

# Comparaison Astrométrique d'une Image Numérique avec la base de données Gaia / GRAPPA

## version du 10 Février 2024 pour la version 1.4

par Marc SERRAU – Elisabeth MARIS

(<http://www.astrosurf.com/CCD-GRAPPA>)

### Prérequis :

- Disposer de la base GRAPPA installée et paramétrée dans PRISM V11 ou dans votre utilitaire d'analyse astrométrique. Cette installation n'est pas décrite dans ce document. Voir ici : [http://www.astrosurf.com/noctambule/GRAPPA3E\\_FrEn.html](http://www.astrosurf.com/noctambule/GRAPPA3E_FrEn.html) pour tout savoir sur cette base, notamment où et comment la récupérer.
- Disposer d'images déjà prétraitées et prises avec des filtres RAPAS qui s'approchent des bandes passantes des pseudo-filtres de Gaia G, G\_BP et G\_RP. Les champs de calibration à utiliser (SA51, SA57, SA68...) sont indiqués sur le site RAPAS (<http://rapas.imcce.fr/Photometrie-calibration.html>)
- Disposer de PRISM V11 ou de SIRIL ou d'un outil capable de sortir les positions astrométriques, flux et magnitudes de toutes les étoiles d'un champ stellaire.
- Disposer de l'utilitaire CCD-GRAPPA.exe (<http://www.astrosurf.com/CCD-GRAPPA>) utilisé dans la seconde partie de ce document.

### Méthode :

Il va s'agir de disposer d'images de champs de calibration prises avec les filtres RAPAS A, B ou C dont on va extraire les positions et les magnitudes de toutes les étoiles. Ces données seront ensuite analysées par l'utilitaire CCD-GRAPPA qui comparera les magnitudes mesurées aux magnitudes G, G\_BP ou G\_RP du catalogue GAIA / GRAPPA respectivement.

## I. Les données de départ

### I.1 Extraction avec PRISM V11

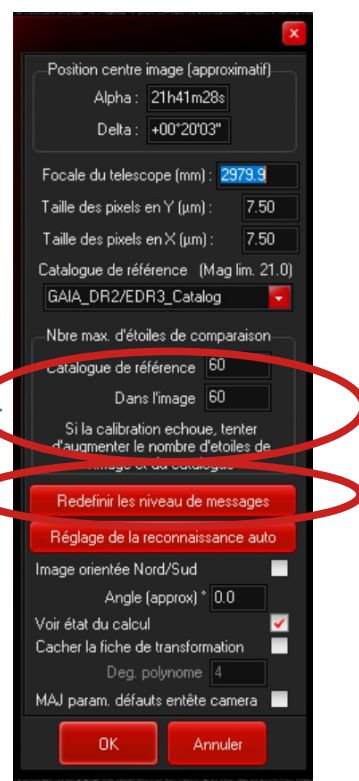
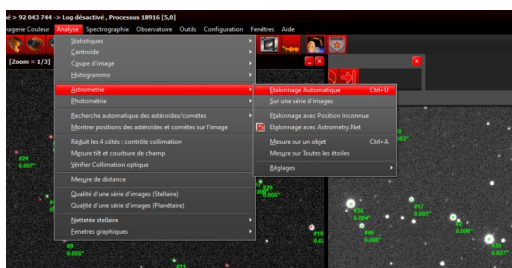
L'utilitaire a besoin des résultats d'analyses astrométriques et photométriques de toutes les étoiles d'une image issus de PRISM V11,

Dans PRISM V11, cela s'effectue en 4 étapes :

#### 1. Calibration astrométrique d'une image

Charger l'image

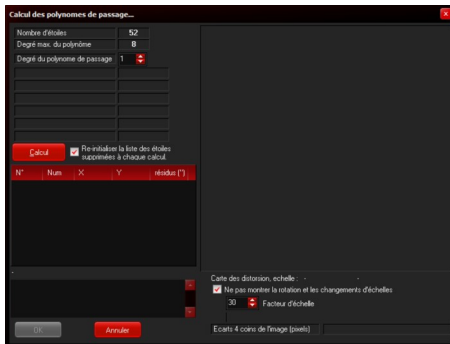
Cliquer sur l'image puis :



Régler les paramètres propres à votre système d'observation (focale, taille des pixels) et à la prise de vue (orientation).

Choisir **GAIA\_DR2/EDR3\_Catalog** (C'est GRAPPA).

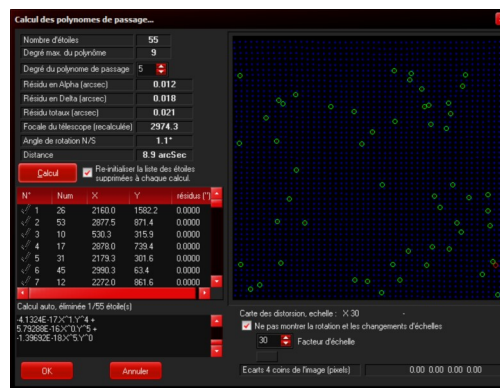
Appuyez sur **OK**.



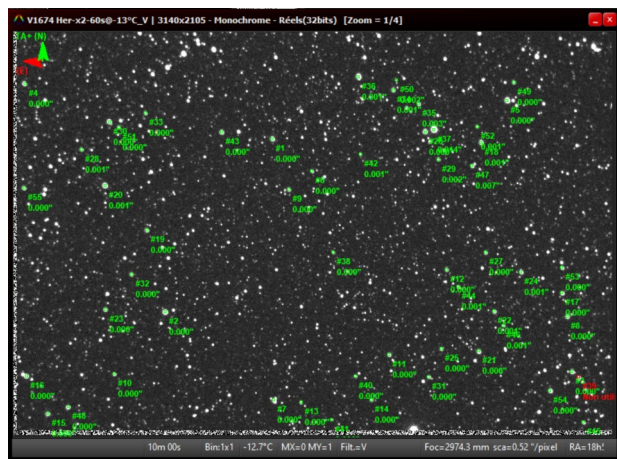
Après quelques instants, on voit la fiche de transformation :

Choisir un degré de polynôme (3 suffit en général) puis appuyez sur **Calcul**.

Si les résidus sont très faibles, appuyez sur **OK** sinon changez le degré du polynôme,

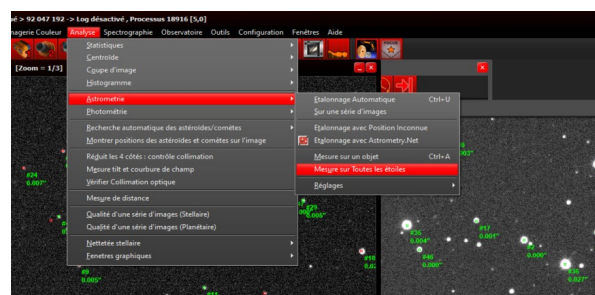


Une fois la calibration effectuée, PRISM affiche les résidus de chaque étalon trouvé sur l'image en vert. Exemple :



## 2. Extraction des positions de toutes les étoiles

Cliquer sur l'image calibrée et lancer la mesure sur toutes les étoiles :



Une fenêtre de sortie texte apparaît. Conserver la fenêtre des résultats.

### 3. Calibration photométrique de l'image

Cliquer sur l'image puis :



Normalement, les paramètres propres à votre système d'observation ( focale, taille des pixels) et à la prise de vue (orientation) sont déjà réglés par l'opération précédente.

Choisir **GAIA\_DR2/EDR3\_Catalog** (C'est GRAPPA).

Choisir la bande spectrale correspondant à la prise de vue :

- Bande Magnitude V = Gaia G = RAPAS A
- Bande Magnitude B = Gaia G\_BP = RAPAS B
- Bande Magnitude R = Gaia G\_RP = RAPAS C

Un polynôme de degré 2 doit suffire.

Appuyez sur **OK**.

Dans la fenêtre qui apparaît, choisir les étalons avec les résidus les plus faibles puis lancer la calibration avec OK.



Etalonnage photométrique...

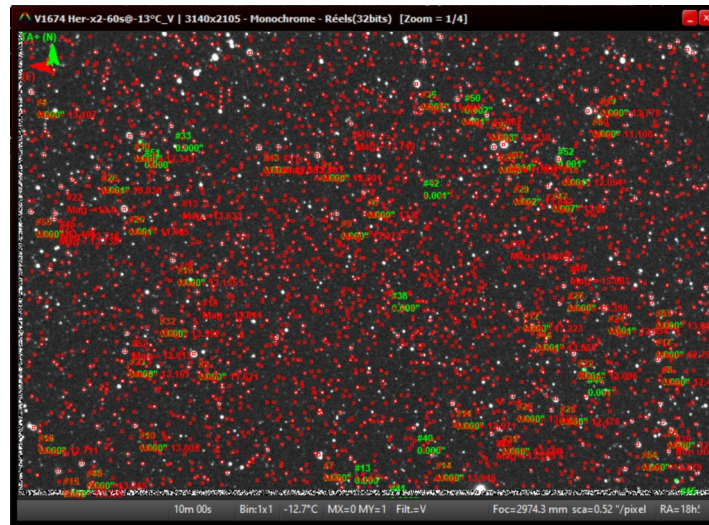
Nombre d'étoiles utilisées : 54  
Magnitude bande B

Calcul

N°	Num	X	Y	résidus	Mag.
22	22	1811.3	1869.3	-0.0173	11.40
23	23	2211.5	1190.2	-0.0168	13.89
24	24	1359.4	1544.1	-0.0107	12.30
25	25	288.3	143.5	-0.0100	13.05
26	26	2663.0	849.0	-0.0058	12.85
27	27	701.3	1067.2	-0.0010	13.13
28	28	484.2	652.9	0.0011	13.16
29	29	2903.9	617.9	0.0055	12.46
30	30	2334.6	770.8	0.0069	13.53
31	31	2878.0	739.4	0.0091	12.79
32	32	626.2	837.1	0.0136	13.35
33	33	530.3	315.9	0.0150	13.80
34	34	1567.1	1375.8	0.0160	13.90
35	35	1445.1	1280.6	0.0169	13.37

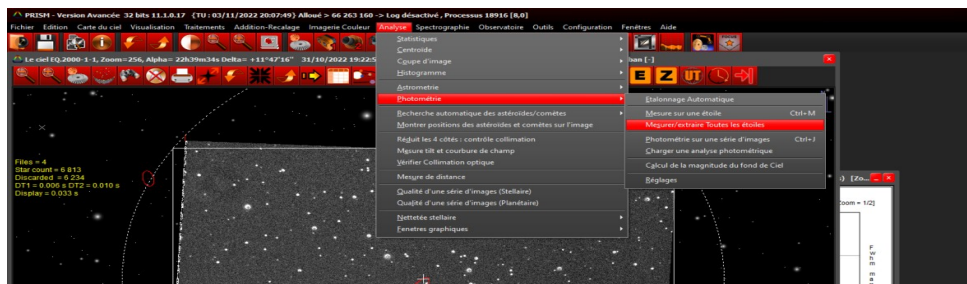
OK Annuler

Une fois la calibration effectuée, PRISM affiche les résidus de chaque étalon trouvé (en rouge sur l'image). Exemple où les résidus astrométriques sont aussi présents :



#### 4. Extraction de la magnitude de toutes les étoiles

Cliquer sur l'image calibrée et lancer la mesure sur toutes les étoiles :



La fenêtre de sortie texte se complète des résultats de l'analyse photométrique. A la fin du calcul qui peut durer quelques secondes selon la richesse du champ, cliquer sur l'icône d'enregistrement du texte pour sauvegarder celui-ci dans un fichier. (Exemple 'AnalyseAstroPhotoChampSA68-G.txt')

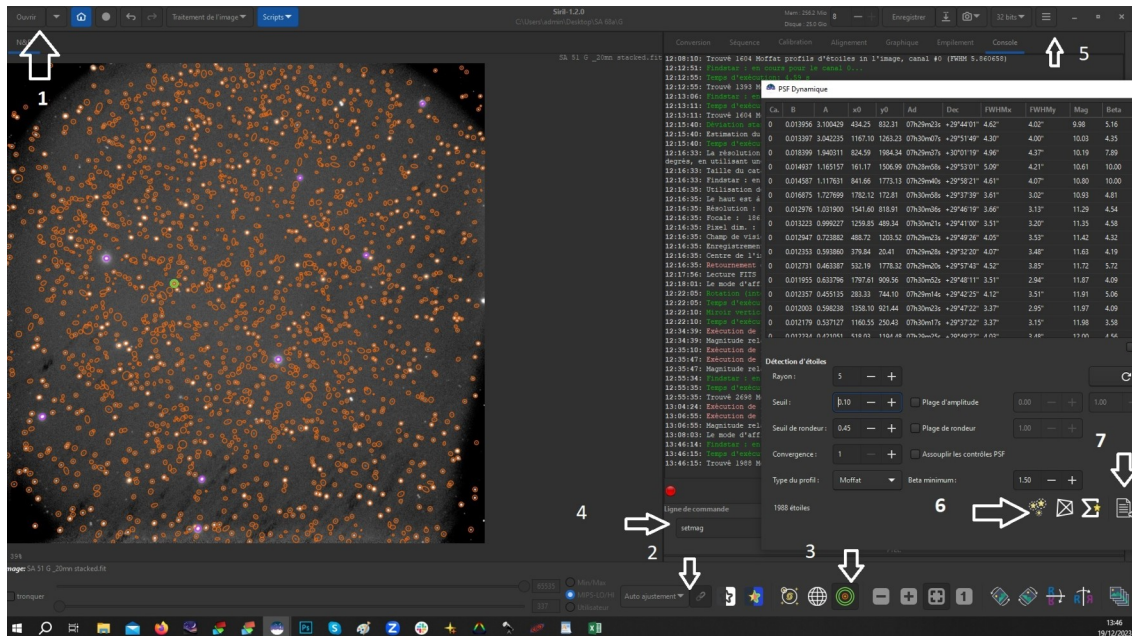


## I.2 Données de départ avec SIRIL

### Télécharger et installer SIRIL pour le traitement des données et Aladin pour les données de calibration d'une étoile avec les 3 filtres

Dans Siril:

1. Ouvrir l'image stackée par exemple SA 51 puis passer de linéaire à Auto Ajustement pour que les étoiles apparaissent. **1**



2. Calibration de la magnitude d'une étoile du champ avec Aladin, catalogue Gaia

Dans Siril mode photométrie **2**

2.1 Sur Siril sélectionner le mode photométrie **3**

sélectionner une étoile dont la magnitude est connue avec le catalogue Gaia dans Aladin pour les filtres filtreG Gbp, Grp

2.2 Ligne de commande **4** régler la magnitude de référence lue sur Aladin avec « setmag 16.09 » par exemple et puis OK.

2.3 Sélectionner à nouveau l'icône photométrie **3** pour voir s'afficher la magnitude de l'étoile calibrée avec le catalogue Gaia avec son S/B, ce dernier doit être satisfaisant, c'est à dire supérieur à 10.

### 3. PSF du champ d'étoile :

3.1 Sélectionner PSF dynamique **5**

Régler les paramètres Seuil et profil sur 0.1 par exemple et Moffat puis cliquer sur **6**.

Le nombre d'étoiles identifiées est indiqué sous Profil. En modifiant l'indice de seuil, le nombre d'étoiles change. Un tableau de données indique les coordonnées les AD et DEC des étoiles ainsi que leur MAG et l'écart type de leur résidu.

4. Exporter les données en format texte en cliquant sur **7**

### **I.3 Données de départ avec tout autre outil**

L'outil doit pouvoir générer un fichier .csv contenant sur une ligne par étoile :

AD,DEC,Flux,magnitude ou au minimum : AD,DEC,Flux

où :

AD est l'Ascension Droite de l'étoile en degré décimaux compris dans [0, 360[

DEC sa Déclinaison en degré décimaux positif ou négatif compris dans ] -90° , +90°[

Flux est le flux mesuré pour l'étoile

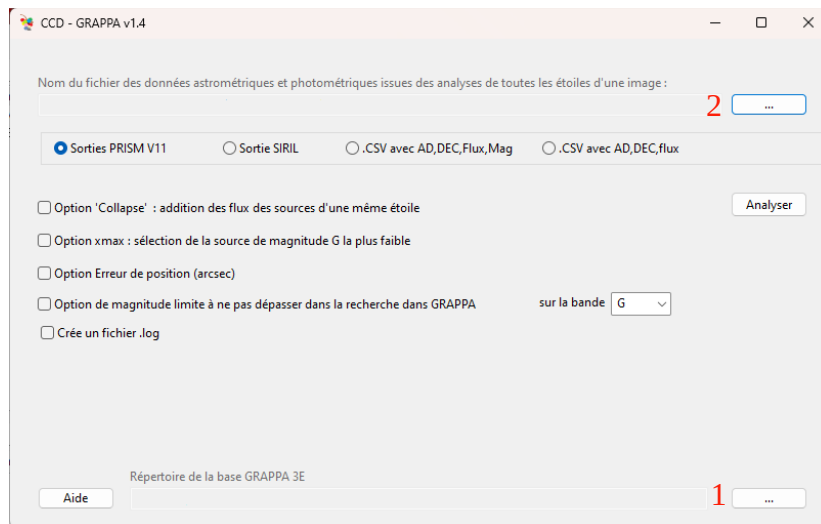
Magnitude est la magnitude calculée avec des magnitudes étalons de GAIA de la même bande spectrale (Comme au §I.1.3 : RAPAS A = GaiaG / RAPAS B = Gaia\_BP / RAPAS C = Gaia\_RP)

## II. Correspondance entre les mesures faites sur l'image et le catalogue GRAPPA-E3

L'utilitaire **CCD-GRAPPA.exe** ( voir la page <http://www.astrosurf.com/noctambule/CCD-GRAPPA/> ) a été développé pour effectuer automatiquement la mise en correspondance entre les données générées précédemment et une extraction de la base GRAPPA E3.

Ce programme récupère les données présentes qui contiennent les résultats des analyses astrométriques et photométriques sur toutes les étoiles de l'image. Il effectue ensuite une recherche dans GRAPPA des sources en correspondance avec les étoiles de l'image.

Lancer le programme. Une fenêtre principale s'ouvre :



Ainsi qu'une fenêtre d'aide qui reprend l'essentiel de ce qui est écrit ici.

En premier lieu, renseigner le chemin de la base de données GRAPPA (celui contenant les répertoires 1, 2, 3...) (Bouton 1)

Puis, renseigner le nom du fichier de données à analyser (Bouton 2)

Choisir l'origine des données (PRISM V11, SIRIL ou fichier .CSV).

Les options les plus importantes sont :

'*Collapse*' qui effectue une intégration des flux de toutes les sources GRAPPA en correspondance avec les étoiles associées à plusieurs sources. Les magnitudes cumulées G, G\_BP et G\_RP sont recalculées. La position indiquée sera celle de la première source trouvée.

'*xmax*' renvoie les magnitudes G, G\_BP et G\_RP de la source la plus brillante dans GRAPPA trouvée en correspondance. La position indiquées sera celle de la première source trouvée.

Ces deux options s'excluent mutuellement. Si aucune de ces deux options n'est fournie, alors l'utilitaire fournira toutes les sources GRAPPA en correspondance avec les étoiles associées à plusieurs sources avec leurs magnitudes et positions du catalogue.

L'option '*erreur de position*' permet de définir une valeur en arcsec donnant l'écart maximal en ascension droite et déclinaison à considérer pour l'identification des étoiles. Plus cette valeur sera grande plus il y a de chance de trouver une correspondance avec une source GRAPPA voire

plusieurs. Par défaut, l'utilitaire utilise la valeur de 1 arsec mais selon le seeing de l'image, on peut réduire ou augmenter légèrement cette valeur.

L'option de *magnitude limite* permet d'indiquer une magnitude à ne pas dépasser lors de la recherche des sources GRAPPA présentes sur le champ de l'image. La valeur sera associée à un filtre (G, G\_BP, G\_RP). La magnitude limite permet d'accélérer la mise en correspondance ultérieure avec les étoiles de celle-ci. La valeur peut être déduite de la magnitude limite atteinte sur l'image si celle-ci est faible et connue approximativement. Par défaut, il n'y a pas de limite en magnitude.

Le choix du filtre est à renseigner en fonction de celui utilisé pour la prise de vue.

Le mode 'Bavard' renseigne un fichier 'AnalyseCCD-GRAPPA.log' avec différentes informations utilisées ou générées par le programme lors de l'analyse.

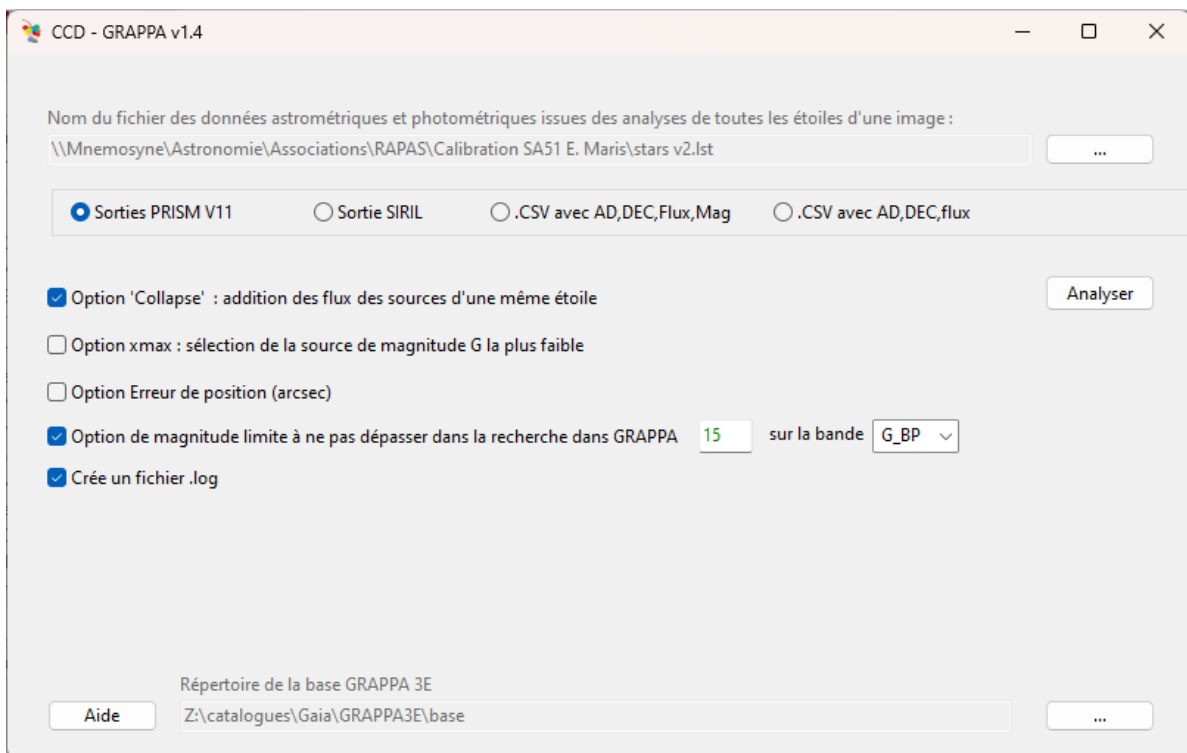
Une fois les option définies, cliquer sur le bouton 'Analyser'.

Le nom du fichier qui contiendra les résultats de l'analyse sera demandé à la fin du processus.

A la fermeture du programme, le nom du fichier à analyser ainsi que celui du répertoire de la base GRAPPA seront stockés dans le fichier CCD-GRAPPA.ini qui sera lu lors de la prochaine exécution du programme.

Le bouton Aide affiche à nouveau la fenêtre d'aide.

Exemple d'utilisation avec l'option 'Collapse' et une magnitude limite de 15 dans la bande bleue.



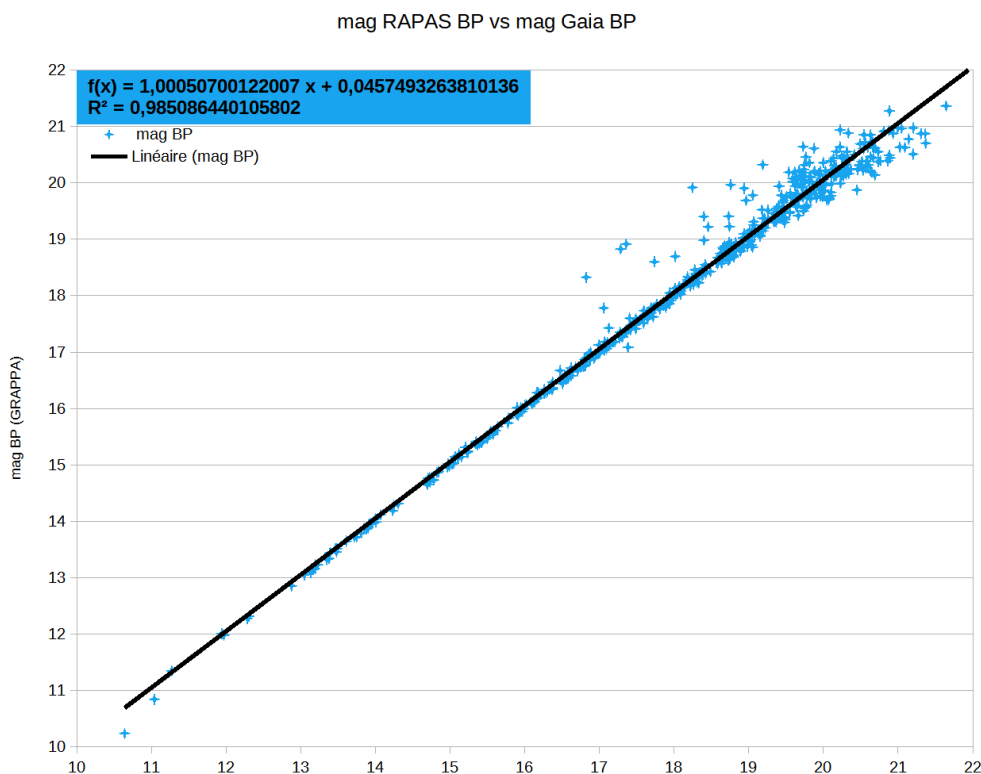


Exemple de début de fichier obtenu avec l'option 'Collapse' et des données venant de PRISM V11 :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Num. : X	Y	RA (HMS)	DEC (HMS)	RA (d.dec)	DEC (d.dec)	magCCD	NbID	source_ID	RA GRAPPA	DEC GRAPPA	mag G	mag BP	mag RP																			
1	2205.9	1594.2	18h57m01.197s	+16d57'25.51"	284.25488727	16.95708590	10.075	4514105808899116160	284.25499221	16.95710067	9.560	10.244	8.760																			
2	2589.9	1745.1	18h56m47.168s	+16d58'40.09"	284.19653233	16.97780357	11.214	4514107561245886976	284.19652722	16.97781654	10.827	11.108	10.368																			
3	1811.3	1869.3	18h57m15.301s	+16d59'52.73"	284.31375442	16.99798018	11.420	45141063249295684992	284.31376046	16.99799260	9.980	11.404	8.824																			
4	797.8	640.1	18h57m52.871s	+16d49'23.47"	284.47029651	16.82318574	11.594	4514088319791822976	284.47028368	16.82318981	10.600	11.621	9.613																			
5	482.2	1300.5	18h58m03.866s	+16d55'10.05"	284.51610709	16.91945938	11.711	451409794878400640	284.51612545	16.91953942	11.151	11.605	10.534																			
6	2160.0	1582.2	18h57m02.868s	+16d57'19.78"	284.26194832	12.052		451410574079622884	284.26194052	16.95550905	11.681	11.937	11.263																			
7	2453.2	1525.4	18h56m52.284s	+16d56'47.19"	284.21785166	16.94644141	12.084	4514107252008159488	284.21786461	16.94647998	11.659	12.051	11.092																			
8	1051.9	2010.4	18h57m42.736s	+17d01'13.79"	284.42806472	17.02049586	12.254	451411409536933888	284.42806581	17.02049297	11.761	12.156	11.487																			
9	1359.4	1544.1	18h57m31.910s	+16d57'08.09"	284.38295664	16.95224642	12.311	4514105121704185216	284.38297192	16.95224093	11.436	12.301	10.527																			
10	3041.2	2026.2	18h56m30.597s	+17d01'01.75"	284.12748624	17.01715260	12.342	4517111117768823680	284.12751676	17.01713641	11.855	12.184	11.356																			
11	2440.2	434.8	18h56m53.537s	+16d47'20.01"	284.22307283	16.78889174	12.371	45080973214490995704	284.22307709	16.78890489	11.019	12.476	9.851																			
12	504.7	1633.1	18h58m02.831s	+16d58'02.83"	284.51179601	16.96745255	12.384	4514099417970942976	284.51181388	16.96746511	11.336	12.343	10.343																			
13	1349.3	190.3	18h57m33.207s	+16d45'24.02"	284.38836205	16.75667280	12.411	4514086498725679616	284.38829681	16.75653795	14.826	16.078	13.728																			
14	1367.1	179.7	18h57m32.568s	+16d45'18.33"	284.38569951	16.75509153	12.434	4514086498725680128	284.38569866	16.75509878	9.812	12.470	8.389																			
15	2903.9	617.9	18h56m36.611s	+16d48'50.38"	284.15254697	16.81399496	12.449	4508098283521562880	284.15257280	16.81399784	12.090	12.456	11.546																			
16	2928.5	329.2	18h56m35.931s	+16d46'19.90"	284.14971238	16.77219389	12.732	4508097046570942976	284.14971355	16.77220917	12.407	12.722	11.927																			
17	2878.0	739.4	18h56m37.461s	+16d49'53.84"	284.15608583	16.83162256	12.784	4508098386600794368	284.15606375	16.83159779	12.454	12.795	11.941																			
18	1971.2	417.6	18h57m10.532s	+16d47'15.95"	284.29388896	16.78776485	12.853	4514090106498361472	284.29387709	16.78775542	12.132	12.971	11.231																			
19	2663.0	849.0	18h56m45.172s	+16d50'53.12"	284.18821800	16.84809023	12.859	4514103266278375168	284.18821155	16.84808617	12.531	12.854	12.040																			
20	70.0	305.9	18h58m19.462s	+16d46'36.65"	284.58108962	16.77684775	12.860	4514040521072365440	284.58108835	16.77684834	12.329	12.711	11.777																			
21	2521.4	643.9	18h56m50.446s	+16d49'07.96"	284.21019278	16.81887771	12.949	4508097656365080320	284.21019431	16.81888140	12.307	13.096	11.407																			
22	1992.3	1799.1	18h57m08.789s	+16d59'14.35"	284.28662234	16.98732058	12.953	4514105980697823232	284.28662885	16.98732144	12.540	12.862	12.052																			
23	2272.0	861.6	18h56m59.324s	+16d51'03.79"	284.24718311	16.85105287	13.126	4514102574759853184	284.24719112	16.85105973	12.387	13.223	11.491																			
24	701.3	1067.2	18h57m56.080s	+16d53'06.55"	284.48366521	16.88515320	13.135	4514091957600740736	284.48366534	16.88515856	12.313	13.135	11.426																			
25	484.2	652.9	18h58m04.223s	+16d49'33.16"	284.51759723	16.82587848	13.159	4514088452907385728	284.51759995	16.82589621	12.291	13.161	11.377																			
26	60.0	1831.6	18h58m18.832s	+16d59'50.44"	284.57846851	16.99734571	13.184	4514100272657415936	284.57846760	16.99734200	12.349	13.107	11.498																			
27	2126.3	1726.6	18h57m03.984s	+16d58'35.22"	284.26660170	16.97644864	13.289	4514105942014248192	284.26660635	16.97646378	12.322	13.338	11.337																			
28	2476.3	950.9	18h56m51.860s	+16d51'48.11"	284.21608188	16.86336431	13.293	45141034037179168	284.21608209	16.86337575	12.572	13.398	11.684																			
29	1445.1	1280.6	18h57m28.984s	+16d54'50.14"	284.37076527	16.91392665	13.350	45140992786558065654	284.37076523	16.91392676	12.577	13.373	11.708																			
30	181.8	108.8	18h58m15.544s	+16d44'53.07"	284.56476513	16.74807392	13.357	4514040314913936640	284.56477148	16.74807663	12.259	13.338	11.242																			
31	2385.4	1807.2	18h56m54.538s	+16d59'14.55"	284.22724070	16.98737375	13.361	45141090730074776192	284.22712054	16.98749947	15.646	16.241	14.877																			
32	620.2	837.1	18h57m59.172s	+16d51'07.67"	284.49655011	16.85213003	13.378	45140883519355248	284.49655826	16.85214867	12.567	13.392	11.678																			

La partie gauche du tableau correspond à la définition des étoiles extraites de l'image par PRISM et la partie droite les sources GRAPPA associées à ces étoiles. NbID est le nombre de source associée à chaque étoile de l'image. Ici c'est 1 puisque l'option collapse a été utilisée.

Ce tableau peut ensuite être mis dans un tableur afin de tracer facilement un graphique de correspondance magnitude CCD vs magnitude GAIA.



L'exemple présenté ci-dessus est établi à l'aide d'une image obtenue avec du filtre RAPAS Bleu calibrée photométriquement dans PRISM avec le catalogue GRAPPA. La courbe en noir est la droite de régression linéaire obtenue par les moindres carrés sur tous les points de mesure.

On peut ensuite établir facilement la valeur RMS des écarts des mesures en calculant pour chaque mesure son écart avec la magnitude Gaia et en calculant la racine carré de la somme des carrés des écarts.

### **Conclusion**

L'utilitaire permet de connaître la loi de corrélation entre les filtres RAPAS A, B et C et les «pseudo-filtres GAIA G, G\_BP et G\_RP à partir d'observation sur le ciel. Ces corrélations permettront in fine de caractériser ces filtres en utilisant les résultats obtenus par différents observateurs et par là même de caractériser les systèmes photométriques complets utilisés.