

LA FICTION POUR ASSOCIER ENSEIGNEMENT DE L'ASTRONOMIE ET CELUI DE LA RELATIVITÉ DU MOUVEMENT : RAHAN ET LE SECRET DU SOLEIL

Estelle Blanquet, maître de conférences en sciences de l'éducation à l'INSPE de l'académie de Bordeaux (université de Bordeaux) et agrégée de physique

L'auteure initie les futurs professeurs à la démarche d'investigation. Ses recherches en didactique des sciences portent sur l'appropriation de critères de scientificité pour la science scolaire par les jeunes élèves de maternelle et leurs enseignants. Elle s'intéresse également aux usages pédagogiques de la science-fiction et de la bande dessinée. Cet article présente une séquence réalisée avec de jeunes élèves et des enseignants du primaire sous la forme d'un retour d'expérience. Basée sur la bande dessinée Le Secret du Soleil et mettant en scène Rahan, le fils des âges farouches, elle a pour objectif de les initier à l'astronomie (Terre/Soleil) et à la relativité du mouvement tout en les conduisant à réfléchir à ce que signifie modéliser en sciences.

C'est à une écrasante majorité, de l'ordre de 95 %, que non seulement les enseignants du primaire mais également les bacheliers sortant des filières scientifiques apparaissent coperniciens (Blanquet & Picholle, 2021). Ils associent en effet généralement l'alternance du jour et de la nuit à la rotation de la Terre sur elle-même (même si la confusion existe parfois avec la révolution de la Terre autour du Soleil).

À une personne qui justifierait l'observation personnelle du déplacement de l'ombre d'un bâton planté dans le sol au cours d'une journée ensoleillée, « parce que le Soleil a bougé/s'est déplacé/a tourné », ils répondraient en masse que ce n'est pas le mouvement du Soleil, mais « évidemment » celui de la Terre qui est à l'origine du phénomène (Blanquet & Picholle, 2018). Certains manuels scolaires eux-mêmes n'hésitent d'ailleurs pas à qualifier « d'illusoire » ce mouvement « apparent » du Soleil.

Le paradigme copernicien est pourtant obsolète depuis près de quatre siècles. Accepter avec Galilée (et les physiciens actuels...) le principe de relativité du mouvement, c'est reconnaître l'égale légitimité de tous les points de vue (de tous les « référentiels ») : il n'est donc *a priori* ni plus, ni moins légitime de décrire le mouvement du Soleil du point de vue de l'enfant qui l'observe depuis la cour de récréation que de décrire le mouvement de la Terre du point de vue d'un observateur qui se placerait (à ses risques et périls) à la surface du Soleil pour l'observer d'un point de vue héliocentrique.

Plusieurs obstacles à l'acceptation du paradigme relativiste galiléen (et *a fortiori* einsteinien) ont été identifiés lors de précédentes études (Blanquet & Picholle, 2011 & 2018). Certains de ces obstacles sont classiques en mécanique — comme la nécessité de préciser un référentiel avant de décrire un mouvement (Saltiel, 1980) — ; d'autres sont d'ordre géométrique — on peut aussi bien rendre compte de l'alternance du jour et de la nuit en faisant tourner la Terre sur elle-même tout en gardant le Soleil fixe qu'en fixant la Terre et en faisant tourner le Soleil autour d'elle — ou encore de nature métaphysique, comme l'acceptation de l'égale légitimité de différents référentiels.

Comment dépasser les obstacles épistémologiques responsables de cette situation ?

Au plus fort de la querelle copernicienne, l'astronome Johannes Kepler avait entrepris d'exploiter l'effet de dépaysement induit par la fiction (tel qu'il sera bien plus tard analysé par les théoriciens de la science-fiction, comme Darko Suvin, 1977) : pour légitimer les points de vue non géocentriques, il évitait soigneusement celui, sans doute trop polémique, d'un référentiel héliocentrique, mais s'appuyait sur un récit fictionnel, le *Somnium*, pour entraîner ses contemporains sur la Lune et leur donner à voir la Terre fixe dans le ciel lunaire — c'est à dire, concrètement, à adopter un premier point de vue extra-terrestre.

C'est la même stratégie que j'ai adoptée, *mutatis mutandis*, pour convaincre élèves et enseignants de la légitimité du

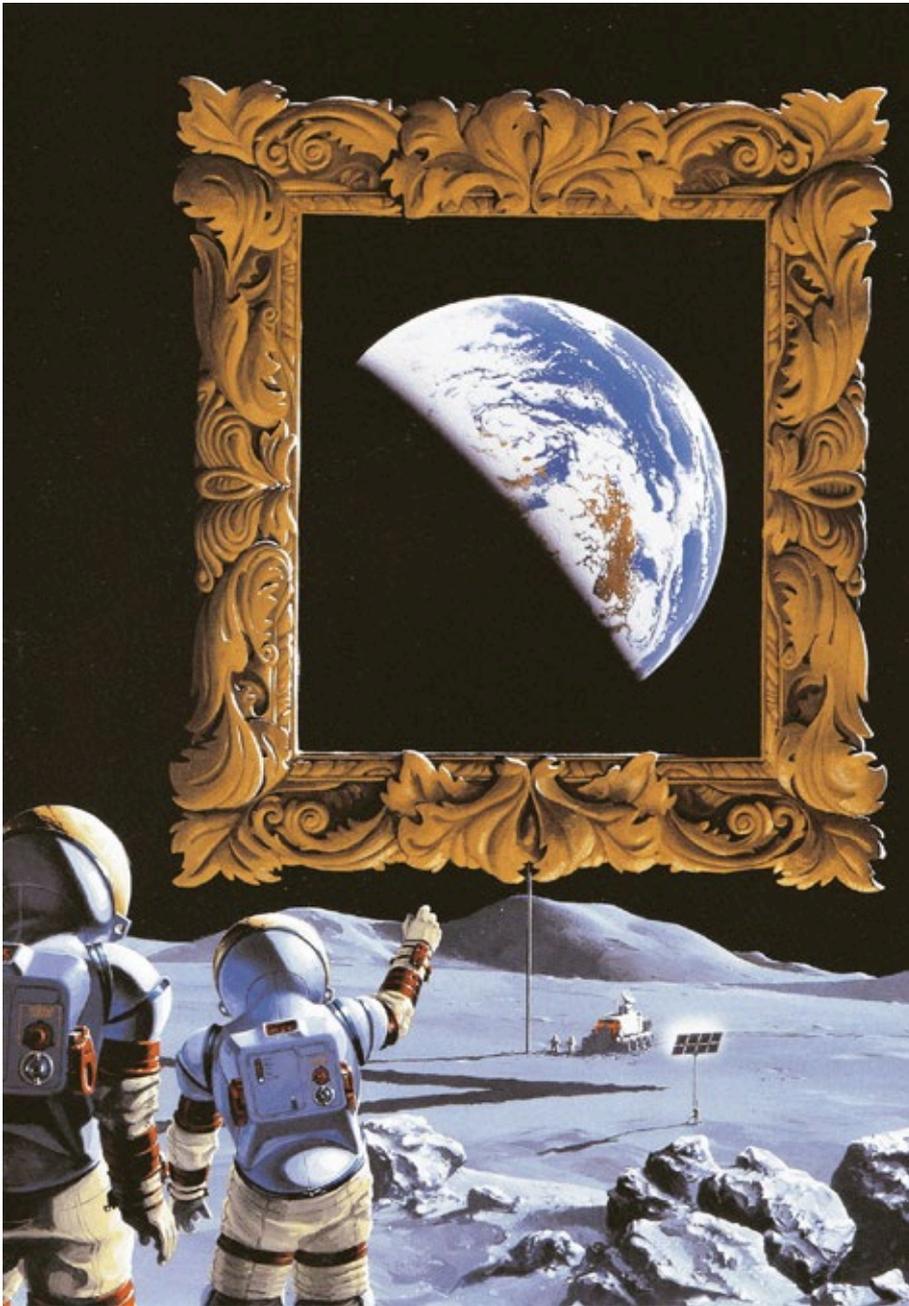


Fig.1. La Terre encadrée, Manchu, 1989.

point de vue terrestre. Pour cela, j'ai développé une première séquence basée sur une illustration de science-fiction (Blanquet, 2011b), *La Terre encadrée* de Manchu (Figure 1, 1989). Une fois acceptée l'égalité légitimité entre les points du vue terrestre et lunaire, il n'y a qu'un pas pour accepter l'égalité légitimité des points de vue terrestre et solaire.

Ce n'est évidemment pas si simple.

L'un des arguments fréquemment avancés par les participants est qu'une Terre fixe ne permet pas d'expliquer

certains phénomènes observables de la Terre, comme l'alternance jour/nuit ou le phénomène des saisons. S'il est en principe facile de les réfuter à l'aide d'un modèle analogique (typiquement une boule en polystyrène et une source de lumière), cette approche est parfois rebutante pour les élèves qui ont du mal à naviguer entre différents points de vue.

J'ai donc une nouvelle fois fait appel à la fiction, en l'occurrence une bande dessinée, *Le Secret du*

*Soleil*¹, dans laquelle Rahan s'appuie sur l'observation du haut d'une île de la course poursuite de deux pirogues pour en déduire un modèle analogique du mouvement du Soleil autour d'une Terre fixe.

Cette approche en démarche d'investigation a d'ores et déjà été testée aussi bien avec des élèves de CE2-CM2 qu'avec des enseignants des premier et second degrés en formation à l'INSPE de l'académie de Bordeaux². Tous ont apprécié de jouer avec la fiction et le défi consistant à « se mettre dans la tête de Rahan »³.

Après une présentation rapide de l'histoire, je ferai un retour d'expérience et décrirai plus en détail les difficultés rencontrées par les élèves et futurs enseignants pour parvenir à modéliser le phénomène et leurs réactions face à un modèle alternatif au pouvoir explicatif similaire à celui qu'ils connaissent (sans forcément l'avoir compris d'ailleurs).

Rahan et la course du Soleil

Le Secret du Soleil est le premier épisode de ce qui deviendra une des séries marquantes des années 1970, mettant en scène Rahan, le « fils des âges farouches ». Traumatisé dans son adolescence par la destruction de sa tribu lors d'une éruption volcanique nocturne, Rahan cherche la tanière du Dieu-Soleil pour le convaincre de toujours briller, convaincu que cela aurait suffi à sauver les siens.

Une chose l'agace profondément : chaque soir, il voit le Soleil se coucher *devant* lui et chaque matin, il le voit se lever *derrière* lui. Rahan avance donc chaque matin dos au Soleil dans un environnement où alternent forêts et déserts.

1 Référence BD

2 Article E. Rollin

3 Référence article Lecture d'images et estrangement cognitif

Il traverse finalement une grande étendue d'eau, ce qui lui permet d'observer complètement la course du Soleil au cours de la journée. Il atteint enfin une petite île circulaire dominée par une petite montagne. Il l'escalade, ce qui lui offre une vue à 360 degrés. Il observe alors la course de deux pirogues autour de l'île : la pirogue des « pourchassés » étant plus rapide que celle des « poursuivants », elle les rattrape et se retrouve paradoxalement derrière celle des poursuivants. Cela suscite chez Rahan « atterré » un éclair de compréhension : « *Le grand territoire des hommes et des bêtes serait donc semblable à cette terre ! Il serait rond comme un fruit et le Soleil tournerait autour sans jamais s'y poser !* ».

Exploitation de la BD et difficultés rencontrées

Si avec les jeunes élèves j'ai fait le choix de lire entièrement la BD, j'ai plutôt choisi de présenter quelques vignettes aux étudiants en racontant l'histoire (pour des raisons pratiques). Je me focaliserai ici sur l'approche utilisée avec les jeunes élèves. Une première étape consiste à s'assurer qu'ils ont compris l'histoire. Deux vignettes, dans lesquelles Rahan observe le Soleil se coucher devant lui et se lever derrière lui permettent

de poser les éléments du problème : « *Rahan ne tombera pas dans le piège* ».

Idéalement, les élèves ont pu observer préalablement le déplacement des ombres au cours de la journée et sont donc familiers avec le déplacement du Soleil dans le ciel.

Il m'est arrivé de travailler dans des classes en élémentaire où ce travail n'avait pas été réalisé (il a alors été fait *in situ*) et où certains élèves *refusaient* d'affirmer que le Soleil se déplace dans le ciel : le Soleil pour eux étant immobile et le mouvement de la Terre étant responsable du phénomène.

Il a alors été nécessaire d'insister pour leur faire admettre que ce qu'ils voyaient avec leurs yeux, tout comme Rahan, c'était bien le Soleil qui se déplaçait dans le ciel, la direction des ombres changeant au cours de la journée, les fenêtres de la classe éclairées étant les fenêtres opposées (coup de chance) entre le matin et l'après-midi.

Une fois ce constat accepté, il leur a fallu comprendre la nature du « piège » évoqué par Rahan. Choissant deux directions opposées dans la classe et leur attribuant la position des lever et coucher de Soleil, il a été demandé aux élèves d'indiquer au meneur de jeu de quel côté Rahan se dirigeait à son



Fig.3.

lever. Cela a soulevé des difficultés facilement été résolues par un dialogue entre les élèves.

Ceux-ci ont alors été invités à regarder de nouveau les vignettes décrivant la poursuite des pirogues. Des représentations de l'île, de la mer, des pirogues et de Rahan leur ont été fournies : charge à eux d'expliquer comment la pirogue des fuyards se retrouve derrière celle des pourchassants (figure 2). Là encore, le retour sur les images et le texte a permis d'éliminer les solutions consistant à passer sous l'île ou à faire doubler la pirogue des pourchassés par les pourchassants.

Les élèves étaient alors prêts à se « mettre dans la tête de Rahan » et à chercher à expliquer comment ce dernier en déduit que le Soleil tourne autour de la Terre. De nombreux groupes sont d'ailleurs spontanément passés à cette nouvelle exploration avec grand enthousiasme, sans que cela ne semble leur poser de difficulté particulière de faire tourner le Soleil autour de la Terre.

S'identifier à un personnage préhistorique semble leur avoir permis de suspendre leur jugement le temps de la modélisation, peut-être parce que ce Rahan était, lui, légitimement ignorant de ce que « tout le monde sait bien » aujourd'hui.

Avec des images représentant la Terre, le Soleil et Rahan, tous les groupes d'élèves sont parvenus à associer la pirogue pourchassée à Rahan, la pirogue des pourchassants au Soleil et l'île à la Terre (figure 3), quoique parfois au prix de quelques difficultés.



Fig.2.

Il est à noter que quelques élèves ont tenté de travailler non pas dans le plan de la table mais en faisant tourner le Soleil dans un plan perpendiculaire à celui de la table et en déplaçant Rahan non pas sur le bord de la Terre mais sur la Terre elle-même (ils ont convenu quand on le leur a suggéré que, dans le plan de la table, cela allait aussi bien).

Cette modélisation implique de commencer le récit par la fin de journée, quand Rahan voit le Soleil devant lui. La dernière étape

consistait pour les élèves à répéter l'alternance jour/nuit et donc à faire passer le Soleil « au-dessus » de Rahan pour reproduire à volonté le phénomène. Si cela n'a pas posé de problème particulier aux élèves du primaire (certains groupes ont néanmoins eu besoin d'un guidage par le meneur de jeu), cette situation a perturbé certains étudiants du supérieur, qui ont cherché à ce moment là à faire tourner la Terre sur elle-même (opération rapidement neutralisée par un rappel de ce que Rahan comprend du phénomène).

Une fois tous les participants d'accord sur la façon dont Rahan comprend le phénomène, un modèle 3D plus sophistiqué (figure 4) a été utilisé pour conforter le travail réalisé à plat.

Ce même modèle, manipulé par le meneur de jeu, a ensuite été utilisé en fixant cette fois le Soleil et en faisant tourner la Terre : dans les deux cas Rahan voit la même chose, certains élèves faisant remarquer que « c'est plus facile de comprendre quand on ne fait pas bouger la Terre ».



Fig.4.

Que faire quand deux modèles expliquent le même phénomène ?

Une fois que les participants sont d'accord sur l'idée que les deux modèles expliquent aussi bien l'un que l'autre ce que voit Rahan, plusieurs options sont possibles. J'en ai testé deux.

Pour les élèves de primaire, j'ai utilisé la dernière vignette de la BD, où l'on voit Rahan quitter l'île dans une pirogue et demandé aux élèves ce que voyaient, respectivement, Rahan et les habitants de l'île.

Pour ces derniers, c'est Rahan qui s'éloigne et devient de plus en plus petit, alors que pour Rahan, c'est l'île qui rapetisse à l'horizon. Cela m'a permis d'introduire la notion de point de vue et la nécessité pour décrire un mouvement de préciser celui que l'on choisit, et donc qui est l'observateur.

De même ils sont parvenus à la conclusion que du point de vue de Rahan, la proue de la pirogue ne se déplaçait pas, mais qu'il n'en allait pas de même pour les habitants de l'île. Ils ont alors convenu avec le meneur de jeu qu'il n'y avait pas une formulation plus correcte que l'autre.

Je suis ensuite revenue sur les deux modèles astronomiques. Pour un observateur situé sur Terre, c'est le Soleil qui se déplace dans le ciel, alors que pour un observateur situé sur le Soleil, la Terre tourne sur elle-même : nous avons affaire à deux points de vue différents. Une introduction à l'histoire de l'idées de relativité du mouvement leur a été finalement présentée (Aristote, Aristarque, Ptolémée, Copernic, Tycho Brahé, Galilée, Newton, Mach, Einstein).

Aux étudiants futurs enseignants du primaire et du secondaire, une

fois acquis que le modèle de Rahan expliquait ce que l'on observe vu de la Terre, il a été demandé ce qu'ils répondraient à une personne qui justifierait l'observation personnelle du déplacement de l'ombre d'un bâton planté dans le sol au cours d'une journée ensoleillée, « parce que le Soleil a bougé/s'est déplacé/a tourné ».

Bien que certains restent tout de même perturbés par la modélisation qu'ils viennent de réaliser, la grande majorité persiste à affirmer que c'est la Terre qui tourne *et non l'inverse*.

Le meneur de jeu les met alors face à leurs contradictions : comment peut-on affirmer que ce n'est pas le Soleil qui se déplace alors même qu'ils le voient et qu'ils viennent de développer un modèle expliquant le phénomène de cette façon ?

Après avoir rappelé la primauté de l'expérience en sciences, et que lorsque deux modèles expliquent un même phénomène, on ne peut en éliminer un d'un simple geste de la main, l'introduction du principe de relativité du mouvement permet de lever les tensions accumulées et le cours s'achève comme précédemment par une introduction à l'histoire de idées.

En guise de conclusion

Il reste délicat dans le cas des jeunes élèves d'évaluer dans quelle mesure le travail réalisé leur a permis effectivement d'intégrer le principe de relativité du mouvement. Ils ont à tout le moins réalisé plusieurs modélisations et découvert que plusieurs modèles pouvaient expliquer un même phénomène et qu'en science on donne la primauté à l'expérience, ce qui est en soi un apprentissage épistémologique important.

Une semaine après la mise en place de la séquence, un quart des élèves étaient capables d'utiliser la notion de point de vue dans leur réponse à une question où deux élèves leur demandaient de les départager, l'un affirmant après avoir vu l'ombre d'un bâton se déplacer au cours de la journée que c'est parce que le Soleil se déplaçait et l'autre que c'est parce que la Terre tournait sur elle-même.

En ce qui concerne les étudiants, immédiatement après la séquence et avec une introduction à l'histoire des idées faisant la part belle à la physique, ils acceptent très largement d'appliquer le principe de relativité dans le contexte Terre-Soleil. Quelques mois après, une proportion non négligeable des étudiants redevient en revanche copernicienne.

Changer de paradigme n'est jamais simple et c'est ce que l'on invite les participants à réaliser dans le cadre de cette séance. La résistance qu'ils y opposent est somme toute assez normale, même s'il est regrettable que près de 400 ans après que Galilée a formulé pour la première fois le principe de la relativité, il reste toujours aussi peu acceptable dans le contexte astronomique Terre-Soleil. Espérons que l'utilisation de la bande dessinée Rahan contribuera à faire évoluer la situation.

Références

Blanquet, E. & Picholle, É. (2021, soumis). Emergence Of Conformist Thinking Under Strong Paradigmatic Pressure: The Case Of (Galilean) Relativity. <https://arxiv.org/abs/1912.04110>

Blanquet, E. (2021, sous presse). Des pirogues comme le Soleil ? Points de vue et *estranement* visuel dans « Le Secret du Soleil » de Roger Lécureux & André Chéret. In Ph. Baryga, E. Blanquet et É. Picholle (dir.), *Lecture d'images et estrangement visuel*. Nice : éditions du Somnium.

Blanquet, E., Saulnier, M.-L., Picholle, É. (2021). Bande dessinée et illustrations de science-fiction : des outils pour former les professeurs des écoles en astronomie et développer leur compréhension du principe de relativité. In E. Rollinde (dir.), *Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone 2021*. Paris : éditions Le Manuscrit.

Blanquet, E., Baryga, Ph. & Picholle, É. (2019). *Le Secret du Soleil* : un pas de côté précopernicien avec Rahan. Science en récit, science en image. Angoulême, 15-17 mai 2019.

Blanquet, E. & Picholle, É. (2018). Démarche d'investigation, pédagogie frontale et principe d'autorité : l'exemple du système héliocentrique. *Recherches en Éducation*, n° 34, pp. 62-74. Dossier Éducation scientifique et émancipation, dir. Denise Orange. Accessible en ligne : <https://doi.org/10.4000/rec.1866>

Blanquet, E. & Picholle, É. (2011). Challenging pre-Galilean misconceptions through alternative visualizations. Actes de la Conférence ESERA, 5-9 septembre 2011, Lyon, France. Accessible sur le site Hal : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01352767>

Blanquet E. (2011). Astronomie et mouvements relatifs : sortir du cadre. In E. Blanquet & É. Picholle (dir.), *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour l'investigation ?* Nice : Somnium. pp. 149-177.

Chéret, A. & Lécureux, R. (2011). *L'Enfance de Rahan - Le Secret du Soleil – La Horde Folle*. Paris : Ed. Cobra. (première parution dans *Pif gadget*, n°1, avril 1969).

Manchu (2002). *Science (Fiction)*. Paris : Delcourt.

Saltiel, E. & Malgrange, J.-L. (1980). Spontaneous" ways of reasoning in elementary kinematics. *European Journal of Physics*, n°1, p.73-80.

Suvin, D. (1977). *Pour une poétique de la science-fiction*. Québec : Presses de l'univ. du Québec.