

## Problématique

Comment rendre la vitesse de suivi d'un objet céleste par le télescope indépendante des perturbations extérieures ?

## Mise en situation

Les loisirs à caractère scientifique connaissent un développement continu dans notre société. Parmi ces loisirs, l'astronomie tient une place importante dans de nombreux pays et les instruments d'observation proposés au grand public, tels que les télescopes, profitent des avancées techniques les plus récentes et représentent souvent un concentré de technologie.

Le télescope instrumenté SET s'inscrit dans cette catégorie de produits qui allient des capacités optiques et des fonctions mécatroniques destinées à simplifier son utilisation. Pour cela il assure de manière automatique le pointage et le suivi d'un objet céleste. Lors de la phase de suivi il doit contrôler suffisamment précisément les vitesses de ses deux moteurs afin de conserver l'objet céleste dans le champ d'observation.



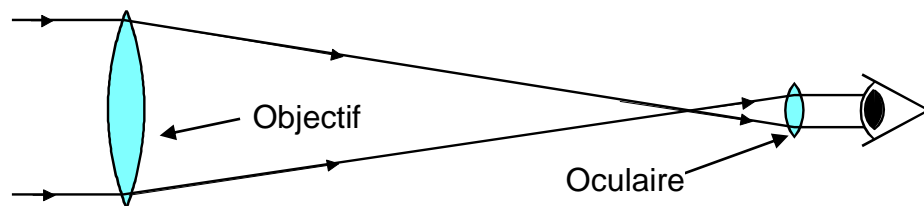
L'activité proposée est destinée à montrer que, lors du suivi, la commande des moteurs doit s'effectuer en boucle fermée afin de respecter le cahier des charges.

## Les instruments d'observation

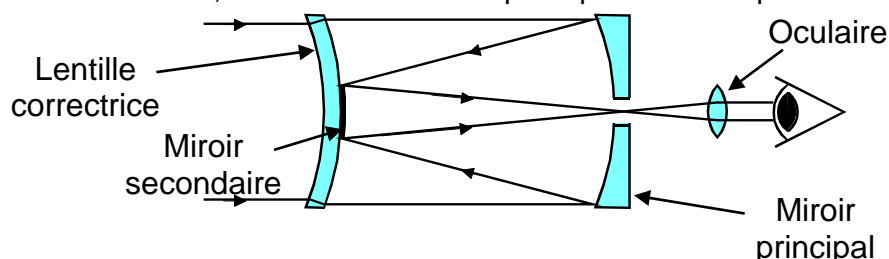
### Principes optiques :

On rencontre de nombreux types d'instruments. On peut toutefois les classer en deux catégories :

La lunette astronomique : ce type ne comporte que des lentilles. Malgré son encombrement cet instrument est toujours prisé par nombre d'astronomes amateurs par ses qualités optiques.



Le télescope\* : ce type combine miroirs et lentilles, ce qui lui permet d'être plus compact et plus léger qu'une lunette de caractéristiques équivalentes. De nombreuses variantes existent. Le télescope Meade ETX 90 est de type Maksutov-Cassegrain, type caractérisé par l'utilisation de miroirs et d'une lentille de correction, tous de forme semi-sphérique assez simple à réaliser.



(\*) Nota : en anglais le terme « télescope » désigne indifféremment la lunette ou le télescope tels que décrits ci-dessus

### La problématique du pointage et du suivi d'un objet céleste :

L'observation du ciel par un amateur à l'aide d'un instrument optique présente 2 difficultés :

- Le pointage de l'instrument sur l'objet à observer, autrement dit son positionnement pour avoir l'objet dans son champ de vision. Sachant qu'un télescope d'amateur permet d'observer jusqu'à plusieurs milliers d'objets célestes, le pointage rapide et précis de l'instrument est une étape importante de sa mise en œuvre.
- Le suivi de l'objet céleste dans le temps : la rotation de la terre sur son axe fait que l'objet observé quitte rapidement le champ de l'instrument. La compensation automatique du déplacement terrestre permet d'observer confortablement un astre sur une durée intéressante.

La motorisation des montures des instruments, pilotée par ordinateur, permet de réaliser simplement les 2 opérations précédentes : le pointage automatique vers un objet sélectionné dans une base de données mémorisée dans l'appareil et le suivi de cet objet dans la durée. Pour cela une opération préalable à toute observation est nécessaire, il s'agit de l'**alignement** de l'instrument.

- L'**alignement**, aussi appelé mise en station, est l'opération qui consiste à préparer le positionnement du télescope afin de le mettre dans le même repère que celui de la carte du ciel. Ainsi, il pourra pointer précisément un objet céleste grâce aux coordonnées répertoriées de cet objet.

### Les montures :

Les opérations d'alignement, pointage et suivi dépendent du type de monture de l'instrument : on rencontre essentiellement deux types :

- La monture équatoriale : la mise en station nécessite de placer l'axe de rotation de l'embase parallèle à l'axe de rotation de la terre, ensuite, une fois l'objet pointé, seul le déplacement en azimut du tube optique est nécessaire pour assurer le suivi. Cette monture présente l'inconvénient de créer d'importants porte-à-faux mécaniques complexes à équilibrer et elle ne peut s'utiliser que pour de petits instruments d'amateurs.
- La monture altazimutale : constituée d'un axe horizontal et d'un axe vertical. Cette monture est facile à équilibrer mais le suivi d'un objet nécessite de combiner des déplacements suivant les deux axes avec des vitesses liées à des polynômes assez complexes. La motorisation des axes de déplacement et le pilotage par ordinateur rend l'utilisation de ce type de monture à la portée du grand public.

## Le télescope Meade ETX90

Ce télescope est un produit « grand public », à destination d'astronomes amateurs, caractérisé par sa facilité de mise en œuvre grâce à son alignement simplifié et son suivi automatique.

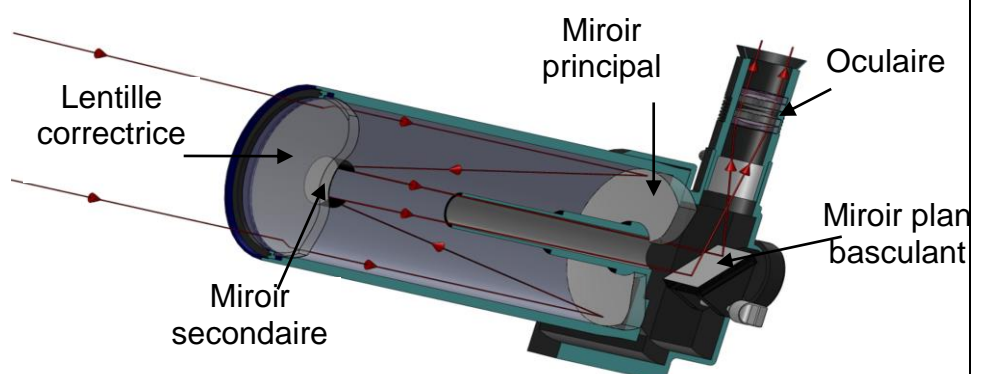
### Optique d'observation :

Son principe optique est de type Maksutov-Cassegrain.

Son diamètre d'ouverture  $D$  vaut 90 mm et sa distance focale  $F$  vaut 1250 mm. Le rapport  $F/D$  de 13,8 le rend plus particulièrement adapté à l'observation planétaire.

Avec l'objectif de distance focale 26 mm, livré en standard, on obtient un grossissement de  $1250/26 = 48$ .

Avec d'autres oculaires on peut monter jusqu'à un grossissement de 225.



Vue en coupe de l'optique de l'ETX

### Première partie

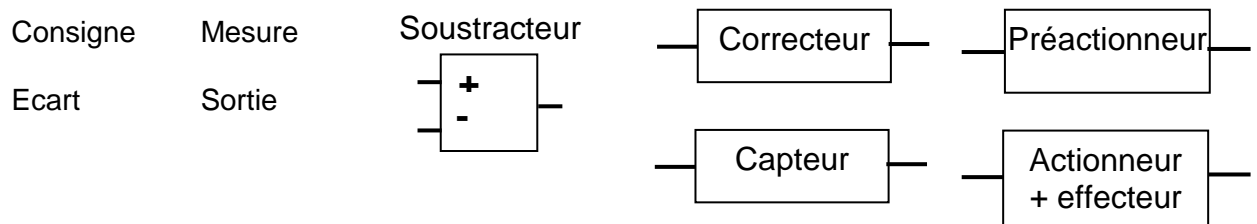
Le suivi d'un objet céleste nécessite de contrôler le déplacement du tube optique selon deux axes. Chaque axe comporte un moteur à courant continu dont la rotation, déplacement et vitesse, est mesurée grâce à un capteur de type codeur incrémental.

- Q1.** Rappeler l'équation électrique du moteur à courant continu en régime permanent.
- Q2.** Sachant que la grandeur à contrôler est la vitesse de rotation du télescope sur ses deux axes, sur quelle grandeur d'entrée des moteurs faut-il agir ?
- Q3.** Quelle est l'influence d'une action sur le couple résistant du moteur ?
- Q4.** Compléter le tableau ( $R = 7,1\Omega$  et  $K = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{ V.s.rad}^{-1}$ )

	Tension d'alimentation U	Courant moteur I	Vitesse moteur $\Omega$	Commentaire
Moteur à vide	6V	0,06A		
Moteur en charge	6V	0,4A		
Moteur en charge		0,4A	648 rad.s <sup>-1</sup>	On veut maintenir la vitesse à sa valeur à vide => il faut

### Conclusion :

- Q5.** Dans le cas d'un asservissement de vitesse pour moteur à courant continu, quelle grandeur le système doit-il mesurer et comment doit-il se comporter en cas de « perturbation » ?
- Q6.** A l'aide des fonctions génériques ci-dessous dessiner le schéma fonctionnel d'un système non asservi (en boucle ouverte) et celui d'un système asservi (en boucle fermée)



### Deuxième partie : Performances attendues

On veut conserver un objet céleste dans le champ du télescope pendant au moins deux heures. Pour simplifier l'étude on se place dans le cas d'une monture équatoriale.

- Q7.** Sachant que le rapport de réduction entre l'axe de sortie de l'embase et l'arbre du moteur d'azimut vaut  $1/12320$ , à quelle vitesse doit tourner ce moteur pour assurer le suivi d'un objet céleste ?
- Q8.** Sachant qu'un système de commande de moteur à courant continu en boucle ouverte permet de stabiliser la vitesse au mieux à  $\pm 5\%$  de la valeur de consigne, est-ce que la commande en boucle fermée est justifiée (on se place dans le cas de l'oculaire de distance focale 26mm fourni en standard) ?

Rappel : le champ réel d'observation est égal au champ apparent de l'oculaire (champ visuel) divisé par le grossissement.

## Ressources spécifiques

### Moteurs à courant continu

### SPECIFICATIONS TECHNIQUES

		12V
Tension d'alimentation (Ua)	V	12
Vitesse au courant In	tr/mn	8572
Couple au courant In	mNm	4
Courant max permanent (In)	mA	620
Vitesse à vide à Ua à +/- 10%	tr/mn	12232
Courant à vide à +/- 50%	mA	92
Couple de démarrage à Ua	mNm	13
Courant de démarrage à Ua	mA	1691
Constante de couple	mNm/A	8.6
Constante de vitesse	tr/mn/V	1108
Pente vitesse/couple	tr/mn/mNm	915
Vitesse limite	tr/mn	15000
Puissance utile max. à Ua	W	4.3
Rendement maximum	%	53
Constante de temps électromécanique	ms	24
Inertie	gcm <sup>2</sup>	3.5
Résistance aux bornes	Ohm	7.1
Inductivité	mH	5.3

### Oculaires Super-Plössl

#### Oculaires Super-Plössl de la série 4000

Avec leurs excellents traitements antireflets et la bonne acuité qu'ils proposent jusqu'au bord du champ de vision, ce sont des oculaires de premier choix même pour des télescopes de grands diamètres.

- Construction à 4 éléments.
- Champ visuel de 52°.
- Bonnettes caoutchouc et relief d'œil de grand diamètre.



Disponible comme:

- 6,4mm Super-Plössl (31,75mm)
- 9,7mm Super-Plössl (31,75mm)
- 12,4mm Super-Plössl (31,75mm)
- 15mm Super-Plössl (31,75mm)
- 20mm Super-Plössl (31,75mm)
- 28mm Super-Plössl (31,75mm)
- 32mm Super-Plössl (31,75mm)
- 40mm Super-Plössl (31,75mm)
- 56mm Super-Plössl (50,8mm)

### Réducteur de vitesse azimut

Rapport de réduction : Nembase mobile/ Nmoteur = 1/12320