

## IMAGES NUMÉRIQUES ET ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE

Francis BERTHOMIEU

Quand le hasard des conversations nous amène à évoquer les « sciences physiques », on entend souvent jeunes et moins jeunes avouer, sans honte heureusement, qu'ils n'y ont « jamais rien compris ». La plupart d'entre eux pourtant « auraient aimé » comprendre ces « mystères ».

Si l'on parle d'astronomie, les avis sont similaires... à cela près que beaucoup de nos interlocuteurs ont une solide (dé)formation ... astrologique ! C'est en effet dans ce cadre que leur est le plus souvent apparue la merveilleuse ronde des étoiles et des planètes !

Comment, en tant qu'enseignant de physique, ne pas se sentir responsable de ce triste état de fait ? Comment ne pas avoir envie, sur un sujet aussi motivant que les astres, de faire découvrir et pratiquer aux élèves de tous âges une rigoureuse démarche scientifique ? N'est-ce pas là un excellent moyen d'éveiller leur esprit critique et de tenter de les mettre à l'abri des charlatans ?

L'expérience mérite d'être tentée : les nouveaux programmes scientifiques, du collège au lycée, ouvrent aujourd'hui leurs portes à l'astronomie, cette mère incontestée de toutes les sciences. C'est avec elle qu'est née la Physique, par elle qu'est née la démarche scientifique, pour elle que les Grecs ont introduit l'outil mathématique... Observer, décrire, mesurer, modéliser, prévoir et maîtriser le cosmos : voilà l'histoire de la réalisation progressive de l'un des plus vieux rêves de l'humanité !

Mais alors, pourquoi cette science avait-elle si durablement échappé aux programmes scientifiques, laissant le champ libre aux obscurantismes de tous ordres qui n'hésitent jamais à occuper un tel terrain ? Il est assez instructif d'enquêter auprès d'élèves « scientifiques » de Lycée : Tous connaissent parfaitement les « signes du Zodiaque » ; la plupart admettent sans sourciller leurs influences majeures sur l'avenir, ou sur la personnalité des individus... alors qu'ils confondent allègrement

phases de la Lune et éclipses, ignorent souvent que l'on peut voir les satellites de Jupiter avec les plus ordinaires des jumelles, affirment que s'il fait chaud en été, c'est parce que le Soleil est plus proche de la Terre...

Si l'observation est restée pratique courante (et maint instituteur a fort heureusement continué à faire découvrir les astres qui nous entourent), il est selon moi une raison majeure qui a fait souvent bannir de l'enseignement secondaire une initiation à l'astronomie : c'est la grande complexité des concepts mathématiques indispensables. Comment parler de repérage dans l'univers sans utiliser la trigonométrie sphérique ? Comment aborder la mesure sans instrumentation complexe ? Comment valider des modèles qui mettent en relation un nombre trop grand de paramètres ?

Ce sont là désormais des questions auxquelles l'avènement de l'informatique peut répondre avec une stupéfiante facilité !

### **OBSERVER POUR DÉCRIRE...**

L'observation de mouvements en laboratoire ne pose généralement pas de problème délicat : On a depuis longtemps trouvé les moyens d'analyser finement les positions des mobiles classiques pour des durées très courtes.

Il n'en est pas de même dans le domaine astronomique, où l'évolution des astres est toujours extrêmement lente : Rares sont sans doute ceux qui ont vraiment suivi de leurs yeux la « rétrogradation » d'une planète. Il faut certes consacrer peu de temps à chaque observation (quelques minutes suffisent) mais il faut être particulièrement motivé pour poursuivre une telle observation pendant plusieurs mois, surtout lorsque les cieux, couverts de nuages ou noyés de lumière artificielle, privent nos yeux du vrai spectacle qu'est la vraie nuit. L'arrivée dans les programmes de physique (1° S et TS) de ce type d'étude laisse plus d'un enseignant perplexe : l'aspect observationnel est souvent totalement escamoté et l'expérimentation se limite alors à des constructions géométriques très (trop ?) simplifiées.

Diverses solutions sont souvent préconisées :

- La visite d'un planétarium peut être convaincante, mais qui envisagera d'y effectuer des mesures ?

- Certains préfèrent l'usage de logiciels performants d'éphémérides qui reconstituent l'aspect du ciel à toute date, et effectuent sur les cartes obtenues des vérifications... de la qualité des modèles mathématiques que le programmeur a introduits !

- La photographie est un moyen élégant de concentrer en quelques minutes l'observation trop longue du phénomène. Les élèves se rendent parfaitement compte du mouvement de la planète et peuvent, à l'aide de quelques étoiles-repères, construire la trajectoire apparente et se convaincre de l'aspect "bouclé" de celle-ci... Mais l'exploitation ne peut guère aller plus loin, restant essentiellement qualitative. La difficulté des mesures de coordonnées peut être levée en projetant les diapositives sur une carte du ciel représentant la région d'observation, et comportant les graduations nécessaires : il n'est hélas pas si simple de se procurer un tel document, et les coordonnées généralement disponibles sont les coordonnées équatoriales ! Les mouvements planétaires ne devenant simples que s'il sont décrits en coordonnées écliptiques, il est alors nécessaire de se livrer à des calculs de conversion trop délicats pour un élève de première...

## DÉCRIRE POUR MESURER...

Le problème cesse d'en être un si l'on envisage une utilisation nouvelle de l'outil informatique : Les photographies prises lors d'une rétrogradation de la planète Mars (celle de l'hiver 1990-91 en l'occurrence <sup>1</sup>), ont été numérisées et intégrées à un logiciel spécifique <sup>2</sup>. Il est alors permis de repérer pas à pas les positions de la planète parmi les étoiles de la constellation du Taureau <sup>3</sup>. Chaque saisie, effectuée avec la souris, est immédiatement suivie d'un report rigoureux de la position sur une carte construite de façon à reproduire avec exactitude l'aspect du ciel, tel qu'il est fixé sur la pellicule avec un objectif photographique. Notons que la carte affichée à l'écran est graduée en coordonnées équatoriales OU écliptiques mais que le choix des unes ou des autres incombe à l'élève... Ses relevés de positions le convaincront sans peine de

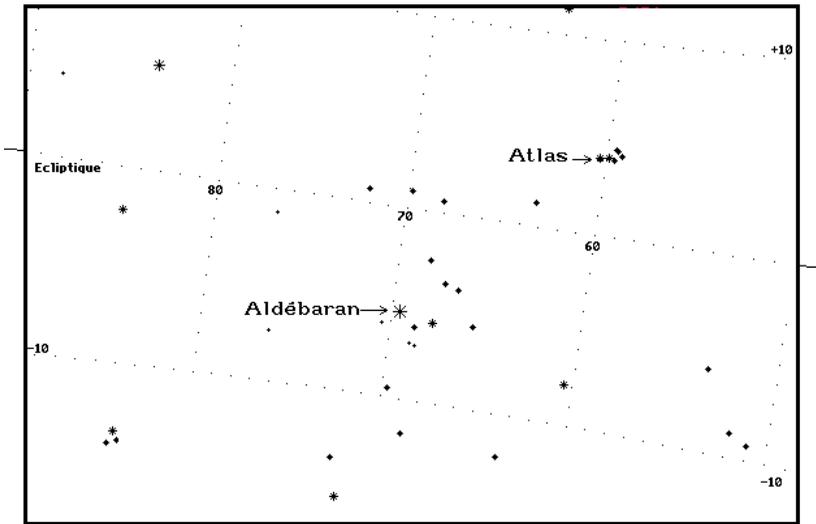
---

1 Il s'agit des diapositives de D.Toussaint, diffusées par le CLEA : « rétrogradation de Mars ». Contact : Gilbert WALUSINSKI 26, Bérengère 92210 St Cloud.

2 J'ai été amené à mettre au point un logiciel « INF'ASTRO » que je tiens à disposition de tous ceux qui souhaitent tester cette méthode, contre 20 F en timbres poste pour frais de duplication et d'expédition.

3 L'application « MARS » d'« INF'ASTRO » permet d'afficher à l'écran les images numérisées des diapositives de la « Rétrogradation de Mars ».

la pertinence du choix des coordonnées écliptiques pour le problème étudié ! Faut-il souligner que nous avons ainsi « shunté » le délicat problème de la conversion de coordonnées, faisant appel à la trop délicate trigonométrie sphérique ? La précision atteinte est satisfaisante : un peu de soin permet d'atteindre le dixième de degré. Soyons bien assurés que l'on ne fit pas mieux jusqu'à Tycho BRAHE, qui fut sans doute le premier à concevoir des instruments capables d'apprécier la minute d'arc ! Il ne reste plus qu'à MESURER sur l'écran de l'ordinateur, avec tout le soin nécessaire, les coordonnées (longitude et latitude écliptiques géocentriques) des positions successives de la planète Mars aux dates des différentes photos <sup>4</sup>.



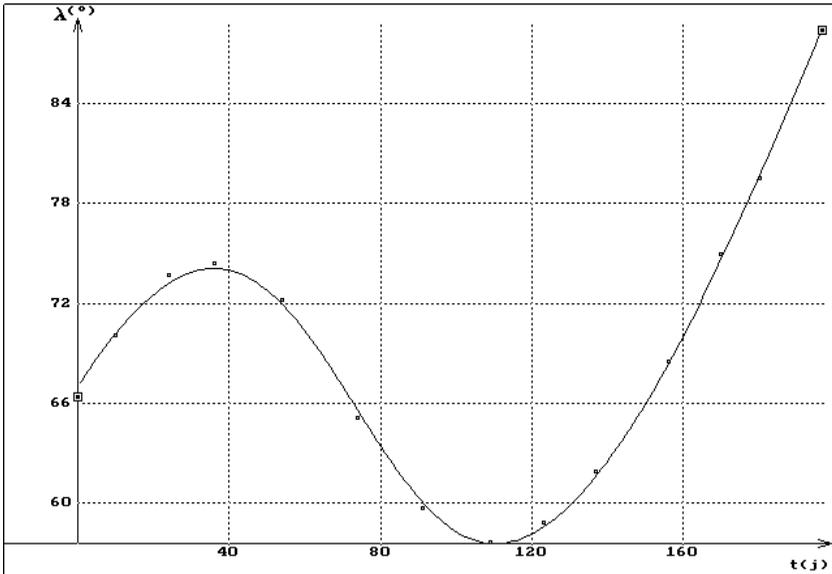
### MESURER POUR MODÉLISER...

En transférant ces valeurs numériques dans un tableur approprié, il est alors facile de montrer, avec une précision tout à fait satisfaisante, la validité des modèles (cinématiquement équivalents) de Ptolémée et de Copernic... On trouvera ci-dessous le graphique mettant en évidence l'excellente adéquation que l'on peut établir entre les mesures réalisées à partir des 14 photos numérisées et le modèle mathématique équivalent, identique pour Copernic ou Ptolémée... <sup>5</sup> Il est intéressant de noter que

<sup>4</sup> « RETROGRADATION » permet de réaliser ces relevés et ces mesures.

<sup>5</sup> Pour le détail du traitement voir « les cahiers Clairaut » bulletin du CLEA nos 69-70-71-« Mars sur orbite ».

nous avons rarement l'occasion en TP de sciences physiques d'obtenir une aussi bonne adéquation du modèle aux mesures !



## MODÉLISER POUR PRÉVOIR...

Nous pouvons assister maintenant à la rencontre historique de deux grands esprits, PTOLEMEE et COPERNIC, concepteurs de modèles qui, en dépit de tout ce que l'on peut entendre parfois, sont cinématiquement équivalents.

« Un schéma animé vaut mieux qu'un long discours » ... <sup>6</sup>

Sur l'écran de l'ordinateur, l'élève OBSERVE deux triangles en mouvement. Il constate leur égalité et leur déformation simultanée. Il note que deux des trois côtés ont une longueur constante... alors que celle du troisième côté varie. Il remarque enfin que l'un des sommets est immobile pour chacun des deux triangles... mais que ce n'est pas le même. Le professeur se tait....Une discussion entre les groupes peut s'ouvrir, et un « clic » libère le tracé des trajectoires des 6 sommets des

<sup>6</sup> « PTOLEMEE » anime sous vos yeux diverses planètes fictives, en « mouvements uniformes », qu'elles soient intérieures ou extérieures. ELLES obéissent cependant à la 3<sup>e</sup> loi de KEPLER...

triangles ! Il faut savoir alors détecter dans les regards qui s'allument la joie d'avoir COMPRIS sans explications un phénomène difficile : le Soleil « S », la Terre « T » et Mars « M » s'incrument mentalement sur l'image animée... et la compréhension en termes de « référentiels » de la rétrogradation d'une planète est pratiquement déclenchée !

C'est toute la puissance de l'image et de l'interactivité : les discussions entre élèves et avec le professeur se font beaucoup plus passionnées qu'à l'accoutumée. L'attention est beaucoup plus soutenue. Pour utiliser un mot à la mode, la « motivation » est au rendez-vous...

De multiples applications de ce genre peuvent être facilement conçues et mises à la disposition des élèves et des enseignants : l'astronomie, avec son attractivité particulière se prête particulièrement bien à une rénovation des pratiques pédagogiques. Bien d'autres domaines restent évidemment à explorer, dans toutes les disciplines. Et il ne tient qu'à nous, enseignants, de promouvoir dans nos classes l'usage de ces nouveaux outils...

Francis Berthomieu  
Professeur de Sciences Physiques  
Lycée Jean Moulin, Place de la Paix  
83300 Draguignan