

Chapitre 3 – LES OBSERVATIONS

Instructions pas à pas

1. Trouver le champ — En utilisant un atlas ou une carte céleste, levez les yeux et localisez le champ ou la région du ciel où la variable se trouve. C'est là où la connaissance des constellations sera très utile. Prenez votre carte à l'échelle « a » ou « b » et orientez-la afin qu'elle corresponde avec ce que vous voyez dans le ciel.

2a. Trouver la variable (en utilisant un chercheur/pointeur) — Regardez la carte « a » ou « b » et choisissez une « étoile clé » brillante qui apparaît près de la variable. Maintenant, regardez en l'air et essayez de trouver la même étoile dans le ciel. Si vous ne pouvez pas voir l'étoile clé à l'œil nu (en raison de la lumière de la lune ou d'autres conditions défavorables), utilisez un chercheur ou un oculaire à grand champ avec un très faible grossissement et pointez le télescope aussi près que possible de la position dans le ciel où l'étoile clé devrait se trouver. Rappelez-vous que, en fonction de l'équipement que vous utilisez, l'orientation des étoiles que vous voyez dans votre télescope sera probablement différente de ce que vous voyez quand vous regardez en l'air à l'œil nu. Vous aurez besoin de situer N, E, S, O, en fonction de votre propre matériel. (Voir pages 15 et 16 pour de plus amples explications). Vérifiez que vous avez pointé la bonne étoile clé en identifiant des étoiles télescopiques plus faibles à proximité, comme montré sur la carte.

Maintenant progressez lentement (« cheminement d'étoile en étoile ») dans la direction de la variable, en identifiant les configurations stellaires (appelées aussi astérismes) au fur et à mesure que vous avancez. Jusqu'à ce que vous deveniez très familier avec le champ, il vous faudra beaucoup de coups d'œil – de la carte au ciel, puis à travers le chercheur et inversement – avant que vous n'atteigniez la configuration stellaire à proximité immédiate de la variable. Prenez le temps d'assurer une identification certaine. Quelquefois, cela aide de dessiner des lignes sur la carte entre les étoiles dans chaque configuration.

2b. Trouver la variable (en utilisant des cercles divisés) — Si votre télescope est équipé avec une monture GoTo, vous pouvez choisir ce système pour trouver les champs d'étoiles variables. Avant de commencer, assurez-vous que votre télescope est correctement mis en station. Les coordonnées 2000 qui apparaissent en haut de la carte doivent alors être utilisées pour arriver « automatiquement » sur la variable.

Souvenez-vous que la variable peut ne pas apparaître tout de suite. Même si elle devrait être dans le champ de vue, vous devrez encore identifier les étoiles à proximité immédiate de la variable pour une confirmation positive. Souvent, vous trouverez que cela aide de scruter autour du champ pour localiser une étoile clé brillante ou un astérisme que vous pouvez voir sur la carte. A partir de là, vous pouvez progresser (« cheminement d'étoile en étoile ») jusqu'à la variable.

3. Trouver les étoiles de comparaison — Quand vous êtes sûr que vous avez correctement identifié la variable, vous êtes prêts à procéder à l'estimation de son éclat en la comparant avec d'autres étoiles d'éclat fixe connu. Ces étoiles de comparaison se situent généralement près de la variable sur la carte. Trouvez-les dans votre télescope, en faisant bien attention une fois encore pour être certain que vous les avez identifiées correctement.

4. Estimer l'éclat — Pour estimer la magnitude d'une étoile variable, déterminez quelles étoiles, de comparaison ou non, sont les plus proches en éclat de la variable. A moins que la variable ait exactement le même éclat que l'une des étoiles de comparaison, vous devrez interpoler entre une étoile qui est plus brillante et une autre qui est plus faible que la variable elle-même. L'exercice d'interpolation de la figure 3.1 (p. 14) aidera à illustrer cette procédure.

5. Enregistrer vos observations — Les informations suivantes devraient être notées dans votre carnet d'observations aussi vite que possible après chacune d'elles:

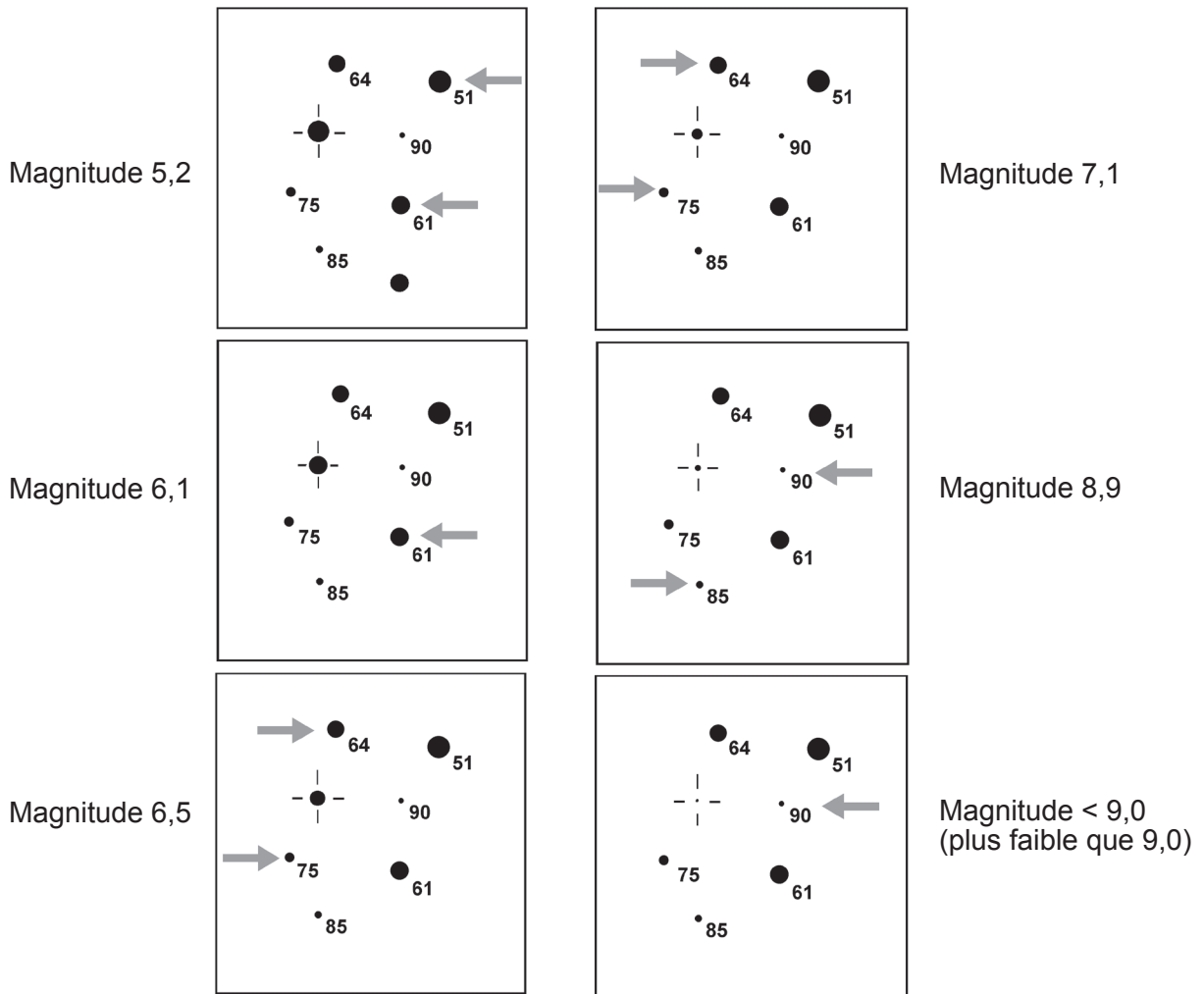
- **identification de l'étoile variable** (voir pages 22-24 pour en savoir davantage sur ce sujet)
- **date et heure** de votre observation
- estimation de **magnitude** pour la variable
- **magnitudes des étoiles de comparaison** utilisées pour l'estimation
- **identification de la carte utilisée**
- **notes** sur les conditions qui auraient pu affecter l'observation (i.e. nuages, brume, lumière de la lune, vent fort, etc).

6. Préparez votre compte-rendu — Il y a un format très spécifique pour rendre compte de vos observations et il y a plusieurs façons d'envoyer vos notes au siège de l'AAVSO. Les procédures pour envoyer vos observations seront décrites en détails au chapitre 7 de ce manuel.

Figure 3.1 — Exercices d'interpolation

Voici quelques exemples montrant comment interpoler entre des étoiles de comparaison pour déterminer la magnitude de la variable. Rappelez-vous que dans la réalité, les étoiles apparaissent comme des disques de tailles différentes. Les étoiles utilisées pour l'interpolation dans chacun des exemples ci-dessous sont indiquées avec des flèches.

Pour en savoir davantage sur l'interpolation, essayez l'utilisation du « simulateur de télescope »—une présentation active de la façon de procéder pour faire des estimations de magnitude d'étoiles variables—que l'on peut trouver sur le site web de l'AAVSO à <http://www.aavso.org/online-resources>.



Conseils d'observation supplémentaires

Champ de vision

Les nouveaux observateurs s'assureront de la taille approximative du champ de vue de leur télescope avec les différents oculaires. (Voir aussi page 4.) Dirigez le télescope vers une région proche de l'équateur céleste et sans bouger l'instrument, faites en sorte qu'une étoile brillante traverse le champ. L'étoile se déplacera au rythme d'un degré en quatre minutes, près de l'équateur. Par exemple, si deux minutes sont nécessaires pour que l'étoile passe par le centre du champ, d'un bord à l'autre, le diamètre du champ est d'un demi-degré.

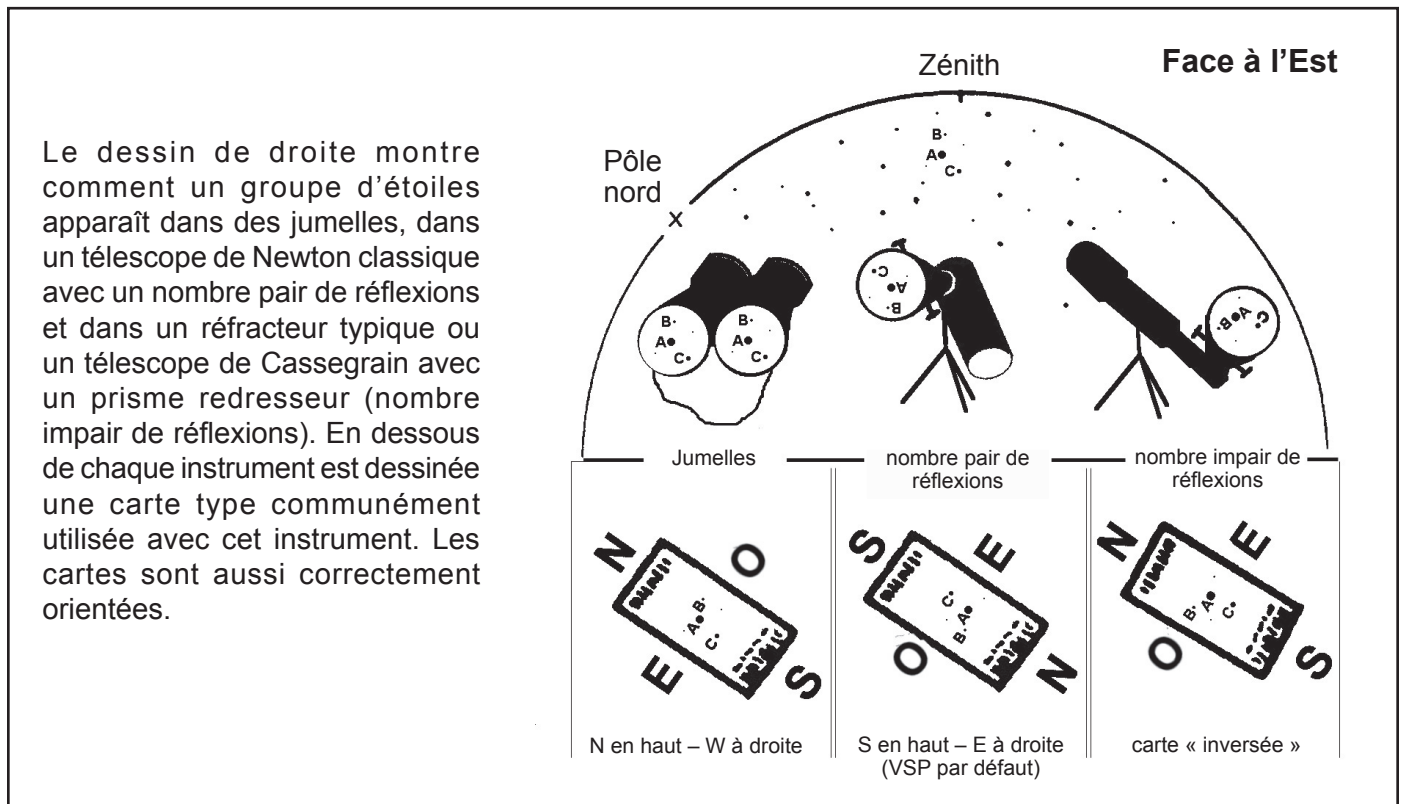
Une fois que le champ de l'instrument est déterminé, un cercle avec le diamètre adéquat peut être dessiné sur la carte, avec la variable au centre, comme aide pour identifier le nouveau champ. Ou il peut être utile de représenter le champ sur la carte en utilisant un morceau de carton ou de plastique percé d'un trou de la bonne taille ou en fabriquant un anneau métallique à placer sur la carte, etc.

Orientation des cartes

Afin d'utiliser les cartes avec succès, vous devez apprendre comment correctement régler l'orientation N-S et E-W quand vous produisez la carte et comment les orienter convenablement par rapport au ciel.

Si vous observez avec des jumelles ou à l'œil nu, par exemple, vous voudrez créer votre carte de telle manière que le nord soit en haut et l'ouest à droite. D'un autre côté, si vous utilisez un réflecteur où il y a un nombre pair de réflexions (avec comme conséquence un champ qui est vu inversé haut/bas), vous voudrez faire une carte avec le sud en haut et l'est à droite. Pour les réflecteurs et les télescopes Schmidt-Cassegrain, un prisme redresseur (renvoi coudé) est habituellement utilisé, ce qui entraîne un nombre impair de réflexions. Ceci produit une image qui est dans le bon sens verticalement, mais l'est et l'ouest sont inversés (comme l'image d'un miroir). Dans ce cas, vous trouverez plus facile d'utiliser les cartes inversées de l'AAVSO sur lesquelles le nord est en haut et l'est à droite. La figure 3.2 (ci-dessous) illustre les différentes manières d'établir vos cartes alors que les illustrations page suivante vous montrent comment les tenir par rapport au ciel.

Figure 3.2 — Types de cartes



Orientation des Cartes

Sans tenir compte de la sorte de carte que vous utilisez, la position de la variable change relativement à l'horizon en même temps que la terre effectue sa rotation, et la carte doit être tenue selon les règles suivantes:

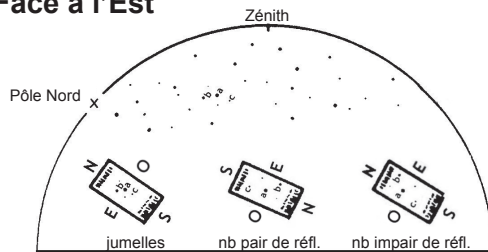
1. Faites face à la direction dans laquelle la distance de la variable à l'horizon est la plus petite.
2. Tenez la carte au-dessus de votre tête en direction de l'étoile variable.

3. Avec des cartes normales (S en haut – E à droite), faites tourner la carte de telle façon que le sud pointe vers la Polaire. (Dans l'hémisphère sud, diriger le nord vers le pôle céleste sud). Quand vous utilisez une carte faite pour des jumelles ou une carte « inversée », pointer le nord vers la Polaire.

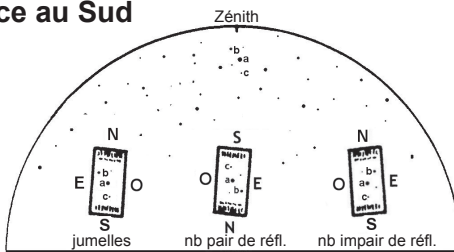
4. Abaissez la carte pour avoir une position de travail confortable, sans changer son orientation.

Hémisphère Nord

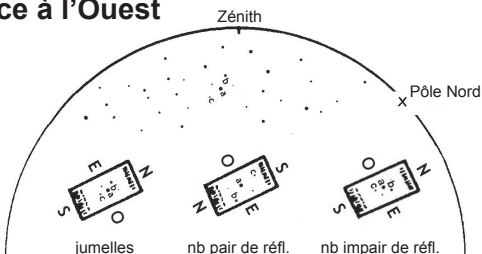
Face à l'Est



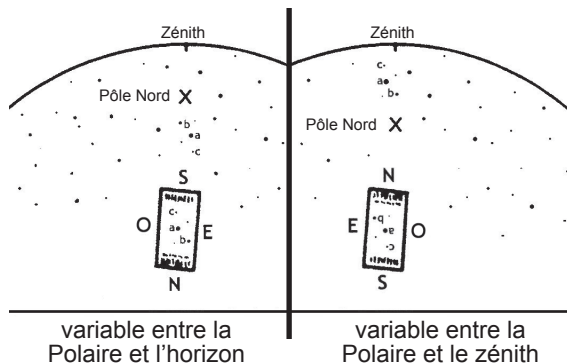
Face au Sud



Face à l'Ouest

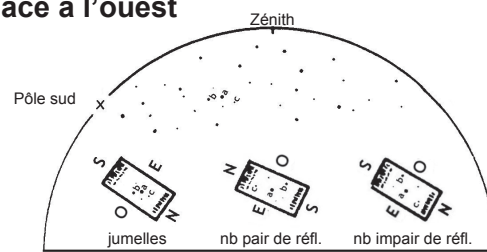


Face au Nord - La carte doit être tenue à l'envers si la variable est au-dessus du pôle céleste nord (Polaire).

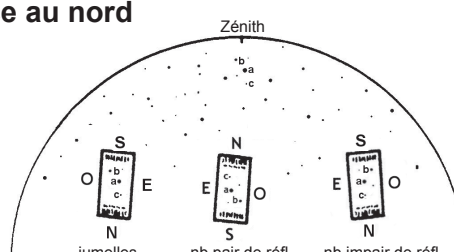


Hémisphère Sud

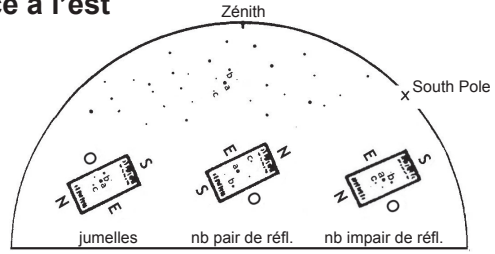
Face à l'ouest



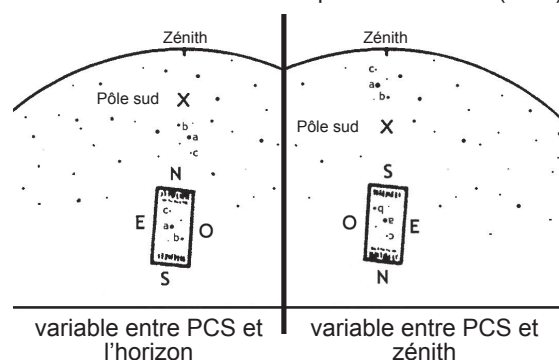
Face au nord



Face à l'est



Face au Sud – La carte doit être tenue à l'envers si la variable est au-dessus du pôle céleste sud (PCS).



L'échelle de magnitude

L'échelle des magnitudes peut prêter à confusion au premier abord, parce que plus le nombre est grand, plus l'étoile est faible. La limite moyenne de vision à l'œil nu est la 6^{ème} magnitude. Des étoiles comme Antarès, Spica et Pollux sont de 1^{ère} magnitude, et Arcturus et Véga sont de magnitude 0. La très brillante étoile Canopus est égale à -1 (moins 1), et la plus brillante étoile du ciel, Sirius, -1,5.

Sur les cartes de l'AAVSO, les étoiles de comparaison sont désignées avec des nombres qui indiquent leur magnitude au dixième. La virgule est omise pour éviter la confusion avec les points qui représentent des étoiles. Ainsi, 84 et 90 indiquent deux étoiles dont les magnitudes sont respectivement 8,4 et 9,0.

Les magnitudes des étoiles de comparaison utilisées sur les cartes de l'AAVSO ont été déterminées soigneusement avec des instruments spéciaux (photomètres visuels, photomètres photoélectriques et ccd) et sont considérés comme étalons pour l'estimation de la magnitude de la variable. Il est important que l'observateur garde une trace de quelles étoiles de comparaison sont utilisées quand il fait une estimation de l'éclat de la variable.

Parce que l'échelle de magnitude est en réalité logarithmique, une étoile « deux fois plus faible » qu'une autre ne sera pas représentée par un nombre de magnitude simplement double. (Voir l'encadré page 15, *Mesurer l'éclat des étoiles*, pour une explication plus détaillée.) Pour cette raison, l'observateur doit toujours veiller à utiliser des étoiles de comparaison qui ne sont pas trop éloignées en éclat – pas plus de 0,5 ou 0,6 magnitude – quand il fait des estimations de magnitude.

La magnitude limite

Il est préférable d'employer juste assez d'aide optique pour voir la variable facilement. En général, si la variable est plus brillante que la 5^{ème} magnitude, l'œil nu est ce qu'il y a de mieux; si elle est entre la 5^{ème} et la 7^{ème}, le chercheur ou une bonne paire de jumelles sont conseillés; et si elle est en dessous de la 7^{ème} magnitude, de puissantes jumelles ou un télescope de 75 mm ou plus, en fonction de la magnitude de la variable, pourront être utilisés.

Les estimations d'éclat sont plus faciles à faire et plus précises si elles sont de 2 à 4 magnitudes au-dessus de la limite de l'instrument.

Mesurer l'éclat des étoiles

- Extrait du manuel de l'AAVSO sur l'astronomie des étoiles variables

La méthode que nous utilisons aujourd'hui pour comparer l'éclat apparent des étoiles a son origine dans l'antiquité. Hipparque, un astronome grec qui vivait au second siècle av. J.-C., est généralement considéré comme étant à l'origine d'un système pour classer l'éclat des étoiles. Il nomma la plus brillante étoile de chaque constellation « première magnitude ». Ptolémée, en 140 ap. J.-C., affina le système d'Hipparque et employa une échelle de 1 à 6 pour comparer l'éclat des étoiles, 1 correspondant à la plus brillante et 6 à la plus faible.

Les astronomes dans le milieu des années 1800 quantifièrent ces nombres et modifièrent le vieux système grec. Des mesures démontrèrent que les étoiles de 1^{ère} magnitude étaient 100 fois plus brillantes que les étoiles de 6^{ème} magnitude. Il a été aussi calculé que l'œil humain perçoit un changement d'une magnitude comme étant 2,5 fois plus brillant, aussi, un changement de 5 magnitudes semblera être 2,5⁵ (ou approximativement 100) fois plus brillant. Par conséquent, une différence de 5 magnitudes a été définie comme étant exactement égale à un facteur 100 en éclat apparent.

Il s'ensuit qu'une magnitude est égale à la racine 5^{ème} de 100, ou approximativement 2,5; donc l'éclat apparent de deux objets peut être comparé en soustrayant la magnitude du plus brillant objet de celle du plus faible, et en élevant 2,5 à la puissance égale à cette différence. Par exemple, Vénus et Sirius ont une différence d'éclat d'environ 3 magnitudes. Cela signifie que Vénus apparaît 2,5³ (ou environ 15) fois plus brillant à l'œil humain que Sirius. Autrement dit, il faudrait prendre 15 étoiles avec l'éclat de Sirius dans un point du ciel pour égaler l'éclat de Vénus.

A cette échelle, quelques objets sont si brillants qu'ils ont des magnitudes négatives, tandis que les plus puissants télescopes (tels que le Hubble Space Telescope) peuvent « voir » des objets jusqu'à environ la magnitude +30.

Magnitudes apparentes de quelques objets:

Soleil	-26.7	Sirius	-1.5
Pleine lune	-12.5	Véga	0.0
Vénus	-4.6	Polaire	2.0

Tableau 3.1 — *Magnitudes limites typiques*

		oeil	jumelles	150 mm	250 mm	400 mm
ville	Moyen	3,2	6,0	10,5	12,0	13,0
	Meilleur	4,0	7,2	11,3	13,2	14,3
moyen	Moyen	4,8	8,0	12,0	13,5	14,5
	Meilleur	5,5	9,9	12,9	14,3	15,4
Très noir	Moyen	6,2	10,6	12,5	14,7	15,6
	Meilleur	6,7	11,2	13,4	15,6	16,5

La table 3.1 (ci-dessus) sert de guide approximatif pour les magnitudes limites en fonction de la taille du télescope/instrument. Ce que vous pouvez effectivement observer avec votre propre équipement peut être complètement différent de ceci, en raison des conditions d'observation fluctuantes et de la qualité de votre télescope. Vous pourrez souhaiter créer votre propre table de magnitudes limites en utilisant un atlas céleste ou une carte avec les magnitudes données pour des étoiles non variables faciles à trouver. Ne perdez pas de temps sur des variables sous la limite de votre télescope – les résultats ne seront pas bons.

Quand un faible compagnon stellaire est trouvé près d'une variable, assurez-vous que les deux étoiles ne soient pas confondues l'une avec l'autre. Si la variable est près de la limite de visibilité ou si un doute existe pour l'identifier positivement, indiquer-le dans votre rapport.

L'identification de la variable

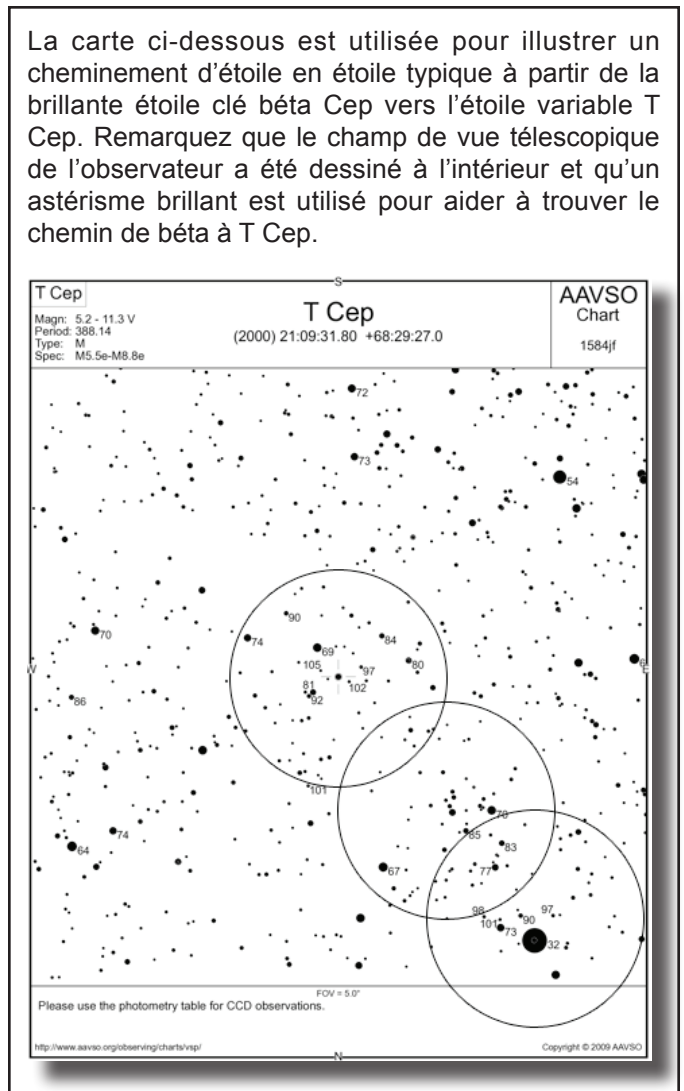
Souvenez-vous que la variable peut ou non être visible avec votre télescope au moment où vous la recherchez, selon que l'étoile est proche de l'éclat maximum ou minimum, ou quelque part entre les deux.

Quand vous pensez que vous avez localisé la variable, comparez très soigneusement la région autour d'elle avec la carte. S'il y a des étoiles dans le champ qui ne semblent pas correspondre, soit en éclat soit pour l'emplacement, alors vous regardez peut-être la mauvaise étoile. Essayez encore.

Un oculaire à fort grossissement sera nécessaire quand la variable est faible ou dans un champ d'étoiles très encombré. Aussi, il sera probablement nécessaire d'utiliser des cartes à l'échelle « d » ou « e » afin d'identifier positivement l'étoile. Quand vous observez, *relaxez-vous*. Ne perdez pas de temps sur

des variables que vous ne pouvez pas localiser. Si vous ne pouvez pas trouver une étoile variable après un effort raisonnable, écrivez une note et déplacez-vous sur votre prochaine variable. Après votre séance d'observation, réexaminez l'atlas et les cartes et voyez si vous pouvez déterminer pourquoi vous n'avez pas pu trouver la variable. La prochaine fois que vous observerez, essayez de nouveau!

Figure 3.3 — *Cheminement d'étoile en étoile*



Trouver les étoiles de comparaison

Afin de faire votre estimation, vous devez utiliser au moins deux étoiles de comparaison, et si possible, davantage. Si l'intervalle entre les étoiles de comparaison est très grand, c'est-à-dire 0,5 ou plus, faites extrêmement attention en estimant l'intervalle entre la plus brillante des étoiles de comparaison et la variable, par rapport à celui entre la variable et la plus faible des étoiles de comparaison.

Estimer l'éclat de la variable

Noter exactement ce que vous voyez, sans vous soucier des désaccords apparents entre vos observations. Vous devez commencer chaque session d'observation avec un esprit libre ; votre estimation ne doit pas être influencée par les précédentes ou par ce que vous PENSEZ que l'étoile doit faire.

Quand vous considérez votre observation, gardez à l'esprit s'il vous plaît les trois choses suivantes :

Position

On doit insister sur le fait que toutes les observations doivent être faites près du centre du champ de l'instrument. La plupart des télescopes ne dirigent pas 100% de la lumière sur le champ de tous les oculaires, et il y a plus d'aberrations de l'image lorsque l'on s'approche du bord du champ de vue.

Si la variable et l'étoile de comparaison sont proches l'une de l'autre, elles seront placées à égale distance du centre du champ. Si elles sont éloignées, elles ne seront pas vues simultanément mais, à la place, elles seront amenées successivement au centre du champ. Vous pouvez aller de l'une à l'autre étoile avec votre télescope plusieurs fois avant que vous soyez capable de faire votre estimation.

Angle de position

Quand vous allez et venez de la variable à l'étoile de comparaison, il est important que vous bougiez votre tête ou tourniez votre renvoi coudé (s'il est utilisé) de telle manière que vous gardiez une ligne imaginaire entre les deux étoiles parallèle à une ligne joignant le centre de vos deux yeux. Echouer à faire cela pourrait avoir comme conséquence une « erreur d'angle de position » qui affecterait votre estimation de magnitude finale jusqu'à une demi-magnitude.

Effet Purkinje

Pour l'observation des variables qui ont une couleur rouge évidente, il est recommandé que l'estimation soit faite par la méthode appelée « coup d'œil rapide » plutôt que par des « regards appuyés » prolongés. En raison de l'effet Purkinje, les étoiles rouges ont tendance à exciter la rétine de l'œil quand elles sont observées pendant une période de temps étendue ; en conséquence, les étoiles rouges apparaîtront excessivement brillantes par comparaison avec les étoiles bleues, produisant ainsi une impression erronée des magnitudes relatives.

Une autre technique qui est fortement recommandée pour faire des estimations de magnitude d'étoiles rouges est appelée « méthode de défocalisation ». C'est-à-dire que l'oculaire doit être défocalisé pour que les étoiles deviennent visibles comme des disques sans couleur. De cette manière, une erreur systématique due à l'effet Purkinje est évitée. Si la couleur de la variable est visible même quand les étoiles sont défocalisées, vous pouvez avoir besoin d'utiliser un télescope plus petit ou un cache d'ouverture.

Les étoiles faibles

Pour les étoiles faibles, vous pouvez souhaiter essayer de faire votre estimation en utilisant la vision décalée. Pour ce faire, gardez la variable et les étoiles de comparaison près du centre du champ de vue en même temps que vous concentrez votre regard sur un côté, utilisant ainsi votre vision périphérique. La raison pour laquelle cela fonctionne est expliquée page suivante.

Si la variable n'est pas vue en raison de sa faiblesse extrême, de brume ou de la lumière lunaire, alors notez l'étoile de comparaison la plus faible visible dans la zone. Si la valeur de cette étoile était de 11,5, enregistrez votre observation de la variable comme <11,5, ce qui signifie que la variable était invisible et devait être en dessous ou plus faible que la magnitude 11,5. Le signe pointant vers la gauche est un symbole pour « plus faible que »



Chris Stephan (SET) consulte son atlas.

La conservation des notes

Un cahier relié (comme un registre) devrait être utilisé pour vos notes d'observations. Gardez toujours vos cahiers de notes originaux intacts. Toute correction de vos notes, ou transformation, doit être écrite avec une encre de couleur différente, et datée. Un second cahier de notes, éventuellement à feuilles volantes, peut être utilisé pour garder sous la main les enregistrements des totaux mensuels, des copies des rapports envoyés, les notifications d'alerte et d'autres informations. Les enregistrements sur ordinateur doivent être sauvés et archivés pour s'y référer ultérieurement.

Vos notes d'observations doivent aussi inclure des événements extérieurs comme la présence de personnes, des lumières, des bruits ou d'autres choses qui pourraient avoir eu un effet sur votre concentration.

Si pour n'importe quelle raison votre estimation est douteuse, faites-en état dans votre rapport, en donnant les raisons de votre doute.

Il est essentiel que les notes soient conservées de telle manière que l'observateur ne soit pas influencé par la connaissance de la magnitude que la variable avait quand elle a été précédemment observée. L'observateur doit trouver une solution pour faire toutes les estimations indépendamment les unes des autres sans référence aux observations antérieures.

Dans l'en-tête de chaque page de votre cahier de notes, écrivez le jour julien (expliqué au chapitre 5) et le jour de la semaine, ainsi que l'année, le mois et le jour de l'observation. Il est bien d'utiliser la notation « double jour » pour éviter la confusion pour les observations faites après minuit ; par ex. JJ 2455388, Sam.-Dim., 10-11 Juillet 2010. Dans le cas où une erreur est faite pour l'un, l'autre indique ce qui est correct

Si plus d'un instrument d'observation est disponible, notez lequel est utilisé pour chaque observation.

Extrait du carnet d'observation de Gene Hanson (HSG)

DATE: 03/04-05/99 INST: 6 cm refr.
JD: 2451242 COND: Clear, Windy

VAR	DESIGN	TIME	MAGN	COMP	CHART	CODE	REMARKS
Z UMA	1151158	8:01A	8.1	79, 84	1756aa	W	

La lumière des étoiles dans vos yeux

– Extrait du manuel de l'AAVSO sur l'astronomie des étoiles variables

L'œil humain ressemble à un appareil photo. L'œil est équipé avec un système intégré nettoyant et lubrifiant, un compteur d'expositions, un chercheur de champ automatique et une alimentation continue en film. La lumière d'un objet entre dans la cornée, une couverture transparente sur la surface de l'œil, et passe à travers une lentille transparente tenue en place par les muscles ciliaires. Un iris devant la lentille s'ouvre ou se ferme comme l'obturateur sur un appareil photo pour réguler la quantité de lumière qui entre dans l'œil en rétrécissant ou dilatant involontairement la pupille. L'iris se contracte graduellement avec l'âge; les enfants et les jeunes adultes ont des pupilles qui peuvent s'ouvrir jusqu'à 7 ou 8 mm de diamètre ou plus, mais vers l'âge de 50 ans il n'est pas inhabituel pour la taille maximale de la pupille de rétrécir à 5 mm, réduisant fortement la capacité de l'œil à concentrer la quantité de lumière. La cornée et la lentille agissent ensemble comme une lentille de longueur focale variable qui focalise la lumière d'un objet pour former une image réelle sur la surface arrière de l'œil, appelée la rétine. Parce que la taille de la pupille se rétrécit avec l'âge, la rétine d'une personne de 60 ans reçoit environ un tiers de la lumière que reçoit celle d'une personne de 30 ans.

La rétine se comporte comme le film d'un appareil photo. Elle contient environ 130 millions de cellules sensibles à la lumière appelées cônes et bâtonnets. La lumière absorbée par ces cellules induit des réactions photochimiques qui causent des impulsions électriques dans les nerfs attachés aux cônes et bâtonnets. Les signaux des cônes et bâtonnets individuels sont combinés dans un réseau compliqué de cellules nerveuses et transférés de l'œil au cerveau par le nerf optique. Ce que nous voyons dépend de quels cônes et bâtonnets sont excités par la lumière absorbée et de la façon avec laquelle les signaux électriques des différents cônes et bâtonnets sont interprétés par le cerveau. Nos yeux font beaucoup de « réflexions » au sujet de quelle information sera envoyée et laquelle sera rejetée.

Les cônes sont concentrés sur une partie de la rétine appelée la macula. La macula mesure environ 0,3 mm de diamètre et contient 10 000 cônes mais pas de bâtonnets. Chaque cône dans cette zone a une fibre nerveuse séparée qui conduit au cerveau le long du nerf optique. En raison du grand nombre de nerfs venant de cette petite zone, la macula est la meilleure partie de la rétine pour résoudre les fins détails d'un objet brillant. En plus de procurer une zone de haute acuité visuelle, les cônes dans la macula et dans d'autres parties de la rétine sont spécialisés dans la détection des différentes couleurs de la lumière. La capacité de « voir » les couleurs des étoiles est fortement réduite parce que l'intensité des couleurs n'est pas assez grande pour stimuler les cônes. Une autre raison est que la transparence de la lentille décroît avec l'âge en raison de l'opacité croissante. Les bébés ont des lentilles très

transparentes qui laissent passer les ondes lumineuses aussi basses que 3 500 angströms dans le violet profond.

La concentration des cônes diminue à l'extérieur de la macula. Dans ces régions périphériques, les bâtonnets prédominent. Leur densité dans la rétine est à peu près la même que celle des cônes dans la zone de la macula. Cependant, les signaux lumineux de peut-être 100 bâtonnets adjacents sont transportés ensemble dans une seule cellule nerveuse qui conduit au cerveau. Cette combinaison des signaux des bâtonnets réduit notre capacité à voir les fins détails d'un objet mais nous aide à voir des objets faiblement éclairés parce que plusieurs petits signaux sont combinés pour produire un plus grand signal. C'est pourquoi il est plus facile d'estimer la magnitude d'une étoile variable peu lumineuse en ne regardant pas directement cette étoile, mais à côté.

Un œil normal peut focaliser sur des objets situés entre 75 mm et l'infini. La capacité de focaliser sur des objets à des distances différentes est appelée accommodation. Au contraire

de l'appareil photo qui utilise une lentille de focale fixe et une distance d'image variable pour accommoder différentes distances d'objets, l'œil a une distance d'image fixe d'environ 2,1 cm (la distance de la cornée et la lentille à la rétine) et un système de lentille à longueur focale variable. Quand l'œil regarde des objets distants, le muscle ciliaire attaché à la lentille de l'œil se détend, et la lentille devient moins courbe. Dans ce cas, la longueur focale augmente et une image est formée

sur la rétine. Si la lentille reste aplatie et que l'objet se rapproche de la lentille, alors l'image reculera derrière la rétine, formant une tache de lumière brouillée sur la rétine. Pour éviter ceci, les muscles ciliaires se contractent et provoquent une augmentation de la courbure de la lentille, réduisant sa longueur focale. Avec une longueur focale réduite, l'image se déplace en avant et forme de nouveau une image focalisée, fine, sur la rétine. Si vos yeux se fatiguent après avoir lu pendant de nombreuses heures, c'est parce que les muscles ciliaires se sont tendus pour garder les lentilles de vos yeux courbes.

Le punctum remotum de l'œil est la plus grande distance à un objet sur lequel l'œil détendu peut focaliser. Le punctum proximum de l'œil est la plus courte distance à un objet sur lequel l'œil tendu peut focaliser. Pour l'œil normal, le punctum remotum est en fait l'infini (nous pouvons focaliser sur la lune ou les étoiles distantes) et le punctum proximum vaut environ 75 mm. La « lentille zoom » variable change avec l'âge et la distance de focalisation minimale grandit jusqu'à ce qu'il soit difficile de focaliser sur des objets éloignés jusqu'à 40 cm, rendant les cartes et les instruments plus difficiles à lire. L'œil vieillissant altère graduellement la façon dont nous percevons l'univers.

