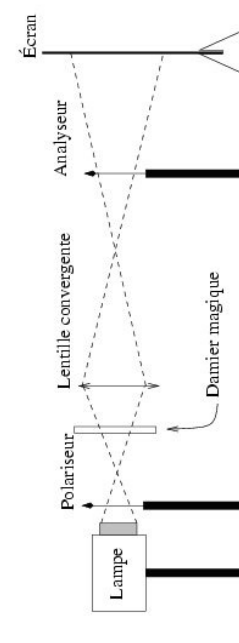


## La biréfringence du scotch :

ou comment « éteindre » certaines couleurs d'une lumière polychromatique.

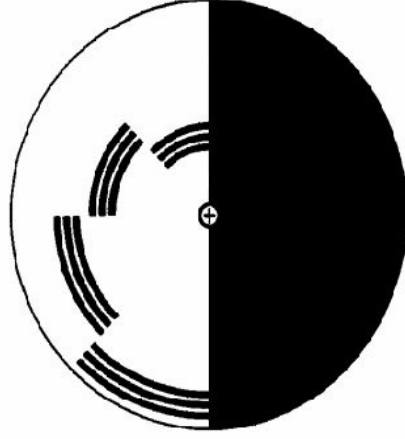


spectre de la lumière  
blanche (superposition  
des couleurs de l'arc  
en ciel).  
1 couleur -> 1 valeur  
de  $\lambda$  différente

**Comment :** On fabrique le damier en collant des morceaux de rubans *Scotch* (de type *transparent*, l'*invisible* ne marche pas), les uns sur les autres, le tout sur une lame de verre. On forme l'image du damier sur un écran à l'aide d'une lentille convergente. On place deux filtres polariseurs de part et d'autre du damier. En faisant tourner l'un des polariseurs on voit apparaître sur l'écran des régions dont les couleurs varient. Ces différentes zones correspondent aux différentes épaisseurs de *Scotch*.

**Pourquoi :** Le *Scotch* (*transparent*) est *biréfringent* : il existe pour la lumière deux vitesses de propagation dans le volume du *Scotch*. Si un faisceau lumineux polychromatique (issu de la superposition de plusieurs couleurs) éclaire du *Scotch* perpendiculairement à sa surface, la biréfringence entraîne la séparation du faisceau en deux parties qui parcourent des trajets de même longueur dans le *Scotch* mais à des vitesses différentes. A la sortie du *Scotch* les deux faisceaux sont déphasés de :

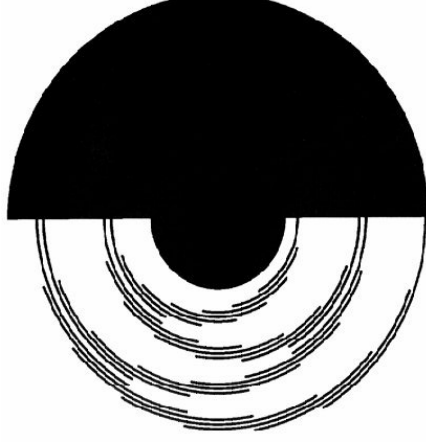
$$\phi = \frac{2\pi e}{\lambda} \Delta n$$
 où  $e$  est l'épaisseur de *Scotch* traversée et  $\Delta n$  la différence d'indices de réfraction associés aux deux vitesses de propagation. Le polariseur placé après le damier provoque l'interférence des deux ondes. Pour les valeurs de  $\lambda$  associées à un déphasage  $\phi = \pi$  les deux ondes se détruisent mutuellement. Si on envoie un faisceau de lumière blanche sur le *Scotch*, certaines longueurs d'ondes seront éteintes ce qui confère des couleurs variables aux régions correspondant à des épaisseurs de *Scotch* différentes.



## Les disques de Benham :

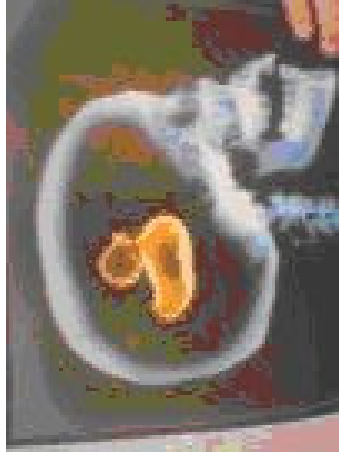
ou « l'illusion des couleurs subjectives »

**Comment :** L'expérience des *disques de Benham* est réalisée à partir d'un disque imprimé d'un motif en *noir et blanc* (voir exemples ci-contre). Lorsque l'on fait *tourner* le disque à une vitesse suffisante et sous une *lumière très intense*, l'œil perçoit des *tons pastel*, appelés « *couleurs subjectives* ».



**Pourquoi :** La vision des couleurs est assurée par des cellules appelées *cônes rétiniens*. Il en existe trois types, chacun d'entre eux enregistrant différentes ondes de lumière chromatique. Un type de cône est sensible à la couleur *bleue*, un second à la couleur *verte* et un troisième à la couleur *rouge*. Lorsque le cerveau doit enregistrer une *succession rapide* d'images en *noir et blanc*, l'ensemble des cellules oculaires sensibles aux couleurs est stimulé, en raison de la rapidité des modifications segmentaires sur le disque de Benham. Cependant, la *vitesse* de transmission de l'image vers le cerveau *n'est pas la même* pour chaque type de cellule. Par exemple, les cellules oculaires sensibles au bleu réagissent, le plus lentement des trois. De plus, nous percevons uniquement la couleur *blanche*, lorsque les *trois récepteurs* de couleur en question transmettent *simultanément* un stimulus. Lorsque, par exemple, la part de bleu dans la lumière blanche n'est pas encore transmise à votre cerveau, vous percevez, sur le disque de Benham, une couleur rougeâtre ou jaune.

**Crédit et références :** <http://www.rodstock.nl/fr/homepage/content.jsp>



## La propagation des ondes

Ou comment parler comme un canard

**Comment :** En inspirant de l'hélium contenu dans un ballon votre voix est modifiée et ressemble à celle d'un canard. Attention, il est très important de respirer de l'air pur entre deux prises d'hélium afin d'éviter une asphyxie, ne jamais respirer un gaz dont on ne sait pas s'il est dangereux et ne jamais respirer un gaz provenant d'une bouteille sous haute pression.

**Pourquoi :** la relation entre la vitesse ( $V$ ) d'une onde sonore, la fréquence ( $f$ ) et la longueur d'onde ( $\lambda$ ) est :

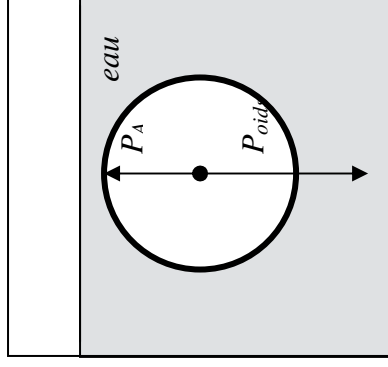
$$V = \lambda f$$

La longueur d'onde  $\lambda$  est constante car fixée par la longueur du système de résonance qui crée la voix dans le corps humain (des poumons aux cordes vocales).

Par contre, la vitesse de propagation de l'onde sonore (la voix) n'est pas la même dans l'hélium et dans l'air. Pour une température normale (20°C) et à pression atmosphérique, les vitesses sont :  $V_{\text{air}} = 343 \text{ m/s}$       $V_{\text{He}} = 1007 \text{ m/s}$

La vitesse  $V$  du son est plus grande dans l'hélium donc la fréquence  $f$  est aussi plus grande pour que la relation  $V = \lambda f$  reste vraie. Et plus la fréquence est grande, plus le son correspondant est aigu.

**Crédit et références :** <http://www.univ-pau.fr/~darrigan/physique/exp02.html>

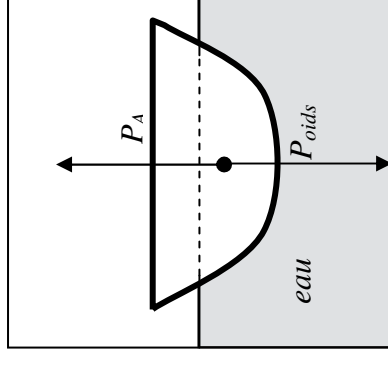


## La poussée d'Archimède

ou « comment modifier la flottabilité »

**Comment :** La masse de pâte à modeler coule dans le bac d'eau si elle est en forme de boule (à gauche). Au contraire, en lui donnant la forme d'une coupelle (coque de bateau, à droite), cette masse flotte.

La faculté de flotter dépend donc beaucoup (mais pas seulement) de la forme du corps.



**Pourquoi :** Un corps plongé dans un fluide (gaz ou liquide) déplace un volume de fluide égal au volume immergé. Il s'exerce alors sur le corps une poussée *verticale de bas en haut*, appelée *Poussée d'Archimède*. Si cette force est supérieure au poids du corps, il remonte à la surface jusqu'à l'équilibre (image de droite :  $P_A = P_{oids}$ ). Si elle est inférieure, l'objet coule (image de gauche :  $P_A < P_{oids}$ ). Si la force et le poids sont strictement identiques quand l'objet est totalement immergé, l'objet « flotte entre deux eaux ».

On peut intervenir de deux manières pour modifier cette poussée :

- 1) si la masse de l'objet est constante (expérience de la pâte à modeler), on augmente le volume de l'objet, en le modelant en forme de coque, de façon à augmenter le volume déplacé, et donc la poussée d'Archimède.
- 2) Si la forme de l'objet est constante (par exemple un sous-marin), on peut modifier sa masse : les sous-marins sont munis de *ballasts*, poches pouvant se remplir d'eau au gré des besoins de la plongée

C'est ce principe qui nous permet de *nager*, de faire voler les *montgolfières*, flotter les *bateaux*, etc.

**Crédit et références** : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Poussée\\_d'Archimède](http://fr.wikipedia.org/wiki/Poussée_d'Archimède)

<http://es.ra.free.fr/art0033.php3>





## Le xylophone à bouteilles

ou comment faire chanter les bouteilles

**Comment :** Lorsqu'on place côte à côte 5 à 6 bouteilles de verre identiques remplies d'eau selon différents niveaux et qu'à l'aide d'une baguette de bois ou de métal, on tapote légèrement l'une des bouteilles au dessus de son niveau d'eau, on obtient un son plus ou moins aigu. On peut adapter les niveaux de remplissage des bouteilles pour produire, avec un peu d'entraînement un morceau de musique connu.

**Pourquoi :** Le son est dû à la mise en vibration de particules d'air sous forme d'onde. Un son **grave** est produit par un bruit de grande longueur d'onde (ou de faible fréquence). Il nous apparaîtra plus sourd , plus étouffé. Inversement, un son **aigu** (plus métallique) provient d'une vibration de petite longueur d'onde, donc de plus grande fréquence. Sous l'effet du choc, la bouteille en verre vibrera différemment selon son niveau de remplissage (donc selon sa masse propre), d'où les effets sonores constatés que l'on peut classer, avec un peu d'attention , du plus grave au plus aigu. De plus, en soufflant au ras du goulot, on peut aussi faire vibrer la hauteur d'air libre dans la bouteille, et obtenir des longueurs d'onde différentes, que l'on peut comparer aux précédentes.



## L'aimant paresseux

ou comment ralentir la chute d'un aimant

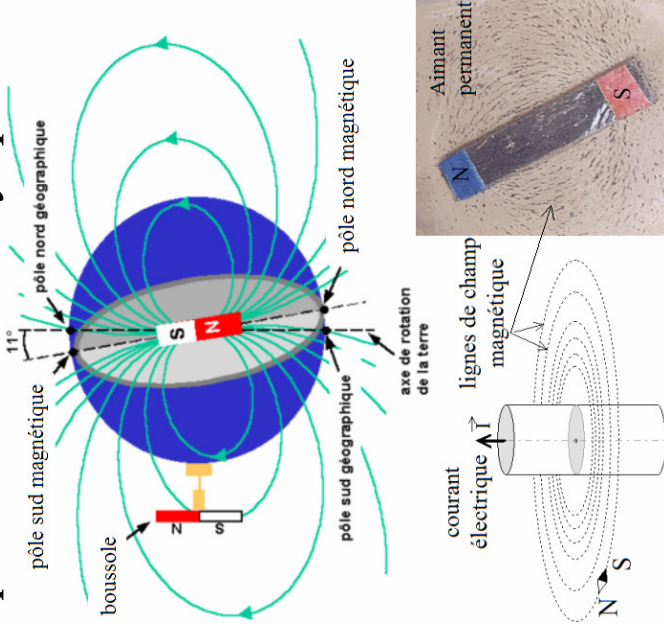
**Comment :** Lorsqu'on fait tomber un aimant à l'intérieur d'un tube de cuivre, le temps de chute observé est bien supérieur à un temps de chute libre dans l'air. On peut amplifier ce phénomène de freinage en insérant des tubes de cuivre de différents diamètres les uns dans les autres.

**Pourquoi :** Le passage de l'aimant engendre des courants induits dans la masse du tube de cuivre, on les appelle *courants de Foucault*. En vertu de la loi de Lenz, les courants induits s'opposent à la cause qui leur a donné naissance : ici la chute de l'aimant. Les courants de Foucault sont donc tels qu'une force de freinage est subie par l'aimant. Si on fait l'expérience avec un tube qui n'est pas fait avec un matériau conducteur de l'électricité, le temps de chute est celui usuellement constaté pour une chute libre.

**Crédit et références :** [http://astro.ensc-rennes.fr/index.php?pw=funny\\_physics#tube](http://astro.ensc-rennes.fr/index.php?pw=funny_physics#tube)

Deiber, L. Markiewicz, O. Kempf, F. Paviet, « Phénomène d'induction associé au mouvement d'un aimant dans un tube de cuivre », Bulletin de l'Union des Physiciens, No 822, p 487-509.

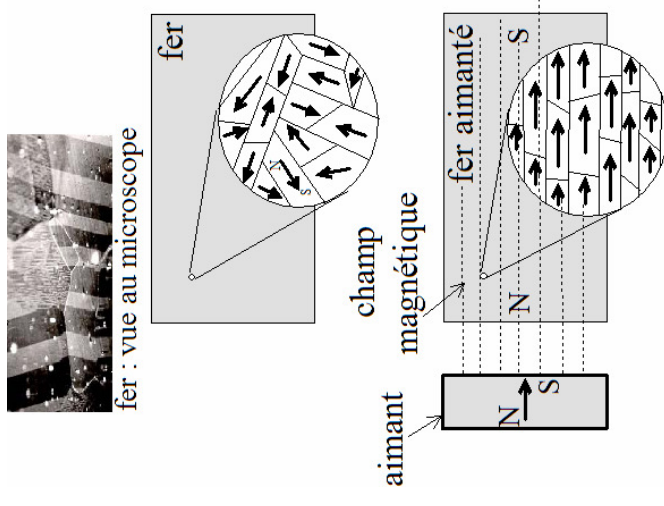
## Département Mesures Physiques



## Le Magnétisme et l'aimantation du fer ou « comment déplacer des objets à distance »

### Comment :

Un aimant et un fil parcouru par un courant électrique sont des sources de champ magnétique. Le champ magnétique est un phénomène qui se propage (c'est une onde comme la lumière, mais non visible) et transmet à distance de l'énergie capable de déplacer des objets. Le déplacement de l'aiguille en fer de la boussole, par exemple, est l'illustration de cette transmission d'énergie sans contact. Dans le cas de la boussole, le champ magnétique est celui produit par la terre.



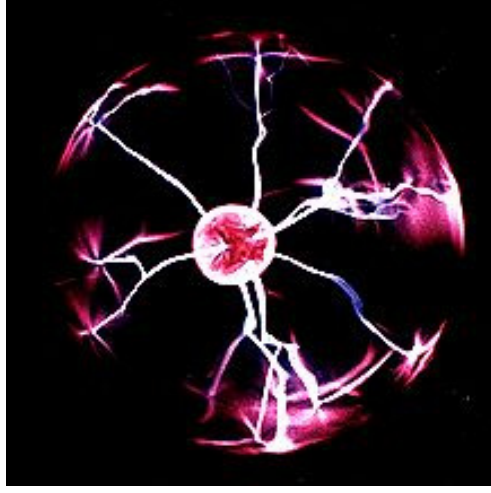
### Pourquoi ?

Le fer, à l'échelle microscopique, peut être vu comme un assemblage de « petits aimants ». En l'absence d'un champ magnétique, tous ces petits aimants sont orientés aléatoirement (dans toutes les directions). Le fer n'est alors pas aimanté.

Plongé dans un champ magnétique produit par un objet extérieur (aimant ou bobine parcourue par un courant), tous ces petits aimants vont s'aligner avec ce champ magnétique et combiner ainsi leurs effets pour produire en réaction une aimantation du fer. Celui-ci comportera deux pôles magnétiques nord et sud capables d'attirer (donc déplacer) les pôles sud et nord de l'objet générant le champ magnétique extérieur.

On utilise les propriétés du magnétisme pour réaliser des moteurs et des générateurs électriques.

**Crédit et références** : <http://membres.lycos.fr/electrotechcity/magnabase/lesbases.htm>



## La sphère plasma

Ou comment créer un orage au creux de sa main

**Comment :** Une sphère transparente est parcourue par des décharges électriques haute-tension et haute fréquence (plusieurs milliers de volts - plusieurs milliers de Hertz). Ces décharges plasmas sont stoppées par la paroi de la sphère qui est revêtue d'une fine couche métallique transparente. Les décharges sont enfermées dans la sphère qui joue le rôle de cage (on parle de cage de Faraday). A l'extérieur on ne ressent pas les effets des décharges électriques. On peut même poser la main sur la sphère. Les doigts attirent et guident les éclairs comme dans une séance de domptage. Plus étonnant encore, lorsqu'on approche un tube néon tenu à main nue de la sphère celui-ci s'allume à distance !!

**Pourquoi :** En physique, le plasma décrit un des états de la matière (autre que solide, liquide, gaz). C'est un milieu constitué de particules neutres, d'ions et d'électrons. Lorsqu'on chauffe un gaz suffisamment, les électrons des couches extérieures peuvent être arrachés lors des collisions entre particules, ce qui forme le plasma. Globalement neutre, la présence de particules chargées donne naissance à des comportements inexistants dans les fluides, en présence d'un champ électromagnétique par exemple. Un plasma peut également se former à basse température si la source d'ionisation lui est extérieure. Cet état est le plus représenté dans l'univers, dans les étoiles, le milieu interstellaire et aussi l'ionosphère terrestre (99%). À une autre échelle, on trouve également des plasmas dans les tubes fluorescents (improprement appelés néons), les propulseurs spatiaux et ils sont couramment utilisés dans l'industrie notamment en microélectronique.

**Crédit et références :** [http://www.unilim.fr/scientibus/36manips/fiche.php?num\\_manip=12](http://www.unilim.fr/scientibus/36manips/fiche.php?num_manip=12) (site en français)  
<http://www.powerlabs.org/plasmaglobes.htm#Technical%20Details>: (site en anglais très complet)



## Département Mesures Physiques

... Glenarvan, Paganel et Wilson sortirent de la casucha. Il était six heures du soir. Le froid piquait vivement malgré le calme absolu de l'atmosphère. Le bleu du ciel s'assombrissait déjà, et le soleil effleurait de ses derniers rayons les hauts pics des plateaux andins. Paganel, ayant emporté son baromètre, le consulta, et vit que le mercure se maintenait à 0,495 millimètres. La dépression de la colonne barométrique correspondait à une élévation de onze mille sept cents pieds. Cette région des cordillères avait donc une altitude inférieure de neuf cent dix mètres seulement à celle du Mont Blanc. Si ces montagnes eussent présenté les difficultés dont est hérisé le géant de la Suisse, si seulement les ouragans et les tourbillons se fussent déchaînés contre eux, pas un des voyageurs n'eût franchi la grande chaîne du nouveau-monde.

... Le feu fut difficile à allumer et surtout à entretenir. L'air très raréfié ne fournissait plus assez d'oxygène à son alimentation ; du moins ce fut la raison donnée par le major. " en revanche, ajoutait-il, l'eau n'aura pas besoin de cent degrés de chaleur pour bouillir ; ceux qui aiment le café fait avec de l'eau à cent degrés seront forcés de s'en passer, car à cette hauteur l'ébullition se manifestera avant quatre-vingt-dix degrés. " Mac Nabbs ne se trompait pas, et le thermomètre plongé dans l'eau de la chaudière, dès qu'elle fut bouillante, ne marqua que quatre-vingt-sept degrés. Ce fut avec volupté que chacun but quelques gorgées de café brûlant ; quant à la viande sèche, elle parut un peu insuffisante, ce qui provoqua de la part de Paganel une réflexion aussi sensée qu'inutile. « parbleu, dit-il, il faut avouer qu'une grillade de lama ne serait pas à dédaigner ! »

... Dans ce cas, où l'horizon manque, on le remplace par un horizon artificiel. C'est ordinairement une cuvette plate, remplie de mercure, au-dessus de laquelle on opère. Le mercure présente ainsi et de lui-même un miroir parfaitement horizontal. John n'avait point de mercure à bord, mais il tourna la difficulté en se servant d'une baille remplie de goudron liquide, dont la surface réfléchissait très suffisamment l'image du soleil. Il connaissait déjà sa longitude, étant sur la côte ouest de la Nouvelle-Zélande. Heureusement, car sans chronomètre il n'aurait pu la calculer. La latitude seule lui manquait et il se mit en mesure de l'obtenir. Il prit donc, au moyen du sextant, la hauteur méridienne du soleil au-dessus de l'horizon. Cette hauteur se trouva de 68 degrés 30. La distance du soleil au zénith était donc de 21 degrés 30, puisque ces deux nombres ajoutés l'un à l'autre donnent 90 degrés. Or, ce jour-là, 3 février, la déclinaison du soleil était de 16 degrés 30 d'après l'annuaire, en l'ajoutant à cette distance zénithale de 21 degrés 30, on avait une latitude de 38 degrés. La situation du *Macquarie* se déterminait donc ainsi : longitude 171 degrés 13, latitude 38 degrés, sauf quelques erreurs insignifiantes produites par l'imperfection des instruments, et dont on pouvait ne pas tenir compte.

Jules Verne (1828-1905),  
*Les enfants du Capitaine Grant*

## Département Mesures Physiques

... Vu dans les divers actes de son existence, ce gentleman donnait l' idée d' un être bien équilibré dans toutes ses parties, justement pondéré, aussi parfait qu' un **chronomètre de Leroy ou de Earnshaw**. C' est qu' en effet, Phileas Fogg était l' exactitude personnifiée, ce qui se voyait clairement à " l' expression de ses pieds et de ses mains " , car chez l' homme, aussi bien que chez les animaux, les membres eux-mêmes sont des organes expressifs des passions. Phileas Fogg était de ces gens mathématiquement exacts, qui, jamais pressés et toujours prêts, sont économes de leurs pas et de leurs mouvements. Il ne faisait pas une enjambée de trop, allant toujours par le plus court. Il ne perdait pas un regard au plafond. Il ne se permettait aucun geste superflu. On ne l' avait jamais vu ému ni troublé. C' était l' homme le moins hâté du monde, mais il arrivait toujours à temps.

... " surtout, dit-il, que je prenne bien garde de ne pas manquer le bateau !

-vous avez le temps, répondit Fix, il n' est encore que midi ! "

Passepartout tira sa grosse montre.

" midi, dit-il. Allons donc ! Il est neuf heures cinquante-deux minutes !

-votre montre retarde, répondit Fix.

-ma montre ! Une montre de famille, qui vient de mon arrière-grand-père ! Elle ne varie pas de cinq minutes par an. C' est un vrai **chronomètre** !

-je vois ce que c' est, répondit Fix. Vous avez gardé l' heure de Londres, qui retarde de deux heures environ sur Suez. Il faut avoir soin de remettre votre montre au midi de chaque pays.

-moi ! Toucher à ma montre ! S' écria Passepartout, jamais !

-eh bien, elle ne sera plus d' accord avec le soleil.

-tant pis pour le soleil, monsieur ! **C' est lui qui aura tort !** "

et le brave garçon remit sa montre dans son gousset avec un geste superbe.

## Département Mesures Physiques

... Vers la fin du mois de juin, après d'interminables pluies, le temps se mit décidément au froid, et, le 29, un thermomètre Fahrenheit eût certainement annoncé vingt degrés seulement au-dessus de zéro (6 degrés, 67 centigrades au-dessous de glace). Le lendemain, 30 juin, jour qui correspond au 31 décembre de l'année boréale, était un vendredi. Nab fit observer que l'année finissait par un mauvais jour ; mais Pencroff lui répondit que, naturellement, l'autre commençait par un bon, - ce qui valait mieux. En tout cas, elle débuta par un froid très-vif.

... Pencroff pensa qu'il était l'heure de déjeuner, et, à ce propos, il fut question de régler les deux montres de Cyrus Smith et du reporter. On sait que celle de Gédéon Spilett avait été respectée par l'eau de mer, puisque le reporter avait été jeté tout d'abord sur le sable, hors de l'atteinte des lames. C'était un instrument établi dans des conditions excellentes, un véritable chronomètre de poche, que Gédéon Spilett n'avait jamais oublié de remonter soigneusement chaque jour. Quant à la montre de l'ingénieur, elle s'était nécessairement arrêtée pendant le temps que Cyrus Smith avait passé dans les dunes. L'ingénieur la remonta donc, et, estimant approximativement par la hauteur du soleil qu'il devait être environ neuf heures du matin, il mit sa montre à cette heure. Gédéon Spilett allait l'imiter, quand l'ingénieur, l'arrétant de la main, lui dit :

"Non, mon cher Spilett, attendez. Vous avez conservé l'heure de Richmond, n'est-ce pas ?

- Oui, Cyrus.

- Par conséquent, votre montre est réglée sur le méridien de cette ville, méridien qui est à peu près celui de Washington ?

- Sans doute.

- Eh bien, conservez-la ainsi. Contentez-vous de la remonter très-exactement, mais ne touchez pas aux aiguilles. Cela pourra nous servir. - à quoi bon ?" pensa le marin.

... Du reste, les colons eurent lieu d'être extrêmement satisfaits, car cette caisse contenait des outils, des armes, des instruments, des vêtements, des livres, et en voici la nomenclature exacte, telle qu'elle fut portée sur le carnet de Gédéon Spilett :

**instruments : 1 sextant, 1 jumelle, 1 longue-vue, 1 boîte de compas, 1 boussole de poche, 1 thermomètre de fahrenheit, 1 baromètre anéroïde, 1 boîte renfermant tout un appareil photographique, objectif, plaques, produits chimiques, etc.**