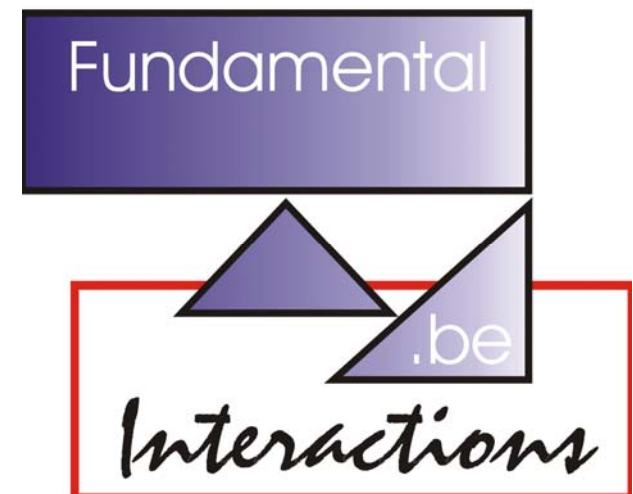


Interactions Fondamentales ... *et Humaines*

Interactions Fondamentales ... et Humaines

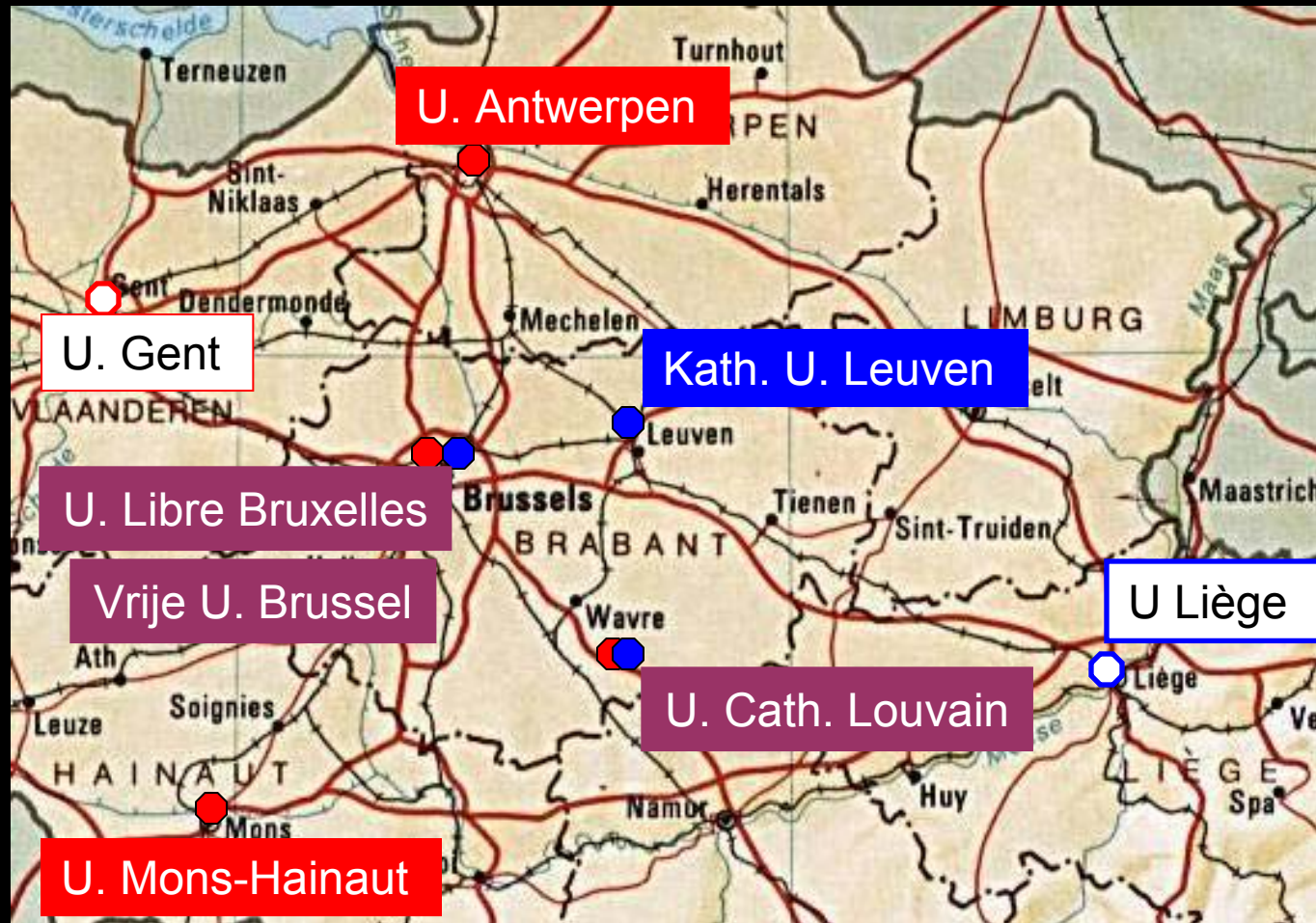
jean-marie frère,
pour tous les groupes des PAI V/27 et VI/11,



TH
EXP
BOTH

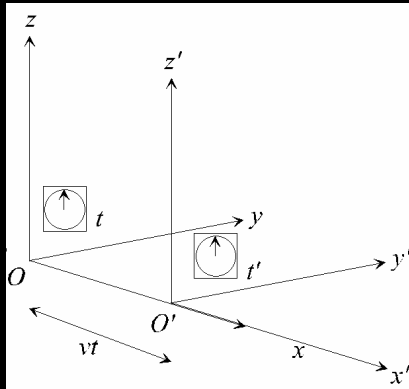
IUAP V

IUAP VI



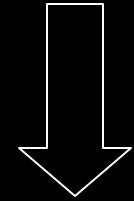
+ Orsay, Durham, NIKHEF, Pisa



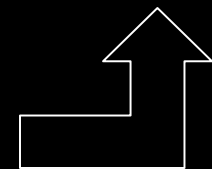


Einstein

Les lois sont les mêmes
pour tous...les observateurs



$$E=mc^2$$



c = vitesse de la
Lumière = Cte

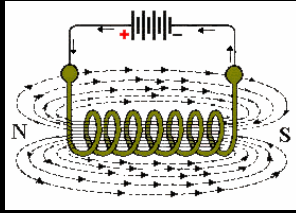


Maxwell

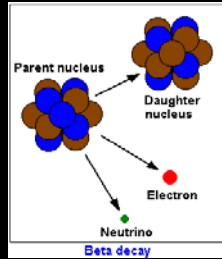
A la fin du XIXème et au début de XXème siècle,
l'unification de l'électricité et du magnétisme
offre l'exemple d'approches inductives et **déductives**



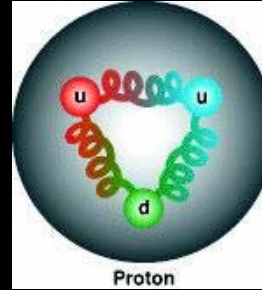
Maxwell, Einstein



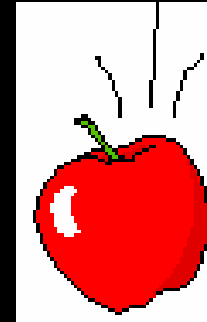
Electro-Magnetisme



Interactions
faibles



Interactions
fortes



Gravitation

Unification électrofaible



Energie = 1 000 masses du proton
Test ultime au LHC ...

Grande Unification

Energie = 10 000 000 000 000 000 m_p

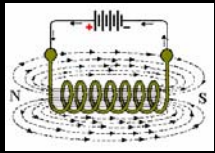
Théorie du Tout

Energie de l'Univers,
Cosmologie

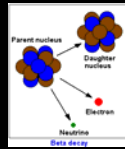
?

Théorie des Cordes ??





Electro-Magnetisme

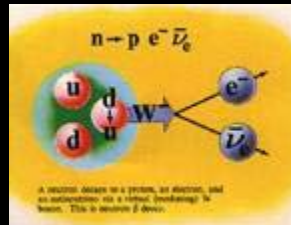


Interactions faibles

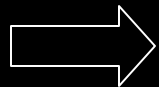
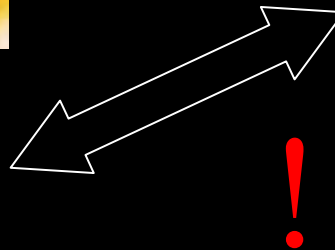
Unification électro-faible:
Beaucoup plus difficile que
l'unification
électromagnétique, car ici ,
les forces sont en apparence très
différentes



Portée = tout l'Univers

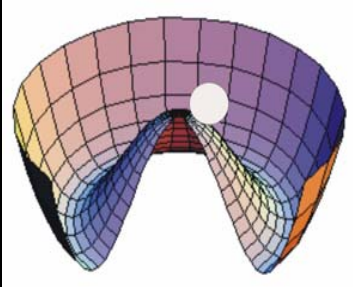


Portée = 1/100 000 000 000 000 mm



Brisure de Symétrie = mécanisme de Brout-Englert-Higgs

Brisure de Symétrie et Modèle Standard (Brout Englert Higgs)



1964 brisure spontanée de la symétrie

...1967 Modèle unifié des interactions électromagnétiques et faibles,

1971 Cohérence mathématique

1973 Première confirmation expérimentale (courants neutres)

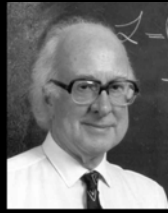
1983 Découverte des bosons W et Z (CERN)

Électro-
magnétisme



Interaction faible





1964 brisure spontanée de la symétrie

1967 Modèle unifié des interactions électromagnétiques et faibles,

1971 Cohérence mathématique

1973 Première confirmation expérimentale (courants neutres)

1983 Découverte des bosons W et Z (CERN)

W
Z

Il reste une
particule à
découvrir!

Nobel 1979 S. Weinberg,
S. Glashow, A. Salam

Nobel 1999 M. Veltman
G 't Hooft

Nobel 1984 C. Rubbia-
S. van der Meer



Pour sonder des distances très courtes,
Il faut des énergies gigantesques,
...et de très grandes machines
..un tunnel de 27 km à Genève
 $2 \times 7000 \text{ m}_p = 14\,000 \text{ m}_p$

Le Large Hadron Collider :
La machine à comprendre
l'unification



Il reste une
particule à
découvrir!

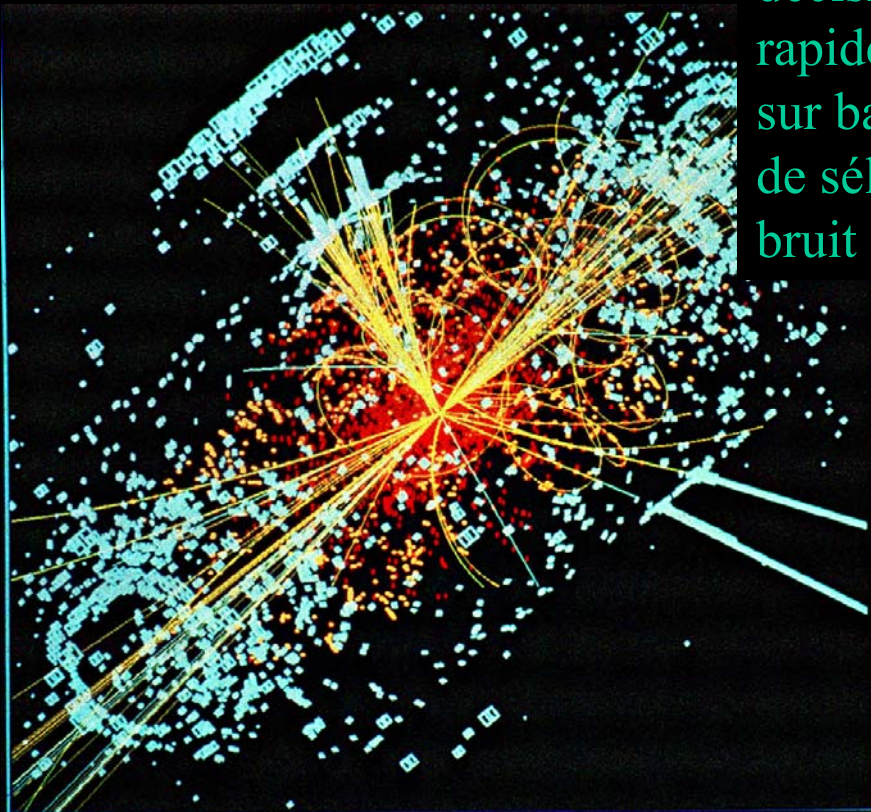
A la recherche du boson
De Brout Englert Higgs,
.. Qui explique la
masse
de toutes les
particules
(de la nôtre aussi !)

Un énorme défi, auquel nos équipes participent sur tous les fronts:
Construction, prise de données, analyse, théorie,
recherche de solutions alternatives



Un énorme défi, auquel nos équipes participent sur tous les fronts:
Construction, prise de données, analyse, théorie,
recherche de solutions alternatives

Electronique ultra rapide: seul un millionième des données peut être enregistré
décision prise par une électronique ultra-rapide en moins d'une milliseconde, sur base de choix, inspirés de la théorie afin de sélectionner le signal recherché dans un bruit de fond énorme.



Simulation: boson de B-E-H à CMS

Un énorme défi, auquel nos équipes participent sur tous les fronts:
Construction, prise de données, analyse, théorie,
recherche de solutions alternatives



Puissance de calcul énorme:
Nous développons l'infrastructure
GRID, successeur du WEB
qui permet le partage du traitement,
et sera utilisé dans d'autres domaines,
comme l'analyse du génome...



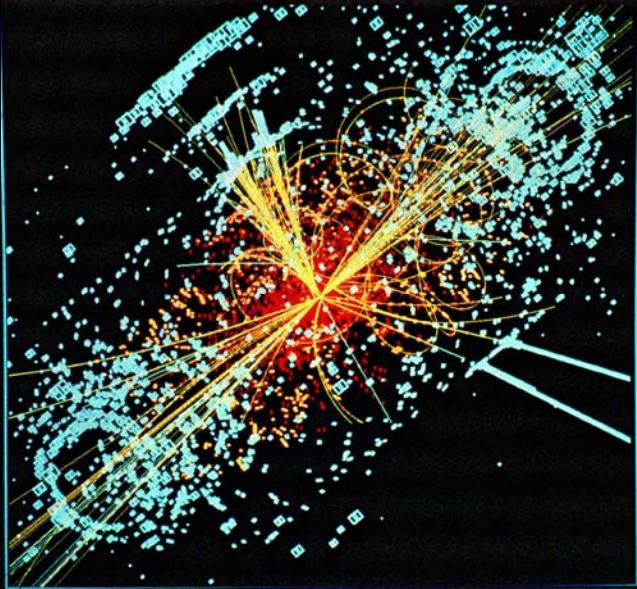
Nos équipes sont en place! De jeunes chercheurs y
prennent des responsabilités
importantes

Premiers résultats en 2008

-- découverte du boson de B E H ??.....



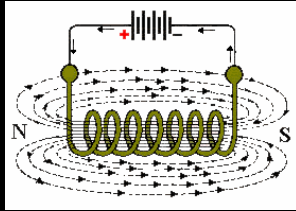
Un énorme défi, auquel nos équipes participent sur tous les fronts:
Construction, prise de données, analyse, théorie,
recherche de solutions alternatives



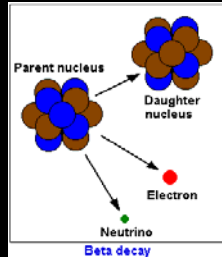
Au fait: exemple de retombées technologiques de la recherche fondamentale : le WEB fut inventé au CERN pour partager l'info entre membres de ces grandes collaborations (CMS > 2000 physiciens répartis dans le monde)



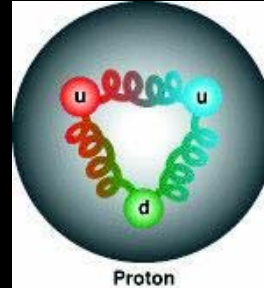
Maxwell, Einstein



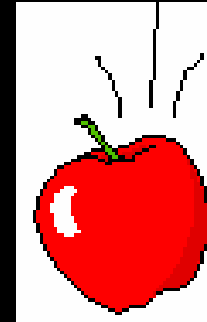
Electro-Magnetisme



Interactions
faibles



Interactions
fortes



Gravitation

Unification électrofaible



Energie = 1 000 masses du proton
Test ultime au LHC ...

Grande Unification

Energie = 10 000 000 000 000 000 m_p

Théorie du Tout

Energie de l'Univers,
Cosmologie

?

Théorie des Cordes ??



Grande Unification

Energie = 10 000 000 000 000 000 m_p
= 1 000 000 000 000 LHC... impossible ?

Tests indirects :

la théorie prédit

- l'instabilité du proton

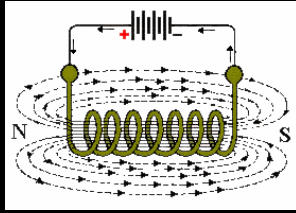
la mesure précise du temps de vie contraint
fortement l'approche

(peu d'implication européenne à ce jour dans ce type de
mesures : USA + Japon)

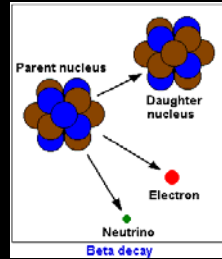
- la défaite de l'antimatière:

pourquoi nous sommes faits de matière plutôt que
d'antimatière

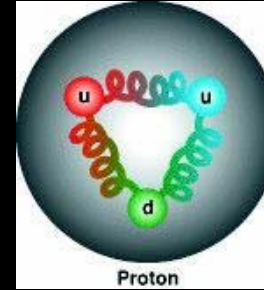
Maxwell, Einstein



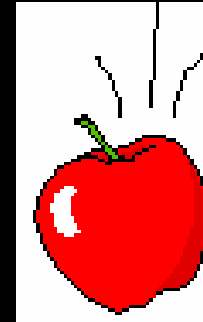
Electro-Magnetisme



Interactions
faibles



Interactions
fortes



Gravitation

Unification électrofaible



Test ultime au LHC ...
Energie = 1 000 masses du proton

Grande Unification

Energie = 10 000 000 000 000 000 m_p

Théorie du Tout

Energie de l'Univers,
Cosmologie

?

Théorie des Cordes ??



Implication de la gravité:

Etude de l'Univers et de la Cosmologie:



Il est maintenant établi que l'énergie de notre Univers est composée de
4% matière
23% matière noire
73% énergie noire.



L'existence de cette matière noire est:

- prévue par les théories d'unification (supersymétrie, ... cordes)

Weakly Interacting Massive Particles (WIMP): particules lourdes mais n'interagissant que faiblement

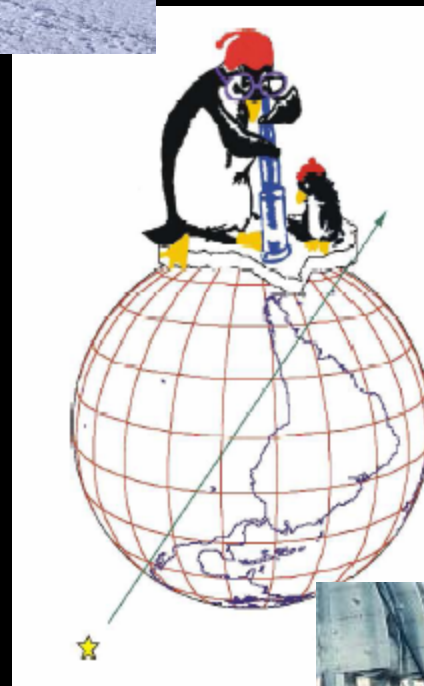
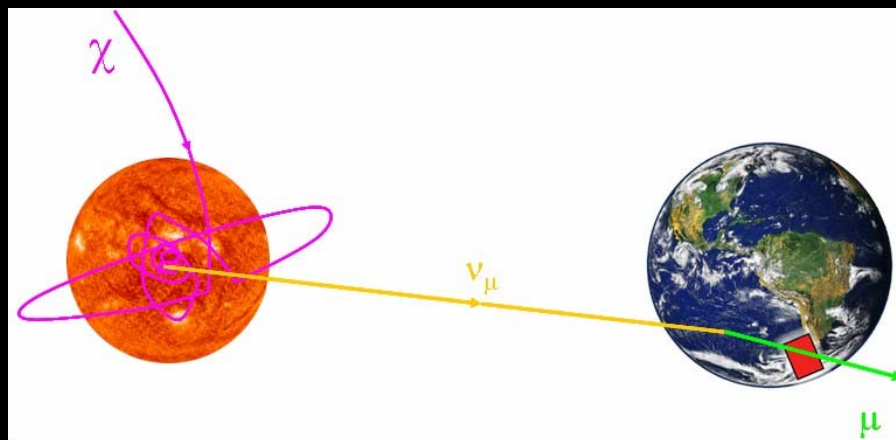
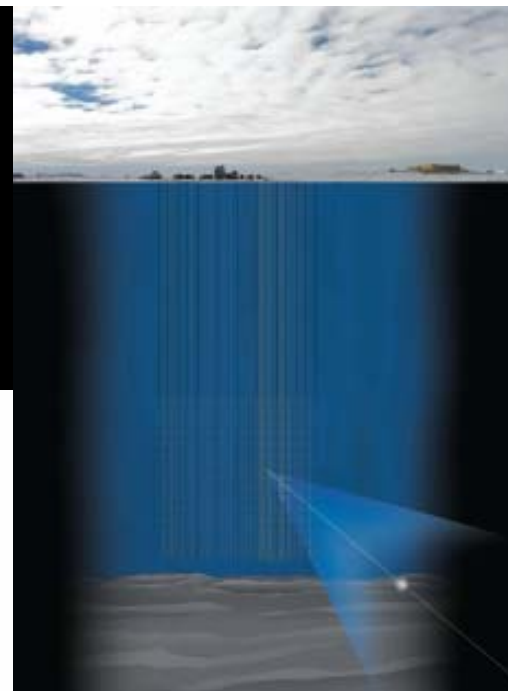
- observée directement: sans elle, on ne peut expliquer le mode de rotation des galaxies

— ou il faut modifier la théorie de la gravitation...

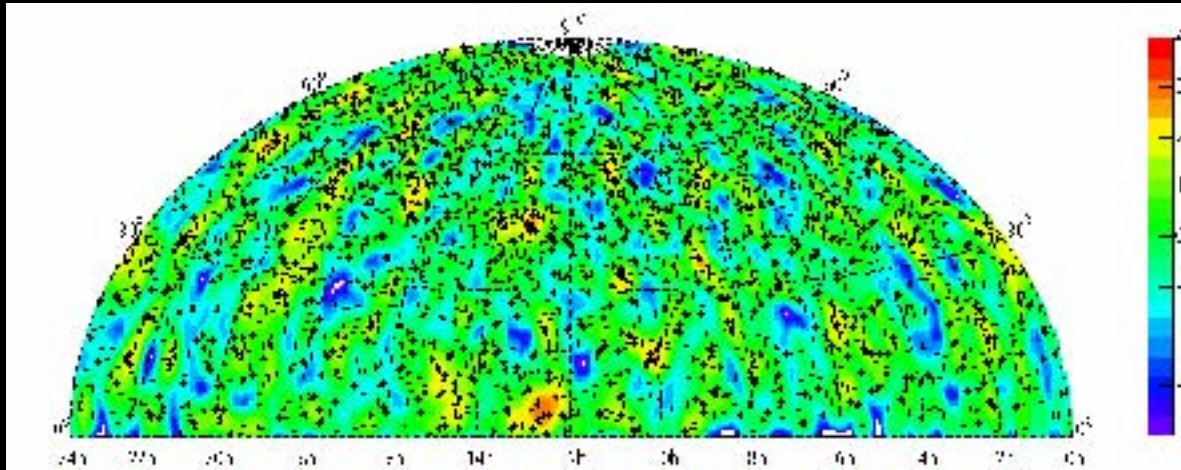


Nous la recherchons ...au LHC, mais aussi ...en Antarctique !

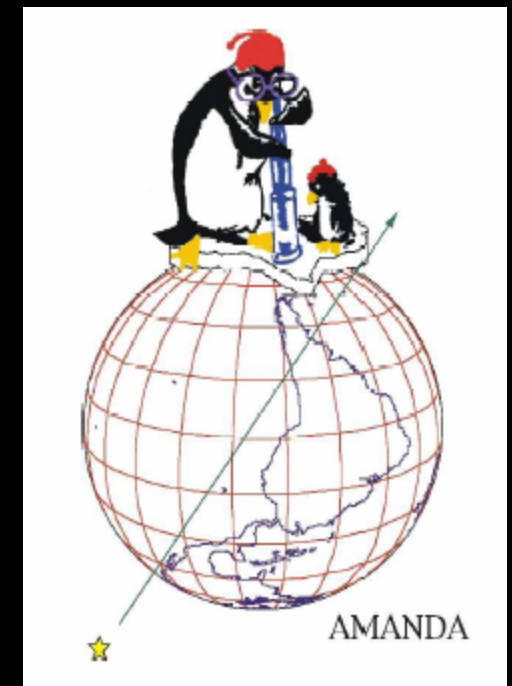
Nous ne sommes pas à la nouvelle base belge en Antarctique, mais avec nos équipes, exactement au Pôle Sud, qui construisent un détecteur dans la glace, à 2000m de profondeur ...



L'annihilation de matière noire (WIMPS) dans la Galaxie, le Soleil ou la Terre produit des neutrinos, qui traversent la Terre et sont détectés au Pôle Sud.



Amanda/IceCube est aussi un véritable télescope qui recherche dans le Ciel les sources énergétiques de neutrinos, ... que nos théoriciens prévoient ou expliquent.



Interactions Fondamentales ... et Humaines

La Belgique ne manque pas d'experts brillants dans leur domaine,
des financements importants existent (FWO, FNRS, IISN..) pour les expériences
... Qu'apporte la démarche PAI ?

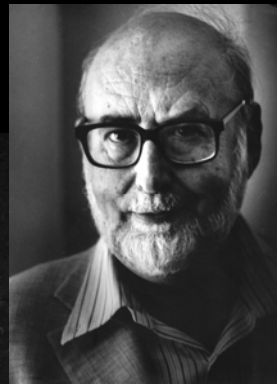
*beaucoup des aspects discutés ci-dessous sont
spécifiques aux PAI V/27 et VI/11, ou au domaine*



Mgr Lemaître
(Big Bang)



Brout-Englert
(Standard Model)



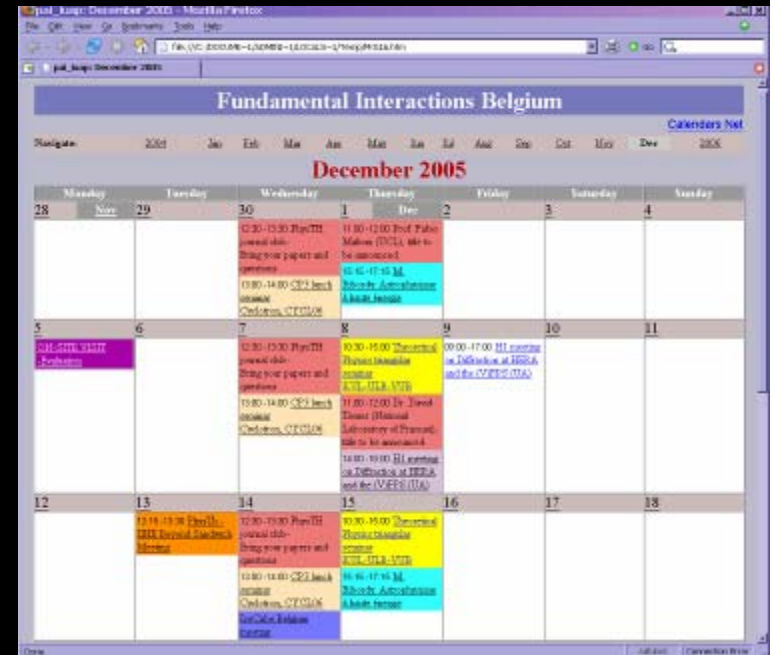
Test du
Modèle Standard



Neutral Currents



- Coopération étroite, (séminaires, échanges,
- Préparation commune des analyses expérimentales, qui valorise tant le travail des expérimentateurs que celui des théoriciens
- Ecoles doctorales communes et Conférences de haut niveau
→ visibilité de nos jeunes chercheurs
- Recrutement international commun des Postdocs, Visibilité accrue de l'ensemble par la masse critique
- Recours massif aux mandats Post-doctoraux (voir fuite des cervaux, transparent suivant)
- Gestion commune: le Conseil du PAI décide en commun de tous les engagements (garantie de qualité, indépendance des pressions locales)



Fuite des Cerveaux ?

- Nous avons toujours exigé que nos jeunes docteurs complètent leur formation par des séjours post-doctoraux prolongés à l'étranger

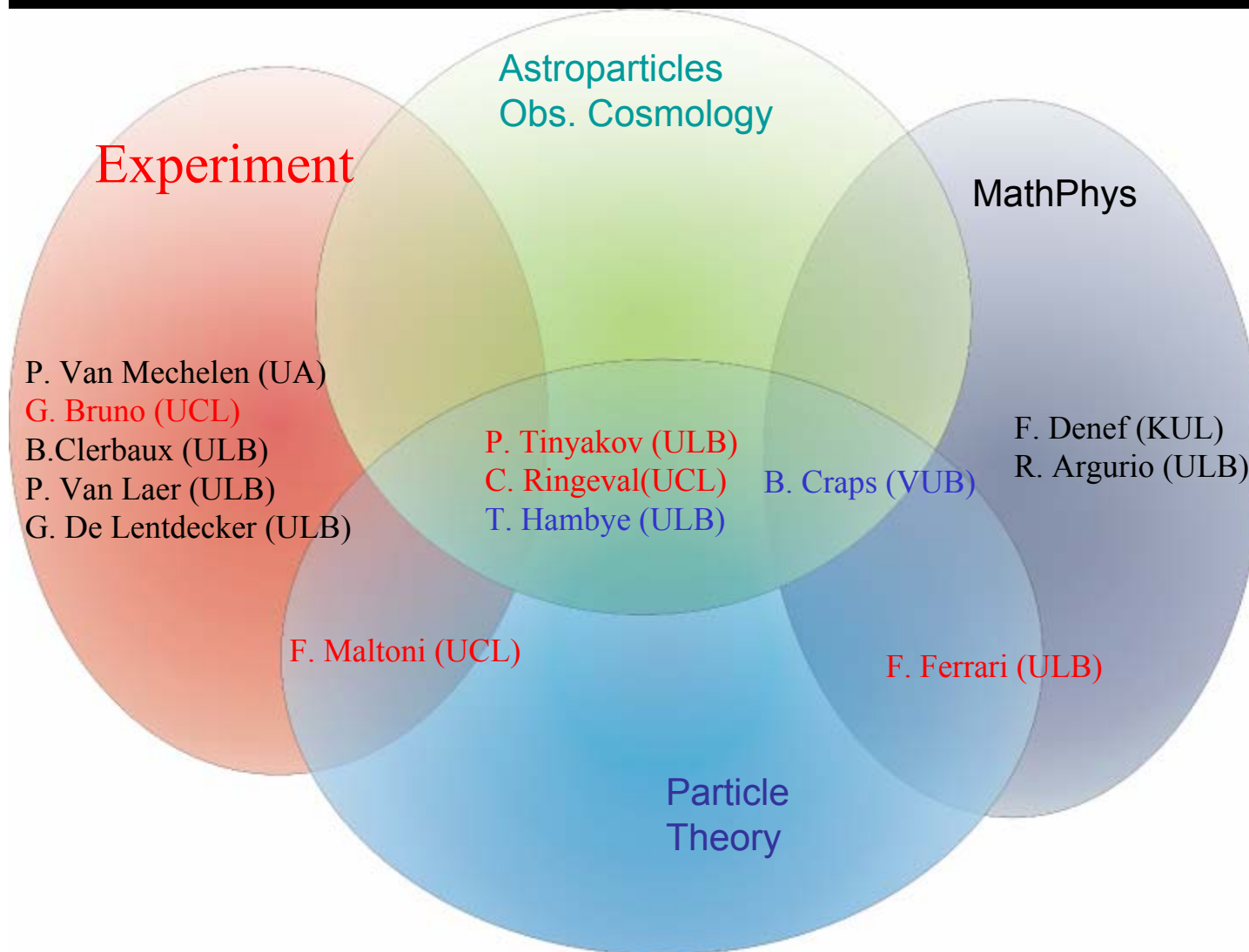
- Certains reviennent (postes permanents, mandats de retour),
Mais l'équilibre ne peut être atteint qu'en offrant nous aussi des mandats postdoctoraux sur le plan international.

PAI V/27 : objectif 50 années-physicien ... dépassé (fiscalité changée, utilisation de la flexibilité des PAI pour engager puis transférer vers d'autres fonds à la réponse plus lente.)

- Les engagements permanents dans le domaine: en règle générale, au moins deux ans de post-doc payé par un labo étranger requis ...

La lutte contre la fuite des cerveaux est victorieuse,
Mais le succès résulte plus d'un équilibre dynamique
d'échanges que d'un retour systématique.





Les postes permanents (professeurs, FNRS) ne relèvent pas du PAI, mais le recrutement international en bénéficie. C'est par un échange dynamique que les effets de la fuite des cerveaux sont évités.

Recrutement étranger

D'une autre université belge après postdoc étranger

Après postdoc étranger

Rendre compte à la Société – Informer les jeunes

Dans IAP V/27, nous avons insisté pour autoriser des activités dites « Outreach » (elles sont obligatoires dans tout contrat de recherche aux USA).

- presse : personnes-ressources disponibles visites organisées
- conférences pour le grand public
- activités spécifiques pour les étudiants pré-universitaires.
 - « Master classes » : retracer les étapes d'une analyse de physique des particules dans nos labos,
 - visite du CERN pour les enseignants du secondaire / les étudiants
 - Détecteurs de rayonnement cosmique à installer sur le toit d'écoles secondaires
 - « Chat » internet avec nos équipes au Pôle





Des étudiants du secondaire mettent la dernière main à leur propre détecteur de rayonnement cosmique