et aux valeurs présentes dans la colonne bleue « approximation » !).

22- A partir de la valeur d'oméga ($= 2\pi/T$) affinée par le solveur, déterminez la période T de la sinusoïde. C'est la période de pulsation de la Céphéïde. Rentrez la valeur trouvée dans la case bleue prévue à cet effet.

3- Détermination de la luminosité Lc de la Céphéide

23- A partir du graphique ci-dessous et de la valeur de la période de pulsation obtenue précédemment, déterminez le rapport Lc/Ls où Ls est la luminosité du Soleil.



24 - Sachant que la luminosité du Soleil est égale à $3,85 \cdot 10^{26}$ W, déterminez la luminosité Lc (en Watt) de la Céphéide. Inscrivez la valeur trouvée dans la case violette prévue à cet effet.

4- Détermination de la distante Céphéide-Soleil

25 - A une distance r (exprimée en mètres), une unité de surface perpendiculaire à la direction de la Céphéide reçoit un flux d'énergie F (en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) tel que :

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

Où L est la luminosité de la Céphéide (en Watt), c'est-à-dire l'énergie qu'elle rayonne par unité de temps.

Par conséquent, si on connaît la luminosité de la Céphéide, et que l'on mesure son flux, on peut déterminer sa distance.

A partir des valeurs de Fc et Lc trouvées précédemment et inscrites sur votre fichier réponses, déterminez la distance r qui sépare la Céphéide du Soleil. Inscrivez-la sur votre fichier réponses dans la case prévue à cet effet, d'abord en mètre, puis en années de lumière.

(Indication : une année de lumière = $9.461.10^{15}$ m). La Céphéide étant dans le Grand nuage de Magellan, vous venez d'obtenir la distance au Soleil de cette galaxie naine en orbite autour de la voie Lactée.

26 – Le Grand Nuage de Magellan est situé à 179 000 années de lumière de notre Soleil. La valeur de la distance que vous avez trouvée vous semble-t-elle correcte ? Si non, pouvez vous expliquer pourquoi ?

INDICATION : N'oubliez pas, votre résultat dépend de la position de la Céphéide à l'intérieur du Grand nuage de Magellan (même si cette distance, inconnue dans l'exercice, est très petite devant la distance Céphéide Soleil). Il y a d'autres sortes d'incertitudes : par exemple, l'espace entre le Grand nuage de Magellan et la Terre est parsemé de petites particules de poussière, qui absorbent partiellement les radiations. A votre avis, comment ce phénomène altère-t-il vos calculs ?