

Air



MAINTENON

<i>Projet 1 Physique du ballon (II)</i>	2
<i>Projet 2 Physique du ballon (I)</i>	3
<i>Projet 3 Mesure d'une température</i>	5
<i>Projet 4 Mesure de l'humidité de l'air</i>	6
<i>Projet 5 Mesure d'une pression</i>	10
<i>La chaîne de vol</i>	13
<i>Le tournage du projet</i>	14
<i>Le trajet du ballon-sonde</i>	16
<i>Annexe 1</i>	18
<i>Annexe 2</i>	19
<i>Annexe 3</i>	20
<i>Annexe 4</i>	21
<i>L'impact médiatique</i>	22



Projet 1 Physique du ballon (II)

Objectif : étude théorique du ballon-sonde et application altitude en fonction de la température.

En météorologie, on utilise souvent des ballons-sondes. Comme la pression atmosphérique diminue avec l'altitude, le ballon se dilate en prenant de la hauteur et ses dimensions augmentent.

Le ballon que l'on considère dans ce problème a la forme d'un cône surmonté d'une demi-sphère. Les dimensions données sur le dessin sont celles du ballon au sol sur le lieu du lâcher, situé au niveau de la mer.

Activités



Calculer le volume en cm^3 du ballon-sonde au sol.
En déduire le volume en litres de gaz qu'il contient (arrondir au litre près).

Rappel : Volume d'un cône = $\frac{1}{3} \pi R^2 h$.
Volume d'une sphère = $\frac{4}{3} \pi R^3$.



On lâche le ballon. Il s'élève à une vitesse constante de 5 m/s. En combien de temps le ballon atteint-il l'altitude de 4 000 m ?
(Donner les résultats en minutes et en secondes)

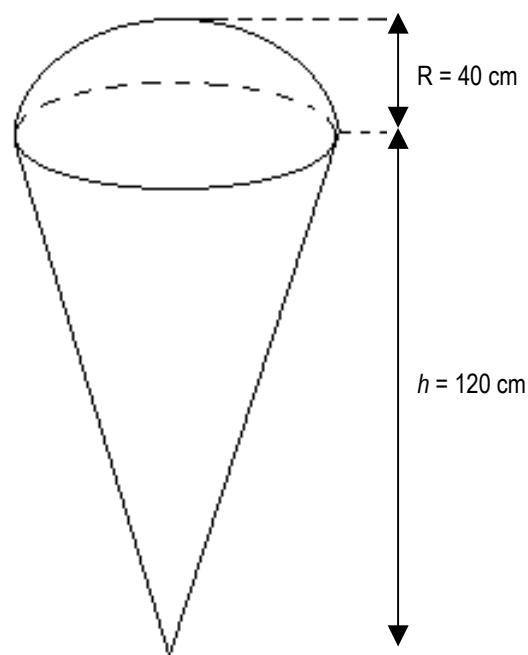


Entre le sol et 4 000 m d'altitude, les dimensions (c'est-à-dire les longueurs) augmentent de 26 %.

a) Par quel nombre les longueurs initiales sont-elles multipliées ?
b) En déduire le nombre par lequel le volume initial est multiplié. Puis calculer le nouveau volume du ballon à l'altitude de 4 000 m d'altitude.

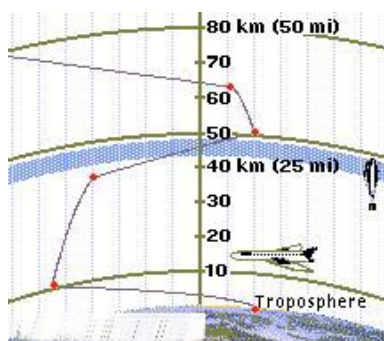


Parmi les données communiquées par le ballon, on note les températures suivantes : 13,5 degrés au sol et - 10,5 degré à 4 000 m d'altitude.



On admet que la température y , exprimée en degrés Celsius, est une fonction affine de l'altitude x , exprimée en mètres.

- Exprimer y en fonction de x et tracer la fonction sur du papier millimétré.
- Résoudre l'inéquation $-0,006x + 13,5 \leq -12$.
- En déduire l'altitude à partir de laquelle la température est inférieure à 12 degrés Celsius.

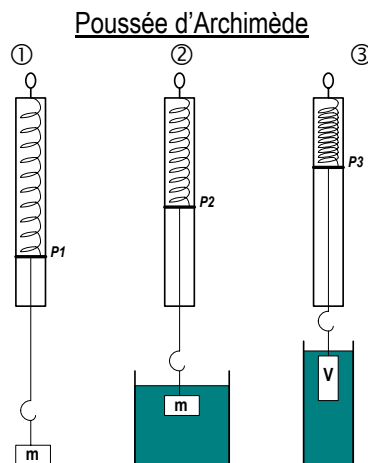


Projet 2 Physique du ballon (I)

Objectif : nous allons utiliser un ballon dilatable dont le volume augmente jusqu'à éclatement et appliquer le principe de la poussée d'ARCHIMEDE.

① - Introduction.

Le plus souvent, les ballons offrent des possibilités complémentaires de celles des satellites et des fusées-sondes. Dans certains, ils servent même à calibrer (c'est-à-dire étalonner) les expériences que ceux-ci emporteront.



Activités.

- Représenter les forces qui s'exerce sur la masse m (dessin ①).
- Expliquer le phénomène du dessin ②, déterminer la poussée d'Archimède $\vec{P}_A$.
- On utilise une série de petits flacons identiques. On les leste plus ou moins avec de la grenaille de plomb. Calculer $P_1 - P_2$, lorsque V est fixé (dessin ③) ? Conclure.
- On sélectionne maintenant une collection de flacon de tailles différentes. A l'aide de sable fin, on ajuste les masses de ces flacons à la même valeur. Les volumes sont mesurés par déplacement d'eau dans une éprouvette graduée. On mesure P_A dans chaque cas, tracer la courbe $P_A = f(V)$. Que remarquez-vous ?

② - Etude des forces agissant sur le Ballon.

Remarque préliminaire : Les calculs qui vont être développés ci-dessous ne sont valables, en toute rigueur que si l'on considère que : le ballon est une masse ponctuelle, les gaz sont parfaits, l'équilibre thermodynamique est réalisé et l'air est stratifié en couches horizontales. Cette approximation n'introduit cependant pas d'erreur importante.

2.1 Son poids P constitué par :

- ⊕ le poids de l'ensemble (chaîne de vol + ensemble du ballon), de masse m, soit :
 $P' = m \cdot g$ avec g = intensité de la pesanteur.
 - ⊕ le poids du gaz contenu dans l'enveloppe : $P'' = m_G \cdot g$ avec m_G = masse du gaz aérostatique.
- Si on appelle : ρ_G la masse volumique du gaz et V le volume du ballon on déduit :
- $$m_G = \rho_G \cdot V \text{ soit } P'' = \rho_G \cdot V \cdot g$$
- On a donc : $P = (m + \rho_G \cdot V) \cdot g$ car $P = P' + P''$

Cette force est dirigée vers le centre de la Terre.

2.2 La force P_A résultant de la poussée D'ARCHIMEDE.

Le principe D'ARCHIMEDE nous apprend que « *Tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé et appliquée au centre de gravité de ce fluide* ». Si : m_a est la masse d'air déplacée, ρ_a la masse volumique de l'air, et V le volume total du système ballon + chaîne de vol (que nous prendrons égal au volume du ballon seul), on aura la relation :

$$P_A = m_a.g = \rho_a.V.g$$

2.3 La résultante des forces aérodynamiques que nous décomposeront en :

⊕ une force de traînée t_r :

$t_r = 1/2 \rho_a.C_x.S.v^2$ dirigée dans le sens du vent apparent, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement du ballon,

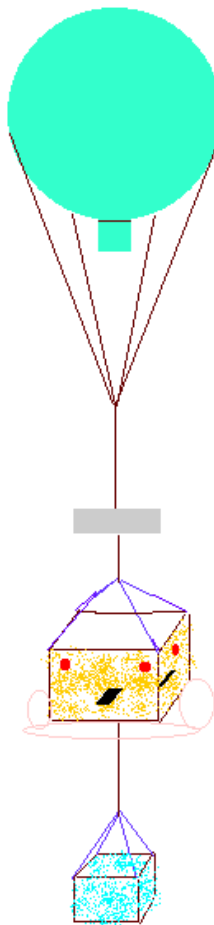
⊕ une force de portance p_r :

$p_r = 1/2 \rho_a.C_z.S.v^2$ dirigée suivant une direction perpendiculaire à la précédente.

Dans ces formules : C_x et C_z représentent respectivement les coefficients de traînée et de portance du ballon, S sa surface de référence et v sa vitesse relative par rapport à l'atmosphère.

Activités

Placer les forces agissant sur le ballon :



Projet 3 Mesure d'une température

Objectif : présentation d'une chaîne de mesures polyvalente, utilisant un dispositif amplificateur unique et des capteurs. Mesurer une grandeur physique exige une conversion de cette grandeur physique en grandeur électrique.

① - Principe.

Dans la troposphère, la température décroît assez régulièrement avec l'altitude, à un taux moyen de 6 à 7° C par kilomètre. Au niveau de la tropopause, dont l'altitude peut varier de 6 à 18 km et la température de -40° C à -55° C, la température cesse brusquement de décroître, puis augmente régulièrement à travers la stratosphère, jusqu'à un maximum compris entre -20° C et +20° C, situé au niveau de la stratopause à une altitude de 50 km.

On a deux montages, qui permettent de tester la thermistance dans les conditions citées ci-dessus.

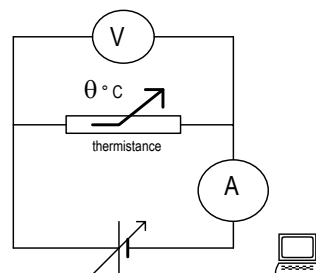
② - Etude d'une thermistance.

Activités

Tracer la courbe intensité tension à température ambiante et déterminer la valeur de la résistance.

Tracer la courbe intensité tension à température de 70 °C et déterminer la valeur de la résistance. (utiliser un thermoplongeur)

Tracer la courbe intensité tension à température de 6 °C et déterminer la valeur de la résistance.

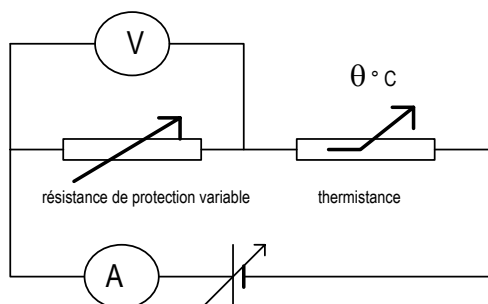


③ - Etude d'une CTN.

Activités

Utiliser une bombe réfrigérante pour mesurer la tension à la température de - 55 ° C (pour une CTN, Coefficient de Température Négative), la résistance augmente quand la température diminue et mesurer la valeur de la thermistance avec un voltmètre.

Mesurer la valeur de la thermistance avec un voltmètre à différentes températures, placer vos mesures sur la grande feuille de papier millimétré et dans un tableau d'étalonnage.

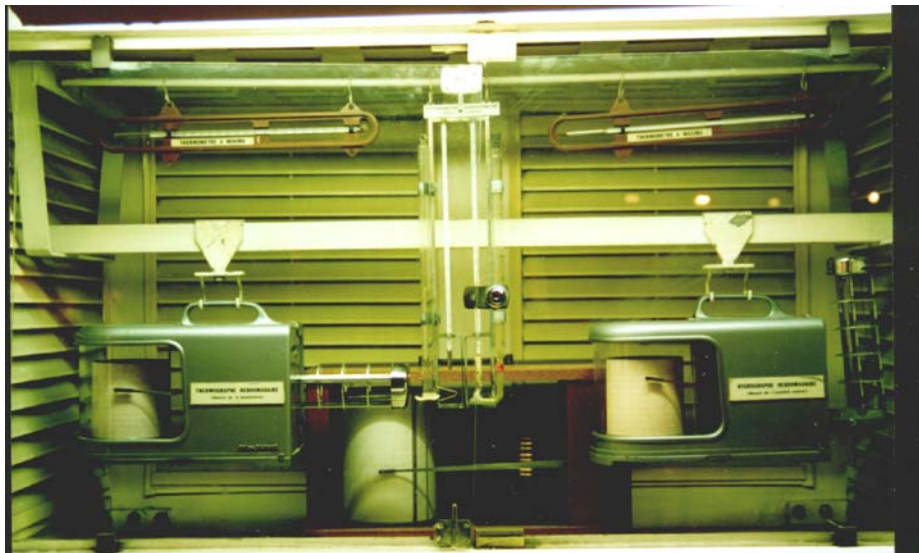


Projet 4 Mesure de l'humidité de l'air

Objectif : étude théorique du ballon-sonde et application altitude en fonction de la température.

① - Principe.

En météorologie, on utilise souvent des ballons-sondes. Comme la pression atmosphérique diminue avec l'altitude, le ballon se dilate en prenant de la hauteur et ses dimensions augmentent.



Station météorologique du Palais de la Découverte à Paris (novembre 1998) ; photo : FLATTOT.C

② - Etude d'un psychomètre.

Par définition l'humidité de l'air est exprimée par la relation :

$$U_{\%} = 100 \frac{e}{e_{WT}}$$

e étant la tension de vapeur ;

e_{WT} la tension de vapeur saturante à la température T ;

e s'obtient à partir de la formule : $e = e_{WT} - A.P.(T - T')$

avec $e_{WT'}$ la tension saturante à la température T' .

P est la pression atmosphérique en hPa (voir annexe 1).

$A = 0,00079$ réservoir du thermomètre mouillé recouvert d'eau, ventilation naturelle (installation fixe) ;

$A = 0,00069$ réservoir du thermomètre mouillé recouvert de glace, ventilation naturelle (installation fixe) ;

$A = 0,00065$ réservoir du thermomètre mouillé recouvert d'eau, ventilation forcée (psychomètre crécelle) ;

$A = 0,00058$ réservoir du thermomètre mouillé recouvert de glace, ventilation forcée (psychomètre crécelle) ;

T est la température de l'air en °C ;
T' est la température du thermomètre mouillé en °C ;
 e_{WT} et $e_{WT'}$ s'obtiennent à partir de la table jointe (voir annexe 2).

L'humidité de l'air se mesure avec un hygromètre ou avec un psychomètre. Pour le psychomètre, vous avez deux thermomètres disposés sur un morceau de bois dont l'un possède une enveloppe de tissu blanc. Pour effectuer vos mesures, mouiller l'extrémité du tissu avec de l'eau distillée, agiter l'ensemble, relever la température ambiante T du thermomètre sans le tissu, puis relever la température T' du thermomètre avec le tissu. N'oublier de relever la pression ambiante à l'aide du baromètre à la station météo de l'école.

Activités

 Tracer la courbe température/humidité à pression ambiante constante.
Mesurer l'humidité de l'air $U\%$ avec la relation citée auparavant :

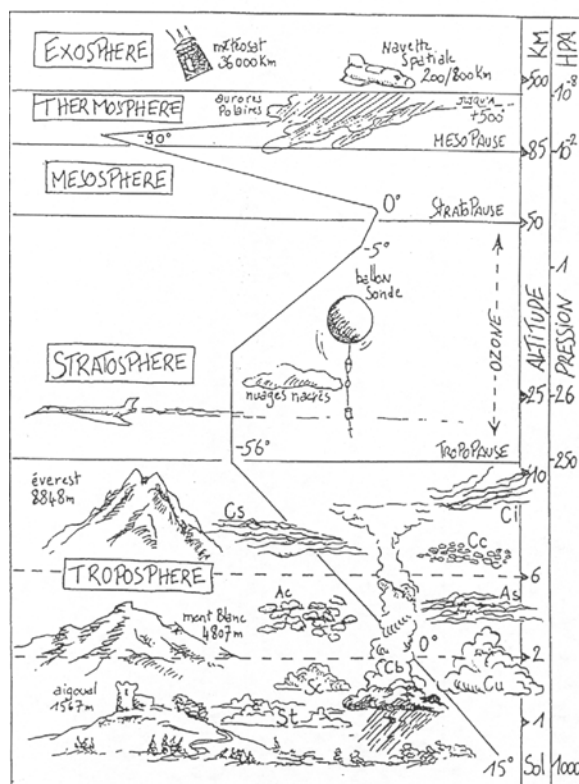
	Dans la salle de TP	A l'extérieur de la salle de TP	Dans le congélateur du laboratoire de l'école
Température °C			
$U\%$			

Tracer $T = f(U\%)$ sur du papier millimétré

 Conclure en 10 lignes en essayant de vous imaginer à 30 000 m d'altitude en vous aidant des documents qui suivent.

Dans la troposphère, la température décroît assez régulièrement avec l'altitude, à un taux moyen de 6 à 7° C par kilomètre. Au niveau de la tropopause, dont l'altitude peut varier de 6 à 18 km et la température de -40° C à -55° C, la température cesse brusquement de décroître, puis augmente régulièrement à travers la stratosphère, jusqu'à un maximum compris entre -20° C et +20° C, situé au niveau de la stratopause à une altitude de 50 km.

LES COUCHES DE L'ATMOSPHERE



③ - Etude d'un testeur d'humidité.

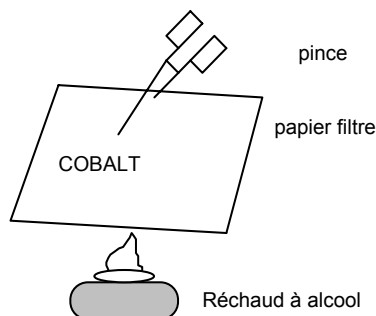
La modification des espèces chimiques qui entourent l'ion Co^{2+} , dans le complexe, s'accompagne ici d'un changement de couleur.

Activités.

Une solution de chlorure de cobalt (II) : $(\text{Co}^{2+} + 2 \text{Cl}^-)$ à $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$, cette solution est très légèrement rosée. Déposer, quelques gouttes de CoCl_2 sur une feuille de papier à l'aide d'un compte goutte. Cette solution de chlorure de cobalt (II) peut être utilisée comme encre invisible

Chauffons doucement à l'aide d'une source de chaleur, la feuille de papier sur laquelle on a écrit, en utilisant l'encre au chlorure de cobalt (II) : les caractères tracés apparaissent en bleu. Ils disparaissent ensuite très lentement au cours du refroidissement.

Les ions cobalt (II) Co^{2+} sont présents en solution dans l'eau sous forme d'un complexe de formule $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Cet ion est rose ; mais apparaît incolore en solution suffisamment diluée. En chauffant, on élimine des molécules d'eau H_2O qui peuvent être remplacés par des ions Cl^- pour former avec les ions Co^{2+} un nouveau complexe $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ de couleur bleu.





Ecrire l'équation-bilan.

L'eau contenue dans l'atmosphère permet de réaliser la réaction inverse : des molécules d'eau H_2O viennent remplacer les ions Cl^- autour du cation Co^{2+} pour reformer le complexe initial presque incolore, l'écriture est à nouveau invisible.

Le cation Co^{2+} , en s'entourant de molécules d'eau H_2O ou d'ions tels que Cl^- , forme les complexes $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ et $[\text{CoCl}_4]^{2-}$.



Préciser, dans les complexes qui viennent d'être vus, quels sont l'ion central et le ligand ? Dessiner la forme géométrique d'après vous.

Projet 5 Mesure d'une pression

Objectif : Mesurer une grandeur physique exige une conversion de cette grandeur physique en grandeur électrique.

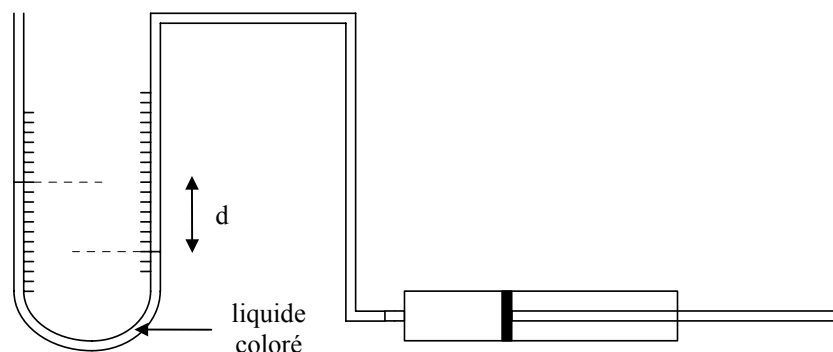
① - Principe sur la pression atmosphérique.

Nous ne pouvons parler de vent sans parler de la pression atmosphérique. L'air a beau être un gaz il pèse tout de même quelque chose. La pression atmosphérique est une force par unité d'aire. Pour être plus précis, il s'agit du poids d'une colonne d'air qui s'étend d'une altitude donnée jusqu'au sommet de l'atmosphère. L'unité utilisée est le kilopascal (kPa) ou le millibar (mb). En moyenne au niveau de la mer, la pression atmosphérique est de 101,32 kPa ou 1013,2 mb (1 kPa valant 10 mb). Pour mesurer la pression, on utilise un baromètre. Un des types de baromètre est la colonne de mercure. Plus la pression est élevée et plus la colonne de mercure sera élevée. L'inverse se produit si la pression de l'air diminue; la hauteur de la colonne de mercure sera plus basse.

En météorologie, les mesures de pression sont toujours ramenées au niveau de la mer pour pouvoir comparer les mesures entre les différentes stations météorologiques. Pour avoir une idée générale de la pression atmosphérique les météorologues utilisent des cartes sur lesquelles sont tracées des isobares, c'est-à-dire des lignes reliant entre eux les points de pression identiques.

② - Etude quantitative de la relation pression-volume d'une masse fixée de gaz à température constante.

2.1 Expérience.



Activités

Travailler avec le TP 13 Statistique des fluides.



Vérification de la relation $PV^\gamma = \text{Cte}$.

Faire varier le volume et mesurer la pression. Placer les valeurs dans un tableau. Tracer P en fonction de V et calculer le produit PV. Conclure.



D'après les connaissances théoriques que l'on a, déterminer comment va varier le volume de la seringue en fonction de la température à 35 000 m d'altitude.

③ - Etude quantitative de la relation du gradient de pression.

Projet 1998/99 ~ 1^{ère} S ~ « La tête dans les nuages mais les pieds sur Terre, le retour » ~ CF ~ 25/03/07

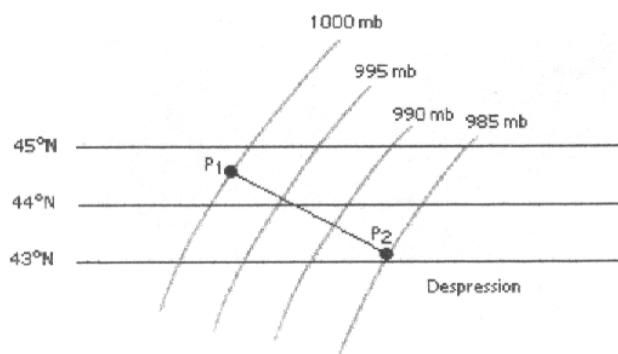
Le vent est un déplacement de l'air. Il possède une vitesse et une direction. La vitesse est exprimée en m/s, km/h ou en noeuds (1 noeud représente 1,852 km/h). La direction indique d'où provient le vent et elle s'exprime en fonction de la rose des vents.

Mais d'où vient le vent ? En termes simples, le vent provient des hautes pressions et se dirige vers les basses pressions dans le but de combler son vide relatif.



En termes plus scientifiques, pour définir le vent, nous devons parler ici du gradient de pression. Le gradient de pression est la différence de pression existant entre deux points divisée par la distance qui les séparent. Donc, $P_1 - P_2 / \text{distance}$.

$$\frac{P_1 - P_2}{\text{Distance}} = \frac{1000 \text{ mb} - 985 \text{ mb}}{1,5^\circ} = 10$$



C'est donc la différence de pression entre deux points qui crée une force nommée force du gradient de pression. Plus le vent est fort, plus la force du gradient de pression est élevée (donc, ou bien la différence $P_1 - P_2$ est grande ou bien la distance est faible). Sur une carte avec isobares, plus ces derniers sont rapprochés et plus la force du gradient de pression sera forte et plus le vent sera fort. La direction de la force du gradient de pression va de la haute pression vers la basse pression. Toutefois, noter que plus on s'élève dans les latitudes, plus la force de coriolis diminue et plus la force du gradient de pression sera faible et plus le vent sera faible aussi.

Activités



Déterminer $P_1 - P_2$ de la figure 1.



Déterminer $P_1' - P_2'$ de la figure 2.

figure 1

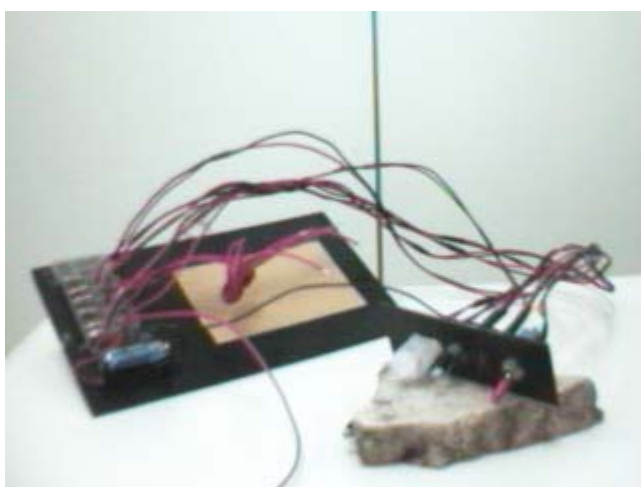
La chaîne de vol

Le tournage du projet

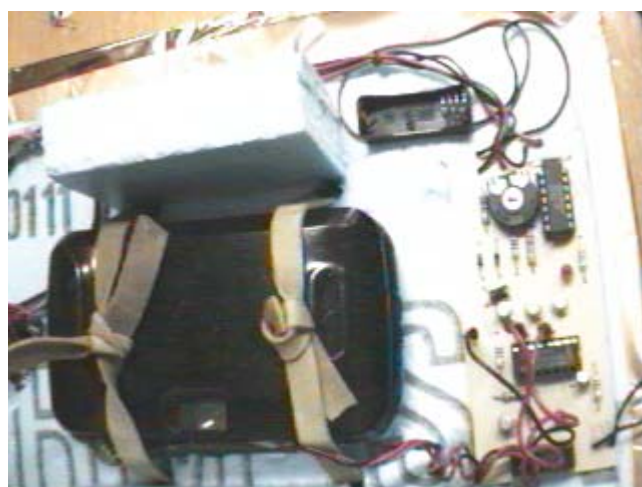
Air



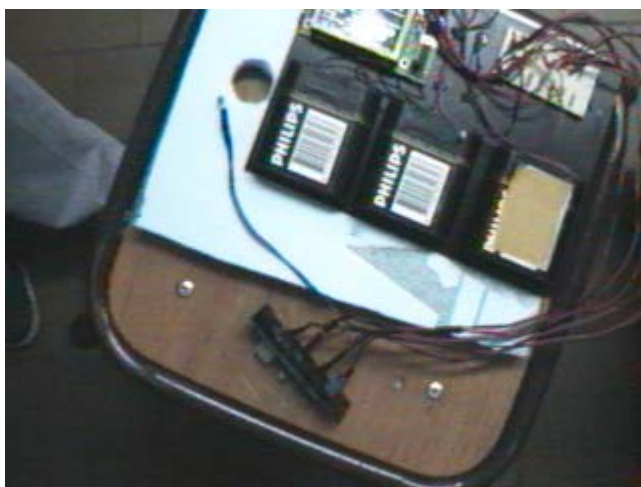
M A I N T E N O N



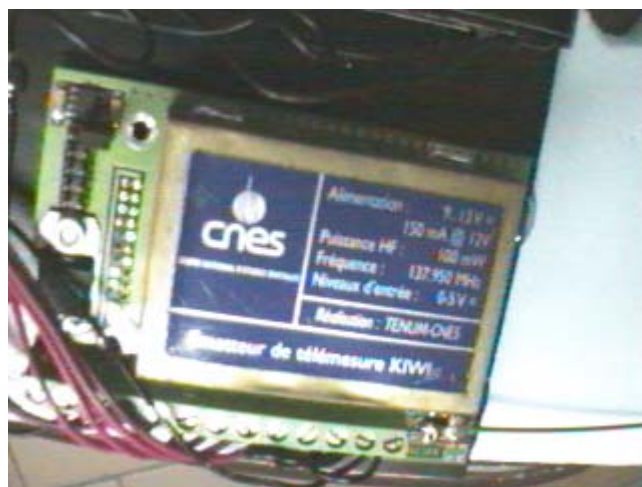
① ~ Les capteurs de température et le capteur d'humidité, placés sur leur support avec leurs résistances de protection et leur alimentation



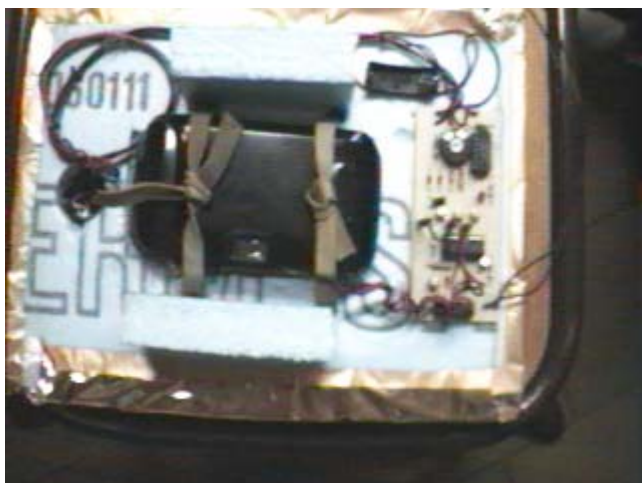
② ~ Le mécanisme du déclencheur automatique de l'appareil photographique et du moteur pour le largage de la deuxième nacelle



③ ~ Réunion de la plaque des capteurs de l'émetteur KIWI et de l'alimentation en pile de 4,5 V de l'émetteur



④ ~ L'émetteur KIWI, fourni par le CNES qui nous permet de recevoir les données de température, d'humidité et de la tension de l'alimentation du montage



⑤ ~ Le montage de la deuxième nacelle



⑥ ~ La nacelle secondaire (en bas) où se trouve l'appareil photographique et la nacelle principale (en haut) où se trouve les différents capteurs, le moteur et les cartes postales des enfants du primaire de St Thomas de Villeneuve



⑦ ~ Les élèves de 3^{ème} de M. DESRIAUX travaillent sur l'habillage des nacelles



⑧ ~ Les élèves de 1^{ère} S de M. FLATTOT travaillent sur l'étalonnage des capteurs.



⑨ ~ Le lancement du ballon, mercredi 26 mai 1999 à 11h40



①① ~ Le tee-shirt ; dessin : François DANIEL

Le trajet du ballon-sonde

Annexe 1

Annexe 2

Table de pression maximale de vapeur d'eau au-dessus de l'eau liquide en dixièmes de millibars.

Annexe 3

Les données récoltées de l'émetteur KIWI

Annexe 4

Courbes

L'impact médiatique