

La mesure du temps et la gravitation

13 décembre 2010

Cette action visait à sensibiliser les élèves aux problèmes concrets de la mesure du temps pour illustrer une des applications les plus spectaculaires, le GPS.

Un kit pédagogique¹ présentant différentes expériences pratiques a été utilisé avec la participation du CDI de l'établissement (Mme Navarro), d'enseignants de maths-physique (Mr. Costa) et de lettres-histoire (Mr Soave) et d'un astronome de l'Observatoire de Lyon (Mr. Paturel).

Les expériences étaient présentées en quatre postes de travail où les élèves venaient exercer, à tour de rôle, leur adresse expérimentale et leur sagacité par groupe de 2 ou 3. Voici la description de ces quatre postes expérimentaux.

La mesure du temps autrefois.

Le temps autrefois était mesuré par la rotation de la Terre sur elle-même. Mais ce temps s'est révélé irrégulier. Dans le kit pédagogique, une petite sphère céleste permet de faire comprendre ces mouvements apparents du Soleil.

Au passage les élèves ont pris conscience que le Soleil ne se lève pas toujours exactement à l'Est et qu'il ne se couche pas toujours exactement à l'Ouest. On explique aussi à l'aide d'une expérience simple l'effet de la rotation de la Terre sur les corps en mouvement à sa surface (expérience de Foucault).



La sphère céleste



Le Globe terrestre

¹ Réalisé par la Société Astronomique de Lyon, le Comité de Liaison Enseignants et Astronomes et le Service de Diffusion des Connaissances de l'Observatoire de Lyon, avec le financement de Sciences à l'Ecole



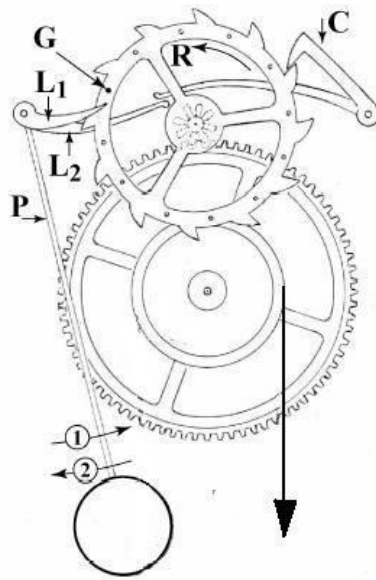
Illustration du pendule de Foucault.

La mesure physique du temps avec un "pendule"

Galilée a montré que la période d'oscillation d'un pendule dépend essentiellement de la longueur de celui-ci. Les élèves ont pu mettre en évidence cette loi et comprendre qu'elle était dépendante de l'attraction terrestre. Mais ils ont pu constater aussi que l'amplitude de l'oscillation intervient légèrement. L'application de cette loi s'est concrétisée dans le passé (et même encore aujourd'hui) par la réalisation d'horloges mécaniques.



Le pendule simple



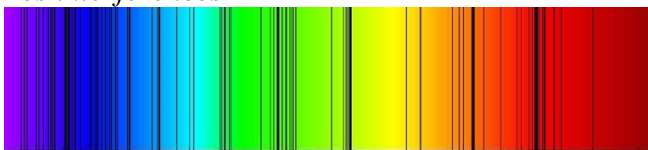
La pendule de Galilée et son mécanisme

Le temps atomique

Pour avoir une mesure du temps encore plus stable, on fait appel aujourd'hui à l'oscillation de la lumière. Les élèves ont pu mettre en évidence le caractère "ondulatoire" de la lumière. D'abord en réalisant très simplement des interférences, effet où deux faisceaux lumineux se combinent en donnant alternativement des zones claires et des zones sombres par addition et soustraction des ondes lumineuses. Les élèves ont pu constater qu'en décomposant la lumière avec un réseau optique (film comportant des centaines de stries par millimètre) la lumière d'un tube phosphorescent apparaît composée de plusieurs couleurs bien séparées qui chacune correspond à une période d'oscillation très précise et très stable. C'est cette propriété qui est mise à profit pour réaliser des horloges atomiques ultra stables.



Les interférences

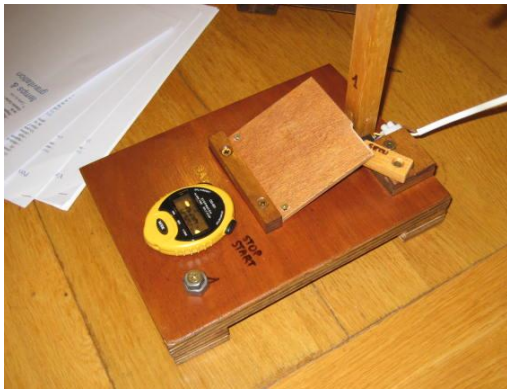


Les raies spectrales

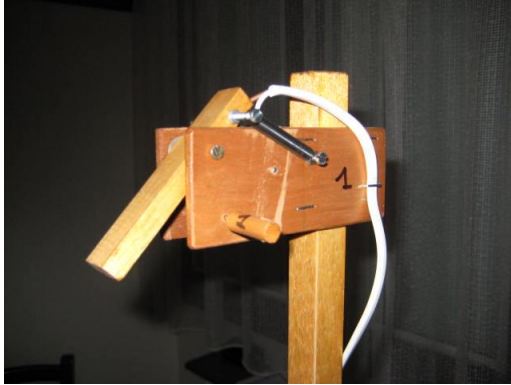
La gravitation

La gravitation est un phénomène universel qui est surtout connu par l'attraction que la Terre exerce sur tous les corps. L'étude de la loi de la chute des corps est faite avec un appareil simple qui permet de mesurer avec une précision du centième de seconde le temps de chute d'un objet. On montre que ce temps ne dépend pas de la masse de l'objet. Ce dépend augmente avec la hauteur de chute mais selon une loi qui n'est pas une simple loi de proportionnalité. Il faut que la hauteur de chute soit quatre fois plus grande pour que le temps soit multiplié par deux.

Au passage on montre un phénomène spectaculaire. Un aimant tombant dans un tube métallique est freiné par un phénomène ("courants de Foucault"). Ce phénomène est utilisé pour des freins de véhicules lourds.



Mesure très précise du temps de chute



Mécanisme du déclenchement de la chute

En conclusion

On explique que le GPS utilisé pour localiser une voiture fonctionne par la mesure très précise de la distance entre la voiture et plusieurs satellites de positions connues. Cette distance se mesure par le temps de parcours d'une onde lumineuse allant des satellites à la voiture. Le résultat le plus surprenant est qu'une correction est nécessaire pour prendre en compte le fait que la gravitation modifie le rythme du temps (effet de Relativité Générale). Les élèves sont invités à venir au Planétarium de Vaulx-en-Velin du 21 au 27 février 2011 pour voir pendant l'opération "Ouf d'Astro", l'expérience de Cavendish qui met en évidence l'attraction mutuelle de tous les corps.



L'expérience de Cavendish