

L'ASTRONOMIE SUR UN ECRAN D'ORDINATEUR

Jan Dunin-Borkowski

Département "Enseignement Assisté par Ordinateur", Varsovie

Il est communément admis que les ordinateurs peuvent jouer un rôle très important dans l'enseignement. Cependant, ils sont trop souvent utilisés de façon très primitive, comme un tableau noir électronique ou comme appareil à tourner les pages. Cela reflète l'idée traditionnelle qu'on se fait de l'enseignement, c'est à dire transmettre une somme de connaissances. Dans ce cas, "l'ordinateur programme les étudiants plutôt qu'il ne développe leur créativité et leur autonomie."(1) A l'heure actuelle, on ressent très fortement la nécessité d'une approche heuristique (*) et investigatrice ayant pour objectif le développement de la capacité de penser et de remettre en question.

L'ouvrage classique édité par Robert Taylor (2) discute les applications possibles de l'ordinateur en définissant trois rôles: être un tuteur, un outil, un apprenant ("Tutor, Tool, Tutee"). Bien que la discussion ne mette l'accent sur aucun de ces aspects en particulier, l'évolution constatée au cours de la dernière décennie semble claire. "L'objectif principal de l'enseignement est de montrer aux gens comment réussir [...] à maîtriser leur destinée."(3). Les ordinateurs sont particulièrement appropriés à cet objectif, grâce à leur aptitude à gérer et à maîtriser l'information. Plusieurs auteurs recommandent donc de les utiliser surtout comme un outil. A.Luehrman soutient qu'il faut non seulement enseigner avec l'ordinateur mais aussi apprendre à utiliser ce puissant outil intellectuel (4). Ainsi il existe un besoin, et une chance d'infléchir les stratégies et la problématique de façon à faire une plus grande place à la curiosité et à l'investigation (5).

Pour utiliser l'ordinateur à l'école de façon positive, il faut définir un certain nombre de lignes directrices fondées sur la réflexion pédagogique et une analyse soignée de ses possibilités matérielles et logicielles. L'application pédagogique devrait se développer à partir des besoins éducationnels et des capacités de l'ordinateur.

Les outils les plus puissants et les plus prometteurs sont probablement les programmes de modélisation à structure modulaire. La modélisation a toujours eu une grande valeur éducative, car la démarche ressemble beaucoup à la remise en question typique de la démarche scientifique. En fait, la vision scientifique que l'on a du monde est un ensemble de modèles. C'est ainsi que l'être humain explore le Réel. Un modèle est une "image animée" d'un phénomène qui en représente les mécanismes internes. On peut aussi dire que le modèle représente la structure des éléments du système dans lequel se produit le phénomène et leurs relations réciproques. De ce point de vue, n'importe quel programme informatique est un modèle. C'est pour cette raison que l'ordinateur se prête admirablement bien à la modélisation. Un pas en avant considérable a été accompli récemment avec le développement de nombreux systèmes nouveaux de modélisation (7). Afin de les améliorer encore, il est nécessaire d'en étudier les caractères, en écartant les sujets trop spécifiques (8).

(*) heuristique: qui conduit à la découverte. Une démarche heuristique est une démarche dans laquelle on guide l'apprenant vers ce qu'il doit découvrir par lui-même, plutôt que de lui livrer cette connaissance par un exposé magistral (NdT).

Lorsqu'on fait fonctionner un modèle, il y a simulation du phénomène représenté. La simulation est équivalente à une perspective extérieure au système et qui imite la réalité. La valeur pédagogique d'une simulation informatique dépend de l'objectif qu'on s'est donné. On peut distinguer deux types de simulations: les animations (simulations évolutives) et les simulations à caractère heuristique. Une approche éducative créative exige que l'on sollicite le raisonnement et la discussion. Le recours à la simulation est donc fécond chaque fois que l'on suppose connu le modèle sous-jacent, mais il n'est pas facile de prévoir le résultat final d'une telle démarche. Le but que l'on se propose d'atteindre devrait donc être soigneusement défini dès lors qu'on recourt à une simulation évolutive.

Voyons maintenant comment ces considérations générales peuvent s'appliquer en pratique à l'élaboration d'un module d'enseignement. Tout d'abord, l'objectif pédagogique d'un module doit être clairement formulé. L'astronomie a donné naissance à de nombreux modèles physiques. Le plus simple de ces modèles mais aussi le plus révolutionnaire est celui de la gravitation. On verra plus loin comment utiliser l'ordinateur pour passer de l'image qu'on se fait du ciel à la théorie de la gravitation.

Les logiciels de représentation du ciel, en fait de simples cartes informatiques du ciel (simulation d'un planétarium) sont très populaires. Bien que de tels programmes ne peuvent directement inciter l'étudiant à des inférences de type heuristique, ils possèdent évidemment une qualité opératoire: ils sont une initiation à l'observation du ciel. On peut aussi les traiter comme des bases de données spécialisées. Toutefois, pour en tirer tout le profit possible, il faut aller plus loin. En examinant différents programmes de ce genre, on constate aisément combien ils sont inconséquents. Au lieu d'inciter à des déductions de type heuristique, le programme saute d'un sujet à l'autre, avec comme objectif l'illustration ce que les étudiants doivent se mettre dans la tête! Les plus simples ne sont guère plus qu'une image du ciel nocturne. Ils peuvent servir de toute façon d'introduction à l'observation du ciel en aidant à identifier les étoiles et les constellations. Les programmes plus sophistiqués permettent de reconnaître les "astres errants" dans la mesure où ils comprennent des éphémérides. Cependant, ils ne cherchent généralement pas à présenter les données d'observation sous une forme propice à la construction un modèle.

Le logiciel "Planets in the Classroom" conçu et commercialisé par David Chandler (1) est une exception notable. Il est conçu selon la stratégie éducative du Harvard Project Physics Course (11), et cela n'est sûrement pas un hasard. Le programme démarre sur une simulation à partir de données d'observation puis permet à l'utilisateur de voir les mouvements des planètes selon différentes perspectives. Il montre clairement comment ces mouvements peuvent être décrits différemment selon le référentiel qu'on se donne. Puis il montre les positions planétaires sous la forme d'un calendrier graphique "position en fonction du temps". On peut déterminer la forme réelle de l'orbite à partir de ce diagramme. Et c'est bien d'une démarche analogue que naquit le modèle d'un Nouvel Univers. Le modèle héliocentrique créé par Copernic puis amélioré par Kepler fut pour Newton la pierre de fondation sur laquelle il bâtit son modèle de la gravitation universelle. C'était en fait l'aube d'une nouvelle manière de penser et d'une nouvelle approche. C'était la fameuse Synthèse Newtonienne et, pour la première fois, l'être humain avait l'audace d'appliquer les règles de la physique terrestre aux choses du ciel.

Plusieurs stratégies sont possibles pour enseigner la gravité (12). Mais tout raisonnement physique devrait partir de l'observation et de l'expérience. On peut utiliser l'ordinateur pour maîtriser les conditions de l'expérience,

pour analyser les données expérimentales, mais non pour remplacer l'expérience elle-même. Le modèle jaillit de l'intuition et du raisonnement stimulés par les résultats fournis par l'observation. Alors seulement le modèle peut être entré dans la machine puis vérifié en confrontant les résultats obtenus par la simulation avec des observations réelles. Dans ce but, on peut se servir de divers programmes modulaires. L'accord entre la structure du système solaire générée par l'ordinateur et les données astronomiques vérifie alors ce modèle.

Les programmes de modélisation offrent la possibilité d'investigations plus poussées. En faisant varier de façon périodique la vitesse radiale, on peut simuler puis explorer le problème des perturbations des orbites et de leur stabilité. On peut étudier les conséquences d'une légère modification des lois de la gravitation, telles qu'elles sont prédites par la théorie de la relativité généralisée. Tout cela débouche sur la précession de l'orbite de Mercure.

En résumé, les ordinateurs offrent un moyen extrêmement puissant de simuler les phénomènes astronomiques. Pour développer l'intelligence, il est souhaitable d'utiliser surtout des simulations à caractère fortement heuristique afin de stimuler le raisonnement et la discussion, faute de quoi on ne développera que des aptitudes opératoires. L'étape suivante, encore plus importante, consiste à utiliser les données observationnelles pour déduire, vérifier et modifier les modèles physiques. Pour atteindre ces objectifs, les modèles informatiques sont irremplaçables.

REFERENCES:

- (1) E.F. Redish, Curriculum - Physics: The Computer, in EDUCOM Review, 24, Printemps 1989
- (2) The Computer in the School: Tutor, Tool, Tutee, Robert Taylor (Ed.), Teachers College, Columbia University, New York, 1980
- (3) T. Dwyer, in The Computer in the School, *ibid.*, p.88
- (4) A. Luehrman, in The Computer in the School, *ibid.*, p.133
- (5) J.Dunin-Borkowski, Mikrocomputery a styl nauczania, III Krajowa Konferencja "Informatyka w szkole", p.38, Wałbrzych, 1987
- (6) E.F.Taylor, Comparison of Different Uses of Computers in Teaching Physics, Proc. of Intern. Conf. on Trends in Physics Education, s.108, Tokyo, 1986
- (7) J.Ogborn; New Technologies in the Classroom, *ibid.*, p.42
M.Cox, the Integrated Modelling Project, Centre for Educational Study, King's College, London, 1989
- (8) J.Dunin-Borkowski, Computer Models in Teaching Physics, Proc. of Euro-physics Study Conference, Gdansk, 1989 (in press)
- (9) A.Mazurkiewicz, "Niebo", Computer program for IBM-PC, Warszawa, 1989, 1990
- (10) "Planets in the Classroom", software package and teaching guide, David Chandler Co., La Verne, California, 1989
- (11) F.J.Rutherford, G.Holton, F.G.Watson, Harvard Project Physics, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1970
- (12) J.Dunin-Borkowski, J.Peters-Maszkiewicz, Motion in Space and Micro-computers, Proc. of Intern. Conf. Girep'86 "COSMOS - an Educational Challenge", p.433, Copenhagen, 1986
- (13) R.M.Eisberg, L.S.Lerner, Physics - Foundations and Applications, McGraw-Hill Inc., 1981

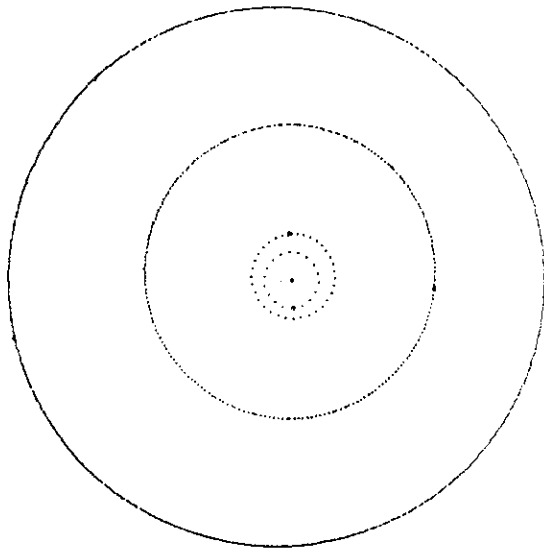


Fig.2: Orbites de la Terre, de Mars, de Jupiter et de Saturne selon une perspective héliocentrique.

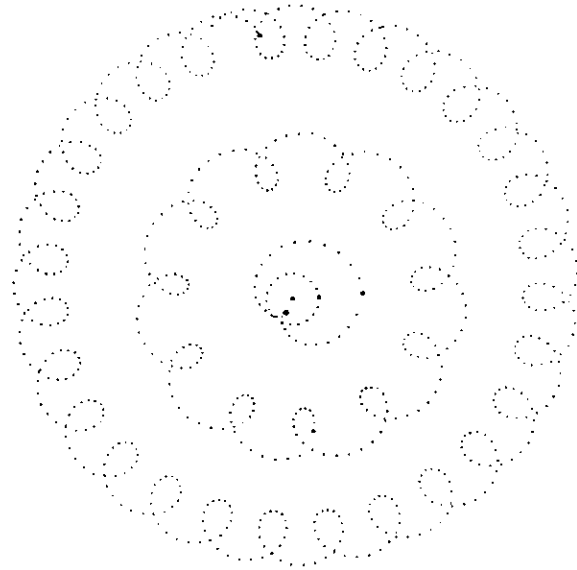


Fig.3: Les mêmes orbites selon une perspective géocentrique.

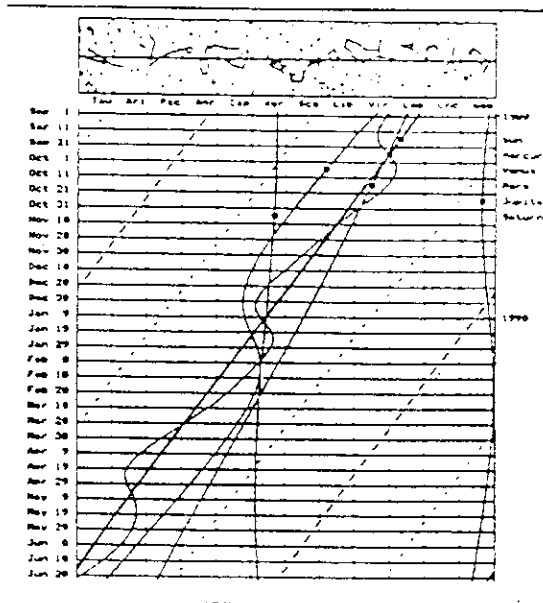


Fig.4: Calendrier graphique rapporté au Zodiaque. La ligne en trait appuyé traversant le diagramme en diagonale représente le Soleil. Chaque courbe représente une planète. On peut lire sa position dans le Zodiaque à une date quelconque en traçant la verticale correspondante.

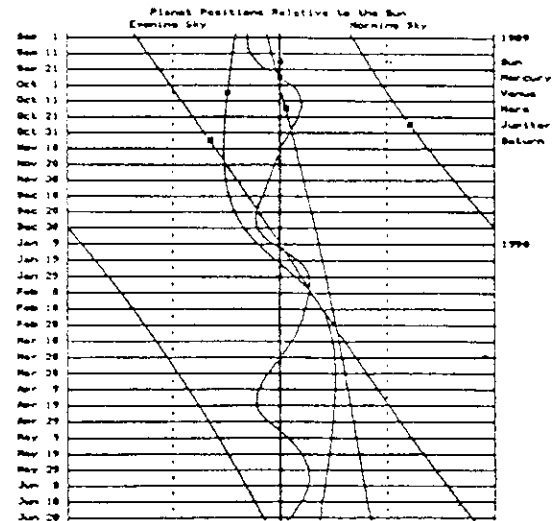


Fig.5: Le même calendrier graphique mais rapporté au Soleil. La ligne verticale en trait appuyé figure le Soleil. Les positions des planètes sont rapportées au Soleil. Comparer les positions relatives des planètes à différentes dates avec les représentations correspondantes de la fig.4 ci-contre.

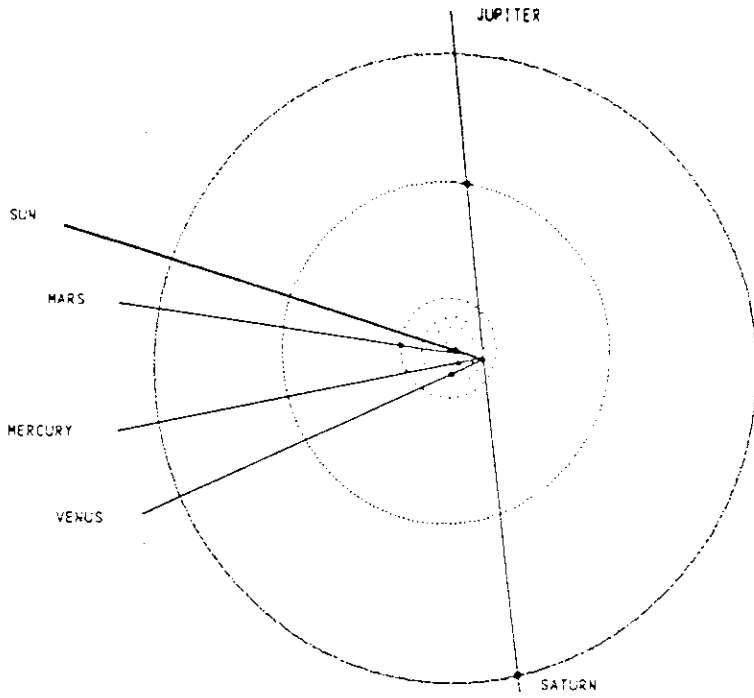


Fig.6: les flèches représentent les lignes de visée reliant la Terre au Soleil et aux autres planètes. Positions pour le 1989 SEP 10. Comparer avec la fig.7.

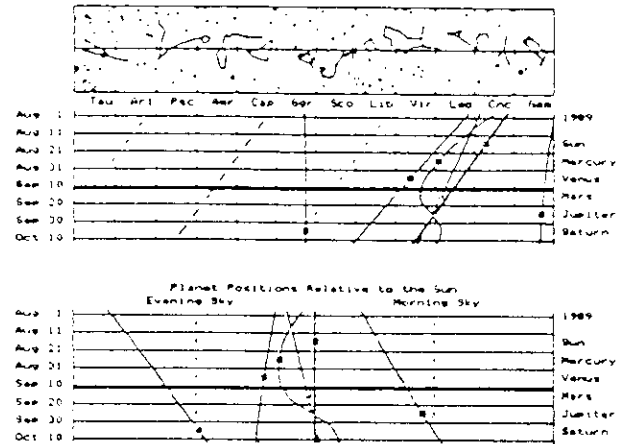


Fig.7: Les positions figurées sur la carte correspondent aux positions héliocentriques de la fig.6.

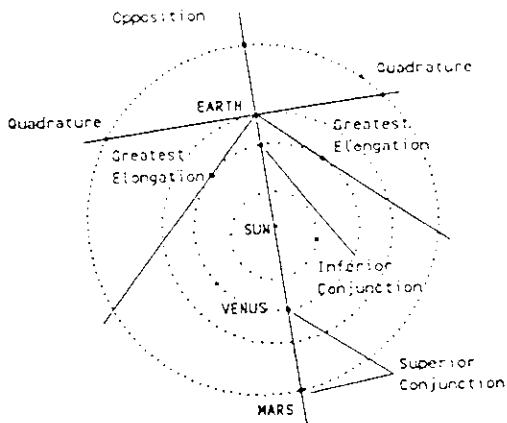


Fig.8: Aspects planétaires de Vénus et de Mars.

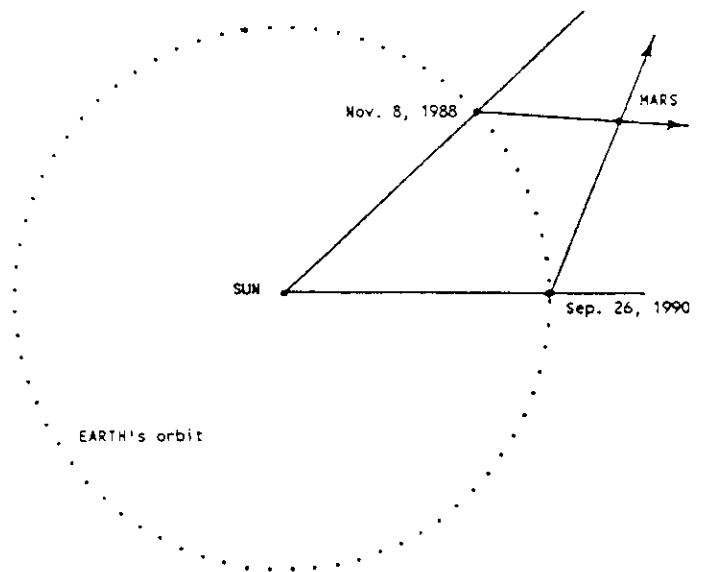


Fig.9: Comment repérer un point sur l'orbite de Mars.