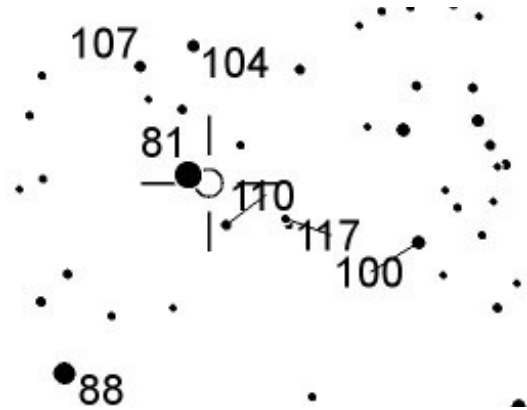


ESTIMATION DE LA LUMINOSITÉ D'UNE ÉTOILE VARIABLE à partir d'une photographie.

Ébauche d'une démarche autour de T Cas

1. Estimation en comparant visuellement une photographie et une carte

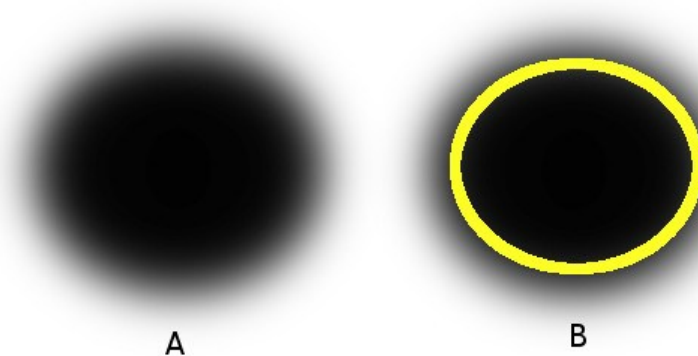
L'extrait suivant contient l'étoile variable T Cas.



L'extrait de carte placé à droite donne les magnitudes visuelles de quelques étoiles de comparaison. Cette carte est établie pour les estimations de magnitudes visuelles (valeurs multipliées par 10). A partir de ces deux documents, on peut affirmer que la magnitude de T Cas est inférieure à 8,1. Mais cette estimation est approximative.

Le traitement informatique de l'image peut-il nous aider à être plus précis ?

2. Utilisation de la FWHM



L'illustration ci-dessus représente deux fois l'image d'une étoile "en négatif". L'image n'est pas circulaire, du fait d'un défaut de suivi.

En A, tous les pixels sont représentés. En B, on s'est livré à une opération mathématique qui ne retient qu'une partie, jugée pertinente de l'information (qui est contenue dans le tracé jaune). On a calculé ce qu'en français on désigne par "Largeur à mi-hauteur" et que les Anglo-Saxons désignent par le sigle FWHM.

Si l'on applique cette opération à toutes les étoiles d'un cliché, l'on obtiendra, pour chacune une (deux) valeur numérique donnant son "diamètre utile" (correspondant au tracé jaune) en pixels. Ce diamètre est mesuré en largeur et en hauteur (en x et y). Il permet **la comparaison de valeurs**

numériques et pas seulement l'estimation "à vue de nez"

3. Comment calculer la FWHM ?

Le plus simple est d'utiliser un logiciel de traitement d'images astronomiques.

Dans IRIS, on pourra lire cette page http://www.astrosurf.com/buil/iris/tutorial15/doc38_fr.htm

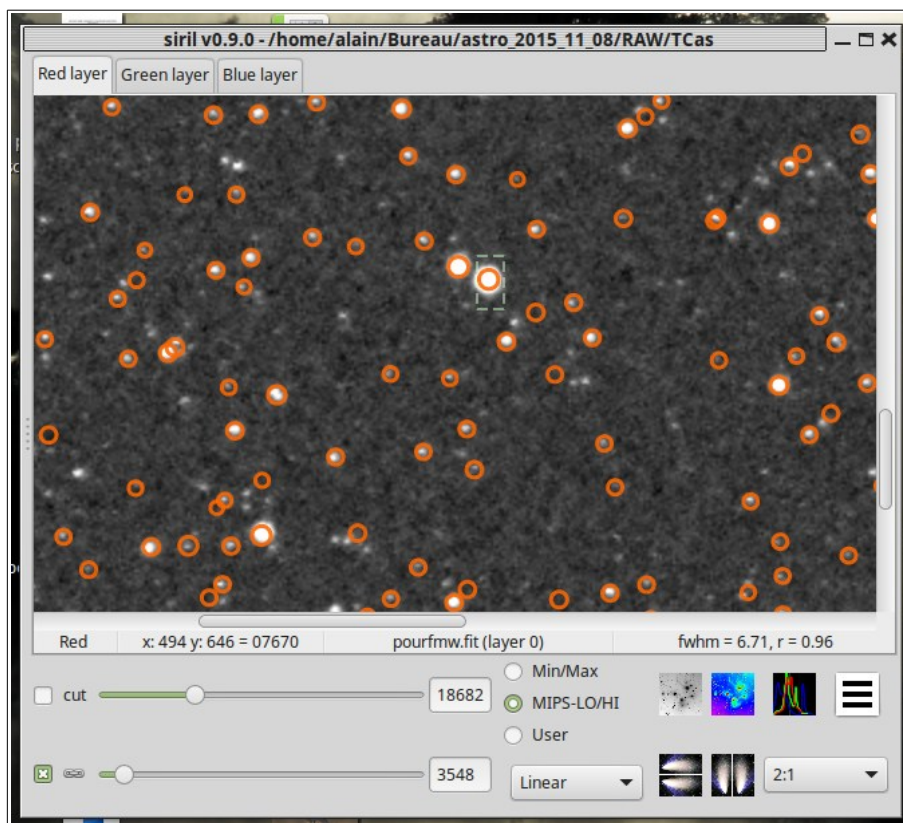
On peut également écrire un programme (en Python par exemple) qui effectue ce travail.

La suite montre ce qui se passe quand on utilise SIRIL.

4. La FWHM et la couleur

SIRIL sépare l'image en trois couches de couleur (Rouge, Vert, Bleu).

L'image ci-dessus correspond à la couleur rouge.



Les cercles correspondent à toutes les étoiles détectées. Leur diamètre est proportionnel à la FWHM. Le cadre correspond à la sélection d'une seule étoile (T Cas). En bas à droite, les valeurs calculées : FWHM = 6,71 et $r = 0,96$ (rapport entre largeur et hauteur de l'ellipse).

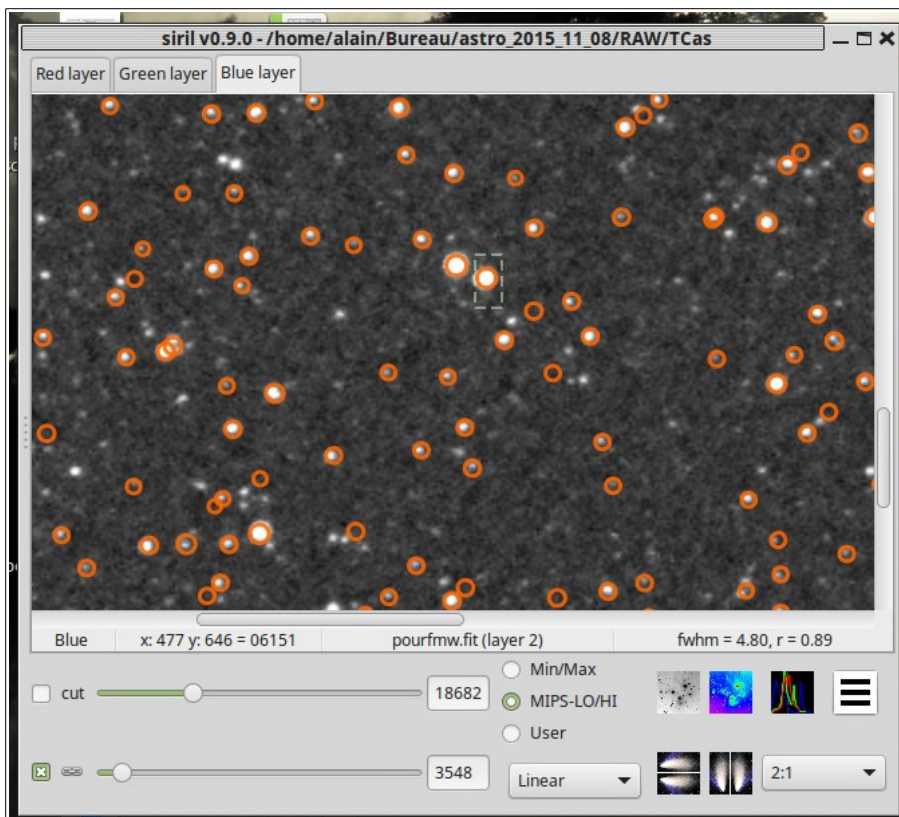
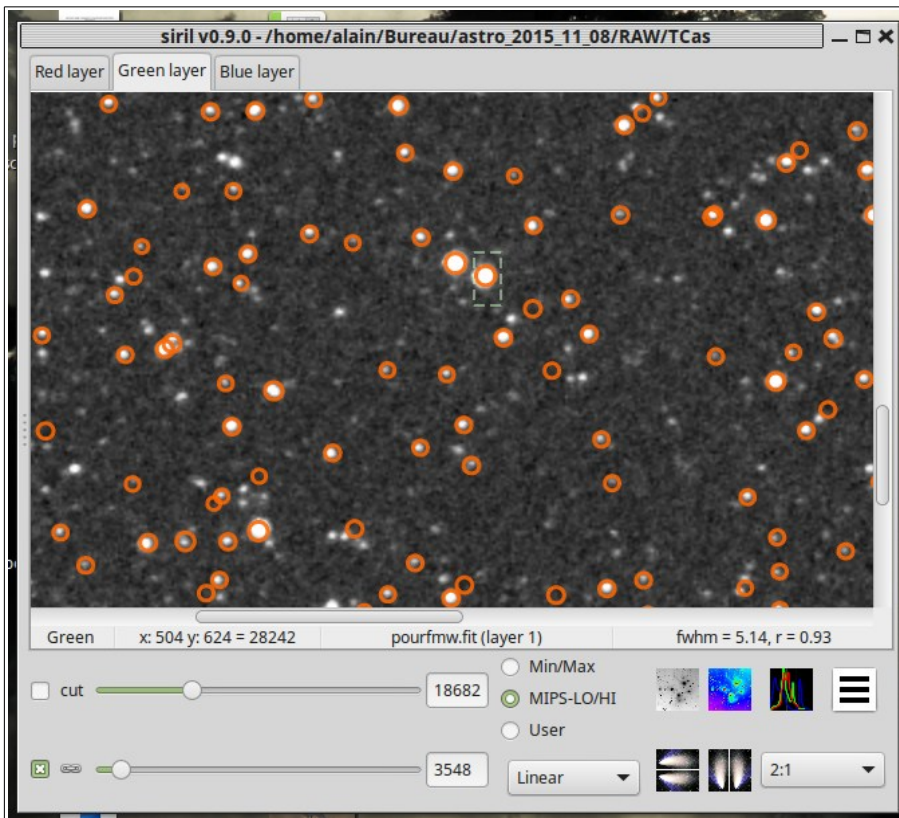
Valeurs relevées pour T Cas :

Couleur	FWHM	r
rouge	6,71	0,96
vert	5,14	0,93
bleu	4,80	0,89

Première surprise : selon la couleur l'intensité diffère beaucoup.

Certaines variables, les Mira en particulier, sont assez rouges ce qui explique l'importance de la valeur du rouge par rapport aux autres couleurs.

Ci-dessous : les deux autres couleurs.



Pour aller plus loin, il serait intéressant de disposer d'un peu de documentation explicative. Y a-t-il cela pour SIRIL ?

5. La documentation disponible

Fort heureusement, on trouve une page en français, ici :

<http://free-astro.vinvin.tf/index.php/Siril:PSF/fr>

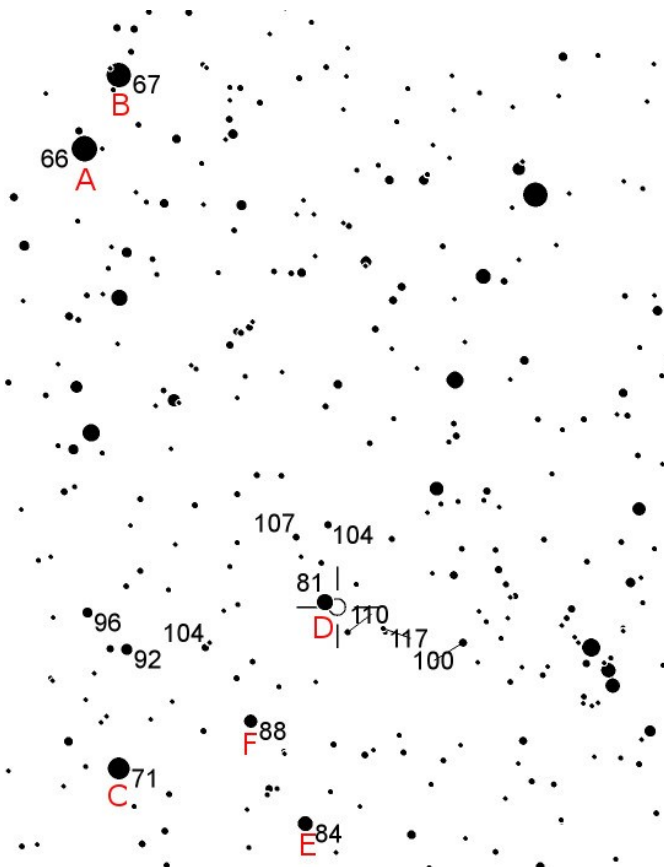
Dans ce qui suit, nous allons expérimenter ce qui est expliqué dans la partie "UTILISATION" de la documentation.

UTILISATION

La Dynamic PSF peut être appelée de deux façons différentes, en fonction du but recherché :

Pour modéliser seulement une étoile. Dans ce cas, après avoir dessiné un rectangle de sélection sur une étoile non-saturée (c'est important pour la précision du résultat), on peut soit taper "PSF" dans la ligne de commande, soit faire un clic droit dans l'image et lancer la "PSF". Dans les deux cas, vous pourrez copier le résultat et le coller où bon vous semble. Dans ce cas, la magnitude relative est calculée à partir de $-2.5 \times \log I$, où I est l'intensité totale de l'étoile modélisée.

Dans ce qui suit, j'ai utilisé la carte ci-dessous et relevé les valeurs obtenues dans un tableau.



Première colonne : la lettre correspondant à l'étoile sur la carte (lettres portées en rouge sur celle-ci).

Magnitude visuelle : valeur donnée par la carte AAVSO (magnitude visuelle multipliée par 10).

FWHM_x et FWHM_y : largeur à mi-hauteur dans le sens en x et en y.

Magnitude relative : une arbitraire, mais calculée de la même façon pour toutes les étoiles. Ce qui en fait un élément de comparaison utilisable.

Magnitudes négatives : plus la valeur absolue est élevée plus l'étoile est lumineuse.

Lettre	Magnitude visuelle	FWHM _x	FWHM _y	magnitude relative
A	66	7,22	7,02	-16,38
B	67	6,81	6,62	-16,30
C	71	6,61	6,41	-16,22
D	81	4,88	4,78	-15,45
E	84	4,95	4,42	-15,34

F	88	4,92	4,43	-15,13
T	?	6,56	6,41	-15,98

Que faire avec cela ?

Au minimum ceci : la magnitude absolue de T Cas (-15,98) en comprise entre C (-16,22) et D (-15,45).

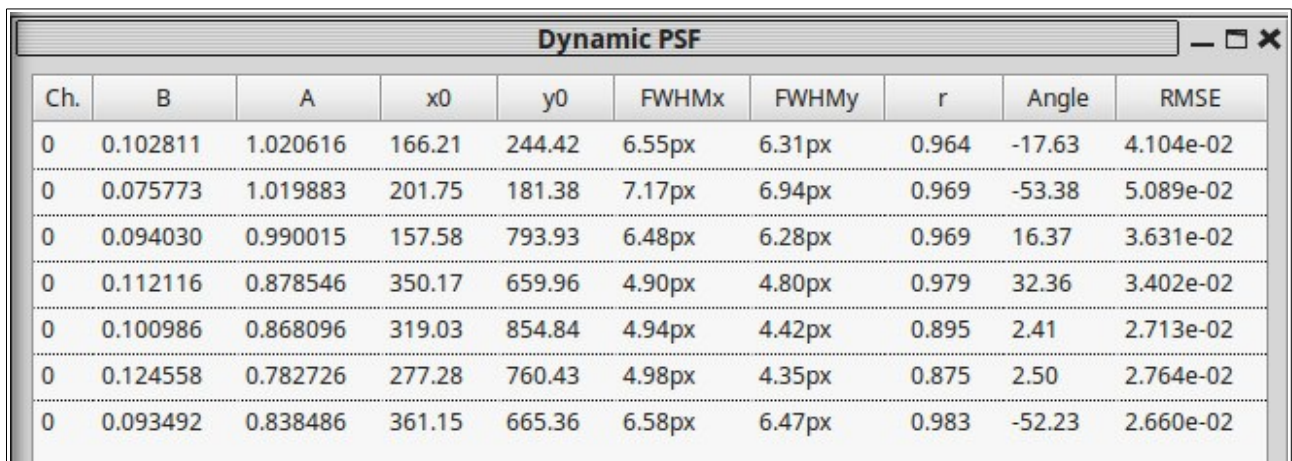
Remarquer que les valeurs sont relatives au rouge. Si l'on refait les mêmes manipulations en vert et en bleu, les résultats seront différents.

6. Autre manière de relever les valeurs

Nous allons reprendre le second paragraphe de la documentation sur l'UTILISATION:

Pour modéliser plusieurs étoiles et obtenir des moyennes. Dans ce cas, vous devez travailler avec la fenêtre spéciale pour le PSF, disponible dans le menu Analysis -> Dynamic PSF ou en sélectionnant une étoile non-saturée et en cliquant sur "Pick a star" pour l'ajouter à la liste.

En reprenant les mêmes étoiles, on obtient le tableau suivant :



Ch.	B	A	x0	y0	FWHMx	FWHMy	r	Angle	RMSE
0	0.102811	1.020616	166.21	244.42	6.55px	6.31px	0.964	-17.63	4.104e-02
0	0.075773	1.019883	201.75	181.38	7.17px	6.94px	0.969	-53.38	5.089e-02
0	0.094030	0.990015	157.58	793.93	6.48px	6.28px	0.969	16.37	3.631e-02
0	0.112116	0.878546	350.17	659.96	4.90px	4.80px	0.979	32.36	3.402e-02
0	0.100986	0.868096	319.03	854.84	4.94px	4.42px	0.895	2.41	2.713e-02
0	0.124558	0.782726	277.28	760.43	4.98px	4.35px	0.875	2.50	2.764e-02
0	0.093492	0.838486	361.15	665.36	6.58px	6.47px	0.983	-52.23	2.660e-02

La signification des colonnes est donnée dans <http://free-astro.vinvin.tf/index.php/Siril:PSF/fr>

7. Critique de ces deux manières de faire

- les manipulations à répétition sont fastidieuses,
- pas de globalisation sur les trois couleurs (ce qui est aussi un avantage dans certaines situations).

Le logiciel offre-t-il d'autres possibilités ?

Bien que cela ne soit pas clairement documenté, il est possible de lancer une détection globale (sur trois couleurs) avec enregistrement dans un fichier au format texte : stars.lst

Voici le début de ce fichier :

```

1      1      0.083619  1.051126   98.55  106.11   7.12   6.73   0.00  5.731e-02
2      1      0.089320  1.038495  494.08  175.89   6.66   6.23   0.00  4.860e-02
3      1      0.112035  1.020366  133.44   43.47   6.54   6.49   0.00  5.670e-02
4      1      0.092956  1.029976   89.04  656.32   6.09   5.85   0.00  4.567e-02
5      1      0.106121  0.978694   85.99  358.17   5.89   5.32   0.00  4.248e-02
6      1      0.106572  0.986435  515.41  578.96   5.26   5.03   0.00  3.299e-02
7      1      0.101829  0.985868  282.09  522.06   5.17   4.88   0.00  3.503e-02

```

...

8. Contenu du fichier

Celui-ci comprend autant de lignes que d'étoiles identifiées. Ici : 703 lignes

Dans chacune des lignes, les informations sont organisées selon une même logique de colonne.

Numéro de colonne	Nature du contenu	Remarques
1	Numéro d'ordre de la ligne	Démarre à ligne 1
2	???	
3 et 4	Informations B et A de la documentation	
5	Position x du "centroïde" (centre virtuel)	Valeur décimale fictive
6	Position y du "centroïde" (centre virtuel)	
7	FWHMx	Largeur en x
8	FWHMy	Hauteur en y
9	Estimation de la précision	Sera ignoré

Tel qu'il est le fichier est difficilement exploitable : trop long à imprimer, difficile à importer tel que dans un tableur...

Il va falloir éliminer l'information non exploitée. Pour cela, quelques lignes de Python seront bien utiles.

9. Un petit bout de code Python pour lister ce qui est utile.

Le programme fera les choses suivantes :

- ouvrir le fichier stars.lst
- lire chacune des lignes et, pour chacune, imprimer les colonnes 5, 6, 7 et 7 précédées d'une courte information facilitant sa lecture.
- fermeture du fichier à la fin du travail.

Code source du programme :

```
# -*- coding:Utf-8 -*-
with open("stars_bleu.lst","r") as entree:
    for ligne in entree:
        print "x ",ligne[32:39]," y ", ligne[43:50]," fwhmx ", ligne[56:61]," fwhm ", ligne[67:71]
```

Extrait du résultat obtenu :

```
...
x 28.42 y 606.82 fwhmx 2.59 fwhm 2.45
x 61.56 y 686.99 fwhmx 2.56 fwhm 2.09
x 353.88 y 654.47 fwhmx 2.30 fwhm 2.12
x 19.05 y 748.07 fwhmx 2.47 fwhm 2.44
x 403.12 y 638.46 fwhmx 2.53 fwhm 2.09 ...
```

10. Exportation de cette liste vers un tableur

Les valeurs obtenues (sans les informations textuelles) pourraient être importées dans un tableur sous réserve de les séparer (dans chaque ligne) par un séparateur conventionnel : point virgule ou tabulation par exemple.

Le programme suivant va intercaler une tabulation (représentée par la valeur textuelle "\t") de façon à constituer des colonnes importables.

Il fera les choses suivantes :

- ouverture du fichier en lecture stars.lst
- création d'un nouveau fichier contenant les valeurs utiles séparées par une tabulation.
- fermer les fichiers et prévenir que le travail est terminé.

```
# -*- coding:Utf-8 -*-
tabu = "\t"
with open("stars_en_colonne.txt","w") as sortie:
    with open("stars_bleu.lst","r") as entree:
        for ligne in entree:
            sortie.write("{}\t{}\t{}\t{}\n".format(ligne[32:39],ligne[43:50],\
            ligne[56:62],ligne[67:73]))
print "C'est fini..."
```

Les quatre premières lignes du fichier résultat du traitement sont listées ci-dessous :

98.5	106.1	7.12	6.73
494.0	175.8	6.66	6.23
133.4	43.4	6.54	6.49
89.0	656.3	6.09	5.85

Ce fichier a été importé dans un tableur et l'ensemble trié sur les coordonnées en x (première colonne). On a également ajouté une colonne contenant le moyenne de fwhmx et fwhmy.

En voici un exemple :

	A	B	C	D	E
1	x	y	fx	fy	(fx/fy)/2
2	2,90	726,50	2,79	2,48	2,64
3	11,90	717,50	2,88	2,61	2,75
4	13,90	404,50	2,97	2,54	2,76
5	14,60	308,30	3,18	2,88	3,03
6	14,90	153,20	2,95	2,92	2,94
7	15,80	434,60	2,49	2,30	2,40
8	19,00	748,00	2,47	2,44	2,46
9	20,50	558,00	2,48	2,09	2,29
10	22,00	744,90	2,76	2,27	2,52

Le fait de pouvoir trier et ordonner selon les coordonnées va faciliter le repérage des étoiles de comparaison, sous réserve d'avoir repéré les valeurs x et y sur l'image.

11. Restreindre...

Le tableau comporte 703 lignes ! C'est beaucoup trop.

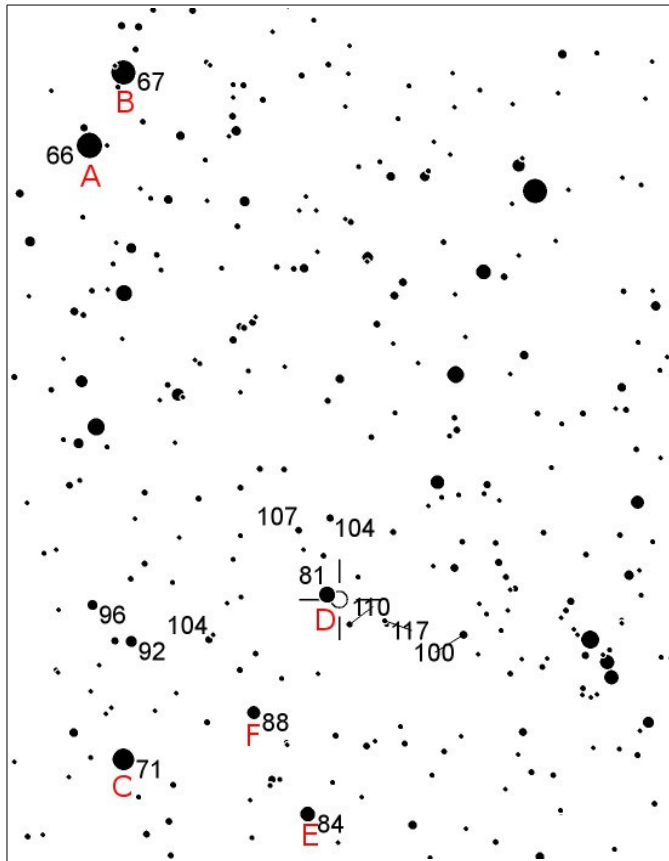
Ceci étant, les seules étoiles qui nous intéressent ont un FWHM > 4,0.

Nous allons exploiter cette propriété en triant sur la colonne E (ci-dessus) en ordre décroissant.

Il reste alors 28 lignes. Il est intéressant alors de copier ces 28 lignes dans un onglet du tableur de façon à ne pas polluer le tableau initial.

12. Identifier

A l'aide d'un logiciel graphique, il est facile de rechercher les positions x et y des étoiles qui sont marquées d'une lettre rouge sur l'image suivante :



Il est alors possible de rechercher dans le tableau restreint quelles sont les lignes qui correspondent aux positions (les valeurs ne seront souvent qu'approchées).

On ajoutera alors dans ce tableau : le lettre correspondante et la magnitude visuelle relevée sur la carte.

Il est alors possible de trier sur la colonne magnitude visuelle.

Cela donne le tableau ci-dessous.

x	y	fx	fy	(fx/fy)/2	Lettres	Mag Visuelle
98,50	106,10	7,12	6,73	6,93	A	6,6
133,40	43,40	6,54	6,49	6,52	B	6,7
89,00	656,30	6,09	5,85	5,97	C	7,1
282,00	522,00	5,17	4,88	5,03	D	8,1
250,90	716,80	5,00	4,68	4,84	E	8,4
293,30	526,70	4,86	4,65	4,76	T Cas	
208,50	623,10	4,51	4,27	4,39	F	8,8

13. Conclusion

Au prix de diverses manipulations informatiques utilisant SIRIL et CALC ainsi que le langage Python, on est parvenu (au prix d'une règle de 3 non expliquée ici) à une valeur numérique : la magnitude visuelle de T Cas est de 8,5.

J'ai choisi cette façon présenter les choses parce qu'elle me semblait plus intuitive qu'une autre. Il est bien-sûr possible de remplacer toute la partie CALC par du code en Python, mais, dans un premier temps le côté "baguette magique" de la chose nuit à la compréhension du problème à résoudre.

Dès que possible, une autre approche sera proposée.