

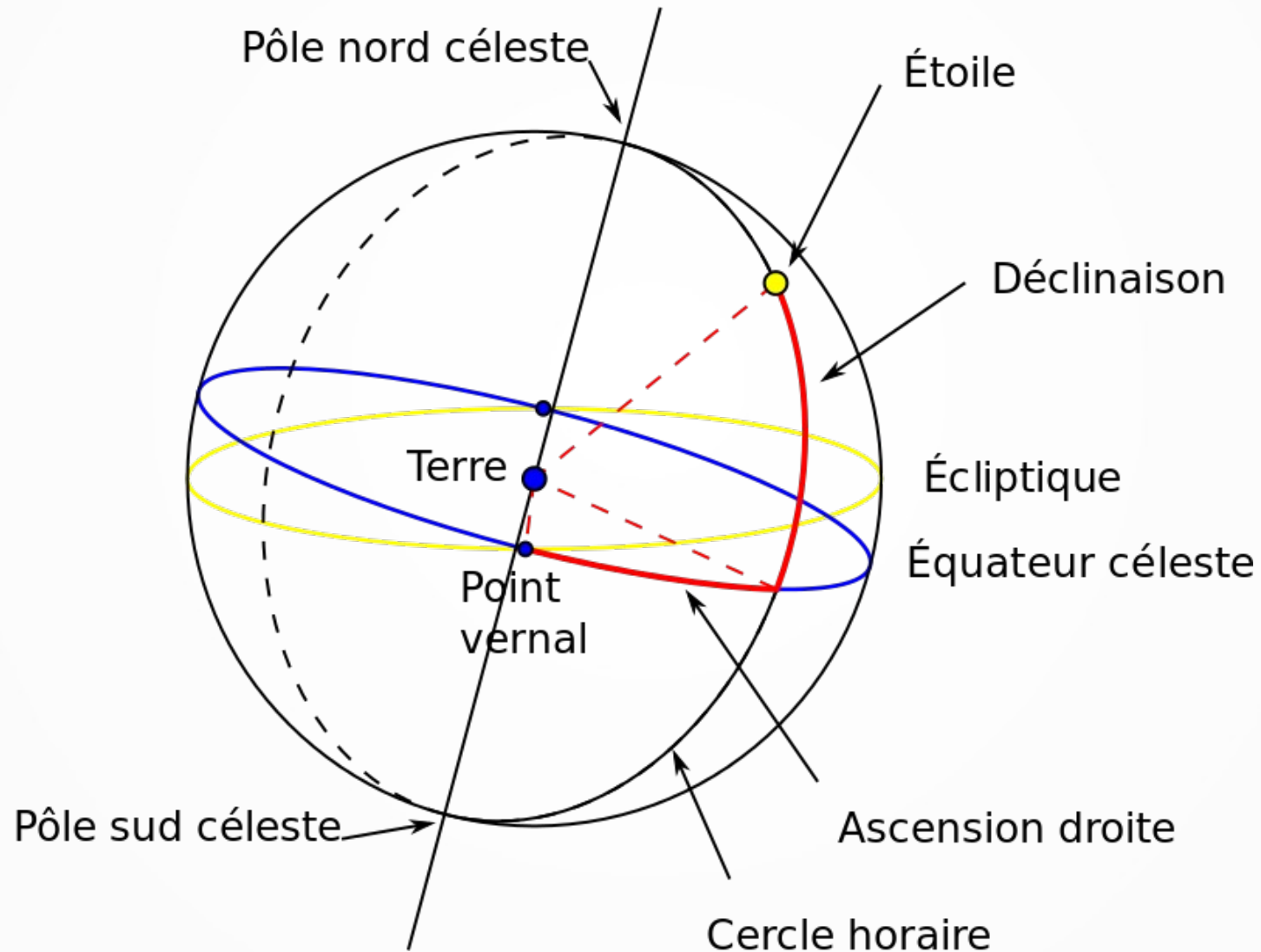
Astéroïdes

Comment déterminer la position d'un astéroïde à partir d'images prises depuis la terre dans l'objectif d'anticiper une potentielle collision ?

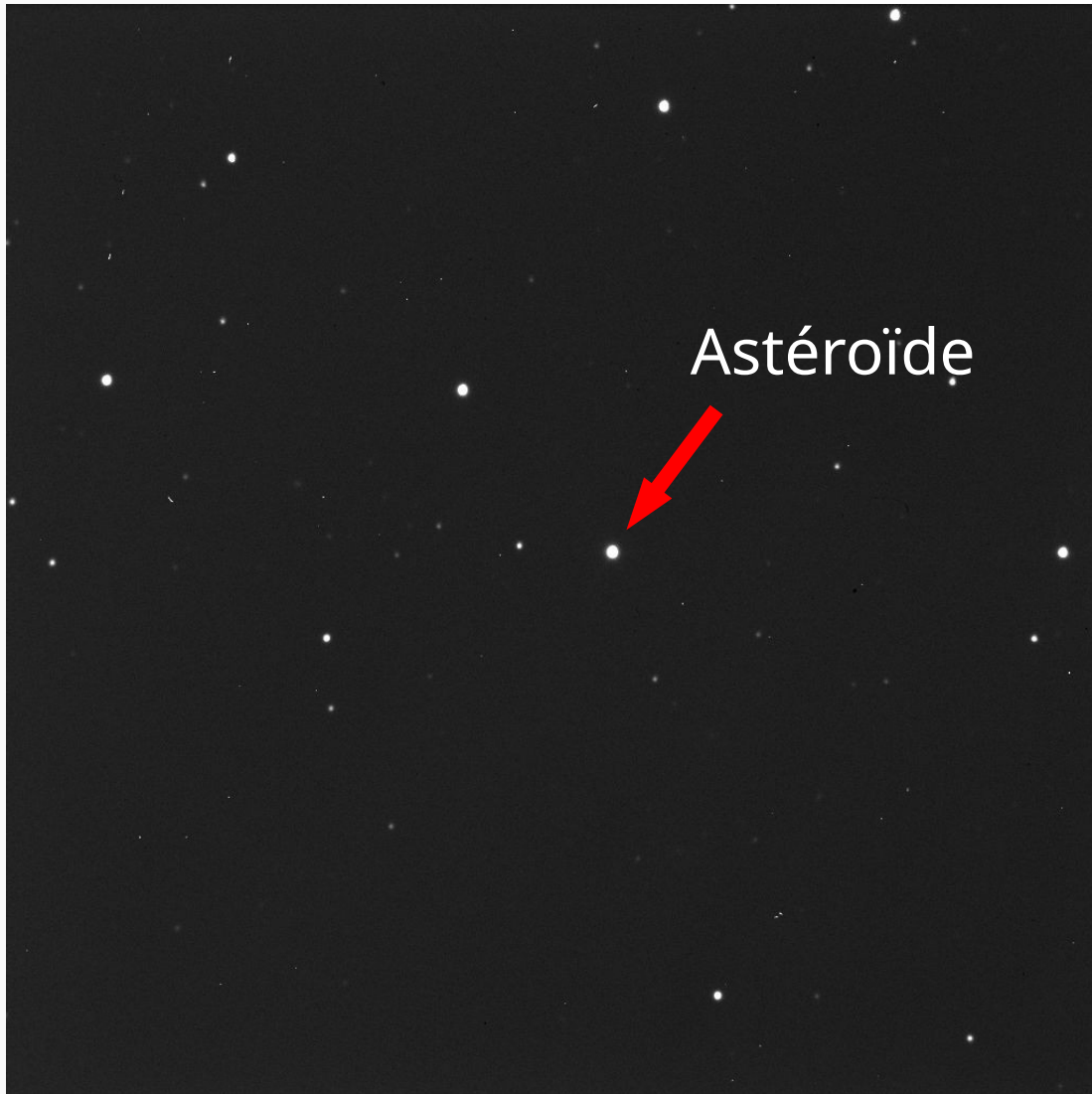
R**** *****

Candidat n°*****

Coordonnées dans le ciel



Comment obtenir les coordonnées de cet astéroïde ?



- Astéroïde Kalypso
- Télescope de l'observatoire de Haute Provence
- Coordonnées approximatives de l'image :
23h54m00s -5°43'00"

Méthode générale

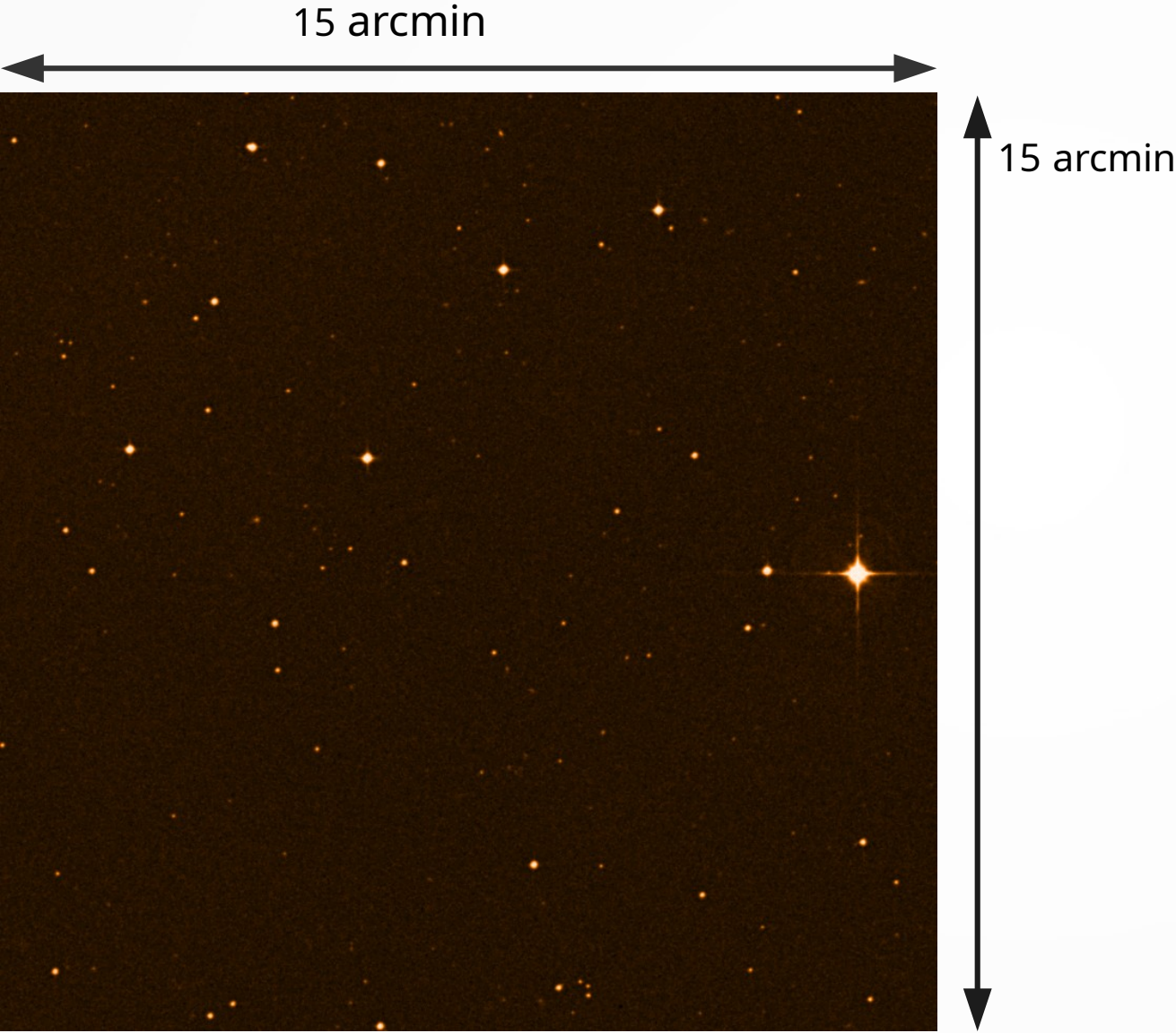
- Comparer l'image avec une image du même endroit sur laquelle on connaît les coordonnées de étoiles présentes
- Identifier les étoiles communes dans les deux images
- Calculer les coordonnées de l'astéroïde à partir des coordonnées des étoiles communes

Obtenir des images de référence

Content	
<div>DSS2-red: 98% of the sky DSS2-blue: 45% of the sky DSS2-infrared: 99% of the sky</div>	
Query Form	
Please enter a position in the <i>R.A.</i> and <i>Dec.</i> fields (J2000) OR an astronomical object name in the <i>Object Name</i> field. You can select an image size up to 1600 square arcminutes (2.5 Kbytes/square arcminute).	
Coordinates:	<input type="text"/> R.A. : (<i>hh mm ss</i>)
Coordinate System:	<input checked="" type="radio"/> J2000 <input type="radio"/> B1950
Object Name:	<input type="text"/> (<i>will be resolved by Simbad.</i>)
Image Size:	<input type="text"/> 5 X (<i>arcminutes</i>) <input type="text"/> 5 Y (<i>arcminutes</i>)
Survey	<input type="text"/> DSS-1
Output format:	<input type="text"/> Download as FITS file
Information on DSS output formats and MIME types is available.	
<input type="button"/> Retrieve image <input type="button"/> Reset input fields	

Digitized Sky Survey

Image provenant du DSS avec les étoiles qui la composent



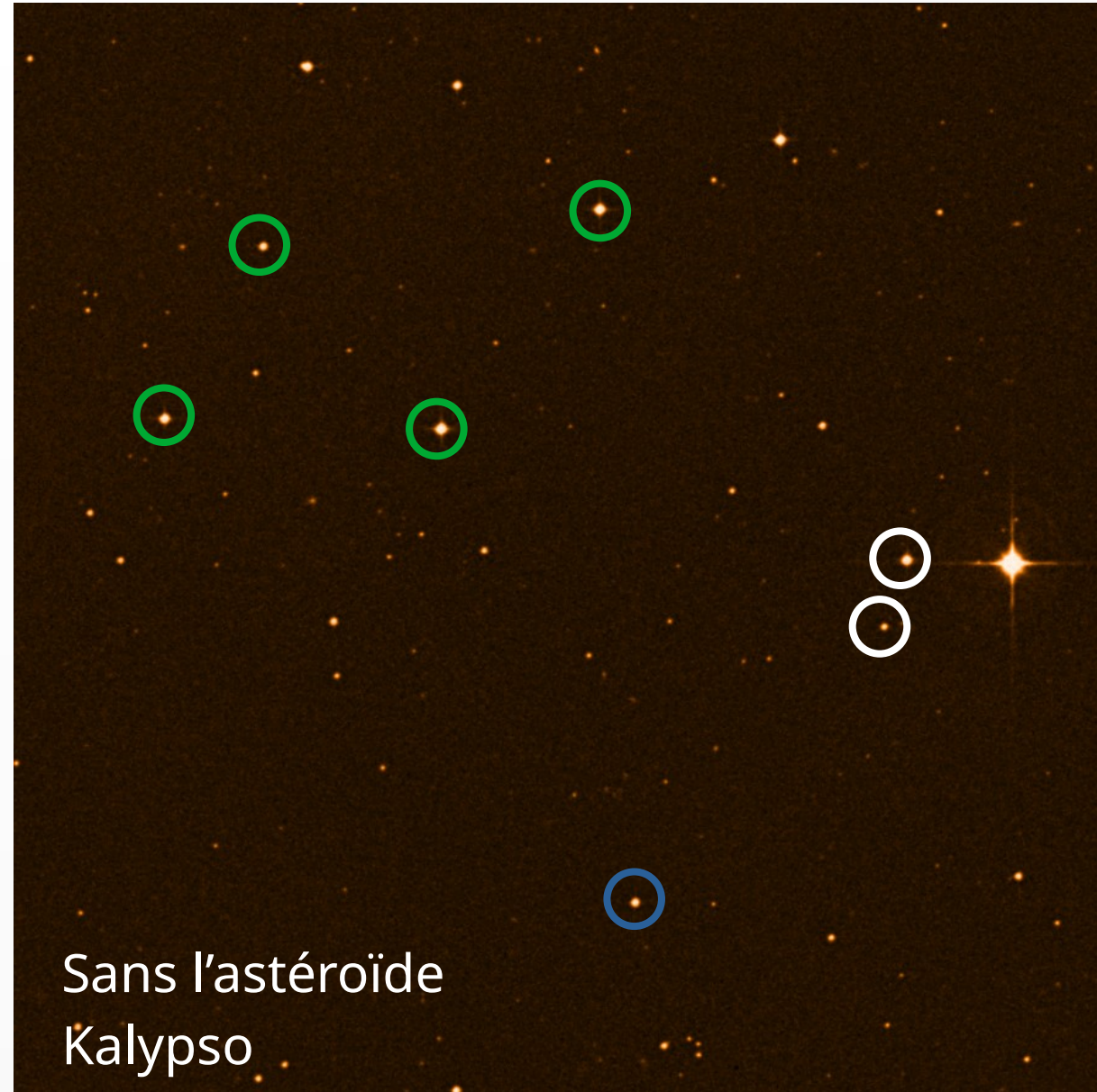
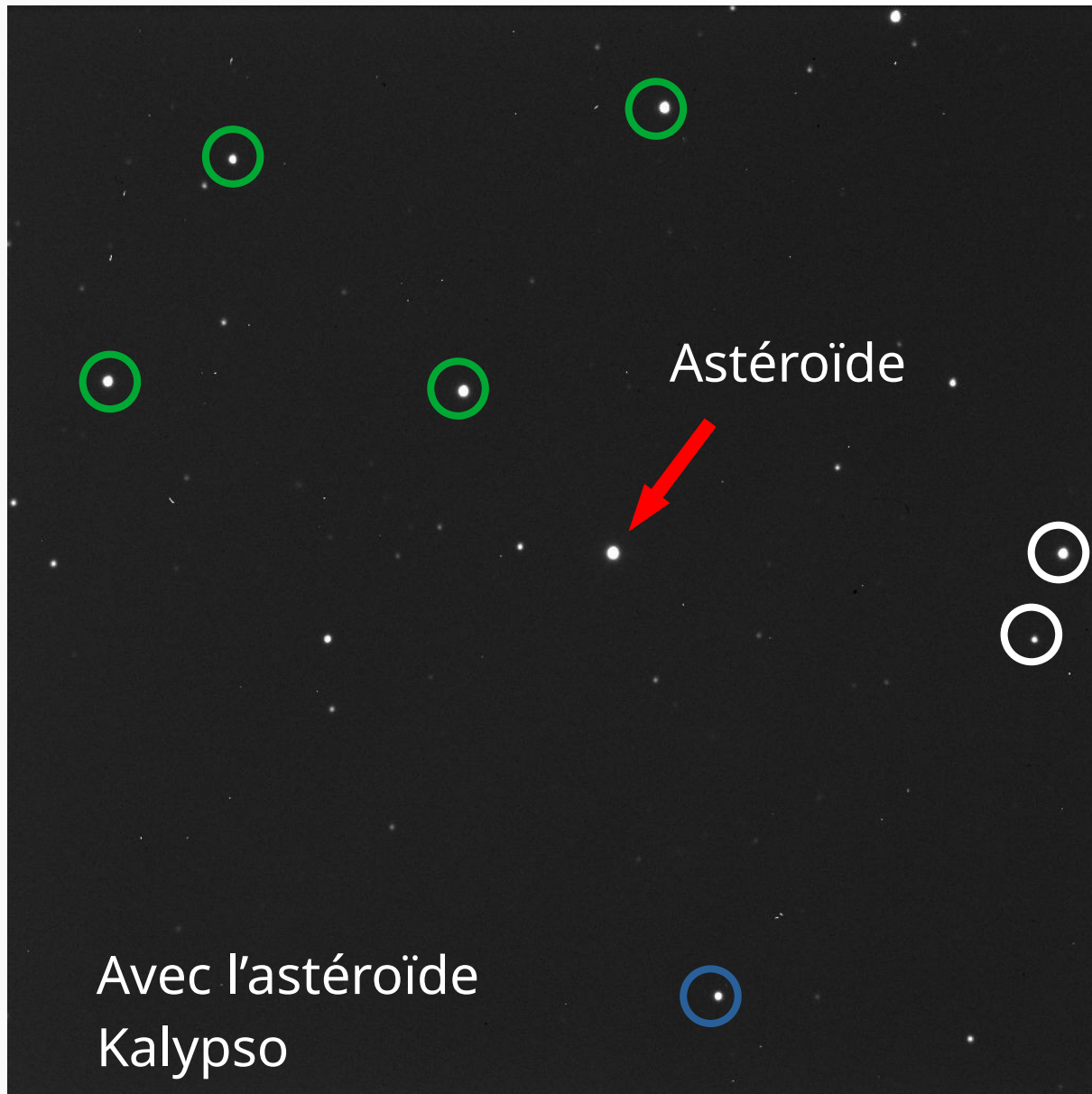
<i>Full</i>	USNO-A2.0	RAJ2000	DEJ2000	ACTflag	Mflag	Bmag
▲▼	▲▼	deg	deg	▲▼	▲▼	mag
1	0825-20052631	358.651917	-05.702723			16.6
2	0825-20052706	358.655539	-05.708775			19.1
3	0825-20052859	358.666237	-05.732659			19.3
4	0825-20053104	358.681325	-05.744900			19.1
5	0825-20053162	358.684892	-05.740653			17.3
6	0825-20053221	358.689120	-05.688481			19.6
7	0825-20053548	358.709023	-05.716823			16.4
8	0825-20053748	358.718925	-05.689031			13.9
9	0825-20053835	358.723037	-05.750117			19.5
10	0825-20053848	358.723773	-05.713092			19.4
11	0825-20053871	358.725106	-05.739373			20.1
12	0825-20053944	358.728650	-05.713187			18.5
13	0825-20053989	358.730698	-05.718353			18.2
14	0825-20054026	358.732931	-05.707945			19.8

[plot the output](#)



[query using TAP/SQL](#)

Comparaison des étoiles



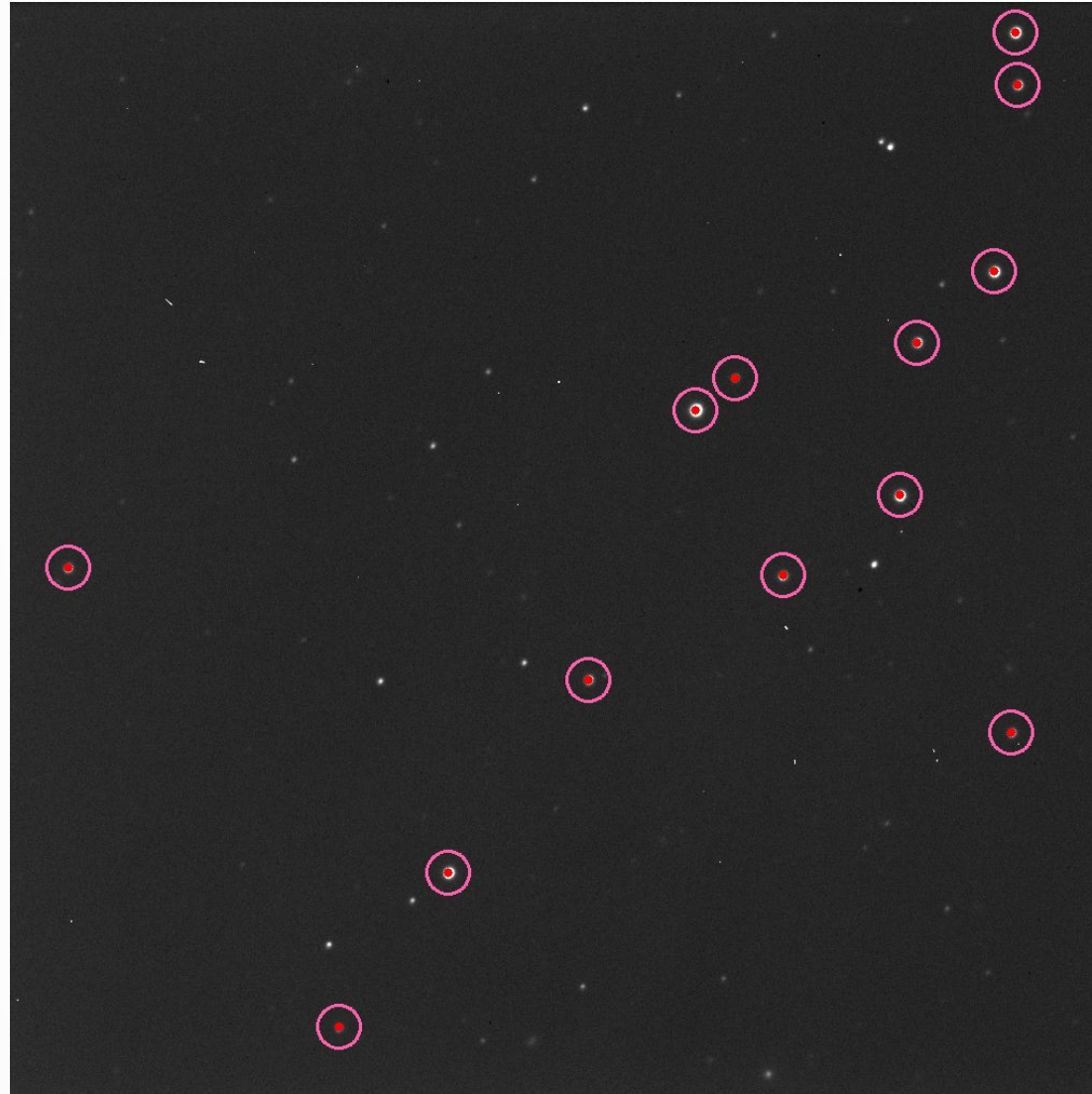
Programme python

- En entrée :
 - Image avec l'astéroïde
 - Image de référence, sans l'astéroïde, dont on connaît la position des étoiles présentes
- En sortie :
 - Coordonnées de l'astéroïde

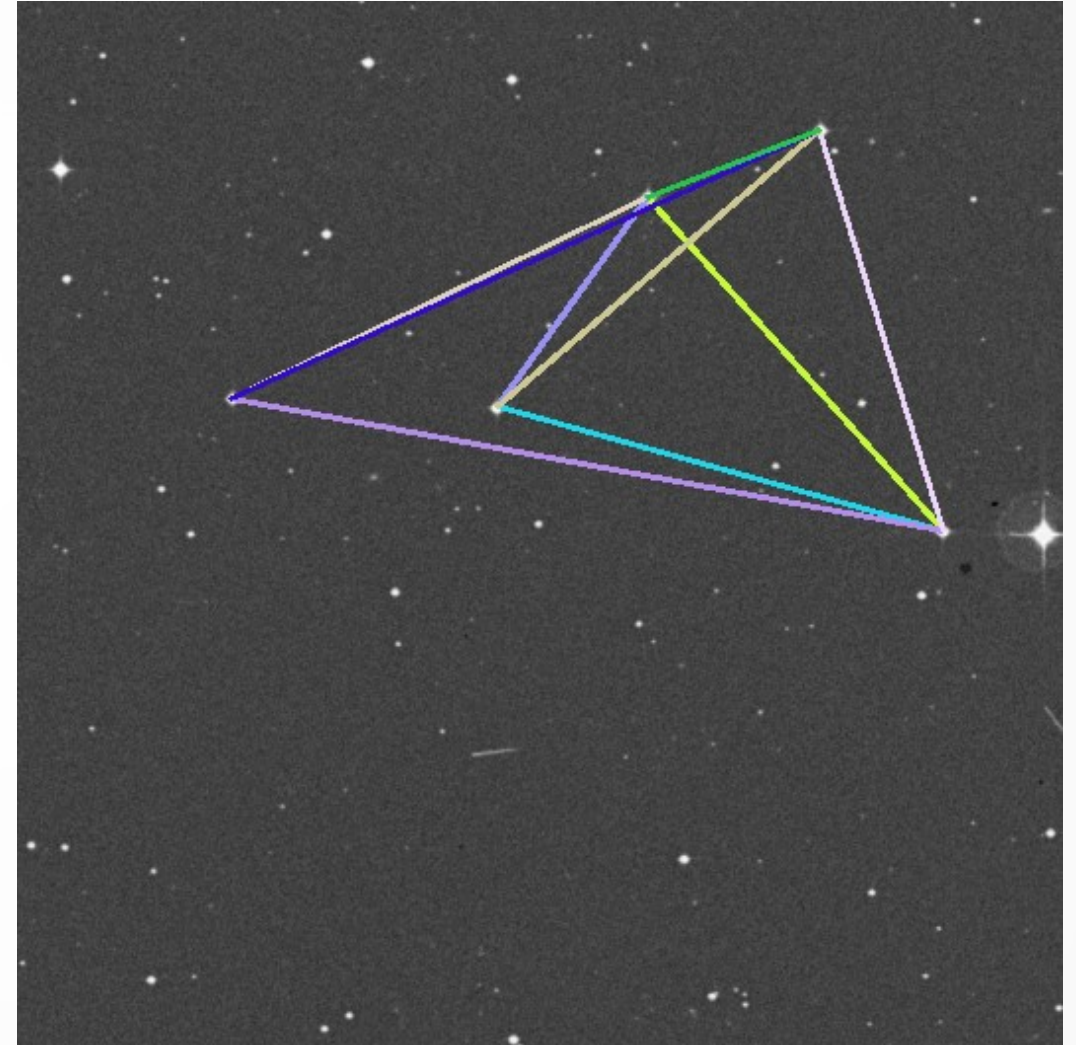
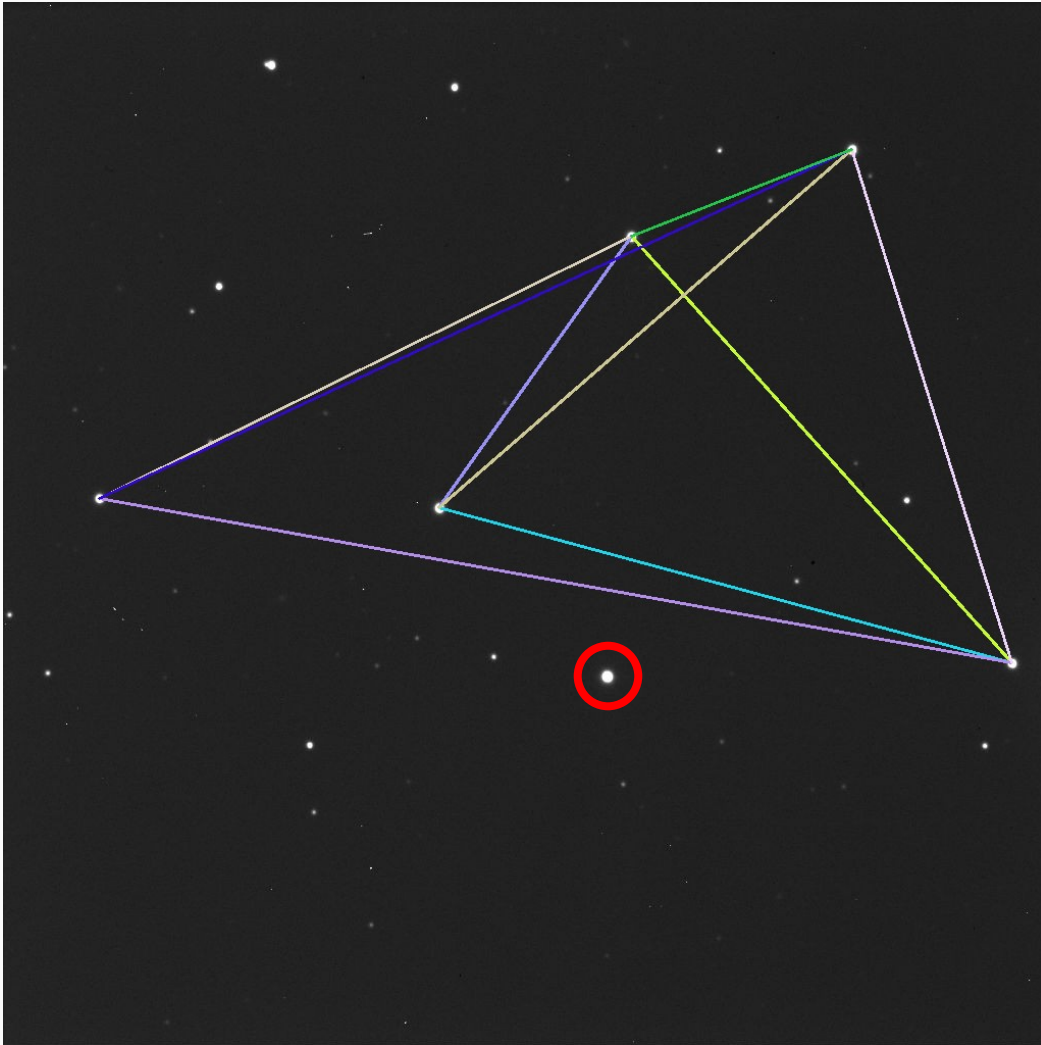
Programme python, 1^{re} méthode

- Détection des étoiles dans les 2 images
- Identification des étoiles communes (avec la proportionnalité)
- Calcul des coordonnées de l'astéroïde

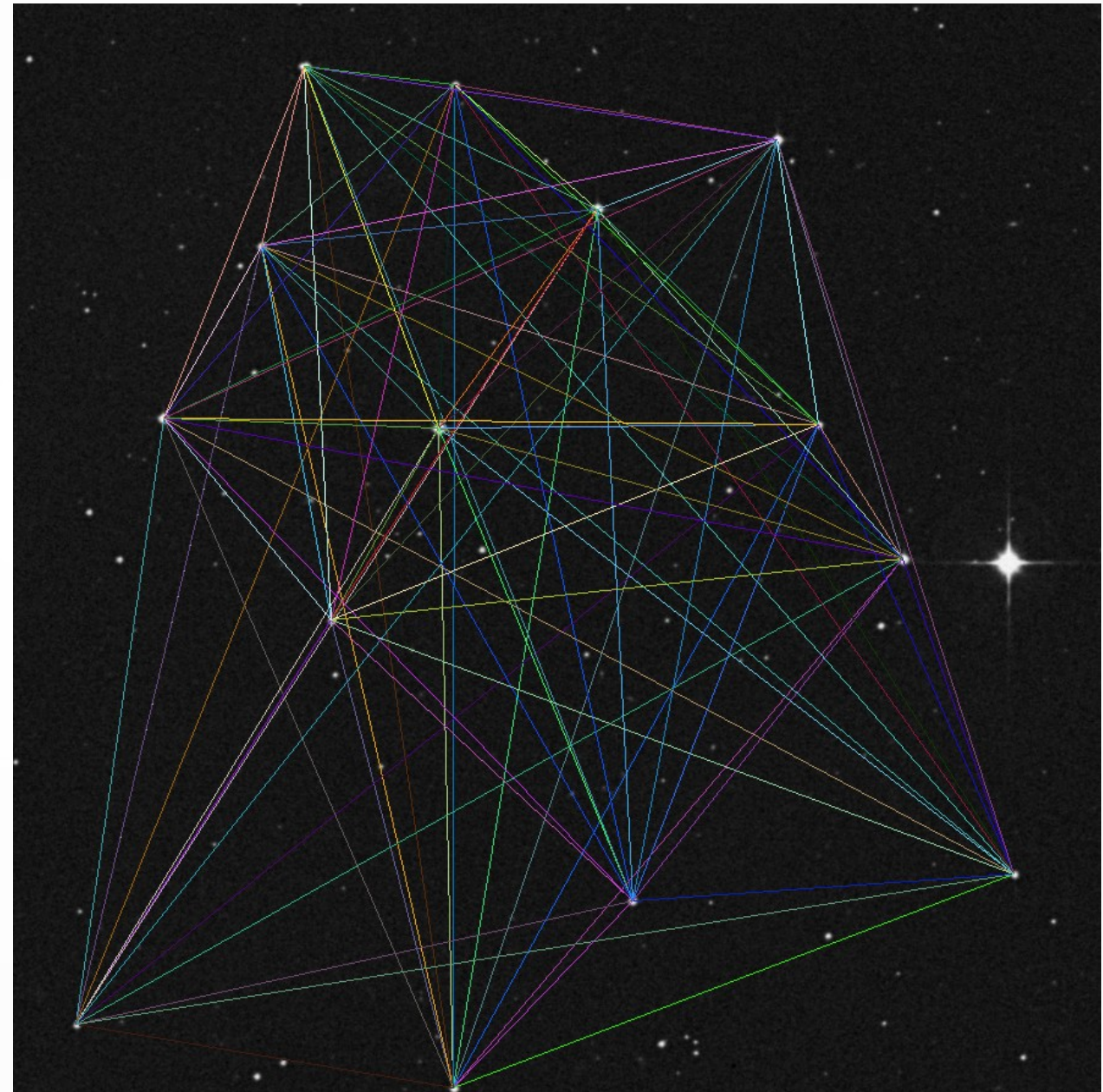
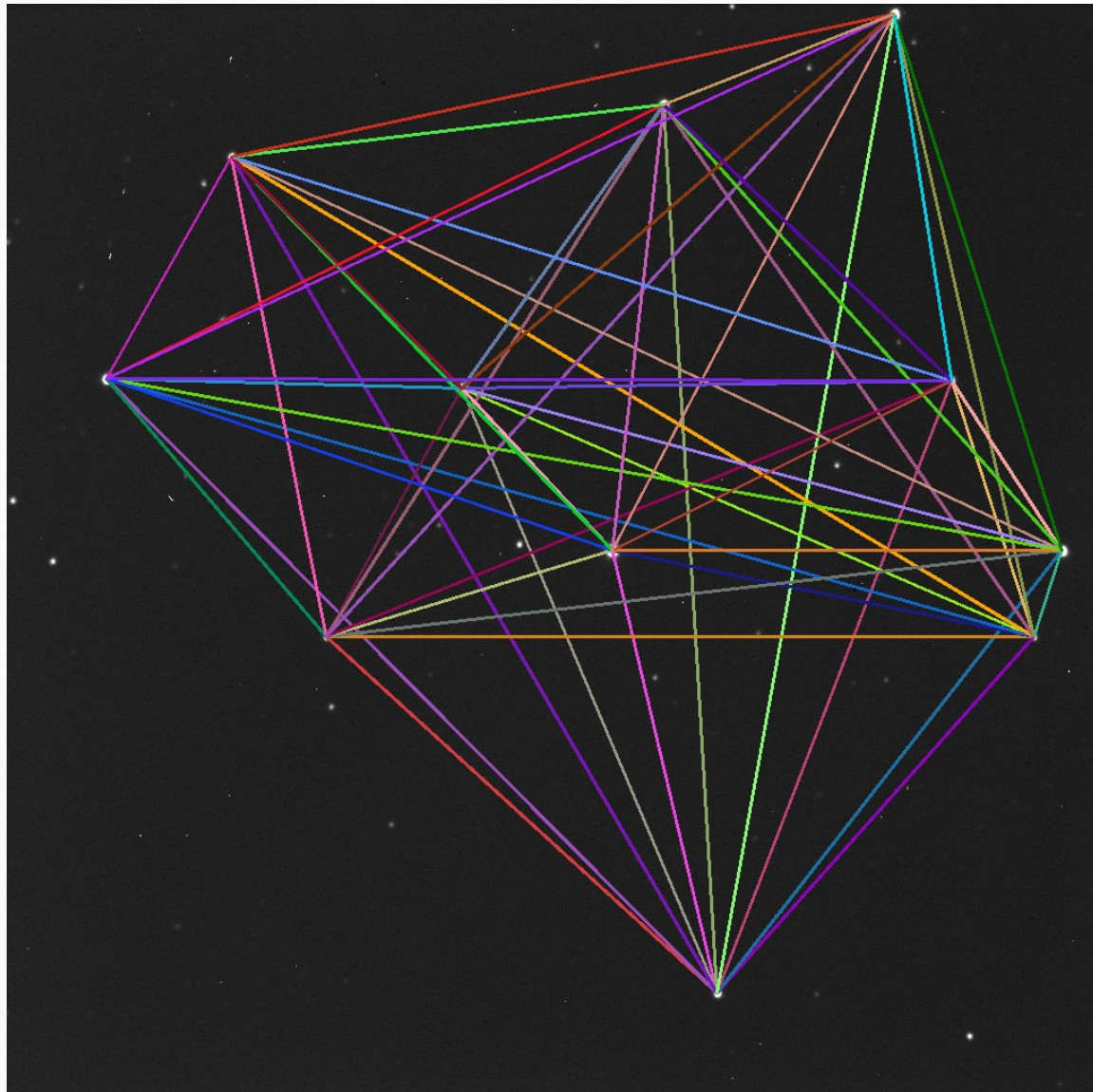
Détection des étoiles



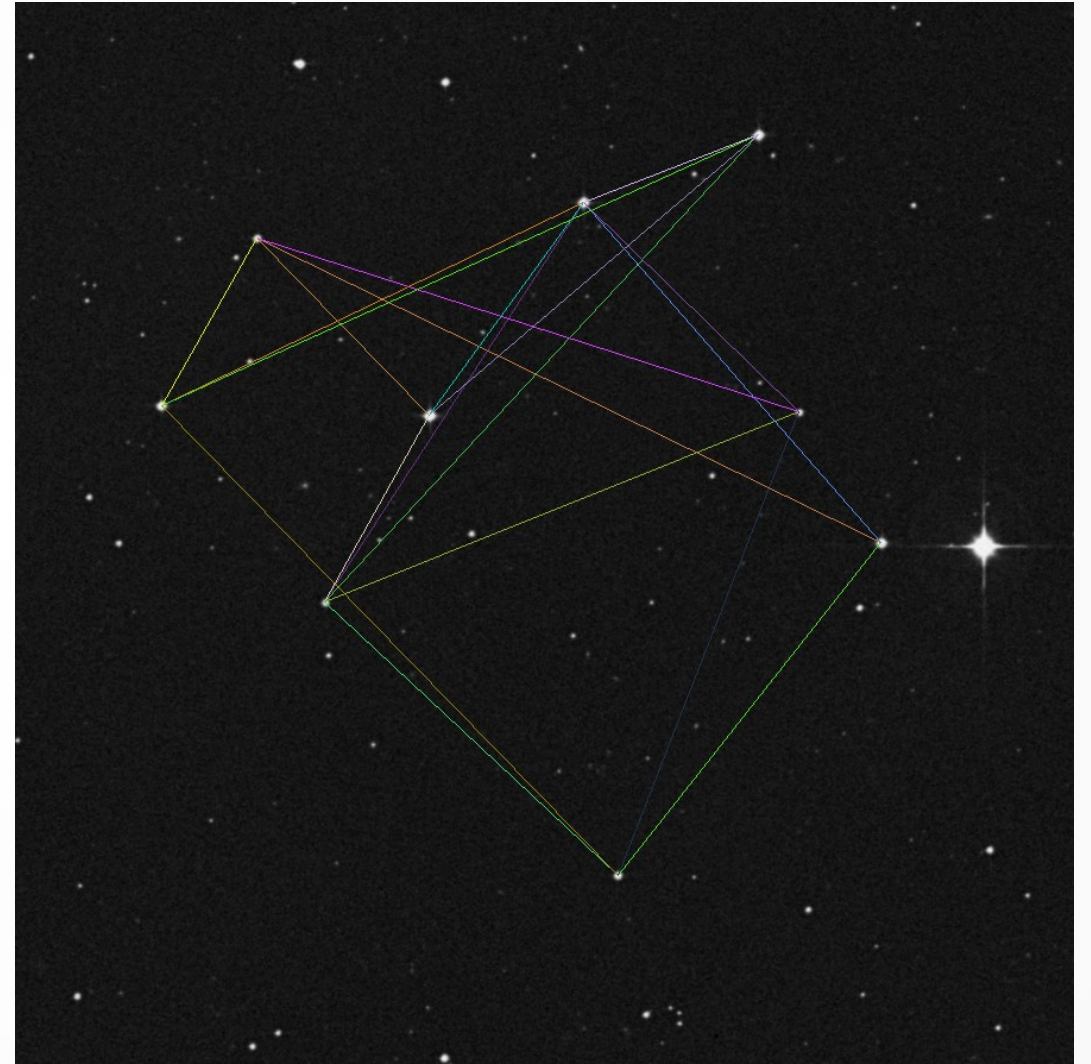
Exploitation des relations de proportionnalités



Fonctionnement

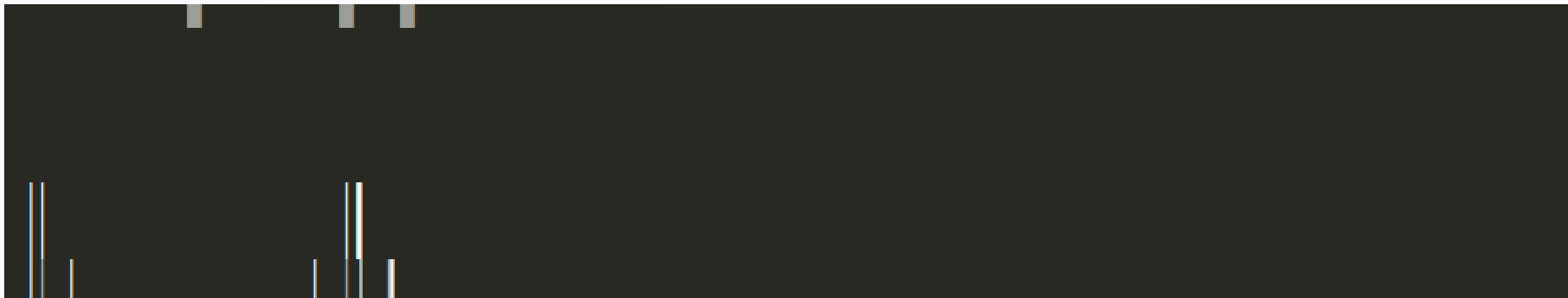


Exemple



Calcul des coordonnées

- Avec 2 étoiles



Résultats avec la 1^{re} méthode

		Kalypso photo 1	Kalypso photo 2
Position calculée	Ascension droite	23h54m45s	23h54m44s
	Déclinaison	-5d43m01s	-5d43m09s
Éphémérides (Référence)	Ascension droite	23h54m46s	23h54m45s
	Déclinaison	-5d43m01s	5d43m10s
Différence	Ascension droite	01s	01s
	Déclinaison	<01s	01s

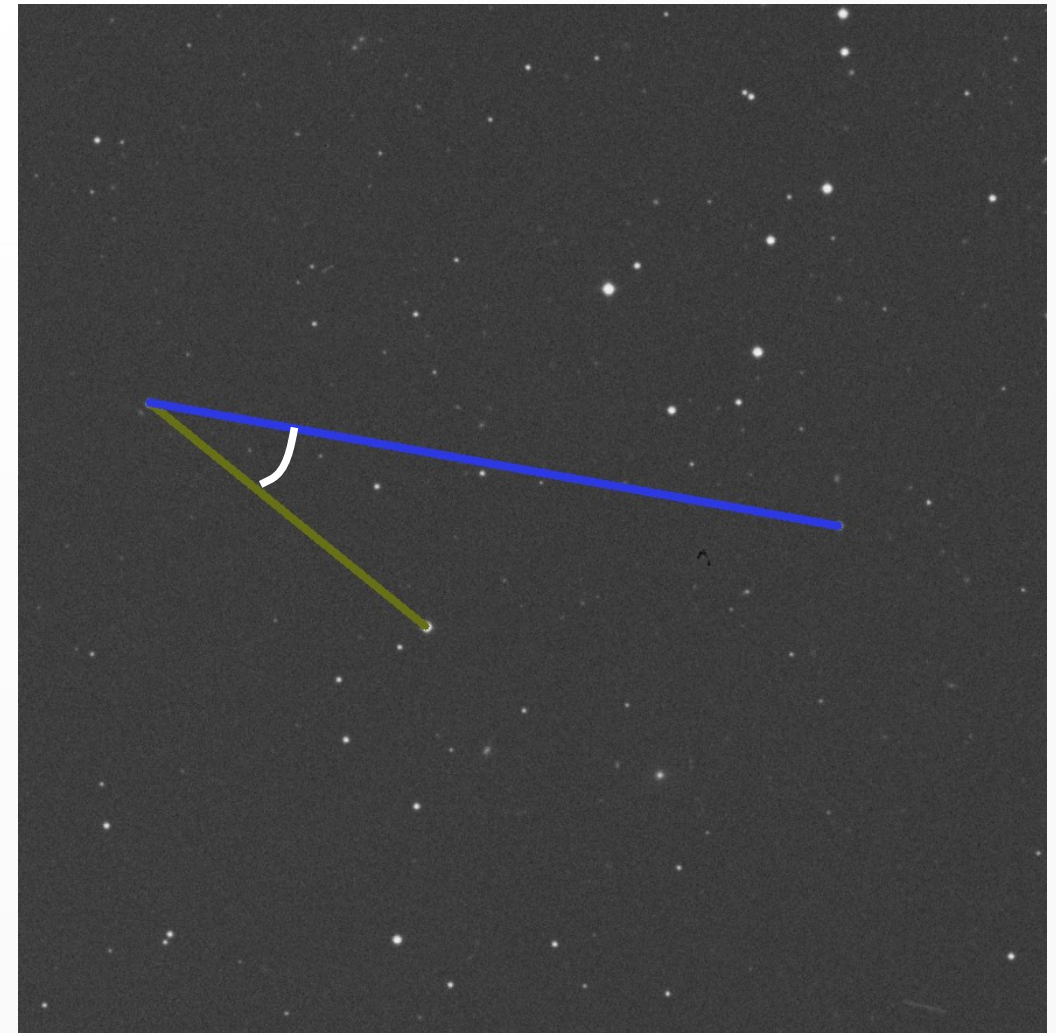
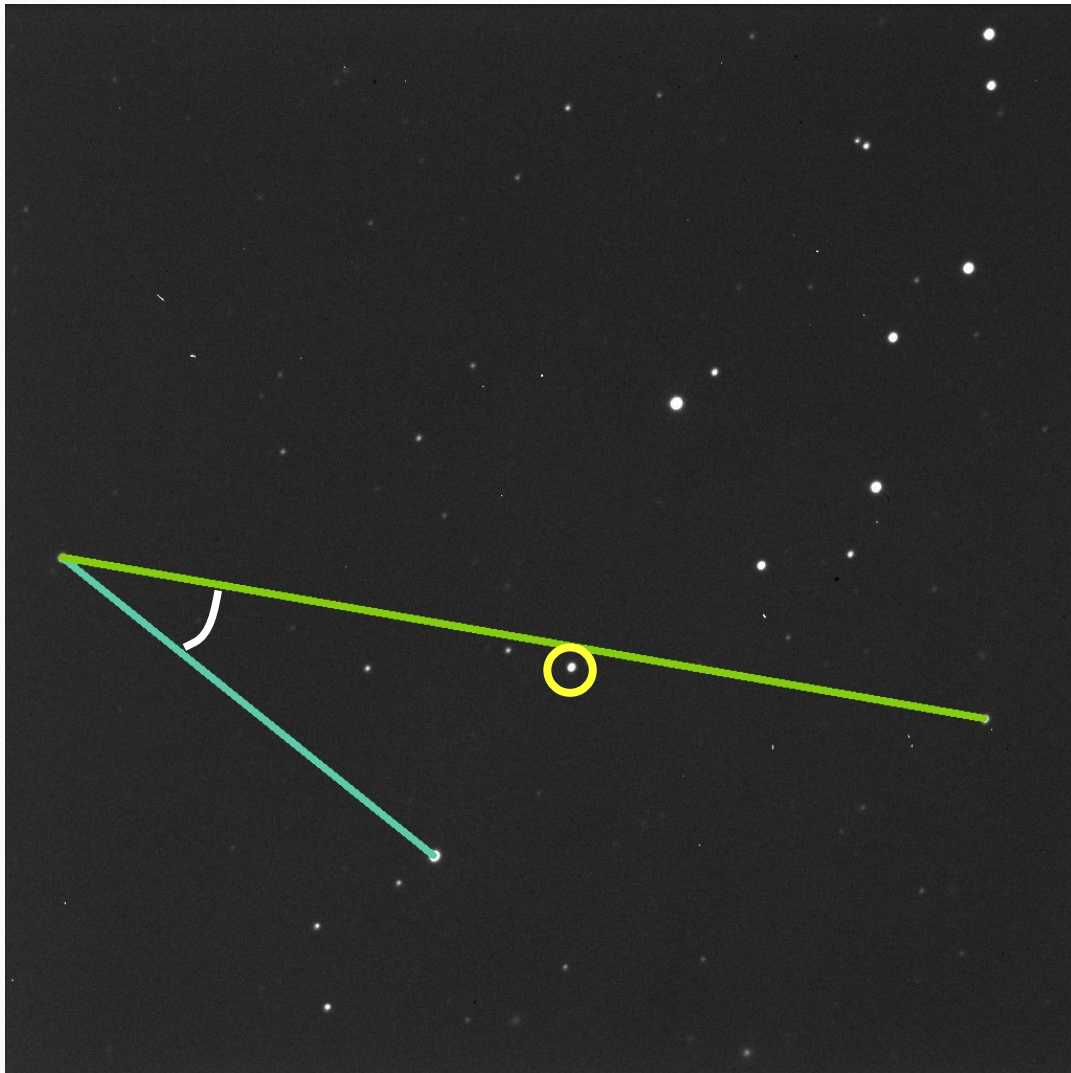
Limites de l'algorithme

- Complexité très élevée
- Ne fonctionne pas sur des images tournées

Programme python, 2^e méthode

- Détection des étoiles dans les 2 images
- Identification des étoiles communes (avec des groupes de 3 étoiles)
- Calcul des coordonnées de l'astéroïde

Groupes de 3 étoiles



Calcul d'angles



```
def calcul_angle(vect1, vect2):  
    x1, y1 = vect1  
    x2, y2 = vect2  
    prod_scal = x1*x2 + y1*y2  
    norme_vect1 = np.sqrt(x1**2 + y1**2)  
    norme_vect2 = np.sqrt(x2**2 + y2**2)  
    return np.arccos(prod_scal/(norme_vect1*norme_vect2))
```

Résultats avec la 2^e méthode

		Kalypso photo 1	Kalypso photo 2	Djopédia
Position calculée	Ascension droite	23h54m46s	23h54m45s	0h36m40s
	Déclinaison	-5d43m04s	5d43m02s	10h18m30s
Éphémérides (Référence)	Ascension droite	23h54m46s	23h54m45s	0h36m41s
	Déclinaison	-5d43m01s	5d43m05s	10h18m34s
Différence	Ascension droite	<01s	<01s	<01s
	Déclinaison	04s	03s	03s

Conclusion

- La 1^{re} approche fournit des résultats précis mais possède une complexité très élevée et ne fonctionne pas pour les images tournées
- La 2nd approche fournit des résultats aussi précis avec une complexité moins élevée

Annexe

```
for vect_ref_1 in vecteurs dans image 1:  
    for vect_ref_2 in vecteurs dans image 2:
```

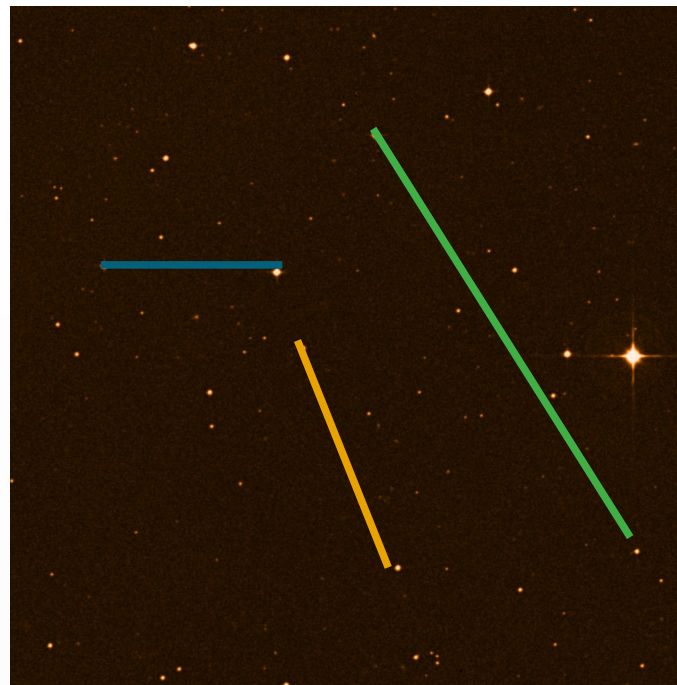
Coefficient proportionnalité 1 \leftarrow calcul du coefficient de proportionnalité entre vect_ref1 et vect_ref2

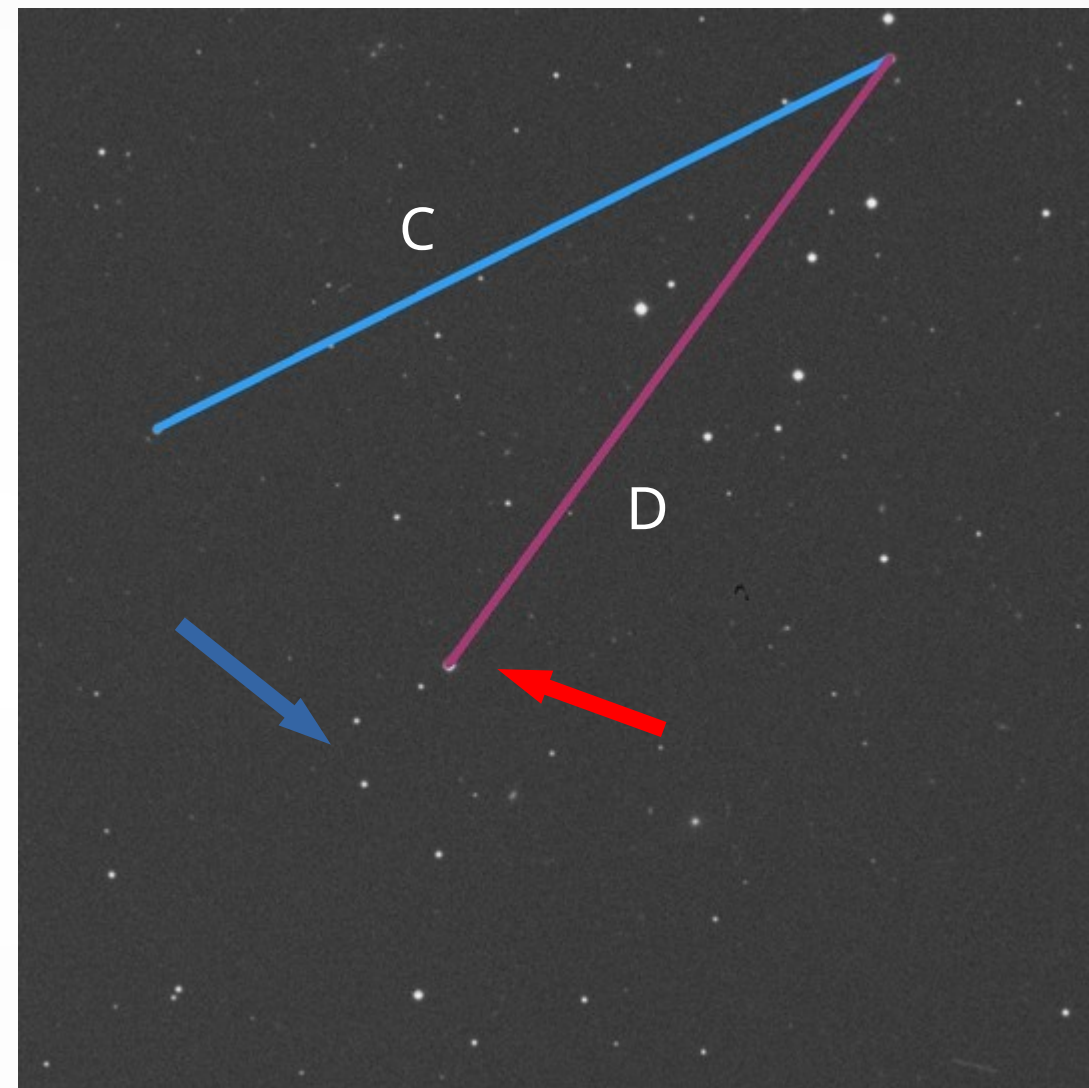
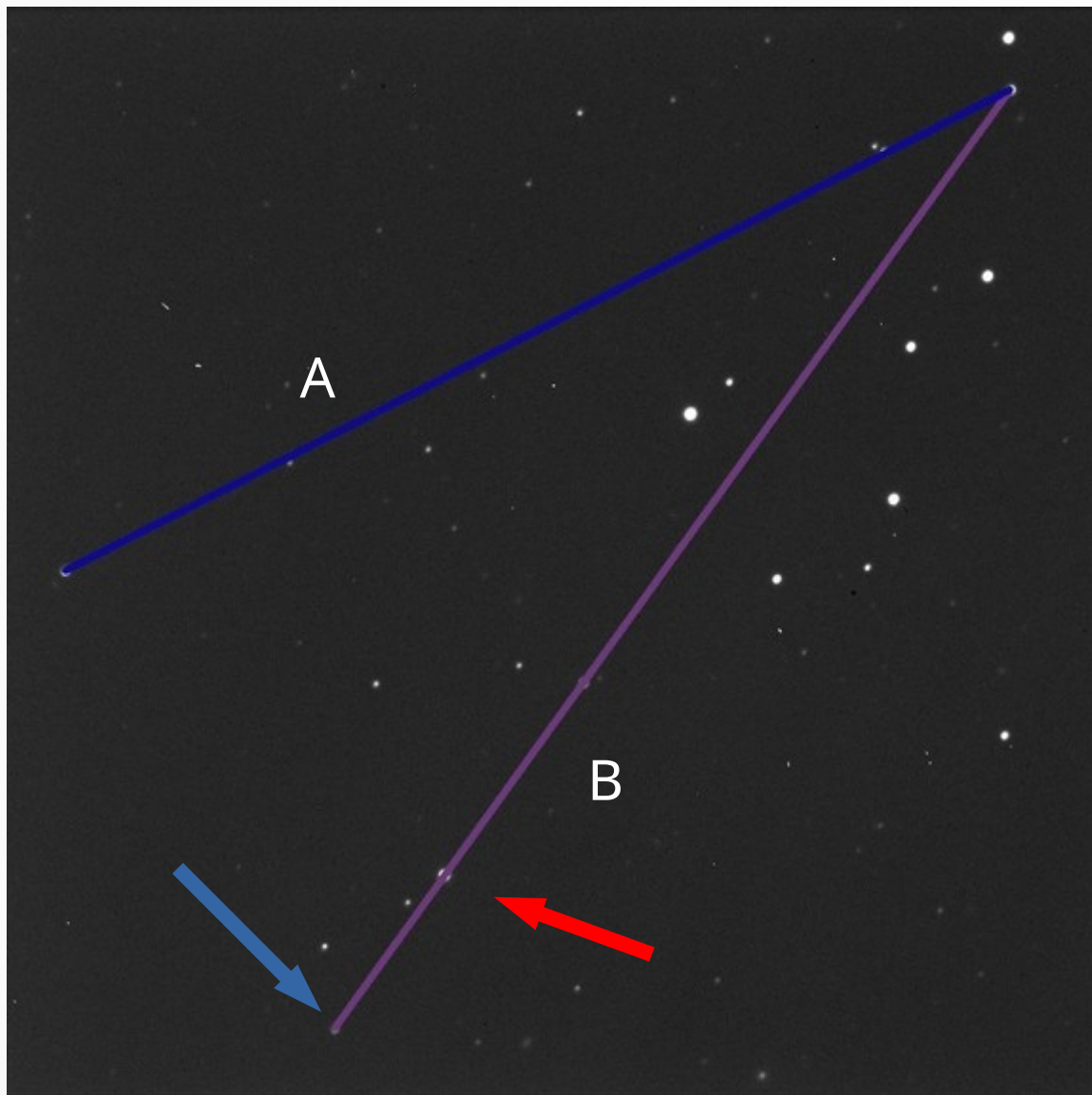
```
for vect1 in vecteurs dans image 1:  
    for vect2 in vecteurs dans image 2:
```

Coefficient prop 2 \leftarrow calcul coefficient de proportionnalité entre vect1 et vect2

If Coefficient prop 2 égal à coefficient prop 1:

Ajout à la liste





Rapport de proportionnalité :

$$A/D \rightarrow 1,483$$

$$B/C \rightarrow 1,486$$