L'atelier

« Les P'tits Scientifiques » et le ballon-sonde

Sandrine Argaud

Collège Louis-Pasteur - 09300 Lavelanet

L'atelier météorologique « Les P'tits Scientifiques » du collège Louis-Pasteur de Lavelanet fonctionne déjà depuis deux ans. Il est constitué d'une douzaine d'élèves des classes de 5^e à la 3^e, motivés tant par les sciences que par l'aspect pluridisciplinaire de l'atelier. L'an dernier, les élèves se sont investis dans la réalisation d'une petite station météo que nous avons placée dans la cours du collège. À la rentrée 2005-2006, les élèves de l'atelier, guidés par leurs professeurs, ont décidé d'approfondir les notions abordées l'année précédente concernant les grandeurs physiques utilisées en météorologie ainsi que les instruments de mesure associés. L'équipe de l'atelier est alors partie à la découverte de la pression, de la température, des précipitations, de la vitesse et de la direction du vent, de l'humidité de l'air... sans oublier de faire un petit tour dans l'histoire des sciences à la rencontre d'inventeurs de génie tels que Torricelli, Pascal, Celsius, Kelvin et tant d'autres encore ! Étant déjà devenus des « experts en herbe » en météorologie « terrestre », nos élèves ne voulaient pas en rester là et regardaient déjà vers le ciel, la tête remplie d'idées : si nous pouvions transporter notre station météo dans les airs, nous saurions alors si les mesures météorologiques en altitude sont les mêmes que celles faites avec notre station météo sur Terre... Ils se sont alors lancés un grand défi : lever le voile sur les mystères de notre atmosphère !

Photo 1 - Notre capteur de pression « mécanique » : la pression atmosphérique à l'altitude de Lavelanet (environ 300 m) correspond à une tension de 4,80 volts (cette tension sera mesurée par le Kiwi Millénium dans la nacelle).

Nos élèves se sont d'abord métamorphosés en petits « Sherlock Holmes ». Le premier indice a été bien évidemment les montgolfières. À partir de ce point de départ, ils ont reconstitué l'histoire des ballons :

- le premier aérostat à air chaud lancé en juin 1783 ;
- le premier vol habité d'un ballon à hydrogène en décembre 1783 par les physiciens Charles et Robert qui montent à plus de 3 500 m d'altitude et réalisent la première mesure altitude- pression à l'aide d'un baromètre embarqué à bord ;
- l'invention du ballon-sonde en 1892 par Gustave Hermite, dispositif simple qui évolue sans moteur ni combustible.

Dès 1899, les ballons-sondes lancés dans l'atmosphère atteignent jusqu'à 13 000 mètres d'altitude ;
- l'adjonction ultérieure d'un émetteur transmettant les mesures au fur et à mesure de leur ascension.

Il n'est désormais plus nécessaire de faire « voler » notre station météo : la solution se trouve dans la fabrication d'un ballon-sonde !

Le lancement du projet de fabrication de la nacelle d'un ballon-sonde en collaboration avec Planète Sciences et le Cnes (Centre national d'études spatiales) a eu lieu au mois de janvier. Nous

avons accueilli au collège deux animateurs de Planète Sciences (M. Bouchar et M. Lamotte) qui nous ont expliqué la constitution d'un ballon-sonde.

« Les P'tits Scientifiques » expliquent le fonctionnement d'un ballon-sonde, lors de la 3^e édition des Rencontres régionales des clubs météo (RCCM).

Le ballon en latex, de quelques micromètres d'épaisseur, est gonflé à l'hélium (gaz bien moins dangereux que l'hydrogène) et présente 2 mètres d'envergure au départ. Il monte jusqu'à 30 kilomètres d'altitude en 3 heures de temps. Il suit la direction du vent lors de cette ascension et parcourt en moyenne 100 kilomètres de distance (le record étant de 600 kilomètres !!). La chaîne de vol est munie d'un réflecteur radar afin de localiser le ballon à tout instant et éviter ainsi les collisions avec les avions circulant à 10 kilomètres d'altitude. À la fin de son ascension, le ballon, ayant atteint 10 mètres de diamètre, éclate et redescend à l'aide d'un parachute. Les élèves, impressionnés par ce récit, n'ont pas manqué de poser deux questions importantes :

Photo 2 - Les élèves de l'atelier en plein travail sur les capteurs de température.

- Pourquoi le ballon monte-t-il dans l'atmosphère ? « L'hélium contenu dans l'enveloppe du ballon est 7 fois moins dense que l'air. En fait, la poussée d'Archimède permet au ballon de s'élever dans le ciel ; tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé. Cette loi a été énoncée par le savant grec Archimède (287 – 212 av. J.C.) » (Sabrina).

- Pourquoi le ballon gonfle-t-il lors de son ascension ? « On place un ballon de baudruche légèrement gonflé dans une petite pompe à vide. En actionnant la pompe, le vide se fait progressivement dans le flacon et le ballon se gonfle ! En fait, en faisant le vide, on retire les molécules d'air qui appuient sur la paroi du ballon ; le ballon se gonfle car il y a de moins en moins de molécules autour de lui. Pour notre ballon-sonde, c'est pareil ; il y a de moins en moins d'air quand on monte en altitude, donc la pression diminue. Il y a en fait de moins en moins de molécules pour appuyer sur l'enveloppe du ballon, donc le ballon se dilate. à un moment,

il va éclater et donc le parachute va s'ouvrir pour faire descendre la nacelle en la protégeant. » (Hélène, Florence, Sabrina et Maxime).

Le Cnes fournit la totalité du ballon-sonde, excepté la nacelle, en bout de chaîne, que doivent construire les élèves et qui doit contenir leurs expériences scientifiques. Après de vives délibérations, ils ont opté pour quatre expériences principales.

- Une expérience permettant la mesure des températures intérieure et extérieure à la nacelle : un premier capteur de température est placé à l'intérieur et un second est suspendu à 50 centimètres en dessous de la nacelle pour mesurer la température de l'atmosphère.

- Une double expérience permettant la mesure de la pression atmosphérique sera effectuée à l'aide d'un capteur de pression électronique et d'un capteur mécanique : « Pour faire fonctionner le capteur mécanique, nous allons utiliser une seringue reliée à un dispositif électrique. La seringue sera remplie d'une toute petite quantité d'air (1/10 de la seringue). Plus la nacelle montera, moins il y aura d'air ambiant et les molécules exerceront une pression moins forte sur le piston de la seringue. L'air qui se trouve dans la seringue exercera donc une pression plus forte sur le piston que l'air extérieur : le piston reculera. » (Hélène et Florence). Ces mouvements du piston donnent donc une indication des variations de la pression atmosphérique au cours de l'ascension et peuvent être comparées à tout instant avec les mesures faites par le capteur électronique (photo 1).

- Une expérience permettant la mesure de la luminosité : « Nous allons mettre le capteur lumière dans un gobelet en plastique hors de la nacelle. La nacelle se balance et tourne sous le ballon. Elle effectue plusieurs tours dans un sens, ralentit et recommence dans l'autre sens. On peut détecter la rotation de la nacelle par sa position par rapport au soleil grâce au capteur lumière » (Marc).

- Une expérience permettant la mesure de l'humidité de l'atmosphère à l'aide d'un psychromètre à deux thermomètres : « Un psychromètre permet de mesurer l'hygrométrie de l'air c'est-à-dire le pourcentage d'humidité relative de l'air. On va utiliser pour notre nacelle deux capteurs de température pour fabriquer le psychromètre : un capteur sera au sec et l'autre capteur sera placé dans un coton mouillé dans un pot en plastique. C'est parce que

l'eau du coton s'évapore que la température du capteur « humidifié » diminue. Le Kiwi Millénium détecte la différence de température entre le capteur sec et le capteur humide. Il nous faut une table psychrométrique pour relier la différence de température à l'humidité de l'air dans la nacelle » (Enzo).

Les élèves ont d'abord découvert la chaîne de télémesure utilisée pour leur ballon-sonde. En effet, comme aucune personne ne peut être dans la nacelle, il existe un système capable de mesurer et de transmettre automatiquement (par ondes radios) les résultats à un autre endroit où nous pourrions les lire et les exploiter. C'est le **système de télémesure Kiwi Millénium**. Il est capable de mesurer simultanément jusqu'à huit tensions provenant de huit capteurs différents. Les capteurs sont les composants électroniques qui effectuent les mesures à notre place dans la nacelle. Leur fonctionnement a été étudié succinctement au cours d'une séance de travaux pratiques où les élèves ont réalisé quelques mesures de température à l'aide d'un cap-

Photo 3 - Les élèves de l'atelier travaillent le système de largage de la seconde nacelle qui contiendra l'appareil photographique.

teur de température (photo 2). Ils se sont alors rendus compte du problème qu'allait poser la lecture des mesures envoyées par le Kiwi Millénium : il faut impérativement connaître la correspondance entre les tensions envoyées par le Kiwi et les valeurs de température mesurées ! Cette étape essentielle s'appelle l'étalonnage des capteurs. Les élèves se sont alors répartis en petits groupes, chacun

responsable d'une expérience dans la nacelle. Des séances au laboratoire de physique ont été effectuées afin d'étalonner les différents capteurs. En parallèle de ce travail, les élèves ont dessiné plusieurs maquettes à l'échelle de la nacelle en essayant de respecter une certaine rigueur quant au câblage électrique des différents composants. Ils ont décidé de mettre en place un code de couleurs : une couleur correspondant à un capteur donné en réservant la couleur rouge pour les bornes « plus » et la couleur noire pour les bornes « moins ». Ils ont ainsi pu mettre en pratique ce qu'ils avaient appris en cours d'électricité.

Photos 4 et 5 - Le câblage des différents capteurs sur le système de télémesure Kiwi Millénum fourni par le Cnes.

La possibilité de mettre une seconde nacelle de 1 kg en dessous de la nacelle principale (2 kg) a enthousiasmé les élèves : ils ont décidé d'y placer un appareil photographique afin de prendre des photos en basse altitude du collège. Cette seconde nacelle et son système de largage ont été mis au point par Damien, John-Kévin et Xavier (photo 3).

La fabrication de la nacelle a débuté dans le courant du mois de mars, l'objectif étant que notre atelier soit prêt pour un lâcher le 9 mai (photos 4 et 5).

Les élèves attendent ce grand moment avec impatience car il sera la consécration de tous leurs travaux de recherches, d'expériences et de fabrications (photo 6). Il leur restera ensuite l'exploitation de leurs mesures qui leur permettra d'apporter des réponses, totales ou partielles, aux questions qu'ils s'étaient posés sur l'atmosphère. Au travers de cette réalisation concrète et motivante, les élèves ont pu utiliser leurs connaissances dans de nombreux domaines : en premier lieu celui des sciences en mettant en œuvre des méthodes propres à la démarche scientifique telles que l'observation, la formulation d'hypothèses, l'interprétation, la communication... mais ils ont également abordé l'expression écrite au travers de la rédaction de comptes-rendus et d'articles de presse destinés au site web du collège (<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/col-pasteurlavelanet/Ateliers/Meteo/METEO.HTM>) ; les langues avec la rédaction d'un message en anglais placé dans la nacelle pour anticiper sa récupération possible par des étrangers ; les mathématiques avec la réalisation des plans de la

nacelle à l'échelle, les calculs, la réalisation de graphiques et l'utilisation de l'outil informatique ; et la technologie avec la fabrication de la nacelle et des mécanismes motorisés... Ainsi, ce travail en équipe, au-delà de favoriser

« Les P'tits Scientifiques » remportent le premier prix décerné par le jury des RRCM pour leur construction d'une nacelle de radiosondage.

l'initiative et la créativité des élèves, a, avant tout, permis d'éveiller leur curiosité et de susciter l'envie d'apprendre et de comprendre : « Songez que toutes les merveilles, objets de vos études, expriment l'œuvre de plusieurs générations [...]. Vous le recevez, vous le respectez, vous l'accroissez [...]. Nous sommes ainsi des mortels immortels parce que nous créons ensemble des œuvres qui nous survivent. » (Albert Einstein).

Photo 6 - Les élèves de l'atelier « Les P'tits Scientifiques » et leur nacelle terminée.