



## Challenge Labs (3)

Par Ph. Léonard

Rappel des épisodes précédents : *Les activités du type Challenge Labs utilisent des capteurs pour les mettre dans les mains des élèves et leur permettre de choisir, penser et analyser des résultats expérimentaux alors même que ceux-ci peuvent être obtenus très rapidement. Les Challenge Labs<sup>1</sup> doivent être courts et les questions qu'ils posent très claires. La brièveté de ce type d'activité contraste complètement avec l'idée d'un labo à l'ancienne, impliquant un long rapport débutant par un rappel théorique, suivi d'une description de l'activité, des résultats expérimentaux, des calculs et enfin de l'analyse et des conclusions. En 50 minutes de cours, des élèves devraient pouvoir mener leur recherche à terme et fournir un résultat étayé par les mesures et l'analyse, sous forme informatique. Cette caractéristique fait d'ailleurs des Challenge Labs une excellente activité d'évaluation à l'issue d'un cycle d'apprentissage.*

Autant vous le dire sans ambages qu'à ce jour, je n'ai encore reçu aucun commentaire, aucune réaction de lecteur concernant les *challenge labs*. Les opinions des uns et des autres exprimées plus directement sont heureusement nombreuses et souvent très positives. Encouragé par ce franc succès, je continuerai donc à discuter seul des avantages et inconvénients de la démarche d'investigation par capteurs interposés.

A vrai dire, cette activité a souvent été utilisée avec des élèves du secondaire (4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> année) ; elle est ainsi taillée sur mesure pour ce niveau.



Les filtres à café en question sont de grands filtres industriels. Leur masse est de l'ordre de 3,4g et leur diamètre en vol 25 cm environ<sup>2</sup>. Lorsqu'on laisse tomber ce genre de filtre dans l'air, sa forme stabilise le mouvement de sorte que la chute est bien verticale ; de plus, la masse étant faible, la vitesse limite est très rapidement atteinte et le mouvement est essentiellement un MRU.

Il est préférable que les *challenge labs* comportent aussi une partie évaluable simple qui peut justement se baser sur la qualité de la prise de mesure. Ainsi les premières tâches du défi consistent à déterminer la vitesse maximum de chute (vous remarquerez qu'on ne parle pas directement de vitesse limite...) et le temps pour

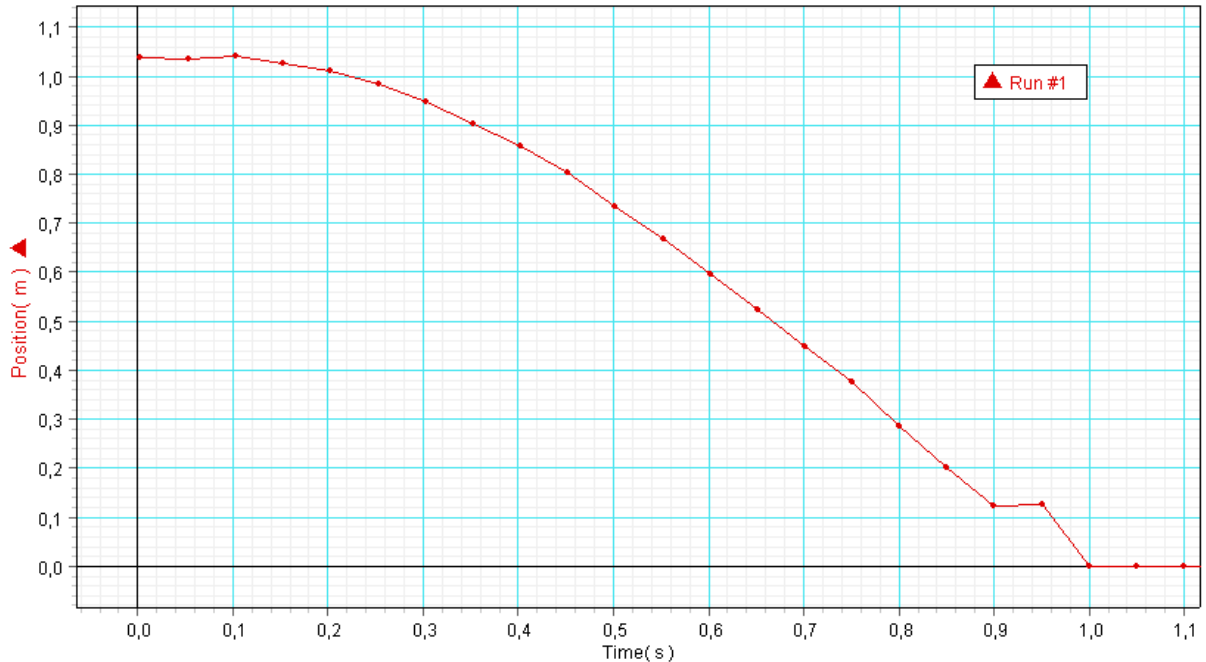
<sup>1</sup> L'idée et le nom viennent du magazine *Physics Teacher*, notamment par A.J. Greer et J.D. Bierman, vol 43, november 2005. Voyez aussi *Physics Teacher*, vol 49, september 2009.

<sup>2</sup> Certains utilisent des emballages en papier de petits cakes mais le résultat est bien meilleur avec les filtres.



l'atteindre à partir du départ. On demande également de caractériser le type de mouvement du filtre.

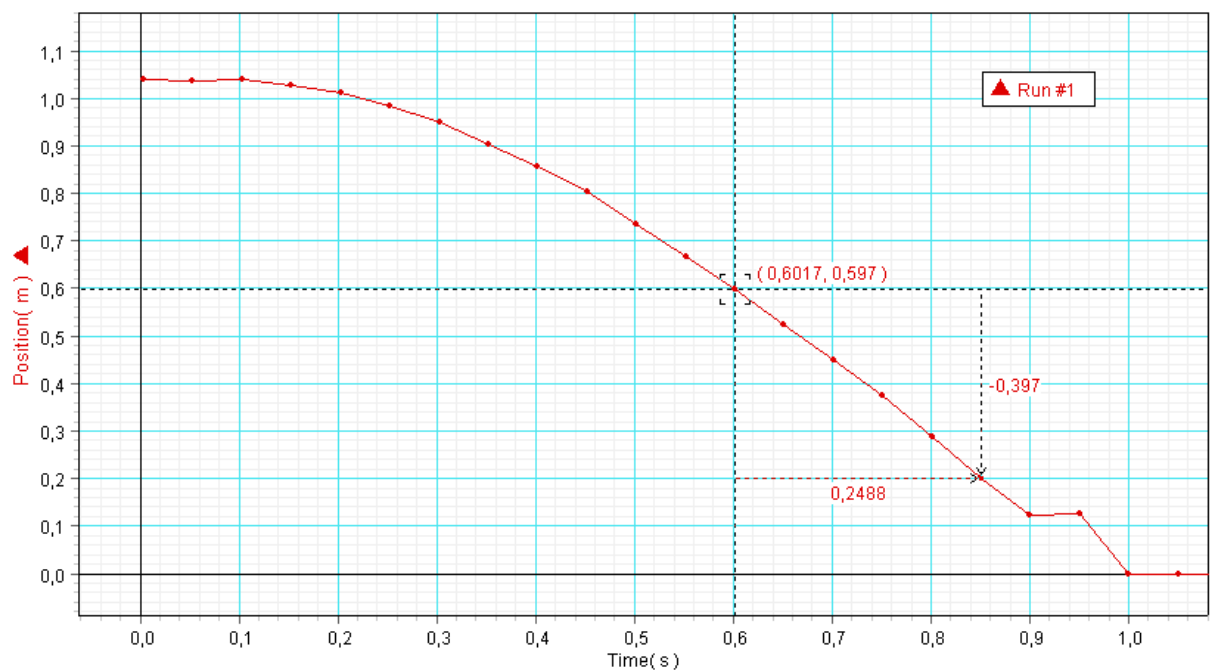
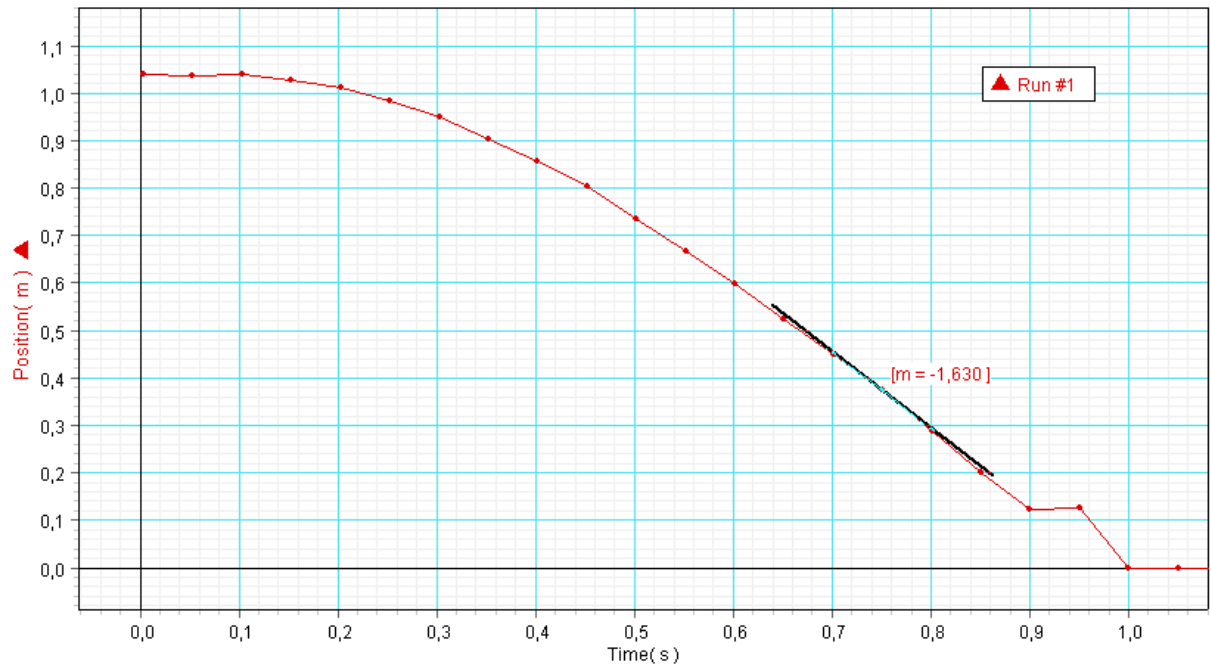
A l'aide d'un capteur utilisant des salves d'ultrasons pour déterminer la position du filtre, on obtient les résultats suivants :



Pour les étudiants, l'interprétation de ce graphique n'est pas complètement évidente. Il leur faut comprendre, par exemple, que le capteur définit sa propre référence et le sens de l'axe des positions : le mouvement commence donc à 1,04m du sol et, lorsque le filtre tombe, sa position décroît (vous remarquerez que les positions inférieures à 15cm sont mal interprétées par le capteur suite à une confusion possible entre les salves). Dans ce cas, l'échantillonnage a été réglé à 20 Hz (20 salves par seconde). Le mouvement qui est visiblement rectiligne est aussi raisonnablement uniforme à partir de 0,4 s. Comme le lâcher semble être aux alentours de 0,1s, il faut une durée de 0,3s et une dizaine de cm de chute pour que la vitesse atteinte soit à peu près constante.

Comment obtenir la vitesse maximale de chute ?

Le genre de logiciel qui gère les données des capteurs permet en général d'obtenir aisément des valeurs numériques utiles concernant le graphique. Dans la figure suivante, on affiche la valeur du coefficient de direction de la tangente au graphique position(temps) et, plus bas, les coordonnées de deux points proches. La vitesse donnée est 1,630 m/s par le premier instrument (un élève curieux s'intéressera peut-être au signe algébrique de cette valeur...) et le deuxième moyen donne :  $v = 0,397/0,2488 = 1,596$  m/s (soit une différence de l'ordre de 2%).



Cette première partie est plutôt simple et liée à des savoir-faire classiques. Pourtant ces labos offrent parfois des surprises étonnantes. La première fois que je l'ai proposé à une classe, j'ai rapidement remarqué un groupe d'élèves, les bras croisés, qui ne faisaient rien. « Pourquoi ? » demandais-je. « Ça ne marchera pas... le filtre va valdinguer dans tous les sens et le capteur ne pourra pas suivre son mouvement » me dirent-ils. « ??? Et vous avez essayé ??? » répondis-je. « Euh, non... » fut la réponse. Misère.....

Une autre fois, avec des profs, j'entendis l'un d'entre eux avertir « Ça n'ira pas... ce n'est pas une chute libre... ». Allons bon, si on commence à laisser tomber des trucs dans l'air, la physique fout le camp.



Le cœur du défi, la « Terra Incognita », suggère de trouver un moyen de déterminer la vitesse de chute de 100 filtres emboîtés. Vous aurez remarqué que le protocole n'est d'aucune utilité dans ce cas ; rien ne suggère la marche à suivre si ce n'est l'idée de tirer quelque conclusion de la répétition de l'expérience pour un nombre différent de filtres emboîtés.

Logiquement, les élèves empileront plusieurs filtres l'un dans l'autre et mesureront à nouveau la vitesse limite. Comme ces filtres ont les mêmes dimensions, seule la masse change lorsqu'ils sont emboîtés ; la surface frontale et le coefficient de pénétration dans l'air resteront identiques. On peut prévoir que la vitesse limite sera proportionnelle à la racine carrée de la masse c'est-à-dire à la racine carrée du nombre de filtres.

A la vitesse limite  $v$ , on a en effet :  $mg = \frac{1}{2} \rho \cdot C_x \cdot S \cdot v^2$  où  $m = n \cdot m_{\text{filtre}}$

Concrètement les expérimentateurs en herbe pourraient obtenir les deux premières colonnes du tableau de mesures suivant<sup>3</sup> :

n filtres	vitesse (m/s)	rac car(n)
0	0	0
1	1,1	1,00
2	1,89	1,41
3	2,14	1,73
5	2,6	2,24
7	2,79	2,65
9	3,1	3,00

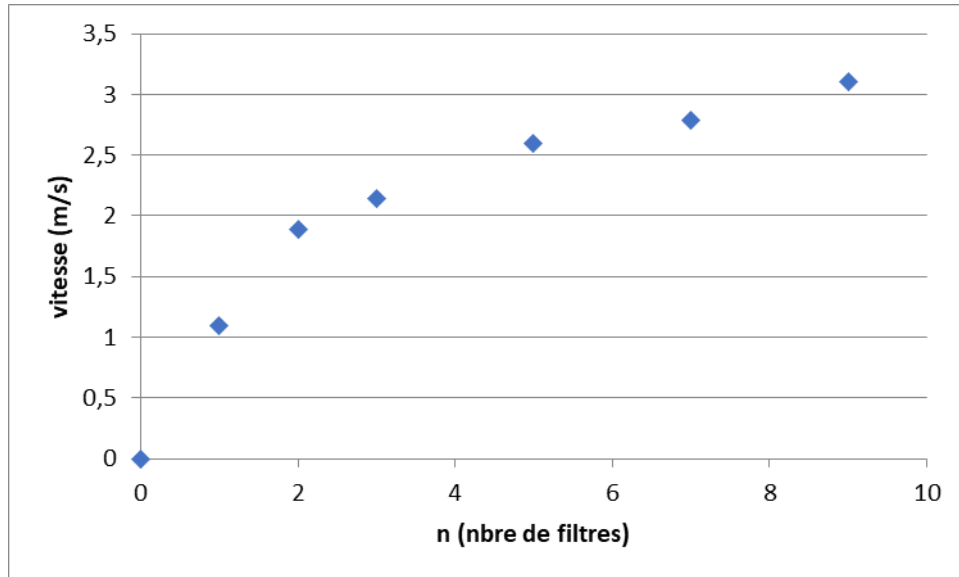
A partir de là, le bât blesse... Confrontés à ces mesures, mes élèves commentent : « ça ne va pas ! ».

Ce qui ne va pas, c'est l'absence de proportionnalité entre  $v$  et  $n$  ce qui en dit long sur le type de relation que nous leur proposons de regarder : la proportionnalité directe semble la seule loi du monde...

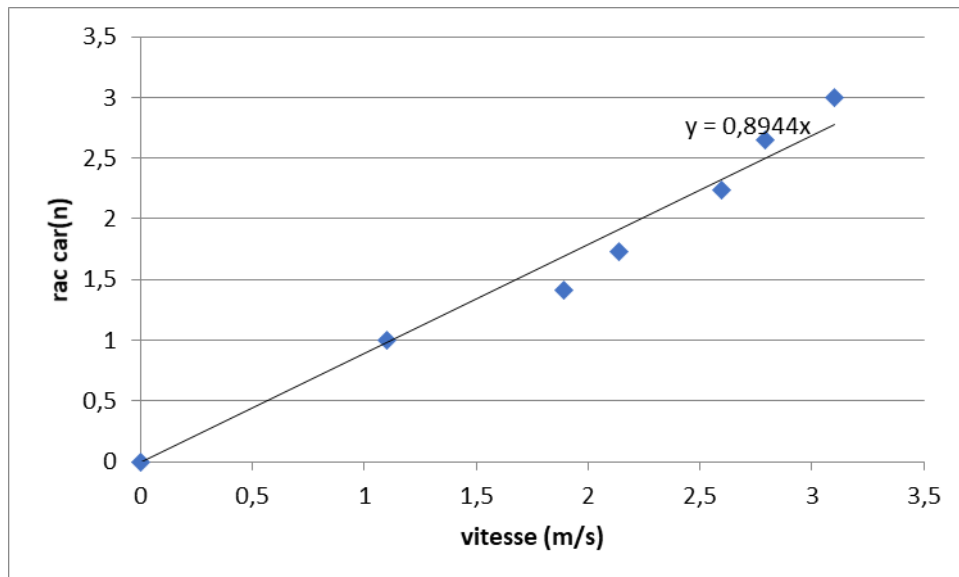
Le protocole ne leur suggère d'aucune façon de tracer un graphique. Bien entendu, ils l'ont fait auparavant sur consigne ; dans le cas présent, ils doivent réinventer l'idée de tracer un graphique afin de les aider à comprendre. Ce n'est absolument pas la même chose que de réaliser un graphique sur commande du professeur sans qu'on en voie la nécessité.

En les laissant mariner dans leur jus le temps nécessaire, on peut espérer obtenir d'eux qu'ils finissent par tracer le graphique suivant :

<sup>3</sup> Les mesures affichées ici sont obtenues avec un premier filtre différent de celui utilisé dans la première partie. Ceci explique la différence de vitesse limite.



Et là je sais : vous êtes certains que j'exagère... Pourtant, les élèves du secondaire mettent un certain temps avant de formuler une hypothèse valable pour identifier ce type de courbe. Je conserve un bon souvenir de cet élève invoquant une « drôle » de parabole renversée...



En linéarisant, par exemple en portant  $\sqrt{n}$  en fonction de  $v$ , on obtient, comme sur le graphique ci-dessus, une droite et son équation, ce qui permet de répondre enfin à la Terra Incognita. Pour  $n = 100$ ,  $v = 10/0,8944 = 11,2$  m/s.