

Un ballon pour l'école

Christophe Le Deit
Ecole primaire publique de Précey (50)

Préambule

Nous avons réalisé au cours de l'année scolaire 2007/2008, un projet ballon. Ce document est essentiellement construit à partir du compte rendu réalisé par les élèves au fur à mesure de l'avancement du projet.

Qu'est-ce qu'un ballon stratosphérique?

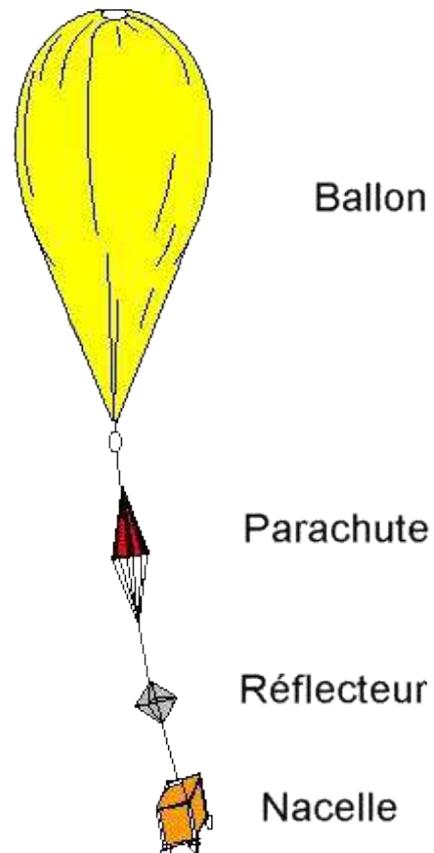
Un ballon stratosphérique est un ballon qui monte dans la stratosphère. La stratosphère est une couche de l'atmosphère comprise entre 10 et 50 km d'altitude.

Ce ballon est gonflé à l'hélium qui est un gaz plus léger que l'air. Le ballon peut donc s'envoler. Plusieurs objets sont accrochés sous le ballon. Le ballon et les objets forment la chaîne de vol. Ces objets sont :

- ★ un parachute qui servira à ralentir la chute de la nacelle;
- ★ un réflecteur pour pouvoir être repéré par les avions militaires;
- ★ la nacelle qui contiendra nos expériences.

Au cours de la montée, le ballon va grossir. Au départ, son diamètre sera de 1,80m et atteindra environ 10m avant d'éclater. Le ballon grossit car plus on monte moins il y a d'air, donc la pression autour du ballon diminue. Le gaz à l'intérieur du ballon peut prendre plus de place. Le ballon éclate entre 20 et 30km d'altitude puis redescend doucement grâce au parachute.

Le vol durera environ 3 heures.

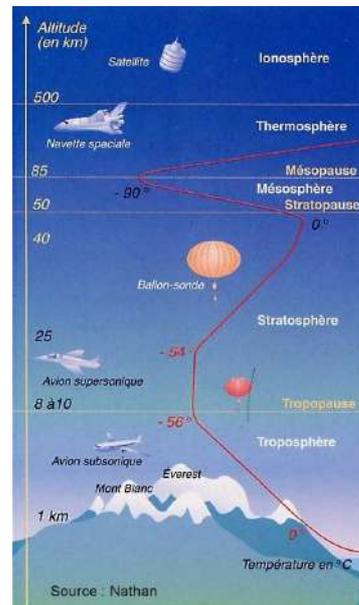


Pourquoi le ballon grossit-il?

Au cours de la montée, le ballon traverse différentes zones de l'atmosphère.

Plus l'altitude est élevée, moins il y a d'air. La pression atmosphérique diminue.

Il y a donc moins de force à s'exercer sur le ballon. L'hélium contenu dans le ballon pousse plus facilement sur les parois du ballon. Le ballon grossit jusqu'à ce que l'enveloppe éclate.



Nous avons réalisé une expérience avec une cloche à vide.

Pour mieux comprendre le phénomène, nous avons placé un ballon de baudruche dans une cloche à vide.

Dans une cloche à vide, nous pouvons faire diminuer la quantité d'air. Plus nous enlevons d'air, plus la pression dans la cloche diminue. Nous reproduisons ainsi la variation de pression que rencontre un ballon quand il monte.



Ballon avant la baisse de pression



Ballon avant la baisse de pressio

Notre rôle dans le projet

Notre travail consiste à fabriquer la nacelle et à réaliser des systèmes pour chaque expérience envisagée.

Nous souhaitons fabriquer deux nacelles dont une largable. Nous pourrions le faire uniquement si nous trouvons un système de largage.

Les expériences envisagées sont de prendre des photos en imaginant un système de déclenchement, de mesurer l'altitude maximale atteinte par notre nacelle, d'observer les variations de température, de connaître la durée de la montée. Nous souhaitons aussi observer les variations de pression.

Nos expériences

★ Prendre des photos du sol.

■ Dans quel but ?

➔ Avoir une vue aérienne du paysage.

■ Intérêt?

➔ Voir le paysage d'un autre point de vue.

★ Mesurer la pression

■ Dans quel but?

➔ Observer la variation de pression.

■ Intérêt?

➔ Vérifier que la pression baisse quand la nacelle monte.

★ Mesurer la durée de la montée

■ Dans quel but?

➔ Savoir pendant combien de temps la nacelle est montée.

■ Intérêt?

➔ Savoir à quelle hauteur est montée la nacelle.

Remarque : il faut qu'on connaisse la vitesse de montée du ballon.

★ Prendre des photos de l'horizon

■ Dans quel but?

➔ Prendre des photos de l'horizon à très haute altitude.

■ Intérêt?

➔ Observer la rotondité de la Terre

★ Mesurer la température extérieure

■ Dans quel but?

➔ Observer les variations de température de l'atmosphère.

■ Intérêts?

➔ Vérifier que la température baisse quand on monte

➔ Connaître la durée pour atteindre la tropopause

Remarque : on devrait pouvoir connaître ainsi la vitesse de montée du ballon.

★ Mesurer la durée totale du vol.

■ Dans quel but?

➔ Savoir combien de temps les nacelles ont volé.

■ Intérêt?

➔ Connaître la durée de la descente.

★ Système de largage

Les notions étudiées

Afin de pouvoir réaliser les différents mécanismes nécessaires à la réalisation de nos expériences, nous avons étudié diverses notions qui nous ont permis de construire les dispositifs expérimentaux.

★ Les engrenages

★ La transformation du mouvement

★ Les circuits électriques

Nous souhaitons pouvoir prendre des photos au cours du vol. Pour cela il est nécessaire de fabriquer un système permettant la prise automatique de photos. Le choix de l'appareil photo a été fait par le maître. Il faut utiliser un appareil à armement automatique qui reste en permanence allumé.

★ Pour entraîner le mécanisme nous utilisons un petit moteur électrique. Après l'avoir vu fonctionner nous avons fait deux constats :

■ Son mouvement est circulaire

■ Il tourne vite



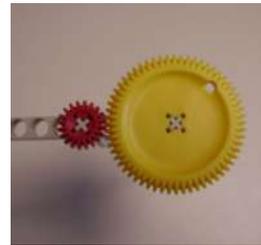
★ Nous avons donc deux problèmes à résoudre :

- Nous devons avoir une rotation lente
- Nous devons transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation pour pouvoir appuyer sur le déclencheur

Les engrenages

Nous avons étudié un système d'engrenage simple avec 2 roues dentées .Nous avons découvert que:

- ★ Quand une grande roue entraîne une petite roue, la vitesse de rotation de la petite roue augmente.
- ★ Quand une petite roue entraîne une grande roue, la vitesse de rotation de la grande roue diminue



A partir de cette découverte, le maître a mis à notre disposition 3 types de roues dentées et nous a demandé d'imaginer un système qui permette de beaucoup diminuer la vitesse de rotation de l'axe.

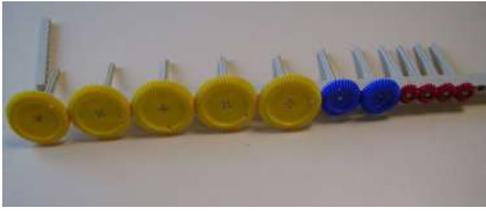
Nous avons à notre disposition :

- ★ 3 types de roues dentées
 - les petites (rouge)
 - les moyennes (bleu)
 - les grandes (jaune)
- ★ des axes
- ★ des supports d'axes

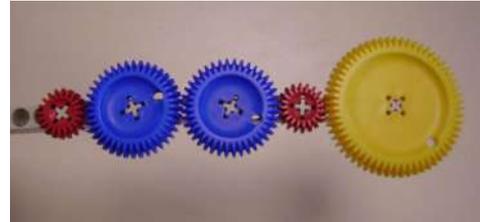


Nos recherches

Nous avons constaté que lorsqu'une roue rouge entraîne une roue jaune, la vitesse de rotation de la roue jaune est divisée par 3. La première idée de tous les groupes a été d'associer plusieurs roues dans des ordres différents.



Avec tous ces systèmes, nous avons, au mieux, divisé la vitesse par 3.



Pour améliorer le système, certains groupes ont ajouté des angles entre les roues, ça n'a rien changé.

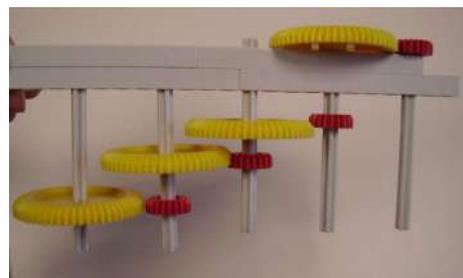
Nous avons analysé nos systèmes et avons découvert que seules la première et la dernière roue jouent un rôle dans le changement de vitesse.



Le système de réduction

Nous avons réfléchi sur le système de départ (une roue rouge et une roue jaune) :

- ★ Sur le premier axe, il y a une roue rouge, sur le deuxième il y a une roue jaune. Le deuxième axe tourne moins vite.
 - ★ Nous avons ajouté sur le deuxième axe une roue rouge et avons ajouté un troisième axe sur lequel nous avons mis une roue jaune. Cette fois la vitesse de rotation de l'axe était 9 fois moins rapide que celle du premier axe.
1. ★ Nous avons ajouté un quatrième puis un cinquième axe, le système fonctionnait. Le problème était que nous alignions toutes nos roues. Or, il fallait à chaque fois repartir de l'axe qui était ralenti.



La transformation du mouvement

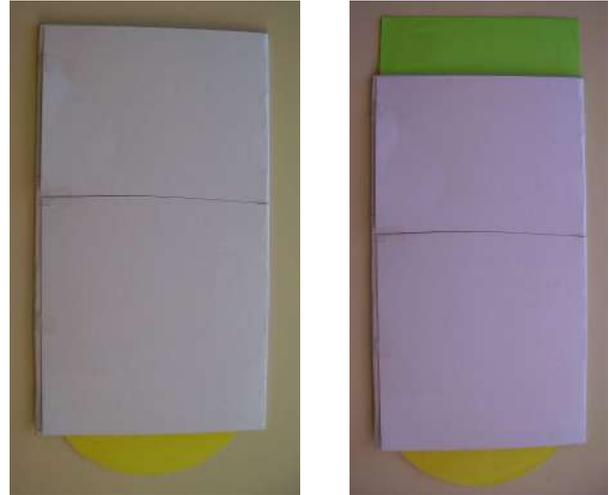
★ Problème soumis par le maître:

- Imaginer un mécanisme pour passer d'un mouvement de rotation (mouvement du moteur) à un mouvement de translation (pour déclencher l'appareil photos).

★ Une maquette est présentée aux élèves :

Lorsque la roue jaune tourne, la partie verte sort puis rentre alternativement.

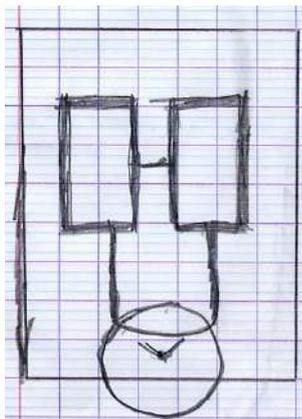
★ Il est demandé aux élèves d'imaginer le mécanisme caché dans l'enveloppe cartonnée.



Quelques propositions d'élèves

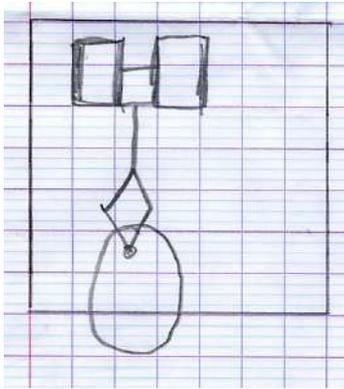
Nous avons imaginé un système avec deux élastiques. Nous pensions que les élastiques feraient tourner les attaches parisiennes lorsqu'elles se tendraient tour à tour et que le bras monterait et descendrait.

Ça ne fonctionne pas.

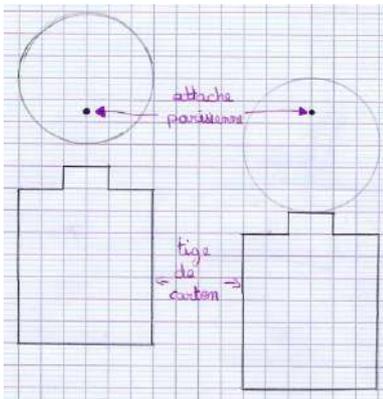


Nous avons imaginé ce système car nous pensions que quand le cercle tournerait, un morceau de carton monterait pendant que l'autre descendrait.

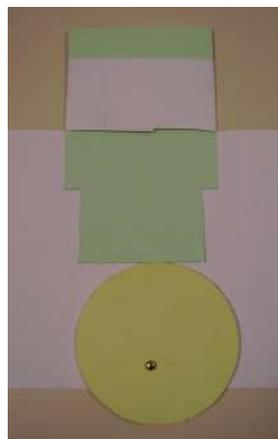
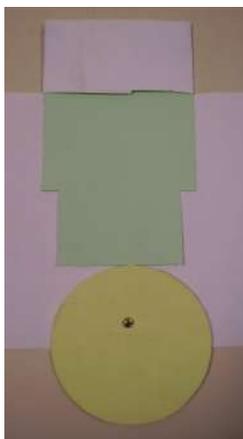
Le problème rencontré c'est que le cercle tourne avec les deux morceaux de carton.



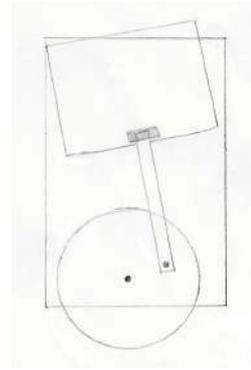
Nous avons imaginé ce système car; nous croyions que la première attache parisienne emporterait les deux ficelles une à une et ferait monter les deux morceaux de carton tour à tour.



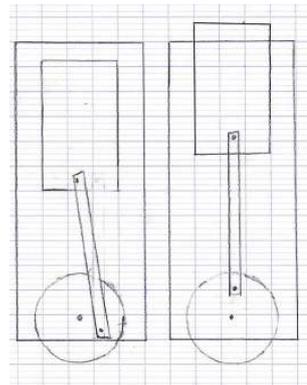
La roue pousse la tige puisque l'attache n'est pas au centre de la roue. Le problème c'est que la tige ne redescend pas.



Vincent nous a dit que c'était comme le principe des locomotives du Far West. Nous avons essayé de reproduire le mouvement. Au début nous avons fait le schéma suivant.



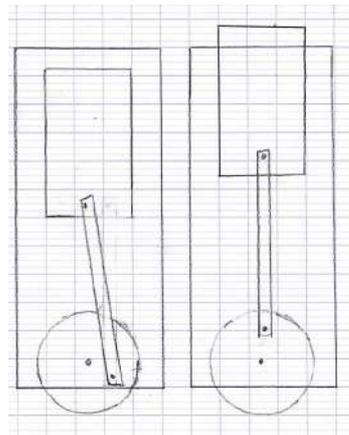
Le système ne fonctionnait pas car il butait contre la pliure de la feuille. Nous avons alors remplacé le scotch par une attache parisienne pour que le grand carré puisse rester droit.



Le mécanisme retenu

Parmi les différents mécanismes proposés et testés, un seul mécanisme (proposé par plusieurs groupes) a répondu aux contraintes de départ.

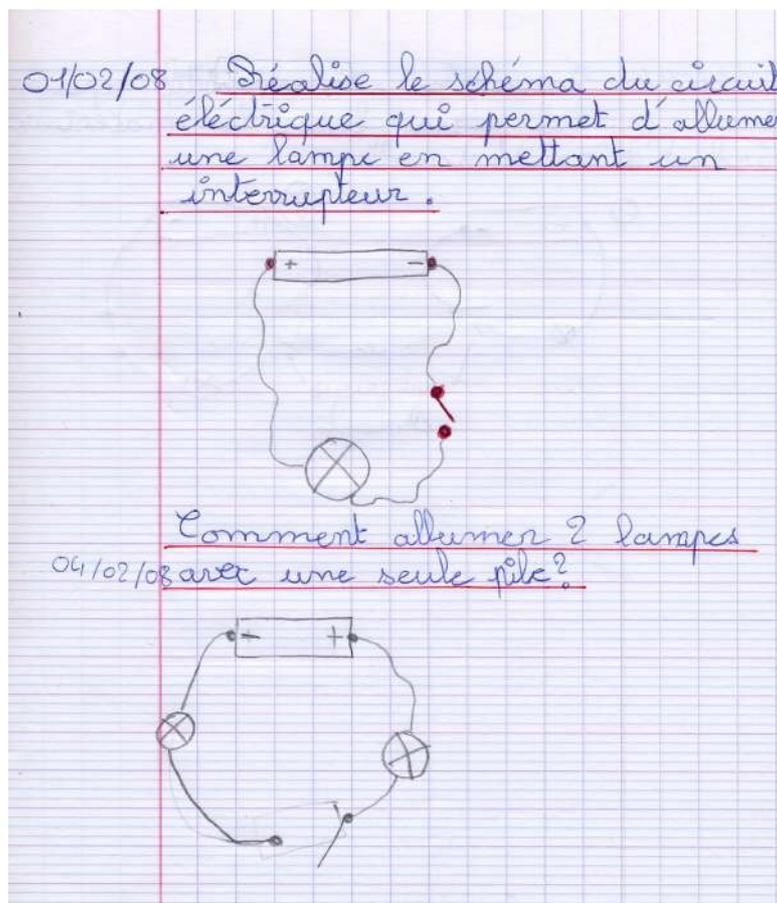
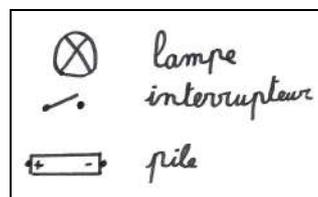
C'est donc le mécanisme qui a été retenu pour déclencher l'appareil photos.



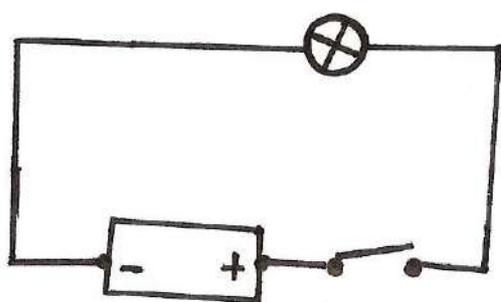
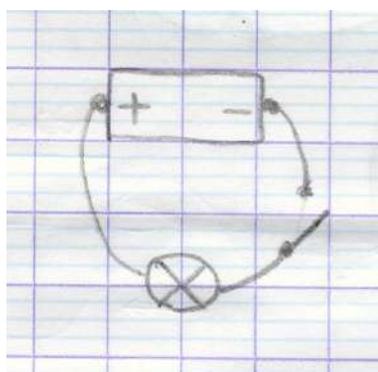
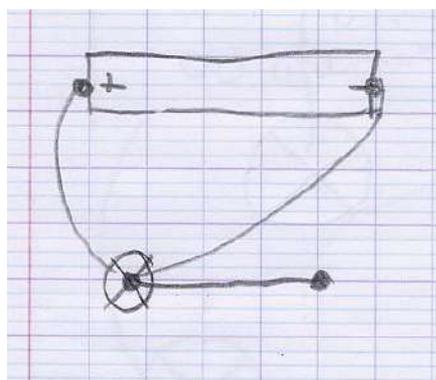
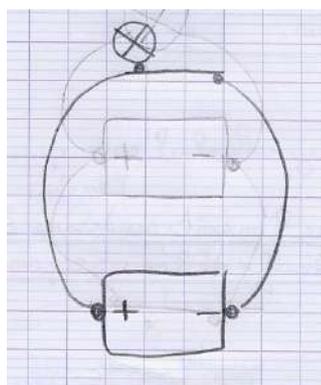
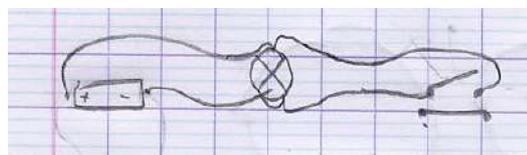
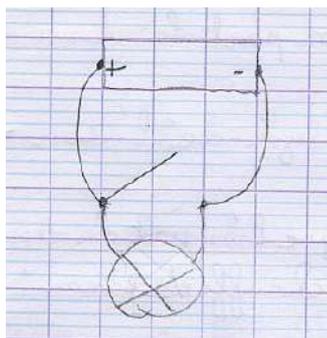
Les circuits électriques

- ★ Pour alimenter les appareils électriques que nous utiliserons, nous avons besoin d'électricité. Nous avons donc étudié différentes possibilités pour réaliser des circuits électriques.
- ★ Nous avons cherché comment allumer une lampe avec une pile :

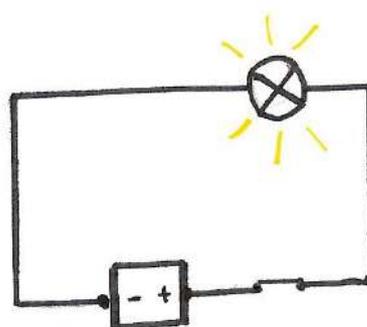
Notre codage



Quelques productions d'élèves



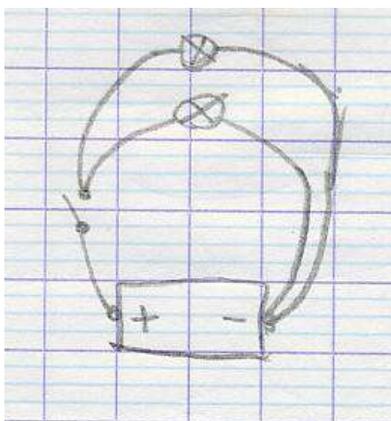
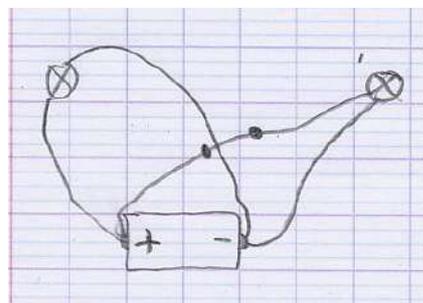
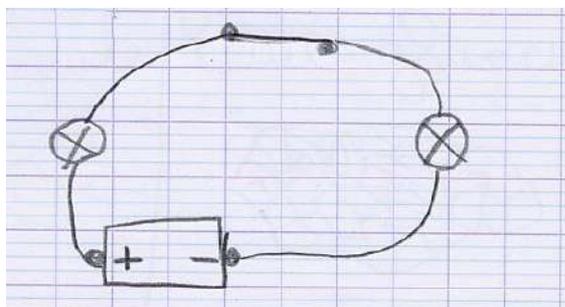
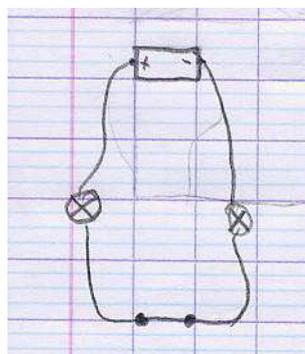
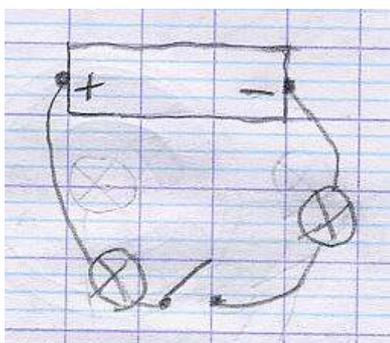
Circuit ouvert

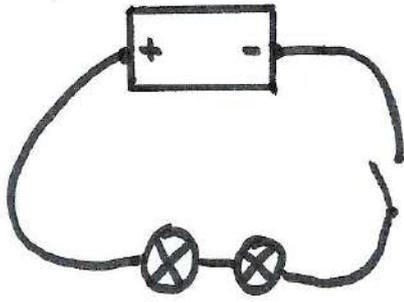


Circuit fermé

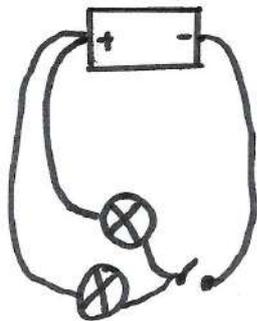
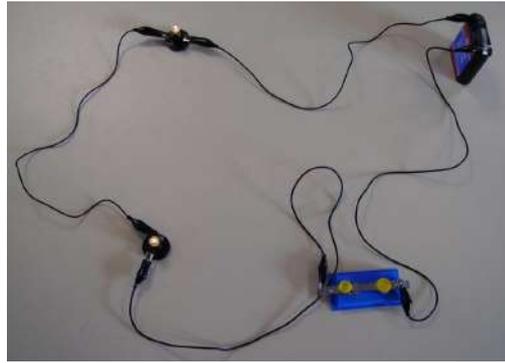


★ Nous avons cherché comment allumer 2 lampes avec une pile :

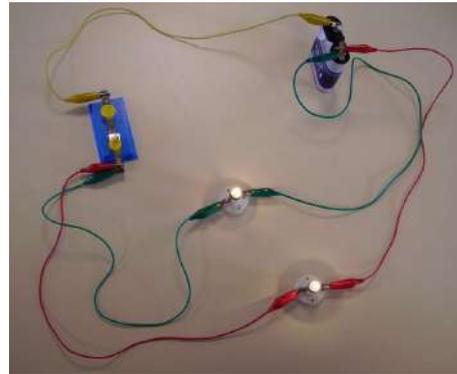




Circuit en série



Circuit en dérivation



★ Nous avons comparé les deux circuits :

	Circuit série	Circuit en dérivation
J'ajoute une lampe	Les lampes brillent moins	Les lampes brillent autant
Je dévisse une lampe	Les autres lampes ne brillent plus	Les autres lampes brillent
Nombre de boucles	1 seule	1 boucle par lampe

Les nacelles

Nous avons fait le choix de construire deux nacelles :

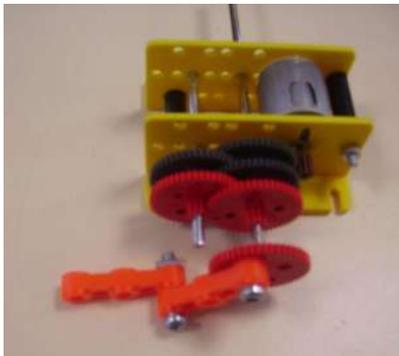
- ★ une nacelle principale qui permettra de faire des mesures jusqu'à des altitudes d'environ 30 km,
- ★ une nacelle largable qui permettra de prendre des photos et de réaliser une vidéo lors du décollage.



La nacelle largable

La prise de photos

- ★ Nous avons construit un mécanisme dans le but de prendre des photos du sol et de l'horizon.
- ★ Pour construire ce système nous avons utilisé des engrenages, nous avons transformé le mouvement (système bielle manivelle) et nous avons réalisé un circuit électrique avec un interrupteur.
- ★ Pour choisir la durée entre la prise des photos, nous avons modifié le nombre de roues.



Nous avons réduit la vitesse de rotation du moteur pour prendre des photos environ toutes les 10s. Pour cela nous avons tester la vitesse en modifiant le nombre de roues.

La vidéo

- ★ Nous avons décidé de mettre une caméra pour avoir une vue panoramique de la Baie du Mont Saint Michel. En effet, avec un appareil photo qui se déclenche toute les 10 secondes nous ne sommes pas sûrs de voir la Baie car la nacelle tourne en permanence.
- ★ Nous avons mis la caméra dans la petite nacelle pour avoir plus de chance de la récupérer.





L'intérieur de la nacelle largable



La nacelle largable et sa chaîne de vol

La nacelle principale

La prise de photos de l'horizon

- ★ Nous voulons prendre des photos de l'horizon dans le but d'observer la rotondité de la Terre .
- ★ Nous avons diminué la vitesse de rotation pour prendre des photos toutes les 2min30s. Nous pourrons ainsi avoir des photos pendant toute la montée .

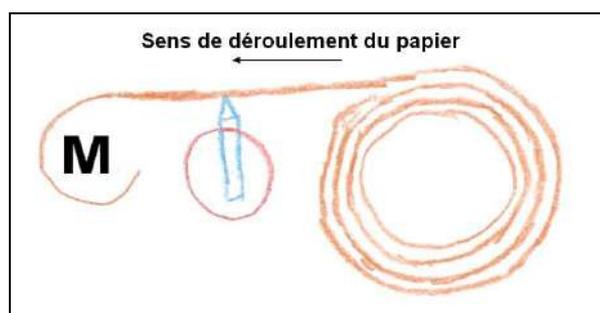


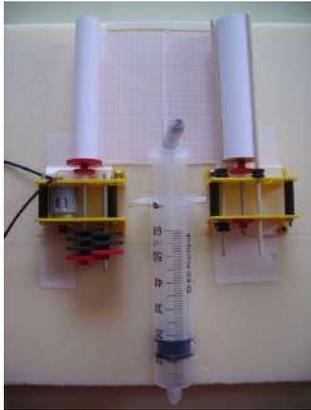
Etude de la pression

- ★ Nous avons essayé de mesurer la variation de pression avec un ballon de baudruche, mais nous avons rencontré beaucoup de problèmes.
- ★ Le maître nous a proposé de réaliser un dispositif avec une seringue. Il nous a demandé de réfléchir à la question suivante :
 - ➔ Comment utiliser une seringue pour observer les variations de pression lors de la montée de la nacelle?
- ★ Plusieurs solutions ont été proposées dans l'ordre suivant::
 - ➔ Mettre la seringue, piston enfoncé. Lors du test avec la cloche à vide il ne se passe rien.
 - ➔ Mettre la seringue, piston à mi hauteur. Lors du test avec la cloche à vide il ne se passe toujours rien.
 - ➔ Mettre la seringue, piston enfoncé et boucher le trou. Lors du test avec la cloche à vide il ne se passe rien.
 - ➔ Mettre la seringue, piston à mi hauteur et boucher le trou. Lors du test avec la cloche à vide le piston monte.



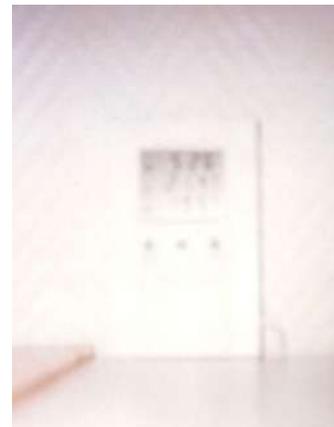
- ★ Pour avoir une courbe de pression, nous avons créé un système pour dérouler le papier. Nous nous sommes inspirés du fonctionnement d'une cassette audio.





Mesure de la température

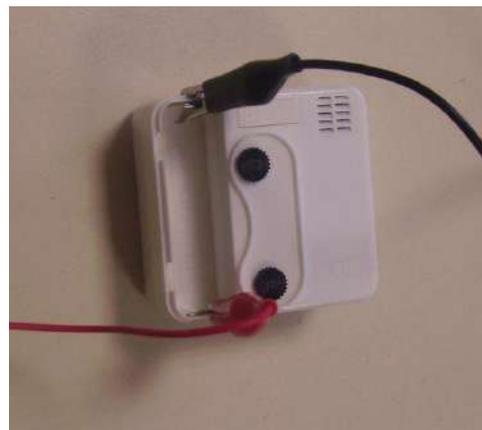
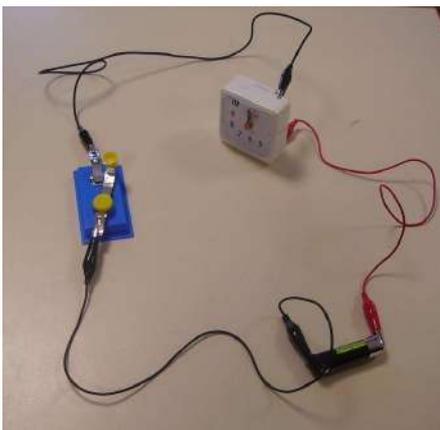
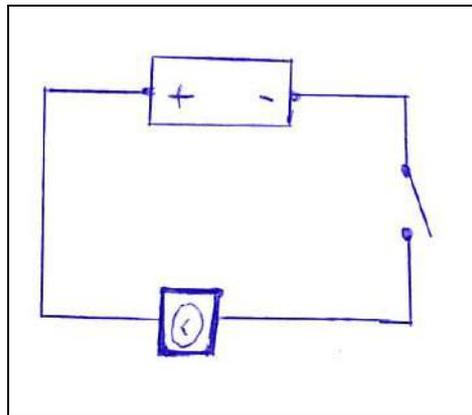
- ★ Nous voulons mesurer la température au cours de la montée.
- ★ Nous avons choisi d'utiliser un thermomètre digital qui permet de mesurer la température intérieure et extérieure.
- ★ Pour sauvegarder les données nous avons choisi d'utiliser un appareil photos. Nous avons fait des essais pour trouver la distance entre l'appareil photos et le thermomètre pour que les photos soient lisibles.



- ★ Les photos ne sont pas lisibles. Nous ne pourrions pas connaître les variations de la température intérieure et extérieure. Nous ne pourrions pas donc pas savoir en combien de temps le ballon atteindra la tropopause. Il sera donc impossible de calculer la vitesse de la montée de la nacelle en utilisant les mesures de la température.
- ★ Nous avons décidé d'utiliser ce thermomètre car il permet de garder en mémoire les températures minimales et maximales (intérieures et extérieurs) rencontrées.

La durée de la montée

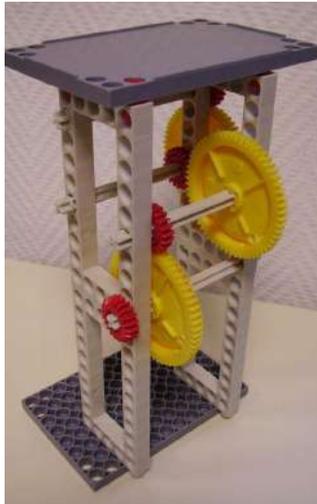
- ★ Nous avons décidé d'utiliser un réveil pour mesurer le temps de la montée.
- ★ Nous avons imaginé un circuit électrique avec un interrupteur pour pouvoir arrêter le réveil



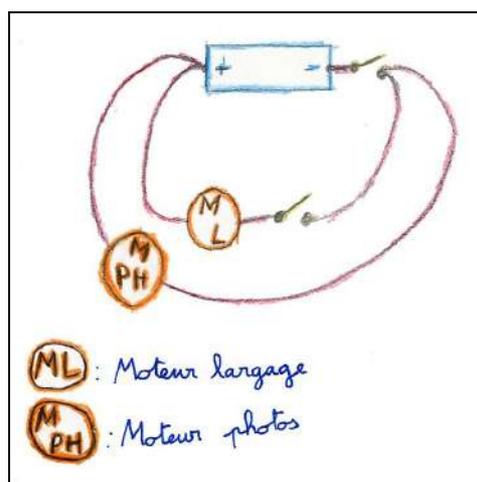
- ★ Nous avons imaginé un interrupteur qui puisse fonctionner quand le ballon éclate. Quand le ballon éclate, le parachute s'ouvre; le fil rouge et le fil noir ne se touchent plus.

Le système de largage

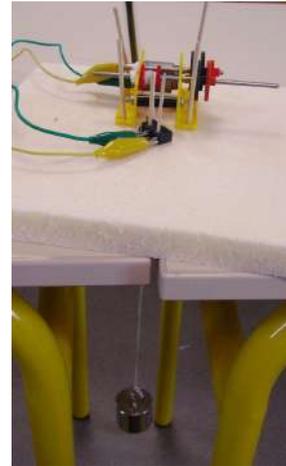
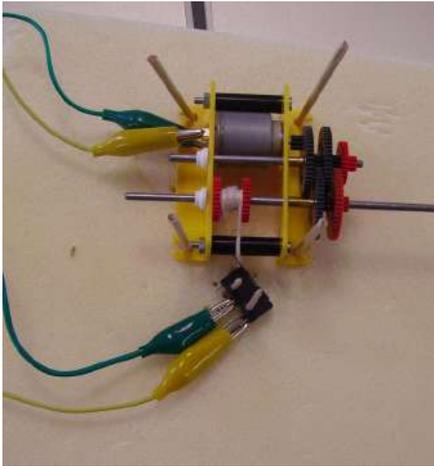
- ★ Nous avons construit un système pour larguer la petite nacelle, grâce aux notions étudiées sur les engrenages et avec le matériel mis à disposition.



- ★ L'intérêt c'est qu'il n'y a besoin ni de moteur ni de pile. On gagne donc en masse. Des problèmes sont apparus quand on a voulu le miniaturiser.
- ★ Nous avons donc penser à rajouter un moteur mais ce système est lourd. La solution c'est d'utiliser une pile pour deux moteurs (moteur pour le largage, moteur pour la prise de photo) en réalisant un circuit en dérivation.



- ★ Pour que la pile ne se décharge pas trop rapidement, nous avons mis au point un système pour que le moteur utile au largage s'arrête dès que la nacelle est larguée.



L'intérieur de la nacelle largable



La nacelle principale et sa chaîne de vol

Le lâcher

Compte rendu effectué par les élèves

Le vendredi 6 juin nous avons lâché notre ballon stratosphérique à l'aérodrome du Val Saint Père, dans la baie du Mont Saint Michel. Stéphane, l'aérotechnicien, a qualifié nos deux nacelles, puis nous nous sommes rendus sur l'aire du lâcher. Ensuite nous avons gonflé le ballon avec de l'hélium et nous y avons accroché la chaîne de vol. Stéphane a fait le décompte, nous avons lâché la bête et le ballon s'est envolé.

Nous avons suivi le ballon des yeux et nous avons attendu avec angoisse le moment où la nacelle allait être larguée. Au bout de 2min30 ça été le soulagement, la nacelle a été larguée comme prévu. Le parachute s'est ouvert et la petite nacelle est redescendue en douceur pendant que la grande nacelle continuait à monter.

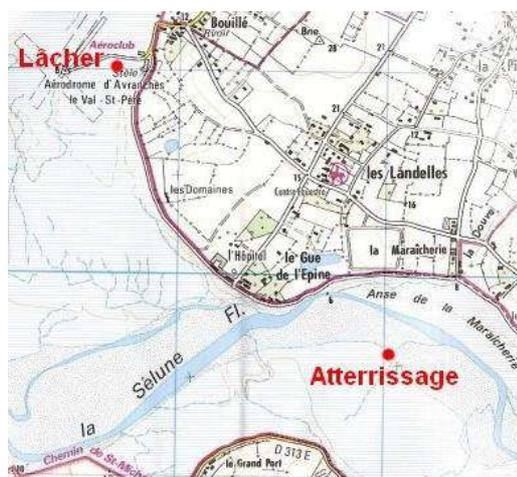
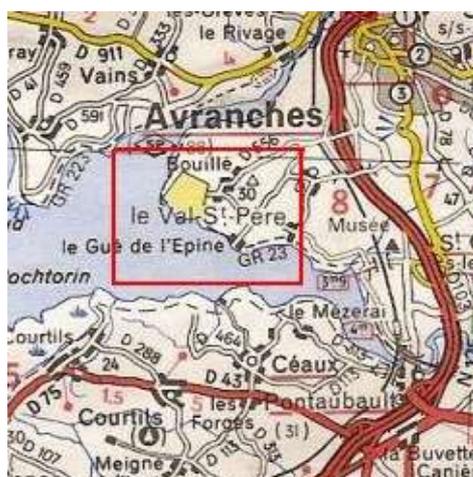
La première étape est réussie.



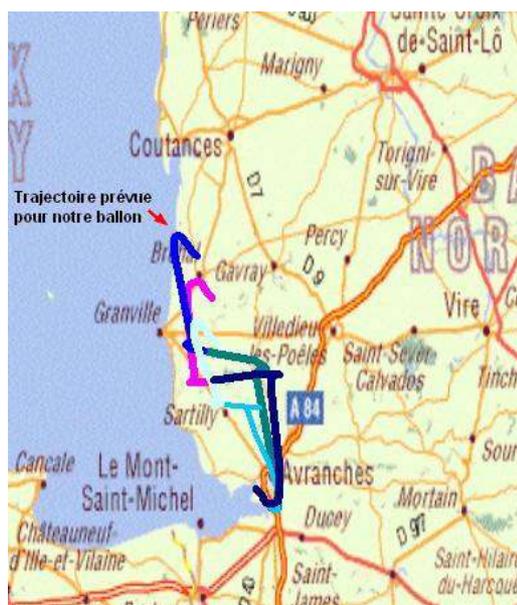
Les résultats

Le système de largage a parfaitement fonctionné. Comme prévu, la nacelle a été larguée après 2min30 de vol.

Nous avons récupéré la petite nacelle moins de 3 heures après le lâcher du ballon grâce à la perspicacité de deux parents d'élèves et à la gentillesse d'un pilote d'ULM qui a accepté de survoler les herbues après le largage. Elle a parcouru environ 1800m à vol d'oiseau.



La grande nacelle a été retrouvée le lendemain du lâcher dans un champ, à Courcy près de Coutances.



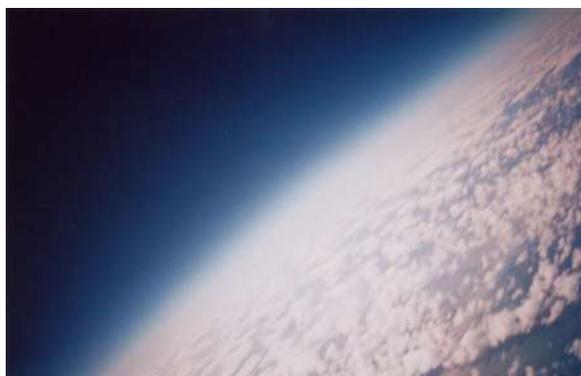
Lors du décollage, nous avons vu la nacelle partir vers le sud, mais elle a atterri au nord du lieu du lâcher. C'est conforme à la prévision de trajectoire que nous avons effectuée.

Les deux systèmes de déclenchement des appareils photos ont parfaitement fonctionné. Nous avons obtenu 36 photos dans la nacelle largable et 37 photos dans la nacelle principale.

Quelques photos prises depuis la nacelle largable



Quelques photos prises depuis la nacelle principale



Grâce à ces photos nous pouvons observer la rotondité de la Terre.

La durée de la montée

L'interrupteur que nous avons imaginé a parfaitement fonctionné. Le parachute s'est ouvert au bout de 1h27min de vol. C'est un résultat qui correspond à ce que nous pouvions attendre.



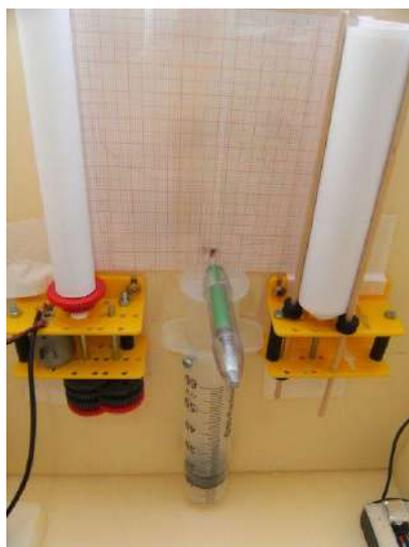
Nous ne mesurons pas exactement la durée de la montée, mais le temps de vol avant ouverture du parachute. Sachant qu'il faut environ 10 minutes de descente avant l'ouverture du parachute du fait du peu d'air, nous pouvons en déduire que le ballon est monté pendant environ 1h15min et qu'il a atteint une altitude d'environ 23-24km.

La température et la pression

Nous avons réussi à mesurer les températures minimales à l'intérieur et à l'extérieur de la nacelle. La température à l'intérieur de la nacelle est descendue jusque $-30,6^{\circ}\text{C}$ et jusque $-48,7^{\circ}\text{C}$ à l'extérieur.



Le système de pression n'a pas fonctionné correctement. Le moteur a eu un problème assez rapidement, le papier ne s'est donc pas déroulé correctement. De plus, le crayon s'est retrouvé sur une bande de scotch qui servait à relier les bandes de papier. Nous n'avons donc pas de trace des variations de la pression.



Bilan

Ce projet a permis d'aborder de nombreuses notions scientifiques du programme de primaire. Outre les notions abordées dans ce dossier (électricité, transformation du mouvement, engrenages), le caractère pesant de l'air a été étudié pour comprendre la notion de pression. Dans le domaine des TIC, le traitement de texte a servi à rédiger le compte rendu. Les mathématiques ont été utilisés lors des calculs nécessaires aux réglages des systèmes de déclenchement des appareils photos. L'expression orale et écrite ont également pris une place importante dans ce projet.

Les élèves ont pris plaisir à réinvestir les connaissances acquises dans la construction de dispositifs expérimentaux. L'enjeu final a favorisé une implication très forte des élèves tout au long du projet.

Enfin, nous avons eu la chance de récupérer nos deux nacelles très rapidement. Nous avons donc pu exploiter les résultats alors que les enfants étaient encore mobilisés par le projet. Les résultats obtenus (photos, température, largage, ouverture du parachute) complètent le bilan positif de ce projet.