



Sciences à l'École



Cosmos à l'École

en collaboration avec l'IN2P3, le CPPM et le CERN



www.sciencesalecole.org

Sciences à l'Ecole

« Sciences à l'Ecole » pilote différents projets éducatifs :

- organisation du concours national C.Génial et de la participation française à des concours internationaux (EUCYS, CASTIC, SOS),
- organisation de la participation française aux olympiades internationales de Chimie, Géosciences et Physique,
- attribution de matériel et accompagnement pédagogique pour les établissements en astronomie, météorologie, sismologie, génomique et physique des particules,
- aide financière aux instituts de recherche pour le développement de supports didactiques et leur intervention dans les établissements.



Pourquoi du prêt de matériel?

- Faire de la physique par la pratique
- Soutien à la politique de projets rendue possible par les aménagements des nouveaux programmes entre autres : AST, enseignement d'exploration, accompagnement personnalisé, TPE...
- Proposition d'un matériel de haute qualité avec un appui scientifique (parrainages) et pédagogique (formation, activités...)

Motivation pour Cosmos à l'Ecole : mettre à disposition des élèves des détecteurs de particules.

La physique de Cosmos à l'Ecole

Etude des particules venant du cosmos : les rayons cosmiques

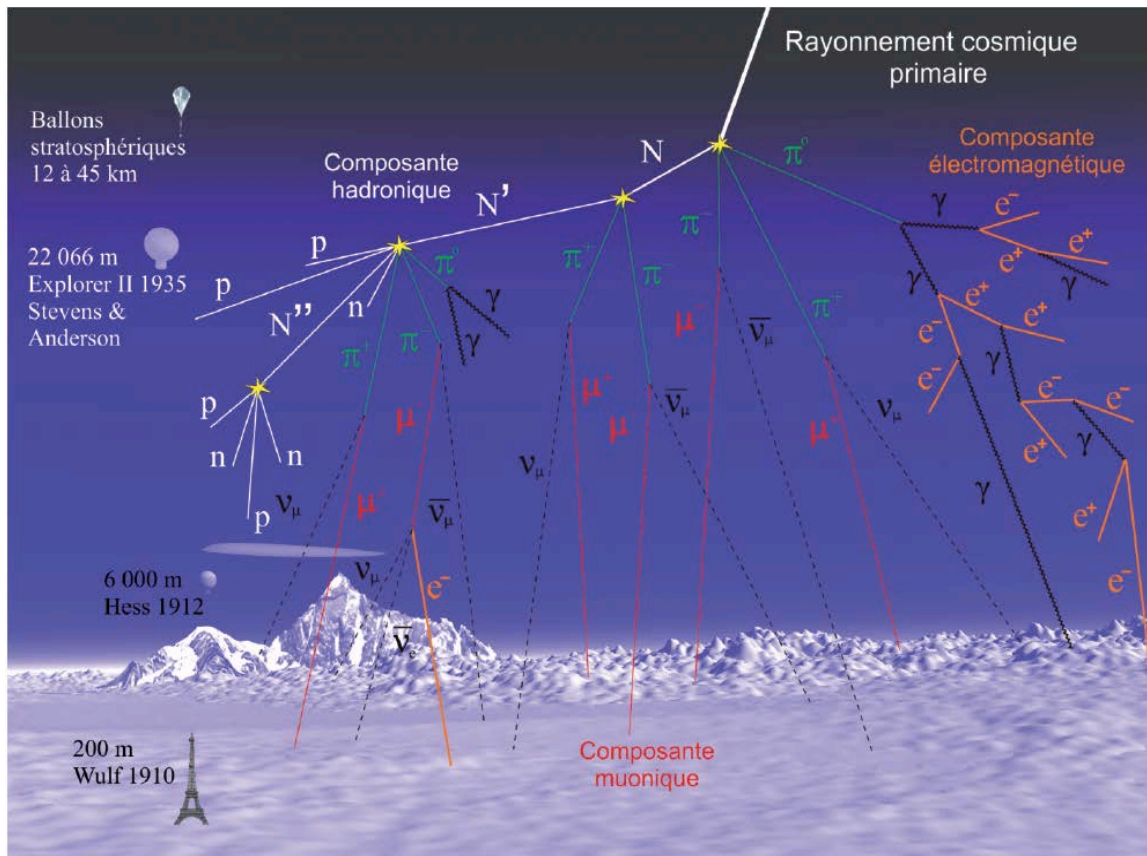


Figure 1 : Gerbe cosmique.

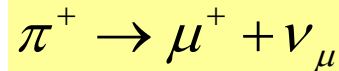
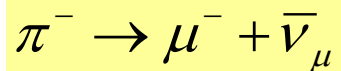
Un peu de Modèle Standard

Matière ordinaire stable

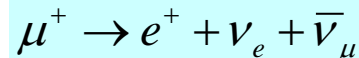
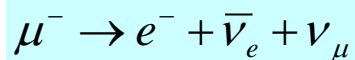
| Particules formant la matière | | | Particules véhiculant l'interaction | | | Particule manquante et traquée au CERN H Le boson de Higgs |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|
| Quarks | | | Bosons de jauge | | | |
| u up | c charm | t top | γ photon | W^0, Z^- et Z^+ bosons | g gluon | |
| d down | s strange | b bottom | Interaction électromagnétique | Interaction faible | Interaction forte | |
| Leptons | | | | | | |
| e électron | μ muon | τ tau | | | | |
| ν_e neutrino | ν_μ neutrino | ν_τ neutrino | | | | |

Les propriétés du muon

- Il est **chargé électriquement** (μ^- particule et μ^+ son antiparticule) donc sensible aux interactions électromagnétiques.
- C'est un **lepton**, il est sensible à l'interaction faible mais ne sent pas l'interaction forte.
- **207 fois plus « lourd »** que son « cousin » l'électron.
- Une autre différence, le muon **n'est pas une particule stable** : sa durée de vie moyenne mesurée dans son référentiel propre est de $\tau \approx 2,2 \mu s$. (une horloge « embarquée » avec le muon indiquerait $2,2 \mu s$)
- Le muon a **pour parent le pion π** :

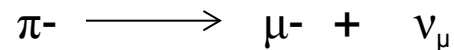


- Le muon **se désintègre selon** :



Le muon, une particule relativiste

- Le muon est issu de la désintégration d'un pion à quelques dizaines de kilomètres d'altitude :



- Il fonce à une vitesse relativiste, proche de c , vers le sol

Mais, compte tenu de sa durée de vie, il ne devrait pouvoir parcourir que $d = 660$ m, comment parvient-il alors au sol ?

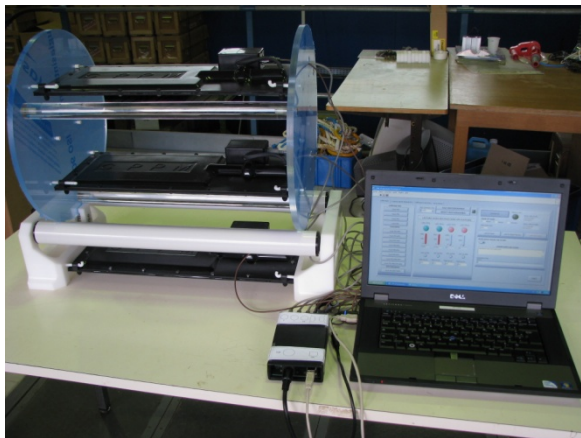
- Pour un observateur terrestre, le muon relativiste bénéficie donc de la **dilatation des durées** : il vit plus longtemps, ce qui nous permet d'en détecter au sol...
- Plus exactement, l'âge moyen du muon pour un observateur terrestre ou durée de vie mesurée Δt_m (durée de vie impropre) dépend de sa vitesse v :

$$\Delta t_m = \tau \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \cdot \tau$$

Comme $v < c$, le facteur de Lorentz γ est supérieur à 1.

Le cosmodétecteur

- Configuration du type « roue cosmique » développée par J. Busto (CPPM)
- Il est composé de :
 - 3 photomultiplicateurs,
 - Un boîtier électronique
 - Un programme d'acquisition des données calibrées
- Deux scintillateurs sont fournis : durée de vie du muon et effet Cerenkov





Deux approches

- C'est un **détecteur de particules** : (*Série STL surtout, TS possible*)
 - Etude des matériaux utilisés,
 - Etude de la chaîne de mesure
 - Comment calibrer ?
 - Quelles tensions utiliser ?
- Cela **mesure des propriétés physiques** : (*TPE surtout, TS possible*)
 - Durée de vie du muon
 - Distribution angulaire des muons
 - Provenance des muons

Sa composition



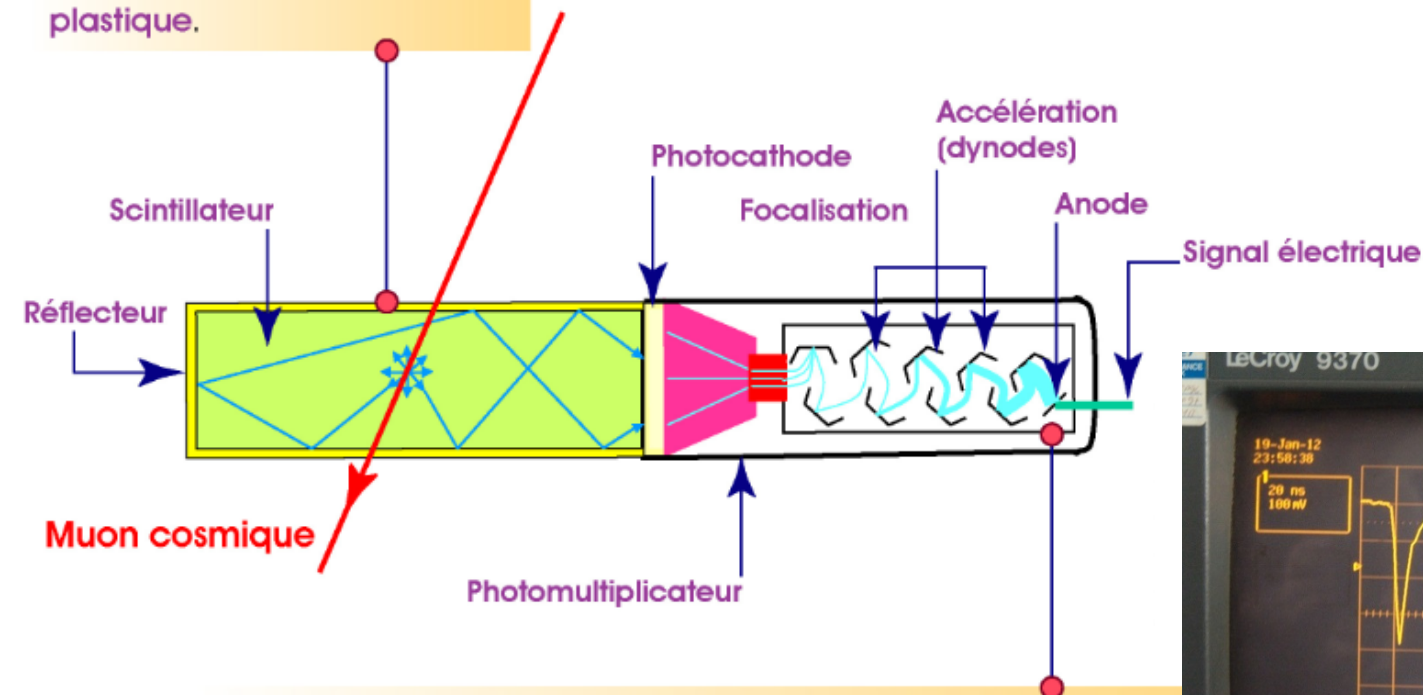
Un mode d'interaction muon-matière
excitation du milieu



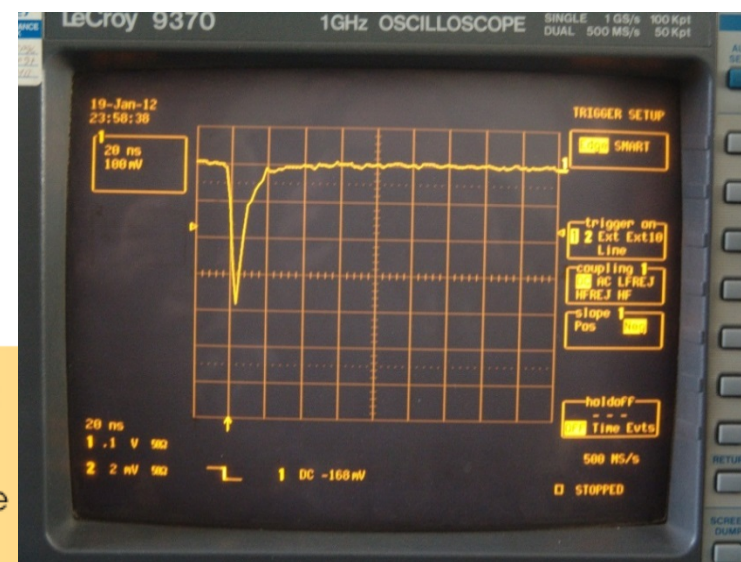
- Scintillateur plastique (faits de matières organiques)
- Emission de photon par fluorescence : les molécules excitées se désexcitent rapidement par émission de photons détectés par le PM.
- Paramètres utiles d'un scintillateur :
 - Quantité d'énergie pour créer un photon
 - Spectre d'émission : doit être compatible avec le PM (dopage parfois nécessaire)
 - Temps de décroissance de la scintillation
 - Pouvoir d'absorption des rayonnements.

Comment détecter un muon ?

- Les muons sont détectés par la lumière qu'ils induisent dans des lattes de **scintillateur plastique**.

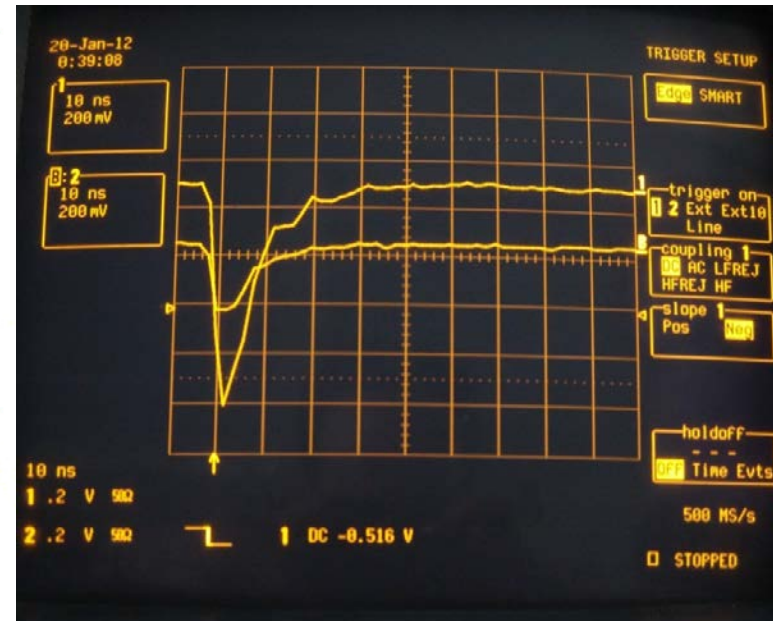
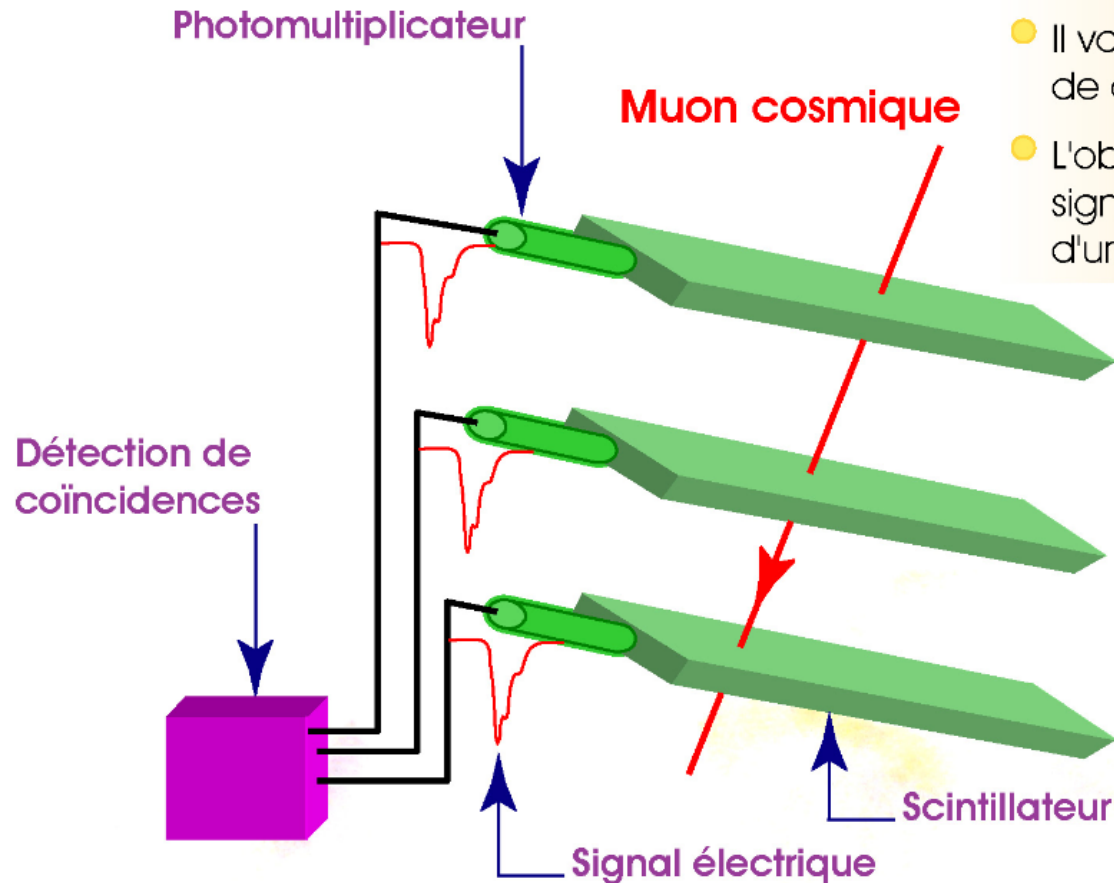


- Le **photomultiplicateur** permet de transformer la lumière en signal électrique et de l'amplifier.
- La **photocathode** réagit par effet photo-électrique à l'arrivée d'un photon et émet des électrons.
- Ces électrons sont accélérés et collectés grâce à une haute tension électrique (~ 2 kV) appliquée à la cathode, **aux dynodes** et à l'anode.
- Les électrons se multiplient à chaque dynode.
- Les électrons sont ensuite collectés sur l'**anode** et créent un **signal électrique**.



Détection en coïncidence :

- Selon sa direction, un muon cosmique va traverser les trois scintillateurs.
- Il va créer un signal électrique à la sortie de chaque photomultiplicateur.
- L'observation simultanée de ces trois signaux permet de signer le passage d'un muon cosmique.



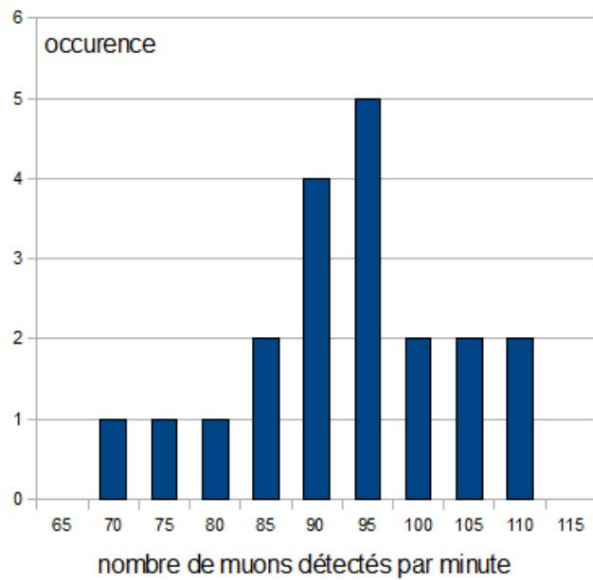


Mesures réalisables

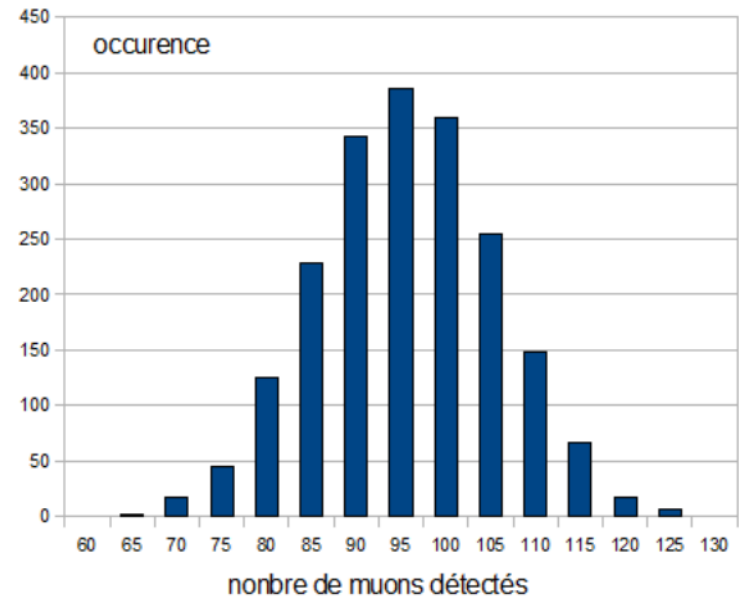
- introduction aux estimations d'incertitude de type A
- mesure de la distribution angulaire des muons
- mesure de la durée de vie des muons (relativité)
- mise en évidence simple de la radioactivité de certains produits (KOH,...)
- mise en évidence de la direction des muons
- étude des gerbes de particules
- étude de l'absorption des particules par la matière

Statistiques

20 comptages

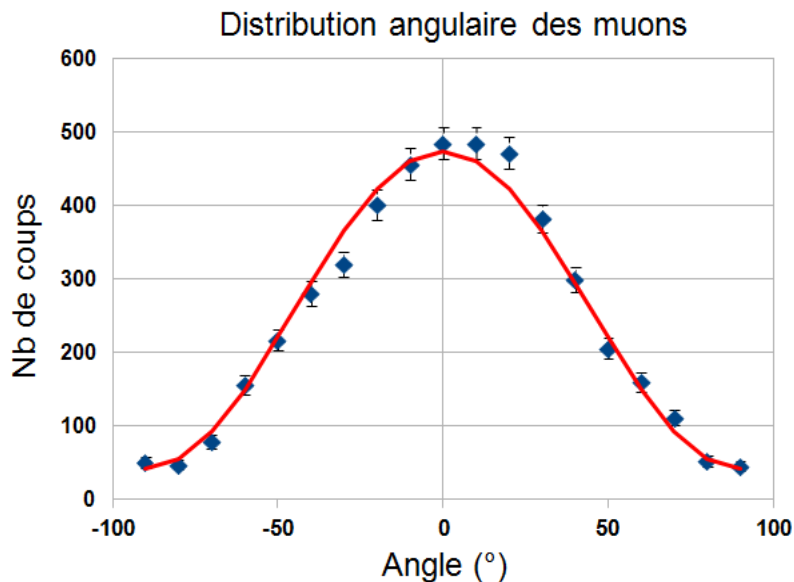


2000 comptages

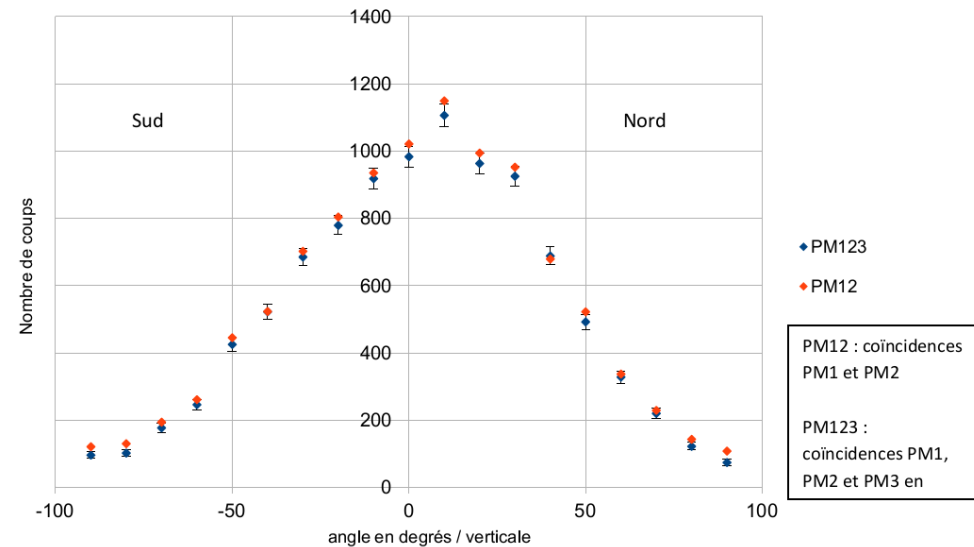


Distribution angulaire et absorption

Sans mur à gauche



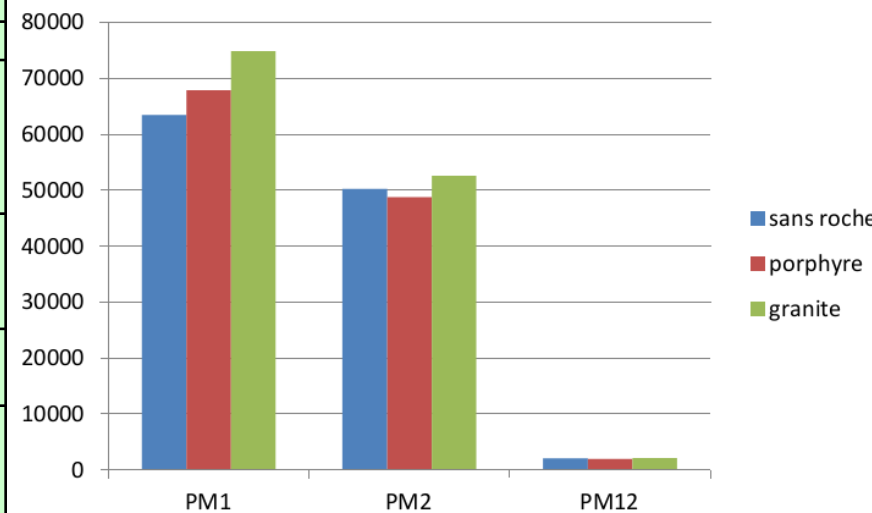
Avec un mur à gauche



Faisable en TP si chaque élève prend une mesure mais obligation de TP tournant.

Radioactivité

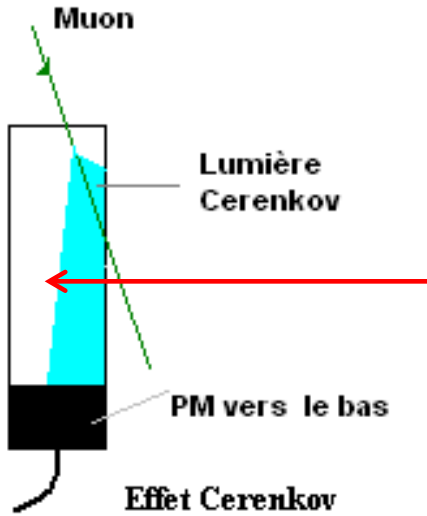
| Matériau | Conditions | PM1 seul Nbre de détections | Détections PM1+PM2 en coïncidence |
|--|---|-----------------------------------|---|
| Rien | | 1898 | 657 |
| Une roche du Limousin ramenée de Bessines (?) | Posée sur PM1 sans rien | 14 989 | 716 |
| Idem | Posée sur 5 écrans de plomb du CRAB | 8619 | 702 |
| Potasse solide | Dans un bécher posé sur PM1 | 1970 | 648 |
| Echantillon de Césium 131 du CRAB | Posé sur PM1 sans rien | 2078 | 707 |
| 2 Roches de granit, empruntées au labo de SVT, origine inconnue. | Posées sur PM1 sans rien, l'une après l'autre (pas en même temps) | 1943 | 706 |
| | | 1849 | 627 |



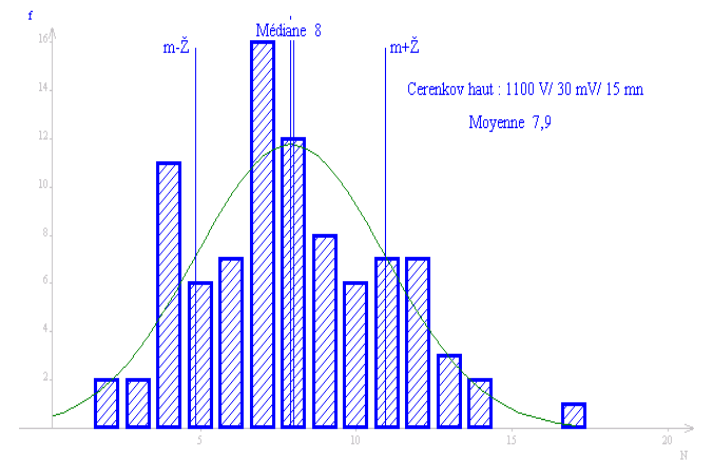
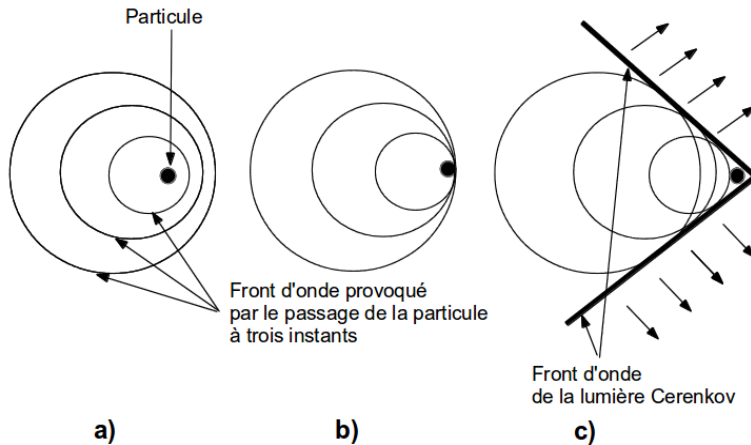
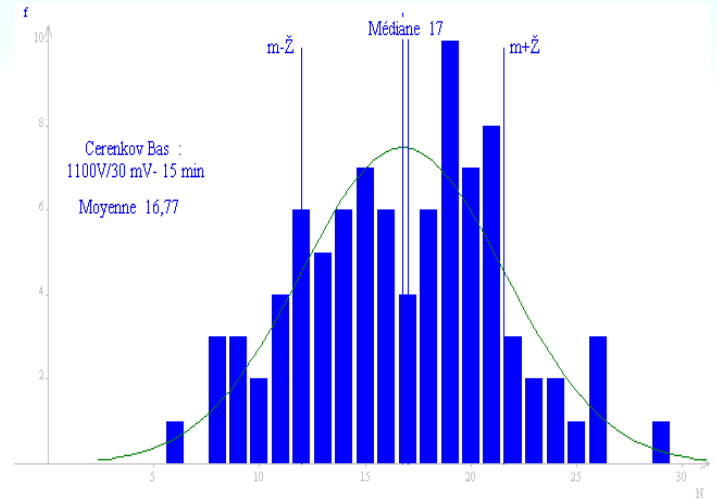
Différentes réponses en fonction des roches

Étude non présentée aux élèves
mais recherche d'étalonnage en Bq

Direction des muons

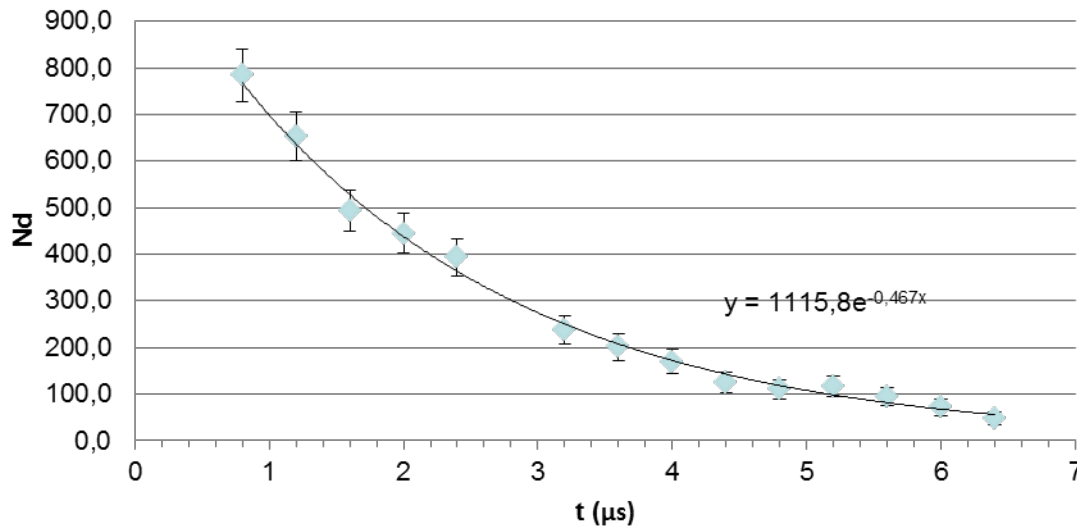


Scintillateur non dopé



Temps de vie

Nbre de muons désintégrés par intervalle de temps de 0,4 μ s



Activité développée par l'enseignant pour les élèves expliquant :

- L'appareillage
- La prise de données
- Les erreurs
- La modélisation
- La mesure du temps propre et son interprétation en relativité

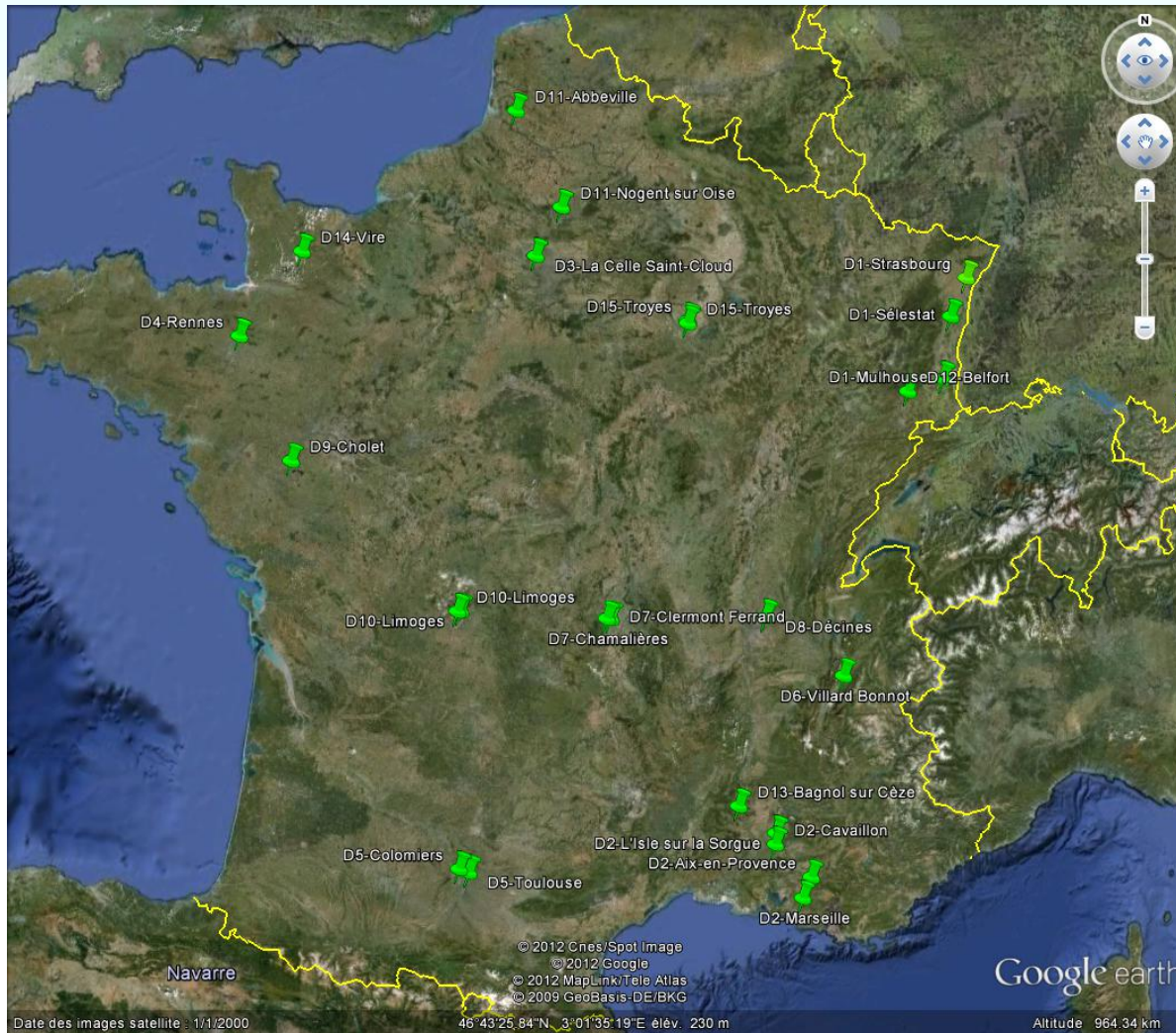
Dans les programmes

- **Classe de seconde** : MPS, enseignements d'exploration.
- **Classe de première S** : AP ou **TPE**
- **Classe de terminale S** : plus en expérience d'enseignants ou alors TP tournant pour la détection de particules
- **Classe de première STL** : toute la partie mesure et instrumentation : étude du cosmodétecteur comme détecteur.
- **Terminale STI2D /STL**: traitement du signal ; choix des matériaux
- De manière générale : pour un projet, permet d'adopter une démarche scientifique.

Comment ça fonctionne ?

- Fondée sur un partenariat entre les instituts de recherche et « Sciences à l'Ecole ».
- Pilotée par un comité national (chercheurs, enseignants, inspecteurs de l'Education Nationale) : propose l'attribution du matériel et l'évolution du plan d'équipement.
- Sélection des enseignants selon la qualité scientifique et pédagogique de leur projet.
- Support pédagogique fourni : fiches pédagogiques, site internet et forums dédiés.

Le réseau



Accompagnement pédagogique

- **Formation des enseignants** : tous les enseignants sélectionnés ont suivi deux stages de formation :
 - Au CERN : sur les accélérateurs, détecteurs et la physique des particules
Appel à candidatures tous les ans vers mi-avril pour un stage à la Toussaint
 - Au CPPM : sur l'utilisation du cosmo détecteur
- **Support pédagogique** (<http://www.sciencesalecole.org/cosmos-alecole/materiel-pedagogique>) : description de l'utilisation du détecteur, exemples d'activités, liste de diffusion.
- **Suivi de l'utilisation du détecteur** : bilan des enseignants permettant une constante évolution du matériel pédagogique



Les parrainages

- Chaque détecteur bénéficie de **l'accompagnement d'un parrain**
- **Rôle du parrain :**
 - Aider à la compréhension des mesures effectuées et de la physique des particules.
 - Echange principalement avec les enseignants et pas directement avec les élèves
 - Intervention possible dans le lycée
 - Visite possible du laboratoire du parrain
 - Surtout pas un service après-vente du détecteur !
- 14 parrains impliqués en 2013



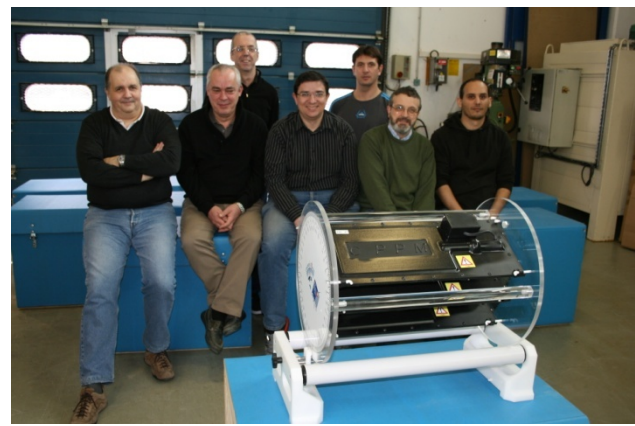
Autres activités possibles

- Masterclasses : élèves chercheurs d'un jour
- Visites de laboratoires et d'installation : CEA, Soleil, GANIL...
- Intervention de chercheurs dans les classes

Pour plus d'informations, voir :

<http://www.sciencesalecole.org/cosmos-alecole/materiel-pedagogique/recherche>

Pour toute question et renseignement, écrivez-nous : cosmos.ecole@obspm.fr
Et n'hésitez pas à parler de « Sciences à l'École » autour de vous !



L'équipe « cosmodétecteur »
du CPPM



Stage 2012 au CPPM





Sciences à l'École

Annexes



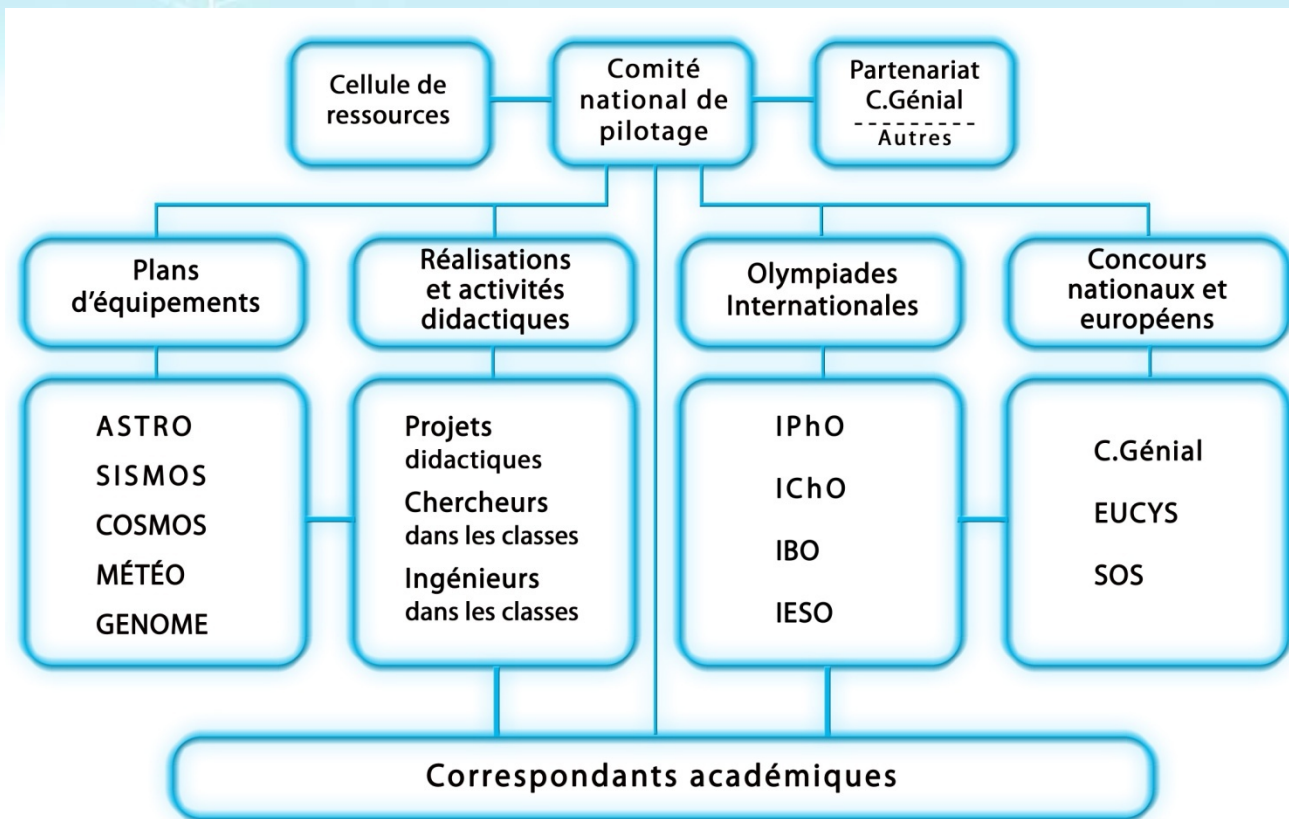
Sciences à l'École

Sciences à l'École

- **Dispositif ministériel, officiellement installé par la lettre du ministre de l'Éducation Nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche (note DGESCO) aux recteurs du 26 mars 2004.**
- **Objectifs :**
 - **Soutenir, inciter, diffuser les différentes initiatives concernant le développement de la culture scientifique et technique au niveau de l'enseignement secondaire.**
 - **Contribuer ainsi à promouvoir la culture scientifique et technique, aider à l'innovation pédagogique, développer les vocations scientifiques, aider à la réussite scolaire**



Organisation



LUNAP et Chercheurs dans les classes

Sciences à l'École

- « Sciences à l'École » subventionne le développement de ressources pédagogiques utilisables librement en classes ainsi que l'intervention de chercheurs dans les classes.
- Fonctionnement :
 - Dossier de candidature téléchargeable sur notre site internet
 - Réunion du comité scientifique 1 à 2 fois par an
 - Subvention de plusieurs milliers d'euros
- Quelques chiffres :
 - 22 projets financés pour LUNAP depuis 2004
 - 7 interventions dans les classes financées depuis 2005



Site sur la lumière
réalisé par
l'ONERA

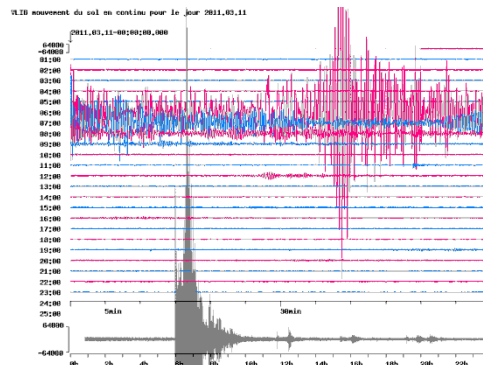
Exposé de
chercheurs du LPS,
Orsay



Plans d'équipements

Sciences à l'Ecole

- « Sciences à l'Ecole » a développé différents types d'équipements à destination des établissements scolaires :
 - ASTRO à l'Ecole (30) (en partenariat avec l'OBSPM)
 - COSMOS à l'Ecole (7 bientôt 17) (en partenariat IN2P3)
 - SISMOS à l'Ecole (50) (en partenariat avec Geosciences Azur)
 - METEO à l'Ecole (28) (en partenariat avec Météo-France)
 - GENOME à l'Ecole (5) (en partenariat avec l'Ecole de l'ADN, Génoscope et INRP).
 - MICRO-NANO à l'Ecole : mise en place en cours



Les Olympiades Internationales

Sciences à l'École

- «Sciences à l'École » est chargé de la représentation française aux olympiades internationales de biologie, physique, chimie et sciences de la Terre. Une préparation est effectuée pendant l'année dans les lycées. Une sélection écrite et pratique est ensuite faite.

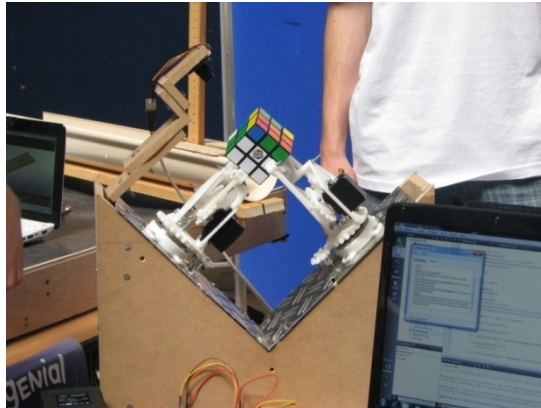


Lauréats 2011

Concours nationaux et européens

Sciences à l'École

- Le concours national C.Génial, organisé par « Sciences à l'Ecole », est destiné aux collégiens et lycéens. Cette année, 70 projets ont été soutenus et 16 projets ont participé à la finale du 07 mai 2011 au Palais de la Découverte à Paris. **Depuis septembre : C.Génial collège (Plan Sciences) et C.Génial.**
- Parmi les projets finalistes, certains ont été sélectionnés pour participer aux concours européens EUCYS et Science on Stage et aux concours internationaux ISEF et CASTIC.



C. Génial 2011