

EPS Lyon 2016
Enseigner la physique dans le supérieur

Retour d'expérience
De la physique pour des non physiciens ?

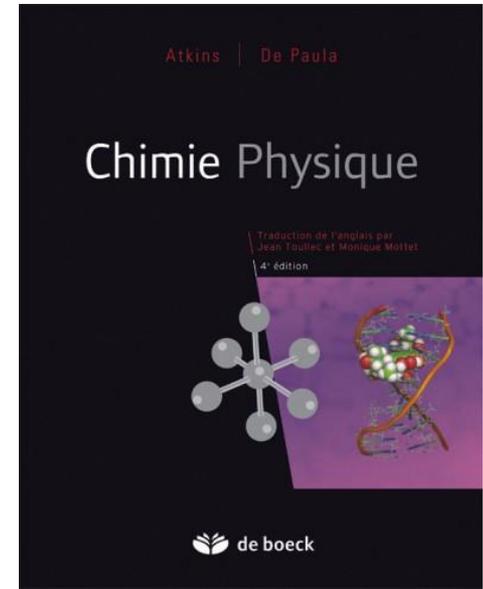
Jean-Michel Courty (LKB) et Edouard Kierlik (LPTMC)

Enseigner à des non physiciens ? Une tradition

La physique comme discipline sœur

- ✓ chimie
- ✓ sciences de l'ingénieur

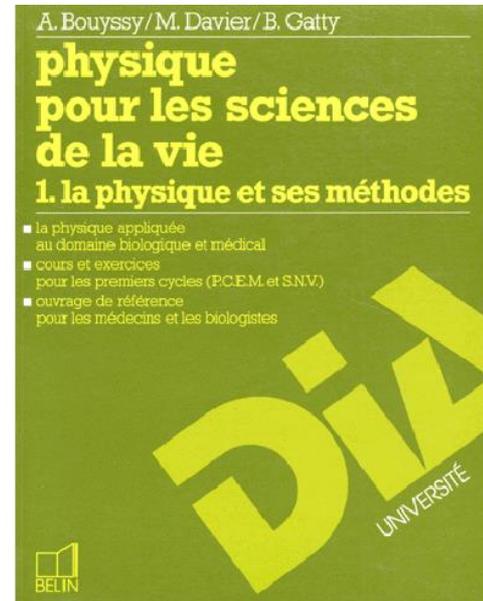
➔ Portails de L1 MIPI et PCGI



Discipline outil des autres disciplines

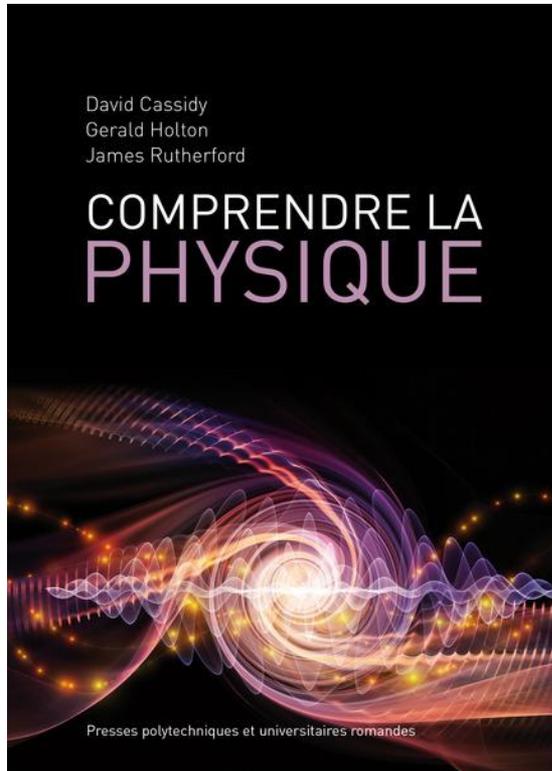
- ✓ études de médecine
- ✓ sciences de la vie et de la Terre

➔ PACES, portail BGC



La physique comme discipline formatrice...

Enseigner la physique comme culture



Ancrer la physique dans une perspective historique

« La physique... Un monde incompréhensible pour qui n'a pas de formation en mathématiques ? Des théories aussi abstraites qu'hermétiques ?

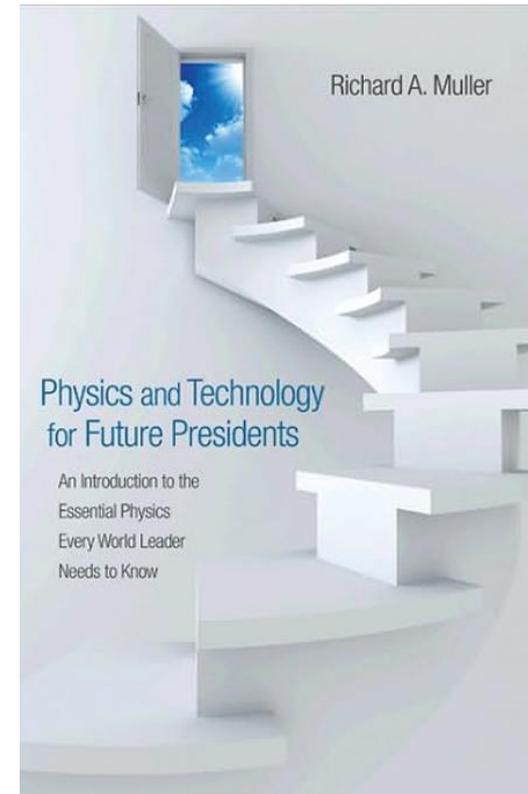
Suivant le développement historique des idées, il replace les principaux concepts dans un cadre humaniste... explique l'origine des principes... »

'Physics for poets'

Ancrer la physique dans une perspective sociétale

Basée sur un cours enseigné à Berkeley:

'From the physics of energy to climate change, and from spy technology to quantum computers, this is the only textbook to focus on the modern physics affecting the decisions of political leaders and CEOs and, consequently, the lives of every citizen.'



Un nouveau cadre : majeure, mineure et Sorbonne



Le système majeure mineure à l'UPMC

- ✓ La possibilité d'associer n'importe quelle discipline A à une discipline B
- ✓ Totale autonomie entre la majeure et la mineure
- ✓ Double majeures

Le sens unique: des mineures SHS pour des majeures scientifiques

- ✓ Enseignement et Didactique des Sciences (EDS)
- ✓ Patrimoine, Sociétés et Relations Nord-Sud (PSRNS)
- ✓ Médiation Scientifique (MS)
- ✓ Histoire et Philosophie des Sciences et Techniques (HPST)
- ✓ Gestion
- ✓ Innovation en Santé Publique (ISP)

En route vers la Sorbonne...

Pourquoi pas de la physique pour des
« littéraires »?



Quelle physique leur faire?

3H764 Physique pour non physiciens

Une UE dans la majeure pluridisciplinaire de sciences (licence sciences et technologies, sans mention)

6 ECTS, 24h cours, 24h travaux encadrés, un mini-projet avec soutenance

Un public réduit de 11 étudiantes, des femmes issues de parcours typés SVT et qui se destinent à être professeures des écoles

Sondage sur les attentes des étudiantes

- ✓ une culture générale en physique
- ✓ la capacité de monter et interpréter des expériences
- ✓ la capacité d'exploiter des revues de vulgarisation

Présenter un panorama des grands domaines de la physique

(12 cours de 2 heures avec moult expériences réalisées en direct)

S'initier à la démarche de physicien

- ✓ développer l'approche quantitative
- ✓ développer l'intuition et le raisonnement physique
- ✓ développer le regard critique à travers l'analyse de documents de nature variée
- ✓ aborder des problèmes interdisciplinaires

(questions de Fermi, résolution de problèmes, approches documentaires, physique de table)

~~Tenue d'un portfolio individuel d'observation et de progression~~

Réalisation d'un projet

- ~~✓ par équipe de 4 étudiants~~
- ✓ réaliser un travail d'appropriation et de maturation
- ✓ produire une synthèse personnelle
- ✓ mettre en œuvre une démarche complète de physicien (modélisation, expérimentation)

Conserver une part de technicité

Pas de calculs complets en autonomie mais

- ✓ faire des calculs numériques
- ✓ manipuler des expressions algébriques
- ✓ manipuler des lois de puissances
- ✓ exploiter des représentations graphiques

Animal	Masse (kg)	Longévité (année)
Elephant	3500	70
Gorille	230	30
Homme	75	75
Chèvre	30	18
Renard	3	14
Cobaye	0,3	7,5
Souris	0,025	3,5

6- Tracer en échelle log – log la longévité T en fonction de la masse M sur le papier millimétré fourni.

7- En quoi l'espèce humaine constitue-t-elle une anomalie parmi les mammifères ?

8- Montrer que les données sont compatibles avec une loi du type $T \simeq k \times M^{\frac{1}{4}}$ et que k est compris entre 9 et 10.

On peut montrer par analyse dimensionnelle (cf cours 1), que l'on peut écrire la force de poussée d'une hélice sous la forme :

$$F = \kappa \frac{\rho U_0^2}{2} \frac{\pi D^2}{4}$$

1- Les samares



Les graines qui tourbillonnent si gracieusement dans les airs en tombant d'un érable s'appellent des samares (voir photo ci-dessous). On constate d'expérience qu'ils chutent selon la verticale à vitesse constante. Le samare de l'*Acer rubrum* (l'érable roux) est long d'environ 17 mm et pèse de 11 à 57 mg.

a) À brûle-pourpoint, quelle valeur envisageriez vous pour la vitesse de chute U de la graine ?

b) Estimez l'ordre de grandeur de U en appliquant les résultats de la partie précédente.

Difficultés « techniques »

Difficultés vis-à-vis des changements de registre (calcul, estimation, observation...)

Difficultés face à l'inattendu

Quelques réalisations: devoir maison

Après le cours sur la mécanique et en vous appuyant sur les deux articles fournis, analyser la vidéo suivante

REGARDS □

□ IDÉES DE PHYSIQUE

Des chocs amortis... en toute sécurité

Comment diminuer les effets sur le corps humain d'une chute ou d'une collision ? En amortissant ; ce qui signifie une immobilisation rapide, mais pas trop.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Floes de protection ou hamais de sécurité sont la pour nous protéger lors d'une chute. Les mesures de sécurité en arriège font de même lors des accidents de voiture. Leur rôle est d'éviter le ralentissement trop brutal provoqué par le choc contre un obstacle ou un arrêt soudain... ils doivent donc être conçus pour amortir... en douceur. Quels principes guident la conception de ces systèmes de sécurité ?

Lorsqu'une personne en mouvement entre en collision avec un obstacle fixe, la transition à l'immobilité induit des forces massives qui peuvent engendrer de graves blessures. Comment les éviter ? Regardez un cascadeur qui saute d'une grande hauteur. On a placé pour le réceptionner et amortir sa chute un épais matelas gonflable (voir la figure 1). Au lieu de s'immobiliser brusquement, le cascadeur est progressivement freiné par les forces

de réaction du matelas, qui se déforment lors du temps.

Quelle doit être l'épaisseur du matelas ? Après une chute sans le soulèvement de son poids (produit de sa masse par l'accélération de la pesanteur), l'énergie cinétique acquise par le cascadeur est égale au travail de son poids, c'est-à-dire au produit de cette force par la hauteur de chute. À l'arrêt, l'énergie cinétique s'annule... le travail de la force de freinage - produit de cette

□ IDÉES DE PHYSIQUE

Petite force deviendra grande

Le jeu des forces de frottement et de la courbure des surfaces en contact donne lieu à des mécanismes d'arrimage très efficaces, avec des cordes... ou des feuilles de papier !

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

Amortisseurs de parabolas et assemblages d'auvent... les deux systèmes se caractérisent par un jeu de forces de frottement et de la courbure des surfaces en contact. Si l'on serre fermement leurs ressorts, ils deviennent impossibles à séparer. Les deux systèmes. Mieux encore, ils sont assez robustes pour supporter le poids d'une voiture (voir la figure ci-dessous) !

Il s'agit de multiplier par le nombre de pages la faible force de frottement entre deux feuilles de papier pour expliquer le phénomène ? Avec plusieurs collègues, Frédéric Bostagno, physicien du CNRS à l'université Paris-Sud, vient de montrer que cette interprétation est bien d'autres qui circulent sur la toile sont erronées : l'application résiduelle dans un processus d'amplification mécanique. Idée reçue : c'est un jeu dans la solidité des ressorts ou le principe du nœud de cabestan.

Un frottement amplifié

D'après un dictionnaire breton, « un tour mort en deux demi-cités n'est jamais lâché ». Ce nœud d'arrimage facile à réaliser consiste à enrouler la corde autour d'un mat ou d'une bitte (le « tour mort ») et à bloquer l'ensemble par frottement (même demi-cité) (voir la figure page 92, en haut). On peut conserver que dans la corde, la tension chute tout au long de l'enroulement, si bien qu'avec uniquement un « tour mort », une force de maintien faible, exercée à un bout par un marin, permet de résister à une forte traction sur l'autre bout, telle celle d'un bateau au mouillage.

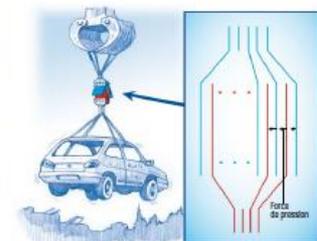
Pour comprendre cette réduction de la tension, analysons les forces qui s'exercent sur un petit élément de la corde au contact du mat cylindrique autour duquel il est enroulé. Ces éléments de corde subissent une tension en avant (du côté du marin).

En raison de la courbure de l'élément de corde, ces deux forces de tension ne sont pas parallèles. Par conséquent, l'élément de corde exerce une pression sur le mat, et réciproquement : en vertu des lois du frottement solide, cet élément peut supporter une

différence de tension à ses extrémités, à condition toutefois que l'arc soit inférieur à la force pressante multipliée par un coefficient de frottement statique μ , nombre qui est de l'ordre de 1.

Répétons ce raisonnement pour chacun des éléments successifs de la corde en contact avec le support. On en conclut que sans qu'il y ait un glissement de la corde, la tension diminue le long du courbe en direction du marin qui le maintient.

Plus précisément, on peut montrer que dans le cas où la corde est à la limite de glissement,



DEUX ANNÉES ENTRAÎNÉS en serrant au niveau de leur redoute construite en bois, les deux hommes, comme on en voit une autre, réalisent l'exploit avec une voiture. En raison de la courbure, chaque feuille exerce sur la suivante une pression croissante. Il suffit que la somme des forces de frottement entre les feuilles augmente exponentiellement avec le nombre de feuilles.

© Pour la Science - n° 430 - Janvier 2015

Idees de physique | 89

'Fritt fall uten sikret tau' (sur Dailymotion)



Et on peut faire la manip en direct !

Les projets

fonctionnement d'un ascenseur

formations des mousses

physique d'un escalator

neige artificielle et canon à neige

flottaison des objets et la goutte d'eau sphérique

Tantale et siphon

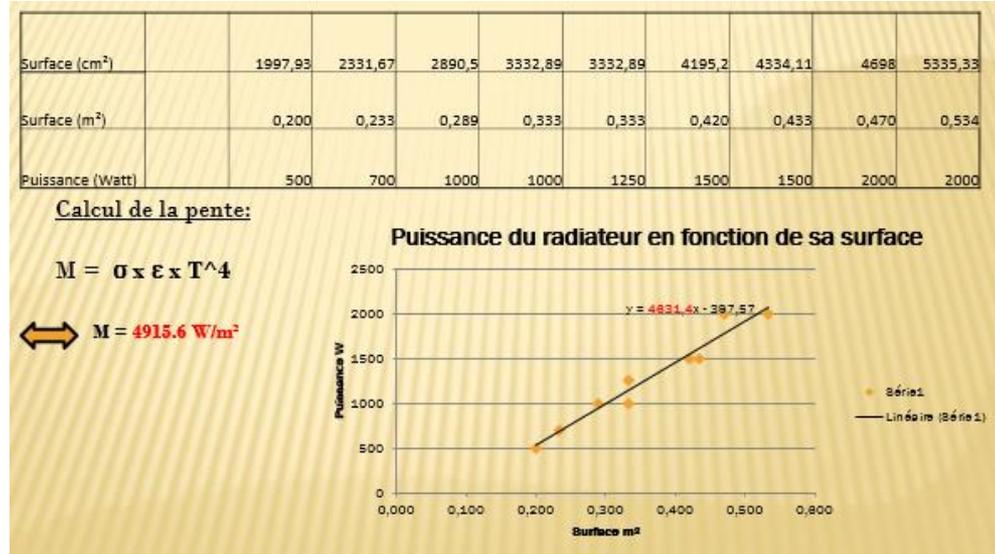
différents types de radiateurs

sous-marins

échographie

Le réacteur nucléaire

fonctionnement des grues



Eviter le rapport bibliographique et sortir des sentiers battus

Importance du travail bibliographique pour l'obtention des données

Avoir sa propre contribution aussi modeste ou dénuée de technicité soit-elle

Quel est le volume des ballasts du Narval ?

1) www.Sous-marin.org :

→ D'après le dessin : 835 m^3

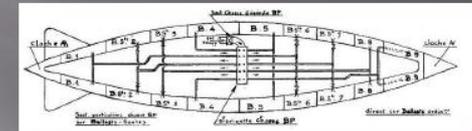
→ Soit: $B1+(B5+B4)+(B8+B9) = 48+100+113 = 261 \text{ m}^3$

2) zone.sousmarins.free.fr : $V=268.5 \text{ m}^3$, 4 ballasts à l'avant, 4 à l'arrière

3) fr.wikipedia.org : $M_{plongée}-M_{surface} = 1910-1635 = 275 \text{ tonnes}$

$V = 275000/1025 = 268.3 \text{ m}^3$

4) Sur la photographie : $V = 246.3 \text{ m}^3$



Valeur retenue : $V_{ballasts} = 268.5 \text{ m}^3$

Pour les enseignants

Parcourir la voie étroite, entre culture et approche mathématico-déductive, qui épouse les contours de la démarche scientifique et porte le regard singulier du physicien

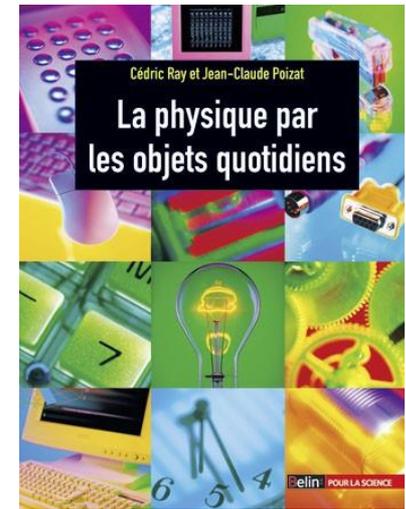
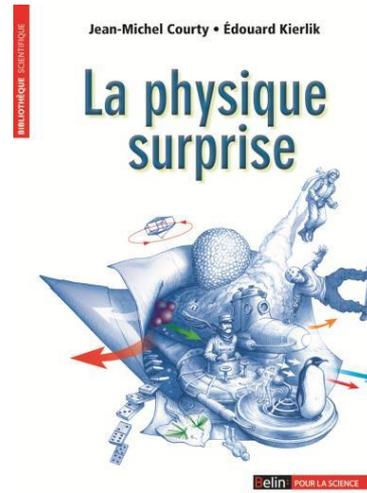
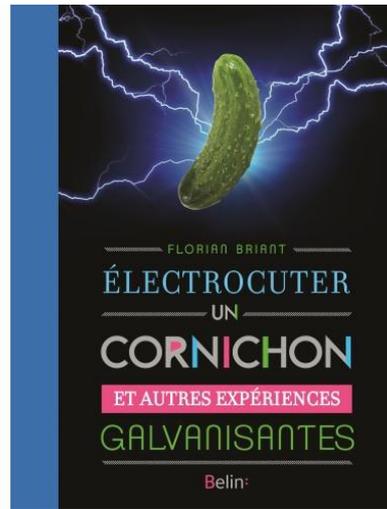
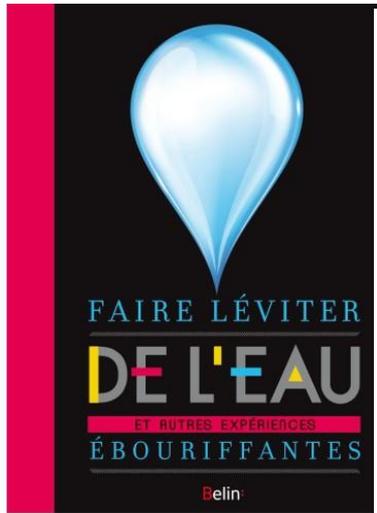
Pour les étudiants

- ✓ Rafraîchir et consolider leurs bases de physique et les mettre en relation
- ✓ Se désinhiber par rapport aux chiffres et aux expériences
- ✓ Faire de la physique sans cursus progressif et exhaustif

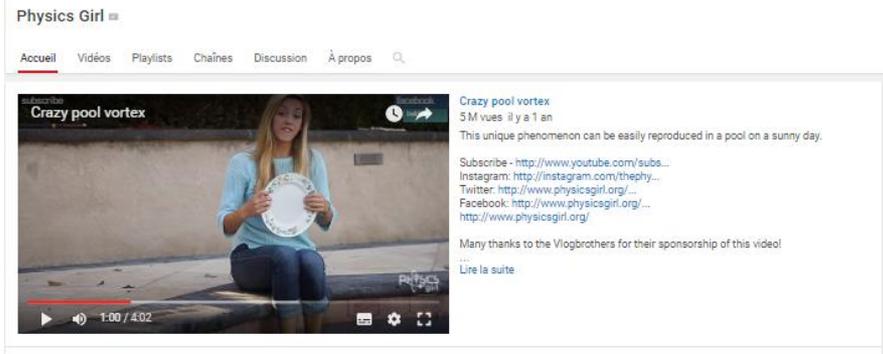
Quels développements à venir ?

- ✓ Travailler autour de l'usage des mathématiques
- ✓ Travailler autour des sources d'informations
- ✓ S'adresser aux étudiants de La Sorbonne
- ✓ Repenser la physique à enseigner aux physiciens

Une bibliographie très partielle (et partiale)



...et beaucoup d'ouvrages de la collection Pour la Science chez Belin



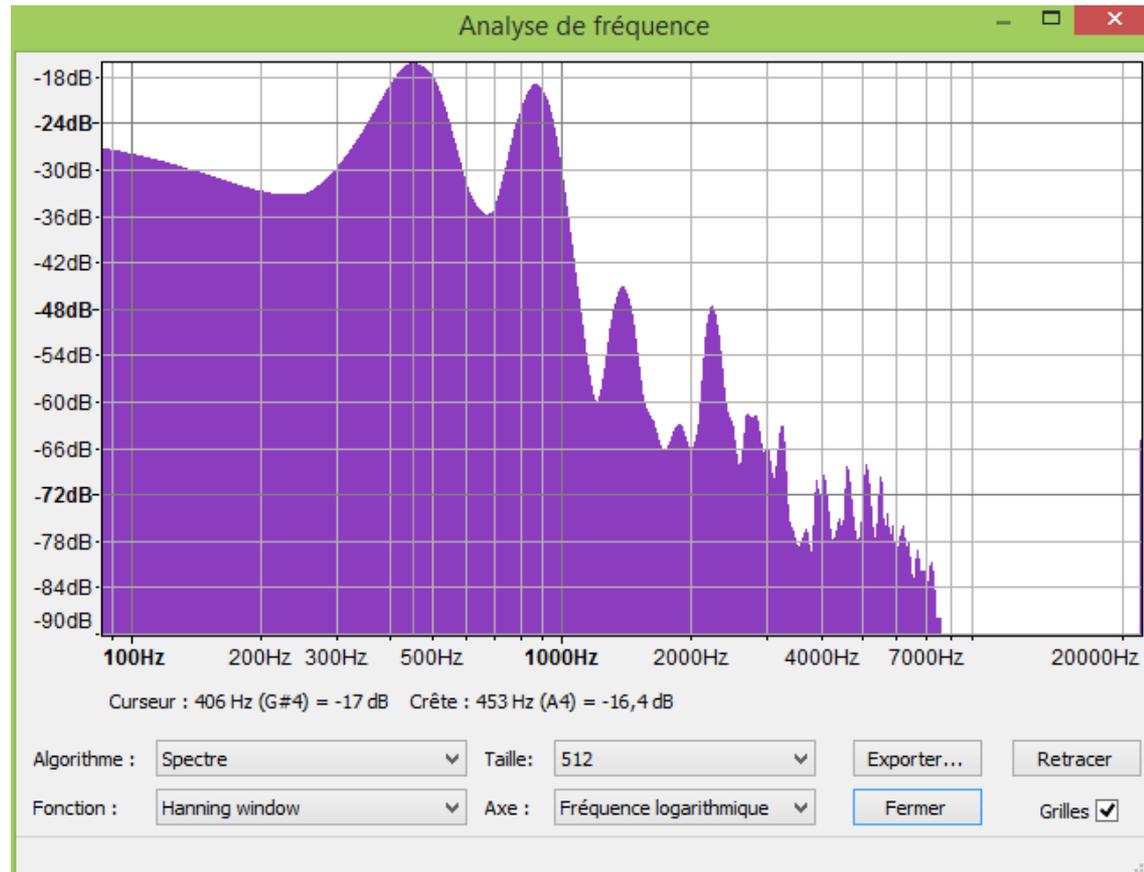
Blogs et vidéos



Coton brut et coton blanc
Matière à construire sur Vimeo

Quelques réalisations: analyse de données

Vérifier la loi des tuyaux à partir des données sur ces tuyaux sonores et leurs spectres enregistrés grâce à Audacity



On peut mettre en évidence la correction de longueur due au diamètre !