

OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

conception

préparation

conduite

dépouillement

analyse

publication

René Racine

Observatoire astronomique du mont Mégantic

TABLE DES MATIÈRES

Préface

L'importance du temps de télescope

La conception d'un projet d'observation

 objectif scientifique

 connaître les outils

 rédaction d'un article "blanc"

 demande de temps de télescope

Préparation d'une mission

 maximiser l'efficacité

 établir le scénario

Conduite d'une mission

 les nombreuses vérifications préparatoire

 réglage du foyer

 observer, enfin!

 gérer l'imprévu

Dépouillement des données

Analyse des données

Publication des résultats

PRÉFACE

Le temps de télescope est un privilège précieux. J'espère que ce petit ouvrage vous en convaincra et aidera ceux à qui il est accordé à en profiter le plus possible dès leur première mission et dans toutes celles qui suivront.

J'ai décidé de produire ce petit guide pratique sur la route du retour, après la réunion des utilisateurs de l'Observatoire astronomique du mont Mégantic, le soir de l'Halloween 1997. L'idée de le faire m'était venue à plusieurs reprises auparavant lors d'occasions semblables. Mais, espérant que le besoin s'atténuerait au fil du temps et des apprentissages, ou qu'un manuel convenable rédigé ailleurs apparaîtrait, et aussi par paresse ou "manque de temps" chronique, je m'en donnais congé. Vains espoirs!

À la réunion des utilisateurs 1997, Nadine Manset nous rappelait, après 434 nuits (!) passées à l'observatoire du mont Mégantic au cours des quatre dernières années, qu'en moyenne chaque nuit apporte 2 heures d'observations, quelque soit la saison, et que seulement 10 pour cent de nuits sont complètement claires. Mario Lelièvre fit l'envie de tous, avec ses quelques 100 000 secondes (~30 heures) de pose accumulées au cours de sa toute première mission (10 nuits allouées), obtenant ainsi toutes les données requises pour son projet de maîtrise, malgré quelques hoquets du logiciel d'acquisition. Anne Pélerin ajouta sa plainte à celles entendues au cours des années passées sur le comportement "mystérieux" du spectrographe. Robert Lamontagne du à nouveau brandir le 'Manuel des Utilisateurs' et nous inciter à sa lecture. Et quoi d'autre encore...

Au cours de la discussion générale, il est apparu qu'en plus de l'encadrement que les étudiants-observateurs peuvent recevoir de leurs directeurs de recherche, un guide structuré demeurerait nécessaire et que, tout compte fait, les conseils nécessaires à la conduite d'une mission d'observation, souvent reçus en bribes ou 'sur le tas', gagneraient à être regroupés 'quelque part' pour servir tant d'initiation aux néophytes que de rappel aux experts en herbe. Et force m'est de constater que le "manuel rédigé ailleurs" n'existe pas encore. Et que mon nouveau statut de retraité me prive d'excuses pour le remettre à plus tard. Le voici donc.

S'il existe un modèle standard, si anecdotique soit-il, de la parfaite mission d'observation, et que tout expert puisse prétendre suivre, chacun a ses trucs personnels. Libre à vous d'adapter les miens à vos goûts et besoins. Mais certaines vérités incontournables existent et auxquelles il faut se conformer. Je les soulignerai dans le texte qui suit. Si vous ne les oubliez pas et agissez en conséquence, les choses iront bien, vous verrez.

René Racine
novembre 1997

L'IMPORTANCE DU TEMPS DE TÉLESCOPE

L'observation est essentielle à la poursuite des recherches en astronomie

Cette vérité est évidente pour tous et confère au temps de télescope une valeur cruciale: de son obtention et de son usage efficace dépendent le plaisir de la découverte, le dépôt d'une thèse, le progrès scientifique et l'acquisition d'une réputation professionnelle enviable.

Le facteur de pression sur le temps d'observation est énorme

L'astronomie est, avec la physique des hautes énergies, une des rares disciplines scientifiques où le "facteur de pression" (temps requis / temps disponible) sur ses outils-clés est toujours très supérieur à l'unité. Les raisons sont multiples: dynamisme de la recherche et disponibilité limitée d'équipement coûteux, contraintes temporelles d'observations synoptiques, imprévisibilité météorologiques, etc. C'est ce facteur de pression et d'urgence, et le coût des grands équipements nécessaires, qui confèrent à l'astronomie son caractère de "big science"

Le temps de télescope coûte cher

Ceux que les basses considérations financières émeuvent noteront avec intérêt qu'une seule *heure* de temps clair au mont Mégantic coûte autant de dollars qu'un *mois* de bourse d'étudiant aux cycles supérieurs. Au télescope Canada-France-Hawaïi, c'est quatre mois de bourse qu'il faut compter par heure d'observation ou, si vous préférez, ~100\$ par minute. Voilà de quoi inspirer une terreur salutaire!

Mais l'obligation de faire bon usage du temps de télescope ne doit pas être motivée par une telle terreur. Égoïstement parlant, la motivation est celle d'un chercheur qui veut profiter au maximum d'une denrée rare, précieuse et durement acquise. Plus noble, et aussi valide, serait le désir de laisser aux collègues une part plus grande de cette denrée dont ils ont aussi grand besoin.

CONCEPTION D'UN PROGRAMME D'OBSERVATION

Objectif scientifique : Il faut savoir où on va pour s'y rendre

Il n'est sans doute pas nécessaire d'insister que c'est l'objectif scientifique d'un projet de recherche qui est le premier moteur d'un programme d'observation. Mais mentionnons-le quand même, pour être complet, et juste au cas où, distraits par des préoccupations techniques où esthétiques, certains seraient induits à l'oublier. Un télescope astronomique d'envergure n'est pas un banc d'essai opto-mécanique, du moins pas lorsque la nuit est claire, ni un joujou à donner en spectacle. D'autres moyens beaucoup plus appropriés à ces fins sont disponibles ailleurs.

Connaître ses outils

La préparation et la conduite d'une mission d'observation demandent de l'expérience, une solide familiarité avec l'équipement qu'on utilisera et une compréhension des principes qui en régissent le fonctionnement.

Tout ceux qui se destinent à une carrière en astronomie d'observation prendront éventuellement un cours sur les instruments et techniques astronomiques: le plus tôt serait le mieux. Ce petit manuel ne touche que les aspects éminemment pratiques des missions d'observation, souvent négligées dans un cours, et suppose que les éléments de base de la théorie sont un peu familiers. On peut les acquérir en parcourant les premiers chapitres d'un texte sur le sujet, guidé s'il le faut par un directeur de recherche.

Pour se familiariser avec l'environnement de l'observatoire et l'équipement qu'on veut utiliser, deux moyens *doivent* être employés: la lecture attentive des chapitres pertinents du célèbre "Manuel des Utilisateurs", que tout observatoire produit, et la visite des installations. Les nouveaux observateurs devront y accompagner un chercheur chevronné *avant* d'y retourner pour leur première mission et même, de préférence, avant de déposer leur première demande de temps de télescope.

Un truc utile: la rédaction d'un article "blanc"

Un projet d'observation réussi est couronné par la publication des résultats. La rédaction d'un article "blanc" détaillé, *avant* d'avoir aucune données et avant même de faire une demande de temps de télescope, est un exercice des plus utiles. Il oblige à passer en revue toutes les étapes que le projet devra couvrir. Il donne aussi une idée très claire de la facture du produit fini et permet d'éliminer au départ certains parcours dans lesquels on pourrait perdre beaucoup de temps sans qu'on en retire quoi que ce soit d'utile. L'investissement fait dans cet exercice est nécessairement récupéré tout au long du projet.

L'INTRODUCTION de l'article formulera le problème étudié, fera une revue de la littérature pertinente et explicitera la méthodologie adoptée, ce qui porte à y réfléchir. Cette section, ainsi que la liste des références, seront probablement récupérées sans modifications majeures dans la version finale de l'article ou du mémoire. Après avoir aussi servi à rédiger une demande de temps convaincante.

La rédaction de la section OBSERVATIONS obligera à réfléchir à tout ce qu'il faut faire - ou ne pas faire - au télescope pour obtenir les données nécessaires. Décrivez l'instrument et les techniques utilisés en les justifiant. Imaginez les conditions d'observations. Poussez le ridicule jusqu'à la mise en page de l'obligatoire "Tableau 1" donnant le log des observations en détails: objets, temps de pose, filtres, qualité d'image, conditions atmosphériques, angles horaires, etc. Imaginez même les illustrations que vous incluez et leurs légendes. Vous aurez ainsi une idée très claire du matériel qu'il vous faut tirer des observations. Et cette section sera aussi récupérable pour votre demande de temps.

La section ANALYSE DES DONNÉES vient ensuite vous faire réfléchir à ce qu'il faudra faire avec tout ce matériel pour en tirer l'information scientifique nécessaire. Si vous ne l'êtes déjà, il faudra vous familiariser avec les techniques et logiciels d'analyse - *avant* d'aller au télescope, ce qui est essentiel. Ceci vous permettra de bien situer certaines observations à faire: étalonnages, plages uniformes, comparaisons... Vous devrez aussi vous préoccuper des rapports signal/bruit à atteindre, donc des caractéristiques de l'instrument et du détecteur, et des temps de pose requis. Vous ferez alors probablement quelques itérations dans la section OBSERVATIONS pour la préciser ou la compléter. Encore ici, poussez le ridicule jusqu'à éditer des Tableaux et des Figures 'bidons' de résultats en vous efforçant de penser à tout ce qui doit y apparaître: discussion de comparaisons avec des résultats antérieurs validant la fiabilité de vos données, nouveaux résultats, précision associée, etc. Une bonne partie de cette section (techniques d'analyse, rapports S/B à atteindre...) se retrouvera aussi dans votre demande de temps.

Viennent ensuite les sections plus hypothétique: DISCUSSION et CONCLUSION. Il est difficile de discuter de données qui n'existent pas encore! Un peu d'imagination s'impose. Après tout, vous devez bien avoir une idée du résultat que vous attendez.

Faites d'abord l'hypothèse que votre intuition était juste, que vos résultats l'ont confirmée, et rédigez une discussion la plus serrée possible pour en convaincre le lecteur et démontrer que "les autres", références à l'appui, ont eu tort. Ceci vous amènera à une analyse critique de la méthodologie que vous avez adoptée et des observations que vous proposez de faire. Sont-elles décisives? Y-a-t'il des 'échappées' que vous avez négligé de couvrir? Quelles données supplémentaires vous seraient nécessaires? Révisez en conséquence votre programme d'observation.

Faites ensuite l'hypothèse que, toutes excellentes qu'elles soient, vos données vous amènent à une conclusion inattendue. Essayez d'imaginer laquelle - peut-être est-ce simplement la

confirmation d'un résultat antérieur que vous espériez corriger. Votre programme a-t-il été mené de façon à éttayer cette conclusion mieux qu'elle ne l'avait été jusque là? Sinon, comment pouvez-vous le modifier avant qu'il ne soit trop tard et que la seule position qu'il vous reste soit: "More observations are needed".

Vous conviendrez que la rédaction d'un tel article "blanc" constitue un excellent moyen de concevoir un projet d'observation. Et le temps qu'il nécessite devra de tout façon être investi un jour. Autant le faire au début: le chemin à parcourir n'en paraîtra que plus clair et bien des embûches seront évitées. Et c'est lorsque vous serez au télescope que vous en apprécierez au mieux les bénéfices: vous saurez *exactement* ce qu'il faut faire et pourquoi.

Demandes de temps de télescope

Le temps de télescope s'obtient en déposant aux autorités compétentes, sur une base périodique, une demande de temps, dressée sur un formulaire prescrit, qui sera évaluée en compétition avec plusieurs autres. Le Manuel de Utilisateurs fournit les détails du processus: formulaire, échéance, etc. Les demandes sont ordonnées selon leur mérite et le temps leur est accordé, généralement en blocs de nuits consécutives, jusqu'à l'épuisement des nuits disponibles pour la période en question. Puisque le nombre de nuits demandées excède généralement le nombre de nuits disponibles (d'un facteur 3 ou 4 aux grands télescopes), les demandes moins prioritaires doivent être refusées.

Les principaux *critères d'évaluation* sont la valeur scientifique du projet proposé, l'adéquation de l'instrumentation disponible à l'atteinte des objectifs techniques nécessaires et la capacité du chercheur d'analyser et de publier les résultats. Pour des observateurs-étudiants, ce dernier critère est satisfait par l'encadrement qu'ils obtiennent de leurs directeurs de recherche. La pertinence des observations pour l'avancement des travaux de thèse devient alors un critère important.

Tous les *formulaires de demande* de temps sont semblables, quelque soit l'observatoire: justification scientifique, observations proposées et liste d'objets, phases lunaires tolérables, dates préférées, nombre de nuits demandées et justification technique, rapport sur les missions antérieures.

Il est sage *d'être éminemment raisonnable et flexible* dans les contraintes qu'on impose à la mission qu'on espère obtenir: ceci peut très considérablement augmenter la probabilité de succès. Les comités d'attribution de temps, et les responsables d'observatoire, apprécient qu'on ne leur fasse pas sentir que l'accès au télescope est notre dernière priorité. Si vous clamez ne pouvoir utiliser que quelques jours autour des nouvelles lunes et que vous en éliminez 2 sur 3 (pour une demande trimestrielle) à cause "de conflits personnels incontournables", il est peu probable que vous obteniez les 10 nuits que vous demandez par ailleurs.

Il est aussi très important de justifier le mieux possible la quantité de temps demandée. Ceci confirmera que vous avez fait vos devoirs de façon compétente et que vous êtes conscient de la pression sur le temps de télescope. Certains observatoires, dont Mégantic, demandent de spécifier le *nombre d'heures claires* jugé nécessaire. Ceci vous évite de devoir escompter la météo, dont les responsables connaissent souvent mieux les statistiques. La plupart, dont le CFH, pour qui le nombre de nuits doit être spécifié, refusent systématiquement tout temps que vous auriez ajouté pour tenir compte des nuages. Et avec raison car, généralement, à ces sites c'est "tout ou rien" pour une mission de quelques jours et la moyenne statistique n'est pas pertinente dans un cas spécifique.

PRÉPARATION D'UNE MISSION

Votre demande de temps a favorablement impressionné le Comité d'attribution: on vous accorde le privilège d'utiliser le télescope et ses instruments. Réjouissez-vous mais n'oubliez pas que d'autres ont été moins heureux. Il vous incombe de tirer le meilleurs profit de ce qui vous échoît. Vous devez maintenant vous préparer.

Car une mission se prépare! Cette préparation demande de l'expérience. Ce chapitre essaie de palier au manque d'expérience des nouveaux observateurs et de les aider à l'acquérir.

Préparer un mission d'observation spécifique est un exercice très différent de celui de la concevoir. Les paramètres pratiques (dates, phases lunaires, etc.) sont maintenant fixés. Il faut maintenant veiller aux détails, à la "petite cuisine": horaire, crépuscule et aurore, Lune... et être prêt pour la foule d'imprévus qui se produiront certainement nuits après nuits. Sinon, les heures claires que le ciel apportera seront largement perdues en piétinements, indécisions et erreurs coûteuses.

Maximiser l'efficacité

L'objectif de la préparation est évidemment d'obtenir le maximum de données de bonne qualité pendant les heures de ciel clair. L'efficacité d'une mission se mesure quantitativement par le rapport entre la somme des temps de poses utiles et la somme des heures de ciel clair entre la fin du crépuscule et le début de l'aurore. Des études faites "en catimini" à de grands télescopes - et à Mégantic! - démontrent que cette efficacité varie de façon aberrante entre les observateurs. Alors que les "meilleurs" enregistrent des scores de ~70 pour-cent (des temps morts de pointage, mise au point, etc. sont inévitables), la moyenne se situe autour de 35 pour-cent et certains observateurs ne dépassent jamais 10 pour-cent! Ces différences sont totalement dûes aux différents niveaux de préparation des missions. Si tous se préparaient aussi bien que les meilleurs, en moyenne chacun aurait deux fois plus de "temps de télescope productif" chaque année et certains 10 fois plus. Bien que les comités d'attribution de temps n'utilisent pas ces statistiques dans l'évaluation des demandes, ils utilisent certainement la productivité scientifique des missions passées. Heureusement, sinon l'efficacité moyenne serait encore plus basse.

Si on ne peut rien faire pour améliorer les statistiques de temps clair à un observatoire astronomique, on peut améliorer l'efficacité de l'usage des télescopes. (Il advient souvent d'ailleurs que ceux qui se plaignent le plus amèrement de la météo sont ceux dont l'efficacité est la plus faible, ce qui est parfaitement compréhensible). Pour maximiser leur efficacité, les télescopes de 8 m aujourd'hui en construction - et où une heure d'observation coûtera deux ans de bourse - seront gérés selon le mode d'observation déléguées: des "experts" y obtiendront vos données pour vous. Peut-être est-ce une bonne solution... Mais imaginez un instant un monde astronomique dans lequel aucun astronome n'a jamais mis le pied dans une coupôle! Combien nombreux sont les utilisateurs du HST qui n'ont jamais vu un télescope? Mais trêve de bavardage.

Établir le scénario

La seule bonne façon de préparer une mission est de dresser un horaire pour chaque nuit.

Cet horaire est un scénario détaillé et chronométré de la nuit à venir. Un exemple fictif est donné par le Tableau suivant. L'horaire inclut les calibrations et réglages nécessaires et tient compte des temps morts normaux: pointage du télescope, acquisition d'une étoile guide, lecture du détecteur, etc. Examinons chaque colonne du Tableau.

OBJETS	A.D. époque $\Delta\alpha(\text{guide})$	DÉC. $\Delta\delta(\text{guide})$	DÉBUT (TSL)	A.H. (début)	masse d'air (X)	POSE(sec)	FILTRE	NOTES, etc.
...
...
focus	01:10:45.2	+44:29.3	01:57	+0:35			V	
NGC 1234	01:12:23.6 (2000)	+45:09.8	02:02	+0:40	1.01	2000	V	
	+3.431 s.	-8.72'						
NGC 1234			02:37	+1:25	1.03	1000	R	
NGC 1234			02:55	+1:42	1.05	1000	R	
NGC 2345	03:22:34.1 (2000)	+06:25.9	03:30	+0:11	1.28	1000	R	
	-4.381 s.	-5.68'						
NGC 2345			03:52	+0:31	1.29	2000	V	
...

OBJETS: *Tous* les objets astronomiques et toutes les opérations qui consommeront du temps de télescope. Préparez une *carte de champ* (voir Manuel des utilisateurs) pour chaque objet astronomique afin de pouvoir confirmer le pointage du télescope.

A.D., Déc. (époque): Les coordonnées équatoriales des objets et leur époque. Ceci est le talon d'Achille de bien des listes d'observation. Combien d'heures de temps clair ont été gaspillées à fouiller le ciel à la recherche d'une cible qui "se cache"! Avec plusieurs instruments le champ d'acquisition est très petit (~1 min. d'arc). La précision de pointage d'un télescope, celui de Mégantic inclus, est nettement meilleure que la minute d'arc: l'objet devrait apparaître près du centre du champ d'acquisition *si les coordonnées sont exactes*. Mais il faut savoir que la littérature (Web et ADS inclus), est pleine de liste d'objets dont les coordonnées sont loin d'avoir la précision que leur nombre de chiffres "significatifs" laisserait supposer. Et c'est une triste réalité que plus les objets sont faibles et difficiles à voir, moins bonnes sont leur coordonnées. Les catalogues fondamentaux (Astronomical Almanach, SAO, PPM...) sont plus fiables mais limités en magnitude. Le HST Guide Star Catalog est fiable et atteint $m \sim 14$. Son usage (voir Manuel des utilisateurs) permet de vérifier si la position présumée de l'objet (indiquée

par une croix sur la carte imprimée) correspond bien à celle de son image. Ceci fait, notez et *utilisez les coordonnées de l'objet données par le GSC*, même si "la croix tombe presque sur l'image". Donnez les dans le même format que l'affichage des coordonnées au télescope; celui du Tableau précédent est le format Mégantic.

Méfiez-vous des mouvements propres pour les astres voisins: en moyenne $\langle \mu \rangle \sim 5''/d(\text{pc})/\text{an}$. L'étoile de Barnard ($\mu \sim 10''/\text{an}$) traverse un champ d'acquisition en quelques années seulement.

Les observatoires disposent des logiciels requis pour précession et transformation des coordonnées "catalogue" en coordonnées "télescope", compte tenu de la réfraction atmosphérique et des particularités mécanique du télescope et de l'instrument. À Mégantic, ces logiciels sont implantés sous IRAF sous le vocable collectif 'coor'.

$\Delta\alpha, \Delta\delta(\text{guide})$: Les décallages entre la position de l'étoile guide dont vous aurez besoin et l'objet, dans le sens 'étoile guide *moins* objet'. Ceci permettra de placer la sonde de guidage à la position appropriée lors du pointage du télescope (voir le Manuel de Utilisateurs à propos des limites à respecter). L'apparition simultanée d'un objet dans le champ d'acquisition *et* d'une étoile au centre du champ de guidage est une garantie quasi absolue de l'exactitude du pointage. L'inverse est une certitude absolue d'erreur. Ces décallages doivent être connus à la seconde d'arc près ou mieux. On peut les obtenir avec le GSC. À certains télescopes, ils suffisent à placer un astre invisible sur l'entrée d'un instrument.

DÉBUT (TSL): Le Temps Sidéral Local du début de l'observation, à la minute près. C'est cette colonne qui mène le bal. Elle doit donc être préparée avec soin, de façon réaliste, en tenant compte aussi précisément que possible du temps requis pour chaque opération: pointage du télescope et positionnement de la coupôle si requis (~ 2 minutes), vérification du champ et de l'étoile guide (< 1 minute si bien préparé), lecture du détecteur en fin de pose (~ 2 minutes). Utilisez les temps morts et les temps de poses pour préparer l'observation suivante: modifications des paramètres de l'instrument pendant les pointages, calculs de précession et de coordonnées corrigées pendant les poses, etc.

La première observation de la nuit doit être prévue le plus tôt possible, et *au moins* 30 minutes avant la fin du crépuscule astronomique (consulter l'Annuaire Astronomique). Commencez et terminez la nuit par des observations d'astres brillants (standards...) ou aux longueurs d'onde les plus rouges qui sont moins affectées par la lumière crépusculaire. Pendant l'été, crépuscule et aube sont très longs et on peut facilement gagner 2 ou 3 heures de temps de télescope en les utilisant au mieux.

Après avoir complété votre horaire, calculez-en l'efficacité. Elle devrait être d'environ 80 pour-cent. Votre capacité à l'atteindre augmentera avec l'expérience.

A.H.(début): L'Angle Horaire prévu pour le début de l'observation. Les objets sont arrangés pour être observés le plus près possible du méridien, où la qualité d'image, la transparence, la dispersion atmosphérique et les performances du télescope sont les plus favorables. Il n'est pas sage de planifier l'observation d'objets à des angles horaires tels que leur distance zénithale z est très supérieure à leur $z(AH=0)$: la qualité des données sera nécessairement inférieure, alors que mieux aurait pu être accompli sur un autre objet, et le temps de télescope sera gaspillé. Si, d'aventure vous n'aviez plus d'objets à observer avec profit près du méridien, vous ne devriez pas être au télescope!

Masse d'air X: L'épaisseur optique de l'atmosphère, normalisée à l'unité au zénith, traversée par la ligne de visée. Elle est à très peu près égale à la sécante de la distance zénithale z :

$$\frac{1}{X} = \cos(z) = \sin \phi \cdot \sin(Déc.) + \cos \phi \cdot \cos(Déc.) \cdot \cos(A.H.)$$

où ϕ est la latitude du site. Les choses se gâtent à $X > 2$ ($z \sim 60^\circ$) et c'est une perte de temps d'observer à $X > 2,5$ ($z \sim 66^\circ$). Car alors la transparence, par ciel photométrique (rare), n'est que de 0,65 ce qu'elle est au zénith et la qualité d'image est 1,7 fois plus mauvaise. Ceci demande de *quintupler* le temps de pose pour obtenir le même rapport S/B qu'à $X \sim 1$, sans mentionner les problèmes supplémentaires causés par la dispersion atmosphérique, proportionnelle à $\tan z$, (élongation verticales des images, guidage sur l'image rouge alors que le spectrographe observe dans le bleu) ou par les flexions de l'instrument.

POSE et FILTRE ne demandent pas d'explications. Les temps de poses auront été déterminés en fonction du rapport S/B à atteindre par conditions *moyennes*. Il est très désirable que ces déterminations soient fondées sur l'expérience. Consultez le Manuel des Utilisateurs et demandez l'avis de collègues expérimentés si nécessaire.

Il faut ordonner la séquence des observations pour minimiser les déplacements de la coupôle et du télescope entre les poses. Ainsi, les objets seront aussi ordonnés selon leur déclinaison. Mais attention: passer de $\delta \sim \phi$ (45° à Mégantic; \sim zénith, fente au sud) à $\delta > \phi$ (fente au nord) demande de tourner la coupôle de $\sim 180^\circ$. Il est donc bon de prévoir observer les objets à hautes déclinaison en groupe. Ceci est facilité par le fait que leur masse d'air varie plus lentement avec l'angle horaire (voir l'équation lus haut).

Il est astucieux de préparer, en parallèle avec l'horaire de base, quelques observations intéressantes qui ne pourraient se faire que si les conditions étaient *vraiment* exceptionnelles. Les observateurs chevronnés ont toujours dans leur poche arrière un petit programme de cette nature, qui serait sans doute jugé trop risqué s'il était proposé au Comité d'attribution de temps, mais qui, la chance aidant, peut produire des résultats remarquables. Mais "chut"...c'est un secret!.

Ces préparatifs étant complétés, vous êtes prêts à vous rendre à l'observatoire pour y conduire votre mission.

CONDUITE D'UNE MISSION

La date de votre mission approche. Vous avez prévenu le personnel du site de l'heure de votre arrivée. Vous avez consulté les prévisions météo, par simple curiosité bien sûr puisque que vous ne pouvez vous y fier, du moins pas au point de vouloir leur sacrifier plusieurs mois de votre bourse d'étude!

Les nombreuses vérifications préparatoires

Vous devez être dans l'observatoire au plus tard à 13 heure le jour où commence votre première nuit.

Car votre première après-midi sera très chargée. Si possible, arrivez la veille, surtout si l'astronome qui vous précède utilise le même équipement que vous. Ceci vous permettra de "faire le point" et de voir comment vont les choses, qui évoluent toujours.

L'instrument que vous devez utiliser aura été monté au télescope et cablé. Votre première tâche est de vérifier si tout est conforme et fonctionne assez tôt pour que, s'il y a problème, il puisse être réglé bien avant l'heure prévue du début des observations. Car vous aurez besoin de quelques heures *après* la mise en marche des systèmes pour faire les réglages nécessaires et préparer le début de la nuit.

- Installez l'équipement qui vous est propre;
- Vérifiez toutes les fonctions électro-mécaniques de l'instrument;
- Faites des poses "bidon" pour confirmer le fonctionnement du détecteur et du système d'acquisition;
- Vérifiez que la coupôle tourne
 - que la fente peut s'ouvrir
 - que le télescope peut se déplacer
 - que la sonde de guidage peut se déplacer
 - que les affichages de la concôle (TSL, A.H. et Déc.) sont corrects
 - que l'heure et la date de l'ordinateur sont correctes

Si tout va bien, il est maintenant à peu près 14 heures.

En cas de problèmes, faites appel sans délai au technicien d'observation ou à l'astronome-ingénieur. *N'essayez pas de régler ces problèmes vous-mêmes.*

Procédez ensuite au réglage de l'instrument lui-même. L'objectif est de faire tout ce qui est humainement possible sans avoir l'image d'une vraie étoile sur fond de ciel noir au foyer du télescope, réservant ce précieux moment à l'obtention de données astronomiques. Les cas d'espèces sont trop nombreux pour en faire ici une discussion exhaustive. Mais, guidé par le Manuel des Utilisateurs et l'apprentissage que vous aurez déjà fait de l'instrument, passez en revue chacun des réglages et assurez-vous d'en avoir fait le plus possible. Il vous faudra donc avoir déjà appris à faire les mises au point nécessaires, ajuster les intervalles spectraux, faire des plages uniformes, afficher et pré-analyser les images, reconnaître toute anomalie qui pourrait se produire, en identifier la cause et apporter les correctif qui s'imposent.

S'il s'agit de votre première mission avec l'instrument, vous ne sauriez vous en tirer sans la présence à vos cotés d'une aide compétente. D'où la *nécessité absolue d'être accompagné par votre directeur de recherche*. La formation que son encadrement vous apporte inclut certainement votre apprentissage de l'usage compétent des outils nécessaires. Il n'est ni de la responsabilité ni de la compétence des techniciens d'observation de vous fournir cet encadrement, même si leur expertise est considérable.

Il est maintenant environ 16 heures...si tout s'est bien passé.

Par temps clair, c'est le moment d'ouvrir la fente de la coupôle, qui doit pointer vers l'est pour éviter que le soleil y pénètre, pour ventiler la salle du télescope et atteindre l'équilibre thermique avec l'air extérieur, essentiel à une bonne qualité d'image.

Si c'est l'été, vous pouvez vous payer une pause de quelques heures et prendre un souper décontracté en attendant que le technicien d'observation arrive pour vous aider à *continuer les vérifications*. Si c'est l'hiver, le technicien apparaît bientôt; pas question de pause et de festin pour l'instant: il reste moins d'une heure avant le début du travail sérieux!

Le technicien vérifie la bonne marche des fonctions d'acquisition et de guidage de la bonnette, allume le système d'intercom, ouvre le télescope, le met en marche et, *peu après le coucher du soleil*, pointe une étoile brillante près du méridien et de l'équateur. Il acquiert l'image stellaire avec le système de visualisation s'il est utilisé, en vérifie la mise au point sur l'entrée de l'instrument éclairé par l'image défocalisée de l'étoile, fait la mise au point du télescope et centre l'image sur l'entrée de l'instrument. Si nécessaire, il retouche les affichages de la consôle. Vous pouvez alors faire quelques courtes poses astronomiques d'essai sur cette étoile pour vous assurer que tout est en ordre.

Si le système de visualisation n'est pas utilisé, parce que l'instrument en service est lui-même un imageur, *vous* devez faire des poses courtes (utilisez un filtre étroit, et le plus rouge possible pour atténuer la brillance du ciel) pour ajuster le centrage puis le foyer du télescope. Le technicien dépointe ensuite le télescope de ~10 minutes d'arc vers le sud et acquiert l'étoile avec la sonde du système de guidage hors-axe. Il en règle la mise au point puis confirme le bon fonctionnement du guidage automatique pendant quelques minutes.

Si vous comptez utiliser plusieurs filtres en imagerie, il vous faut connaître les *différences* de foyer entre eux. Ceci vous évitera de refaire la mise au point du télescope chaque fois que vous changerez de filtre, une procédure qui consommerait une quantité inacceptable de temps de télescope. Si vous ne connaissez pas ces différences de foyer, vous devez maintenant les déterminer en faisant des mises au point avec chacun de vos filtres.

Réglage du foyer

La mise au point d'un télescope sur un récepteur est un art auquel on pourrait consacrer un tome entier! Il existe une trop grande foule de techniques et de logiciels pour le faire et qui gaspillent des centaines d'heures d'observation chaque année à chaque télescope. La plus simple est la plus rapide et la meilleure: le bon foyer est celui qui donne l'image stellaire qui, à l'oeil, paraît la plus ronde et la plus "piquée". Rien de plus! Ceci obtenu, il peut être intéressant de mesurer le profil de l'image pour en quantifier la qualité. Mais mesurer toutes les caractéristiques de toutes les images prises à toutes les positions concevables du foyer est une pure perte de temps. À moins qu'on s'intéresse plus à l'optique du télescope qu'à l'astronomie qu'on peut en tirer: mais c'est là une autre histoire. Tout au plus peut-on lire l'intensité du pixel central des images, qui est très sensible aux variations de foyer et se mesure très rapidement.

Deux précautions s'imposent pour obtenir une bonne mise au point. Premièrement, les poses doivent être suffisamment longues (10 secondes ou plus) pour bien moyenniser les variations de la structure de l'image causées par la turbulence atmosphérique. Avec des filtres larges, l'étoile de foyer doit donc être assez faible ($m > 10$) pour ne pas saturer le détecteur. Il faut aussi que l'entreînement du télescope soit réglé pour que sa dérive soit inférieure à $\sim 0.1''$ pendant une pose. Deuxièmement, parce que tout "plan" focal est en réalité courbe, le foyer doit être fait à un rayon de champ égal à ~ 70 pour-cent de celui du champ total qui nous intéresse. Ceci produira le minimum de variation dans la structure de l'image à travers le champ.

Observer, enfin !

Le ciel s'assombrit. Tout est fin prêt. La nuit d'observation va bientôt commencer.

Le "scénario" est sur la table. Il reste plusieurs minutes avant l'heure sidérale de la première observation, qui *doit* être une "étoile de foyer" au voisinage du premier objet si celui-ci n'est pas convenable pour faire la mise au point. À l'aide du logiciel approprié ('coor' sous IRAF à Mégantic) vous en calculez les coordonnées "télescope" que vous fournissez *par écrit* au technicien. L'étoile est pointée. La foyer du télescope est fait et noté, ainsi que la température ambiante (des feuilles de "log" sont disponibles pour tenir le registre de vos observations, ce que vous *devez* faire).

Vous donnez les coordonnées "télescope" de votre premier objet et les décalages de son étoile guide au technicien. L'objet est pointé. L'étoile guide apparaît près du centre de l'écran de guidage et l'objet se trouve sur l'entrée de l'instrument. En imagerie, une courte pose (1 min.) en confirme la présence près du centre du champ. Quelques petites corrections de pointage pour tout centrer parfaitement. La pose est lancée. Vous êtes en route!

Vous pouvez maintenant préparer le café.

Gérer l'imprévu

Les choses n'iront pas sur des roulettes! La qualité d'image peut se détériorer; le ciel peut s'ennuager, des pannes peuvent se produire, des fausses manoeuvres sont à prévoir.

Une règle d'or: maintenez le scénario à l'heure, quitte à en sauter des lignes.

Vous tirerez ainsi meilleur profit du télescope. Ne vous acharnez pas sur les objets qui fuient vers l'ouest à des masses d'air croissantes: ils reviendront demain, ou à la prochaine mission. Si, malgré l'absence de problèmes, vous prenez du retard sur l'horaire prévu, c'est qu'il était trop optimiste pour le niveau de votre expérience ou les capacités de l'installation. Sautez quelques poses pour revenir à l'heure: vous pourrez préparer un scénario plus réaliste pour la prochaine nuit.

(à compléter)

Les chapitres suivants seront ajoutés si jugés nécessaires

DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES

ANALYSE DES DONNÉES

PUBLICATION DES RÉSULTATS