

E5SL : PRODUCTION ET FOURNITURE DE SERVICES

CAS VLT

Durée 4H

Coefficient 3

Ce sujet comporte 24 pages dont 17 pages de documentation. La candidate ou le candidat est invité-e à vérifier qu'il est en possession d'un sujet complet.

Aucun matériel ni document autorisé

Ressources documentaires :

1. Constantes cosmologiques et nomenclature des exo-planètes
2. Classification des galaxies
3. Magnitude
4. Attracteur étrange (conditionnement de l'agencement d'un système)
5. Le projet sous Visual Studio
6. Principe de fonctionnement de l'application

Missions :

Mission 1 : Modélisation de l'univers

Mission 2 : Exploitation du système d'informations du VLT

Mission 3 : Modélisation informatique d'une constellation

Présentation du contexte

Vous travaillez pour une équipe du VLT implanté au Chili.

Lien : <http://www.eso.org/public/teles-instr/vlt/>



Le VLT (Very Large Telescope) est un projet commun à plusieurs pays. Son implantation au Chili, lui permet de bénéficier de plus de 300 jours par an d'ensoleillement. De plus aucune pollution atmosphérique, et lumineuse ne vient encombrer le ciel. Cela est très important. La pollution déforme la qualité des images et la lumière diminue la luminosité des constellations les plus faibles.

Comme tous les observatoires au monde son travail est d'étudier les étoiles, et l'univers en général.

La traque des exo-planètes peut faire parti de son tableau de chasse, même si cette quête se globalise au niveau mondial, mais aussi au dessus de nos têtes avec les télescopes spatiaux, Kepler en tête.

Mission 1 : Modélisation de l'univers

Documents à utiliser : documents 1 & 2.3

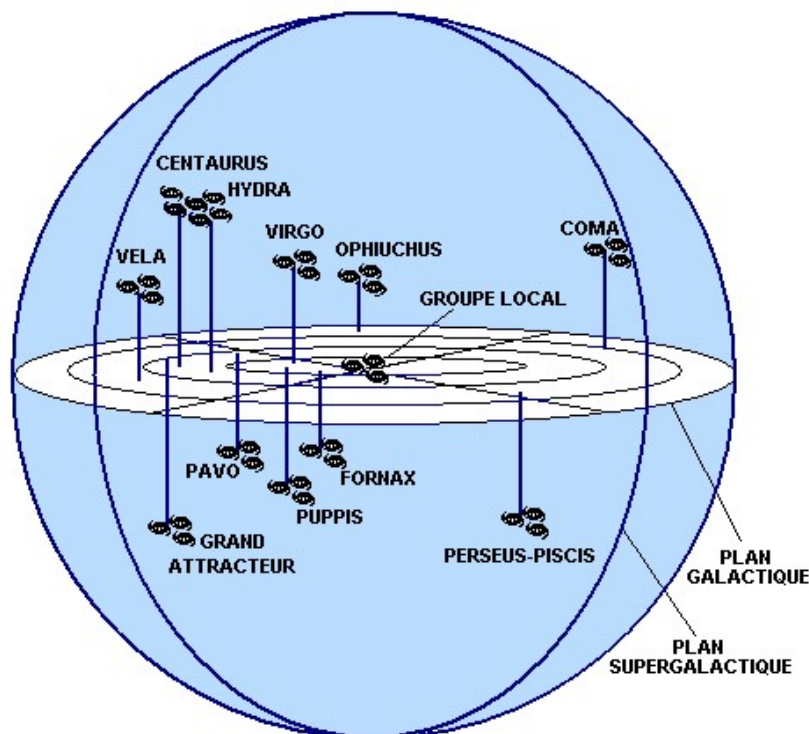
Voici une approche simplifiée de la composition de l'univers.

Le système solaire auquel nous appartenons fait partie du groupe local, c'est à dire une galaxie ordinaire en forme de bras. Notre galaxie appelée groupe local, ou plus communément voie lactée, à un sens de rotation, un diamètre et une vitesse de déplacement (liée à la constante de Hubble). Notre système solaire est en réalité un système planétaire classique. Ce système planétaire possède un nom, un sens de rotation au sein de la galaxie.

Les galaxies ne sont pas réparties uniformément dans le ciel. Les observations montrent qu'elles sont disposées en amas.

Les galaxies font partie d'une classification, basée sur des observations infrarouge.

Notre bonne vieille voie lactée, comme plusieurs autres galaxies, appartiennent à un superama. Dans notre cas, le superama qui nous héberge, est le superama local.



Le superama local source T.Lombry

Le superama a donc un nom, et contient un certains nombres de galaxies similaires à la notre.

Le superama local, ainsi qu'un grand nombre d'autres, font partie d'un attracteur étrange, pour lequel peu de choses sont connues.

Notre bon vieux système solaire est composé d'objets célestes.

Dans la liste on peut trouver :

- Des planètes : nom, masse, diamètre, inclinaison, sens de rotation, type : tellurique, gazeuse.
- Des étoiles : nom, masse, diamètre, inclinaison, sens de rotation, magnitude (la magnitude peut être négative).
- Les comètes : nom, masse, diamètre, provenance, étoile hôte
- Les astéroïdes : nom, masse, diamètre, provenance
- Les météorites : nom, masse diamètre, appartenance à un essaim éventuel

La provenance des météorites et des comètes peut être le nuage de Oort, la ceinture de Kuiper, voir d'autres origines inconnues.

Dans le cas d'autres systèmes solaires, il est possible de recenser les exo-planètes : les caractéristiques sont les mêmes que pour les planètes du système solaire.

La particularité d'une exo-planète est qu'il faut la référencer relativement à un système solaire. Un système solaire, c'est avant tout une étoile (star) au centre, avec plus ou moins de planètes en gravitation autour.

Les étoiles posent un problème dans la classification :

La classification veut qu'une étoile puisse être normale, géante rouge, naine blanche, naine noire. Les trois états cités peuvent intervenir à des dates durant le développement d'une étoile, et durant une certaine période. Les naines brunes sont classées comme appartenant à la hiérarchie des planètes. Pour ces dernières, la densité, ainsi que le rayon sont des critères primordiaux.

Les étoiles peuvent composer des systèmes stellaires, c'est à dire un système composé uniquement d'étoile, sans planète. Les systèmes stellaires sont binaires, triple, quaternaire, ... suivant le nombre d'étoiles.

Le problème c'est que dans notre univers tout est en mouvement. Toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres à une certaine vitesse (l'infrarouge confirme cette version), l'univers est donc en expansion permanente. Tous les objets sont soumis aux forces gravitationnelles, électromagnétiques et nucléaires (fortes et faibles).

Il est intéressant de connaître la position d'un objet à un instant T dans l'espace. Cela quelque soit l'objet considéré.

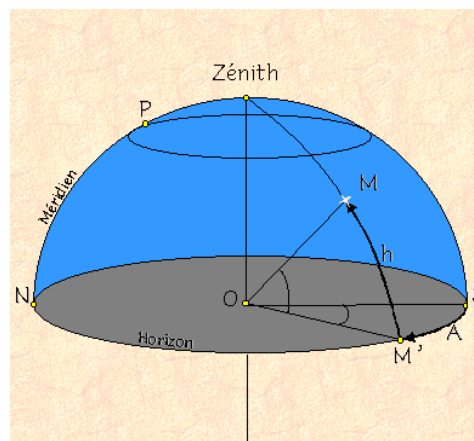
De ce fait tout objet observable dans le ciel est forcément localisable dans un système de coordonnées. Mais en fonction de ce que nous voulons observer, certains systèmes sont plus ou moins pratiques à utiliser, de même qu'en ce qui concerne les objets de notre proche banlieue (le système solaire), les coordonnées sont définies pour un lieu d'observation sur terre.

Il existe principalement 4 types de coordonnées :

- Horizontales/azimutales
- Equatoriales
- Ecliptiques
- Galactiques

L'observation spatiale, est un métier qui nécessite de prendre en compte des réalités physiques. Pour cela, l'observatoire, doit mettre à jour certaines constantes (paradoxe) comme celle de Hubble. La constante de Hubble peut correspondre à deux valeurs (actuelle et normalisée). Cette constante est mise à jour régulièrement à partir d'observation du fond diffus de l'univers (satellite Planck). Ces informations sont essentielles pour interpréter des observations.

Le premier type de coordonnées est retenu pour l'intégralité du sujet.



Le système de
coordonnées
horizontales/azimutales

Votre première mission :

1. Réaliser le MEA du contexte de travail du VLT.
2. Normaliser votre travail en 3FN.
3. Présenter le schéma relationnel final.

Mission 2 : Exploitation du système d'informations du VLT

Documents à utiliser : Documents 1 & 2.1 & 2.2

La réalisation d'une base de données à l'aide de votre travail de la Mission 1 est importante. En effet comment retrouver des informations, et faire des liens entre différentes informations. L'exploitation d'une base de données passe par l'écriture de requêtes dans le langage SQL

Votre seconde mission :

A partir du schéma relationnel de la Mission 1, réaliser les requêtes suivantes :

1. Liste des étoiles d'une galaxie de type Sb
(Pour information Andromède est une galaxie de type Sb)
2. Liste des étoiles ayant une magnitude équivalente à un clair de lune (-12,6)
3. Valeur d'une UA (Unité astronomique) en parsec
4. Pourcentage de la masse d'un objet par rapport à son groupe hôte direct
(la masse fait référence à la matière visible uniquement)
5. Calculer l'énergie E du système solaire Gliese 581, sachant que $E = mc^2$.
(Gliese 581 est un système solaire composé de 6 exo-planètes)
 $E(\text{joules}) = m(\text{kg}) * c(\text{m/s})^2$
Rappel : cette énergie « potentielle » est produite à condition d'annihiler la matière. L'antimatière pourrait jouer le rôle de détonateur.
L'annihilation d'un gramme de matière = 10^{14} joules (soit une bombe atomique première génération)

Mission 3 : Modélisation informatique d'une constellation

Documents à utiliser : documents 3 & 4

Une constellation est un ensemble d'étoiles dont les projections sur la voûte céleste sont suffisamment proches pour qu'une civilisation donnée ait décidé de les relier par des lignes imaginaires, traçant ainsi une figure sur la voûte céleste. Une constellation est donc un astérisme particulier.

Dans l'espace tridimensionnel, les étoiles d'une constellation sont ordinairement très dispersées, mais elles paraissent être regroupées sur la plaine imaginaire du ciel nocturne.

Différentes cultures ont reconnu des constellations différentes, bien que quelques-unes des plus visibles aient tendance à réapparaître fréquemment, comme par exemple Orion et le Scorpion.

En plus des douze constellations du Zodiaque, Ptolémée a fait l'inventaire de 36 autres figures :

- La baleine,
- Le corbeau,
- Le bouvier,
- Andromède
- ...

L'équipe du VLT aimerait disposer d'un programme qui permette de mémoriser les éléments constituant les constellations (les étoiles). Par la suite, cette application permettrait suivant la constellation étudiée, de connaître ses éléments constitutifs et d'afficher le résultat à l'écran.

Une ancienne équipe du VLT a déjà écrit le code en C pour établir une première version.

Visual Studio 6.0 a été utilisé à l'époque (2006) pour écrire le code qui reste du code procédural.

Votre troisième mission :

L'objectif de votre travail est de transformer une application procédurale en application objet.

L'IDE utilisé pour cette nouvelle version est VS 2012 en version Ultimate.

A. Présenter les classes nécessaires pour passer en POO

1. Réaliser le diagramme de classe
2. Ecrire l'interface des classes dans le langage que vous souhaitez

B. Implémenter les méthodes des classes

1. Ecrire la méthode `afficherEtoile`
2. Ecrire la méthode `creerConstellation`

C. Modifications du diagramme de classes

1. Comment faire apparaître les éléments (planètes uniquement) d'un système solaire, qui gravite autour d'une étoile hôte.
2. Mettre en place une méthode `afficherSystème` : cette méthode liste à l'écran les planètes d'un système (pas de chaînage ici, vous pouvez utiliser une structure de stockage).

Le cas des systèmes stellaires n'est pas à traiter ici.





Remarque sur la rédaction des algorithmes : L'écriture d'algorithmes en C++, C#, ObjC, JAVA est toléré, à la place du pseudo-langage, cependant le mélange des deux langages n'est pas accepté.

Document 1 : Constantes cosmologiques et nomenclature des exo-planètes





Lien : http://exoplanet.eu/catalog/kepler-423_b/

Une exo-planète trouvée par Kepler :

Planet Kepler-423 b

Name	Kepler-423 b
Discovered in	2014
Mass	0.72 (\pm 0.12) M_J 
Semi-major axis	0.0396 (\pm 0.003) AU 
Orbital period	2.68432848 (\pm 8.2e-08) day 
Eccentricity	—
ω	—
T_{peri}	—
Radius	1.2 (\pm 0.065) R_J 
Inclination	—
Update	9 octobre 2014
Detection Method	Transit
Mass Detection Method	Radial Velocity
Radius Detection method	Transit
Molecules detected	—

Star

Name	Kepler-423
Distance	—
Spectral type	—
Apparent magnitude V	14,499
Mass	1.07 (\pm 0.05) M_{Sun} 
Age	—
Effective temperature	5790.0 K 
Radius	0.99 (\pm 0.054) R_{Sun} 
Metallicity [Fe/H]	0.26 (\pm 0.12) 
Detected Disc	—
Magnetic Field	—
RA ₂₀₀₀	19:31:25.4
Dec ₂₀₀₀	+46:23:28
Alternate Names	—

Constantes cosmologiques :

Lien : http://fr.wikipedia.org/wiki/Table_de_constants_et_paramètres_astrophysiques

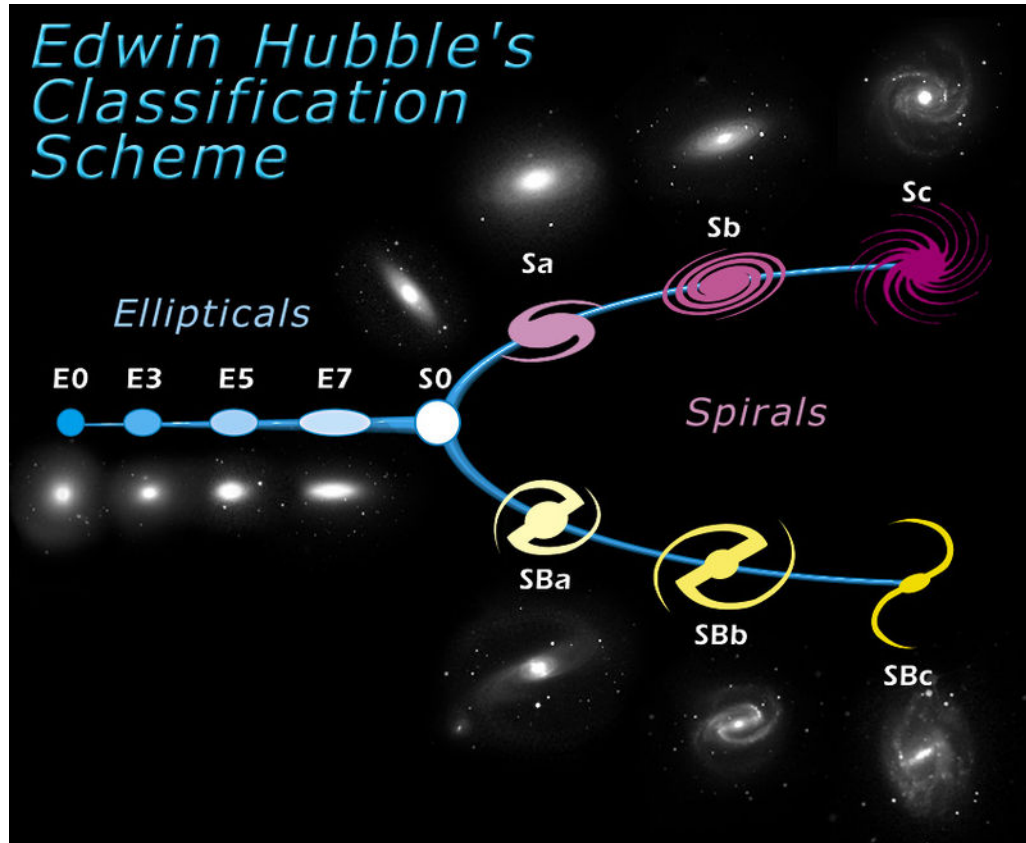
Vitesse de la lumière dans le vide	c	299 792 458 m.s ⁻¹
Constante newtonienne de la gravitation	\mathcal{G}_N	6,673 84(80)×10 ⁻¹¹ m ³ .kg ⁻¹ .s ⁻²
Unité astronomique (constante)	au	149 597 870 700 m
Année tropique (d'équinoxe à équinoxe)	année	31 556 925,2 s
Année sidérale (d'étoile fixe à étoile fixe)		31 558 149,8 s
Jour sidéral moyen		23h 56m 04,090 53s
Jansky	J_y	10 ⁻²⁶ W.m ⁻² Hz ⁻¹
Masse de Planck	$\sqrt{\frac{\hbar c}{\mathcal{G}_N}}$	12,209 0(9)×10 ¹⁸ GeV/c ² = 21,764 5(16)×10 ⁻⁹ kg
Longueur de Planck	$\sqrt{\frac{\hbar \mathcal{G}_N}{c^3}}$	1,616 24(12)×10 ⁻³⁵ m
Temps de Planck	$\sqrt{\frac{\hbar \mathcal{G}_N}{c^5}}$	5,391 21×10 ⁻⁴⁴ s
Température de Planck	$\sqrt{\frac{\hbar c^5}{\mathcal{G}_N k^2}}$	$T_P = 1,416 79 \times 10^{32}$ K
Constante de Hubble actuelle	H_0	100 h.km.s ⁻¹ .Mpc ⁻¹ = h×(9,778 13 Ga) ⁻¹

Une petite liste supplémentaire :

Constante de Hubble actuelle	H_0	100 h.km.s ⁻¹ .Mpc ⁻¹ = h×(9,778 13 Ga) ⁻¹
Constante de Hubble normalisée	h	0,73 ^{+0,04} _{-0,03}
Longueur de Hubble	$\frac{c}{H_0}$	≈ 120×10 ²¹ km
Parsec (1 UA / 1 arc sec)	pc	30,856 775 814 672×10 ¹² km = 3,26... al
Année-lumière	al	0,306 6...pc = 9,461...×10 ¹² km

Document 2.1 : Classification des galaxies

Lien : http://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy_morphological_classification



Document 2.2 : Magnitude

Lien : http://fr.wikipedia.org/wiki/Magnitude_apparente

La magnitude apparente est une mesure de l'irradiance d'un objet céleste observé depuis la Terre. Utilisée quasi-exclusivement en astronomie, la magnitude est une échelle logarithmique inverse dans laquelle la magnitude augmente d'une unité lorsque l'irradiance est divisée par $\approx 2,51$. Il est habituel de définir la magnitude zéro comme étant celle de l'étoile Véga, aux erreurs d'étalonnage près.

La magnitude peut être donnée dans une ou plusieurs bandes spectrales (exemple filtres U, B, V du système photométrique de Johnson). Elle peut être également sommée sur l'ensemble du flux émis par le spectre électromagnétique (magnitude bolométrique).

En clair, la magnitude s'apparente à la brillance d'une étoile.

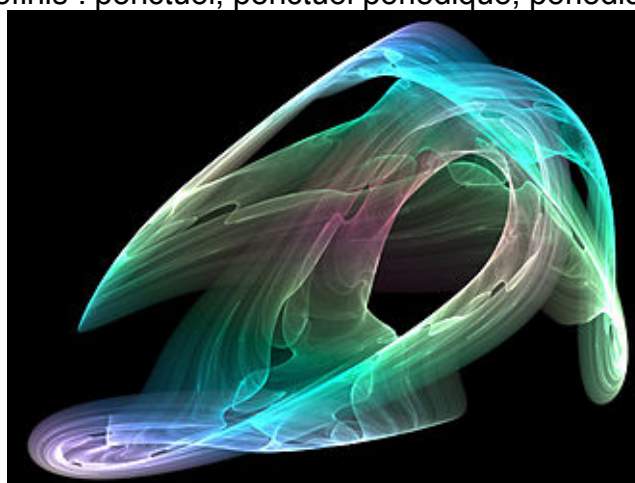
Échelle des magnitudes apparentes

V (mag)	Objet céleste
-26,7	Soleil
-12,6	Pleine Lune
-4,6	Magnitude maximale de Vénus ¹
-2,9	Magnitude maximale de Mars ²
-1,5	Étoile la plus brillante (Sirius)
-0,7	Seconde étoile la plus brillante (Canopus)
+0,0*	Véga (Lyrae) (*+0,03)
≈ +6,5	Étoile la plus faible visible à l'œil nu
+12,6	Quasar le plus lumineux
+30	Objets les plus faibles observés (Hubble)
Voir aussi Liste des étoiles les plus brillantes	

Document 2.3 : Attracteur étrange (conditionnement de l'agencement d'un système)

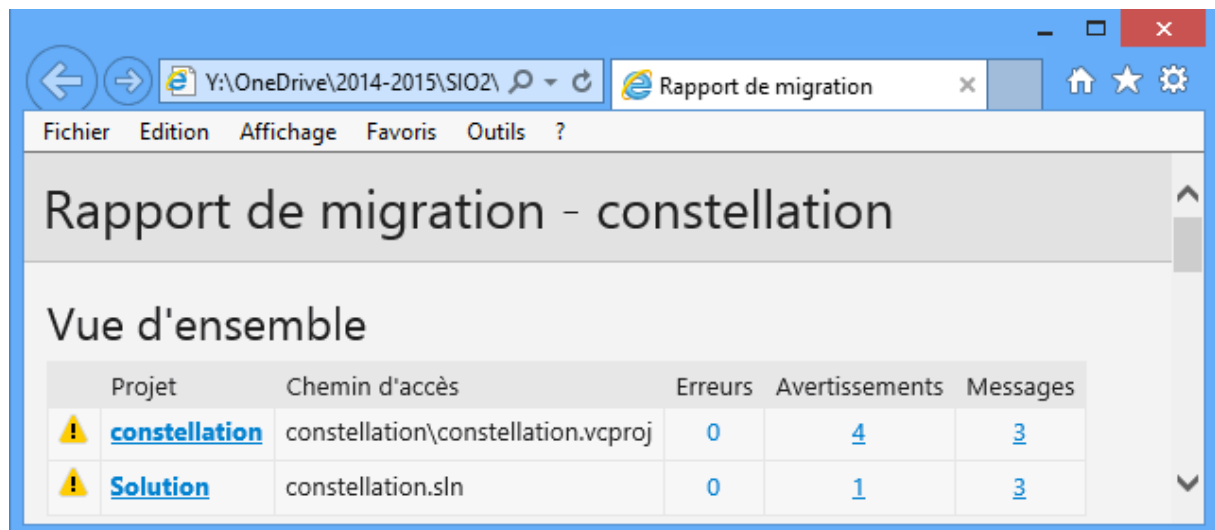
Lien : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Attracteur>

Dans l'étude des systèmes dynamiques, un attracteur (ou ensemble-limite) est un ensemble ou un espace vers lequel un système évolue de façon irréversible en l'absence de perturbations. Constituants de base de la théorie du chaos, cinq types d'attracteurs sont définis : ponctuel, ponctuel périodique, périodique, étrange, spatial.





Document 3 : Le projet sous Visual Studio

La mise à niveau de VS 6.0 vers VS 2012 Ultimate donne lieu au rapport suivant :

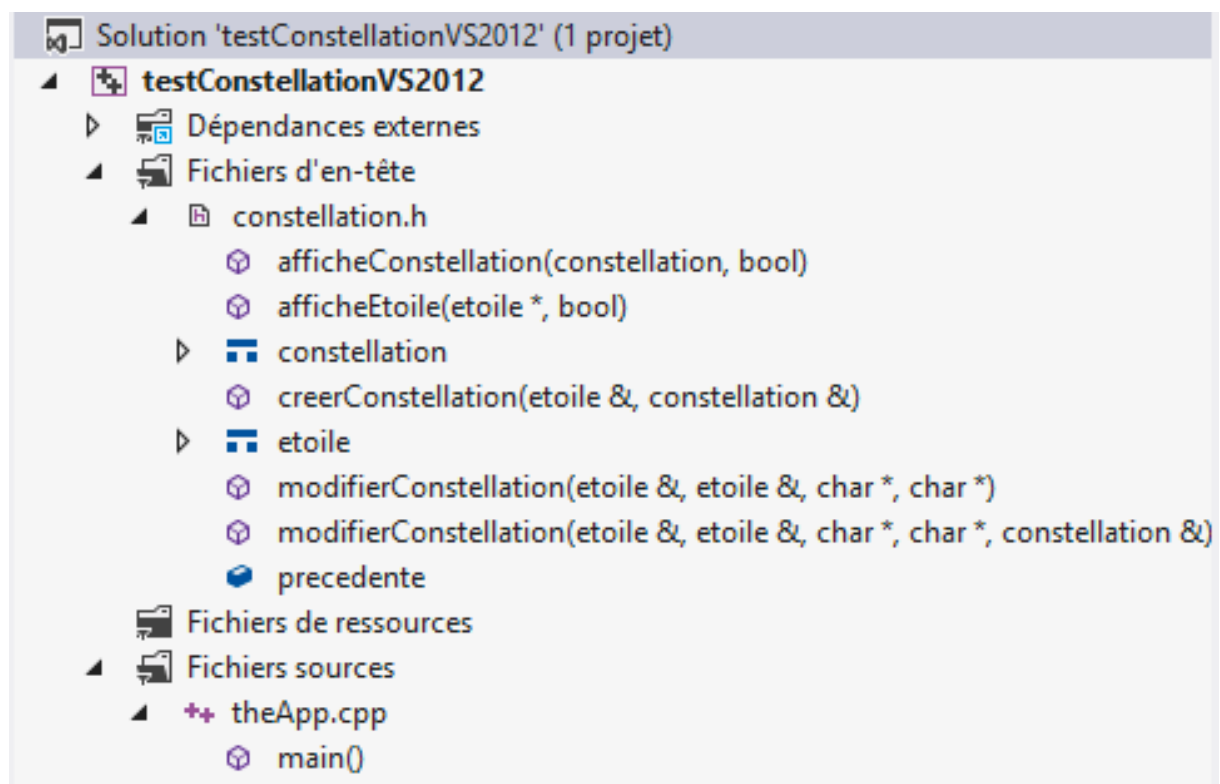


The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'Y:\OneDrive\2014-2015\SIO2\'. The browser has a single tab titled 'Rapport de migration'. The page content is titled 'Rapport de migration - constellation' and features a section 'Vue d'ensemble' (Overview) with a table summarizing the migration results.

Projet	Chemin d'accès	Erreurs	Avertissements	Messages
 constellation	constellation\constellation.vcproj	0	4	3
 Solution	constellation.sln	0	1	3

Malgré tout le projet fonctionne.

La solution du projet est la suivante :



La mise à jour du code permet d'obtenir l'exécution suivante :

```
Y:\OneDrive\2014-2015\SIO2\SLAM4\testConstellationVS2012\Debug\testConst...
numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens normal suivant>
-a--b---c=G[d]D[?]----d=G[e]D[?]---e--f---g=G[h]D[?]---h--i--j--k--l---m=G[n]D[?]
]---n--o-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens inverse precedent>
-o--n---m=G[?]D[l]---l--k--j--i--h---g=G[?]D[f]---f--e---d=G[?]D[c]----c=G[?]D[b]
]---h--a-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens normal suivant>
-a--b---c=G[d]D[q]----d=G[e]D[f]---e--f---g=G[h]D[l]---h--i--j--k--l---m=G[n]D[q]
]---n--o-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens inverse precedent>
-o--n---m=G[q]D[l]---l--k--j--i--h---g=G[l]D[f]---f--e---d=G[f]D[c]----c=G[q]D[b]
]---h--a-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)
```

Le code source (theApp.cpp) qui a donné l'exécution est le suivant :

```
#include "constellation.h"
```

```
void main()
{
    etoile a;
    a.num = 1;
    a.nom = "a";
    a.CrossLink = 0;

    etoile b;
    b.num = 2;
    b.nom = "b";
    b.CrossLink = 0;

    etoile c;
    c.num = 3;
    c.nom = "c";
    c.CrossLink = 1;

    etoile d;
```

```
d.num = 4;  
d.nom = "d";  
d.CrossLink = 1;
```

```
etoile e;  
e.num = 5;  
e.nom = "e";  
e.CrossLink = 0;
```

```
etoile f;  
f.num = 6;  
f.nom = "f";  
f.CrossLink = 0;
```

```
etoile g;  
g.num = 7;  
g.nom = "g";  
g.CrossLink = 1;
```

```
etoile h;  
h.num = 8;  
h.nom = "h";  
h.CrossLink = 0;
```

```
etoile i;  
i.num = 9;  
i.nom = "i";  
i.CrossLink = 0;
```

```
etoile j;  
j.num = 10;  
j.nom = "j";  
j.CrossLink = 0;
```

```
etoile k;  
k.num = 11;  
k.nom = "k";  
k.CrossLink = 0;
```

```
etoile l;  
l.num = 12;  
l.nom = "l";  
l.CrossLink = 0;
```

```
etoile m;  
m.num = 13;  
m.nom = "m";  
m.CrossLink = 1;
```

```
etoile n;  
n.num = 14;  
n.nom = "n";  
n.CrossLink = 0;
```

```
etoile o;  
o.num = 15;  
o.nom = "o";  
o.CrossLink = 0;
```

```
etoile q;  
q.num = 17;
```

```

q.nom = "q";
q.CrossLink = 2;

constellation Forme;
Forme.nom = "LE BELIER";
Forme.num = 1;
Forme.nombre = 0;
Forme.debut = NULL;
Forme.fin = NULL;
creerConstellation(a,Forme);
creerConstellation(b,Forme);
creerConstellation(c,Forme);

creerConstellation(d,Forme);
creerConstellation(e,Forme);
creerConstellation(f,Forme);
creerConstellation(g,Forme);
creerConstellation(h,Forme);
creerConstellation(i,Forme);
creerConstellation(j,Forme);
creerConstellation(k,Forme);
creerConstellation(l,Forme);
creerConstellation(m,Forme);
creerConstellation(n,Forme);
creerConstellation(o,Forme);

afficheConstellation(Forme, true);
afficheConstellation(Forme, false);

modifierConstellation(c,q,"right","suivant");
modifierConstellation(d,f,"right","suivant");
modifierConstellation(g,l,"right","suivant");
modifierConstellation(m,q,"right","suivant");

modifierConstellation(c,q,"left","precedent");
modifierConstellation(d,f,"left","precedent");
modifierConstellation(g,l,"left","precedent");
modifierConstellation(m,q,"left","precedent");

afficheConstellation(Forme, true);
afficheConstellation(Forme, false);

getch();
}

```

Le fichier d'entête (constellation.h) est le suivant :

A. Les structures reposent sur un concept de programmation procédurale


```

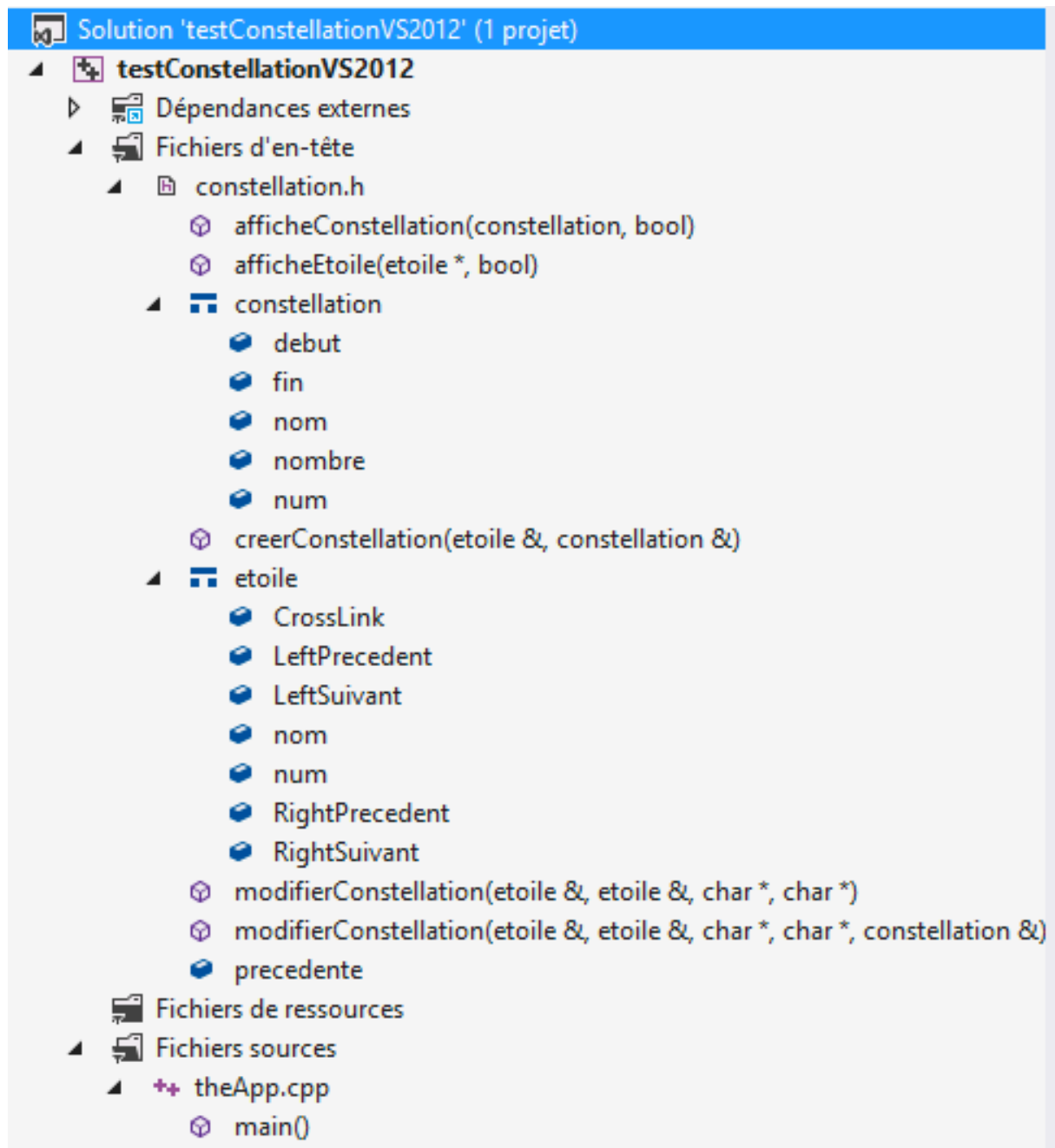
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
struct etoile
{
    int num;
    char * nom;
    int CrossLink; //0 = normal 1 : lien 2 pas chaînée
    etoile * LeftSuivant;
    etoile * RightSuivant;
    etoile * LeftPrecedent;
    etoile * RightPrecedent;
};

struct constellation
{
    int num;
    char * nom;
    int nombre;
    etoile * debut;
    etoile * fin;
};

```

Le code CrossLink peut être le suivant :

0 = étoile normale, 1 = étoile CrossLink, 2 = étoile normale pas chaînée.



B. Les entêtes des méthodes sont les suivantes avec explication du contenu suivant la documentation retrouvée.

```
void afficheEtoile(etoile * e, bool sens)
{
```

Pas de documentation retrouvée

```
void creerConstellation(etoile &x, constellation &c)
{
```

PROCEDURE creerConstellation(a,Forme)

La création se fait dans le sens normal, comme l'indique la flèche blanche du dessin. Dans ce cas les chaînages (segments) C-Q, D-F, G-L, M-Q ne sont pas réalisés. Le chaînage ne se fait que par les bras Gauche, pour dessiner la périphérie de A à O sans relier Q.

Le chaînage à produire est le suivant : (l'affichage est donné comme exemple).

```
<sens normal suivant>
-a--b---c=G[d]D[?]-----d=G[e]D[?]---e--f---g=G[h]D[?]---h--i--j--k--l---m=G[n]D[?]
l---n--o-
```

Remarque : c=G[d]D[?] veut dire : l'étoile C est suivie par l'étoile D par le bras Gauche, aucun chaînage n'est fait par le bras Droit. Q n'est donc pas chaînée, le segment C-Q n'existe pas.

Remarque : les étoiles C, D, G et M sont des étoiles CrossLink qui permettent d'avoir deux étoiles suivantes et deux étoiles précédentes.

Remarque : le chaînage doit autoriser un balayage (affichage de la constellation) par la suite dans les deux sens.

```
<sens inverse precedent>
-o--n---m=G[?]D[l]---l--k--j--i--h---g=G[?]D[f]---f--e---d=G[?]D[c]-----c=G[?]D[b]
l---b--a-
```

```
void afficheConstellation(constellation c, bool sens)
{
```

PROCEDURE afficheConstellation(donnée-résultat : c : constellation , sens : booléen)

L'appel de la procédure est de la forme suivante :
afficheConstellation(Forme, vrai)

Le résultat de l'affichage qui correspond au programme appelant est le suivant :

```

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens normal suivant>
-a--b---c=G[d]D[?]----d=G[e]D[?]---e--f---g=G[h]D[?]---h--i--j--k--l---m=G[n]D[?]
l---n--o-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens inverse precedent>
-o--n---m=G[?]D[l]---l--k--j--i--h---g=G[?]D[f]---f--e---d=G[?]D[c]----c=G[?]D[b]
l---h--a-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens normal suivant>
-a--b---c=G[d]D[q]----d=G[e]D[f]---e--f---g=G[h]D[l]---h--i--j--k--l---m=G[n]D[q]
l---n--o-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

numero constellation=1
nom constellation=LE BELIER
nombre d'etoiles=15
<sens inverse precedent>
-o--n---m=G[q]D[l]---l--k--j--i--h---g=G[l]D[f]---f--e---d=G[f]D[c]----c=G[q]D[b]
l---h--a-
+nombre d'etoiles affichees=15
+nombre etoile de la constellation= 15
+reste a afficher =0 etoile(s)

```

La constellation est affichée 4 fois :

- La première fois correspond à la description de la constellation dans le sens normal (suivant) sans tenir compte des étoiles CrossLink. Toutes les étoiles sont donc considérées comme normales avec seulement le bras Gauche suivant exploité (pour le sens normal) mais pas le bras droit suivant.
- La seconde fois est juste l'affichage inverse, en partant de la fin. Les bras Droits précédents sont exploités, mais pas les bras Gauche précédents.
- La troisième fois et la quatrième fois, mettent en évidence les liens multiples entre les étoiles CrossLink et les étoiles normales. Les bras Gauche et Droit sont exploités dans les deux sens.

Remarque : un affichage linéaire de ce type ne ressemble pas à un Bélier, mais il suffit de donner des coordonnées aux étoiles et de les placer dans un repère orthonormé, le tout avec une interface graphique.

Remarque : 15 étoiles sont intégrées initialement dans la constellation du « Bélier », et 15 sont affichées. Ce calcul est juste pour les deux premiers affichages. Ensuite pour les deux suivants, l'étoile Q qui est nouvelle, et qui apparaît dans la liste, n'est pas comptabilisée comme il le faut. Il faudrait avoir 16 étoiles dans la constellation. Ne pas tenir compte de ce petit problème technique.

```
void modifierConstellation(etoile &a, etoile &b, char * cote, char * sens)
{
```

PROCEDURE modifierConstellation(donnée-résultat : a : etoile, b : etoile b, donnée : cote : chaîne de caractères, sens : chaîne de caractères)

Cote ne prend que les valeurs « left » (Gauche) et « right » (Droite). Sens ne prend que les valeurs « suivant » (normal) et « précédent » (inverse).

« a » est l'étoile a modifier au niveau du chaînage. « b » est la nouvelle étoile pointée.

L'appel de la procédure est de la forme suivante :

```
modifierConstellation(c,q,"right","suivant")
```

Je fais dans ce cas un chaînage par le bras Droit pour le sens normal (suivant), de C à Q. C est suivie de Q par le bras Droit.

```
modifierConstellation(g,l,"left","precedent")
```

Je fais un chaînage par le bras Gauche dans le sens inverse (précédent), de G vers L. G est précédée de L par le bras Gauche.

D'ailleurs ce n'est pas gênant de dire que G est suivie de L par le bras Gauche. C'est juste une question de vocabulaire.

La modification du chaînage doit pouvoir faire apparaître les segments manquants :

```
<sens normal suivant>
-a--b---c=G[d]D[q]----d=G[e]D[f]---e--f---g=G[h]D[l]---h--i--j--k--l---m=G[n]D[q]
l---n--o-
```

Dans l'autre sens :

```
<sens inverse precedent>
-o--n---m=G[q]D[l]---l--k--j--i--h---g=G[l]D[f]---f--e---d=G[f]D[c]----c=G[q]D[b]
l---b--a-
```

Document 4 : Principe de fonctionnement de l'application

Une constellation comprend les informations suivantes :

- Identifiant numérique, entier,
- Nom de constellation, chaîne de caractères,
- Nombre d'étoiles qui constituent cette constellation, entier,
- Étoile de début de la constellation, pointeur,
- Étoile de fin de la constellation, pointeur.

Pour les étoiles qui sont les éléments d'une constellation, les informations suivantes sont nécessaires :

- Identifiant numérique entier,
- Nom de l'étoile, chaîne de caractères
- CrossLink, entier (étoiles qui possèdent deux bras de liaison Gauche et Droit)
- Étoile suivante à Gauche, pointeur,
- Étoile suivante à Droite, pointeur,
- Étoile précédente à Gauche, pointeur,
- Étoile précédente à Droite, pointeur,

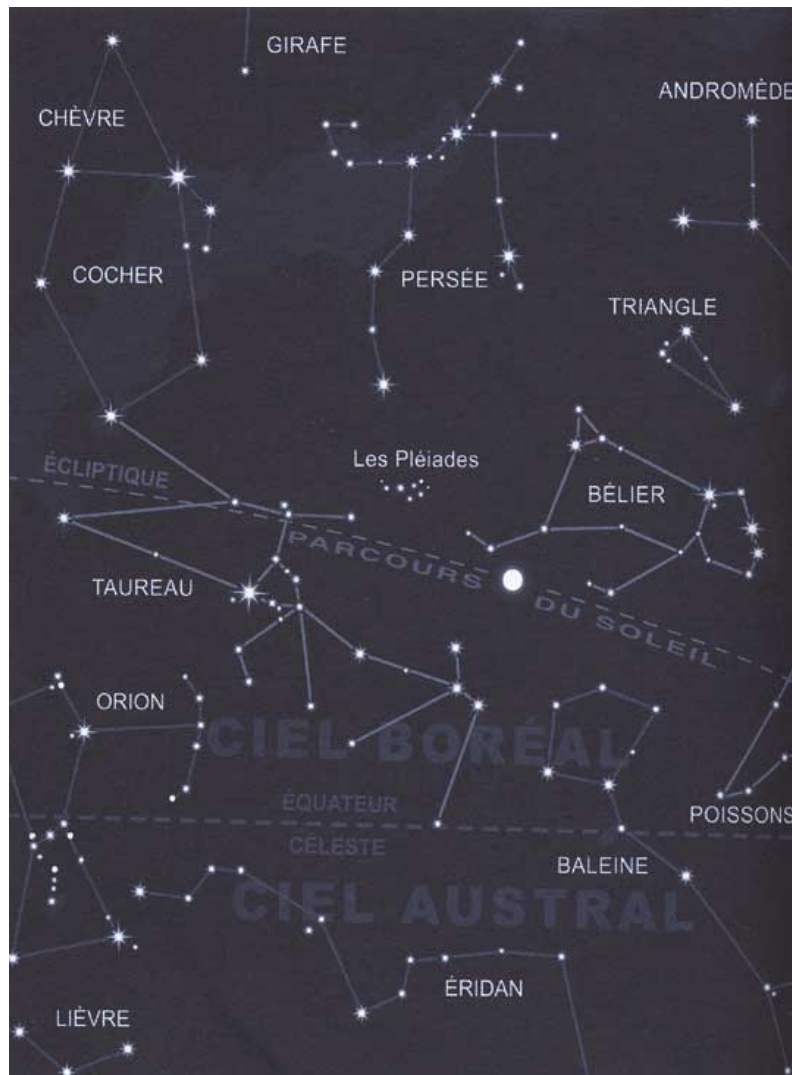
Une étoile CrossLink peut avoir au maximum deux étoiles suivantes simultanées et deux étoiles précédentes simultanées.

Les étoiles normales ne possèdent qu'une étoile suivante et qu'une étoile précédente.

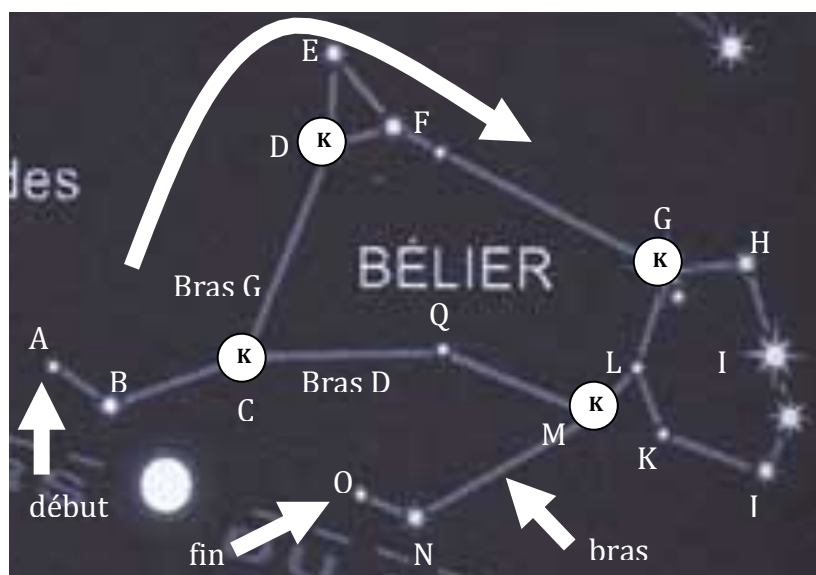
Le code CrossLink peut être le suivant :

0 = étoile normale, 1 = étoile CrossLink, 2 = étoile normale pas chaînée.

Voici une vue d'une partie du ciel avec quelques constellations



Nous allons travailler sur l'exemple de la constellation du bélier.



Bras G, et Bras D
pour le sens
normal suivant

La constellation du bélier est constituée d'étoiles A, B, C, D, ..., O, Q.
Les lettres mentionnées constitueront le nom des étoiles.

Les pastilles blanches avec la lettre K à l'intérieur constituent les étoiles de type CrossLink. Ces étoiles possèdent des liens avec plusieurs étoiles afin de représenter la figure du « Bélier ».

La flèche blanche indique le sens normal (suivant) de parcours de la constellation (pour l'affichage ou le chaînage). Le sens inverse (précédent) sera le sens opposé à cette flèche.

Les traits entre les étoiles sont nommés « bras ». Seules les étoiles CrossLink possèdent des bras Gauche et Droit. Les autres étoiles n'ont que le bras Gauche (sens normal suivant) ou Droit (sens inverse précédent) suivant le sens de parcours.

La lecture de la constellation se fait de la manière suivante : (sens normal, vers les étoiles suivantes) :

A est suivie de B (A est le début),
B est suivie de C,
C est suivie de D par le bras Gauche,
C est suivie de Q par le bras Droit,
D est suivie de E par le bras Gauche,
D est suivie de F par le bras Droit
E est suivie de F,
F est suivie de G,
G est suivie de H par le bras Gauche,
G est suivie de L par le bras Droit,
H est suivie de I,
I est suivie de J,
J est suivie de K,
K est suivie de L,
L est suivie de M,
M est suivie de N par le bras Gauche,
M est suivie de Q par le bras Droit,
N est suivie de O (O est la fin).

La lecture dans le sens inverse se fait de la manière suivante (sens inverse, vers les étoiles précédentes)

O est précédée de N (O est la fin)
N est précédée de M,
M est précédée de Q par le bras Gauche,
M est précédée de L par le bras Droit,
L est précédée de K,
K est précédée de J,
J est précédée de I,
I est précédée de H,
H est précédée de G,
G est précédée de L par le bras Gauche,
G est précédée de F par le bras Droit,
F est précédée de E,
E est précédée de D,
D est précédée de F par le bras Gauche,
D est précédée de C par le bras Droit,
C est précédée de Q par le bras Gauche,
C est précédée de B par le bras Droit,
B est précédée de A (A est le début).