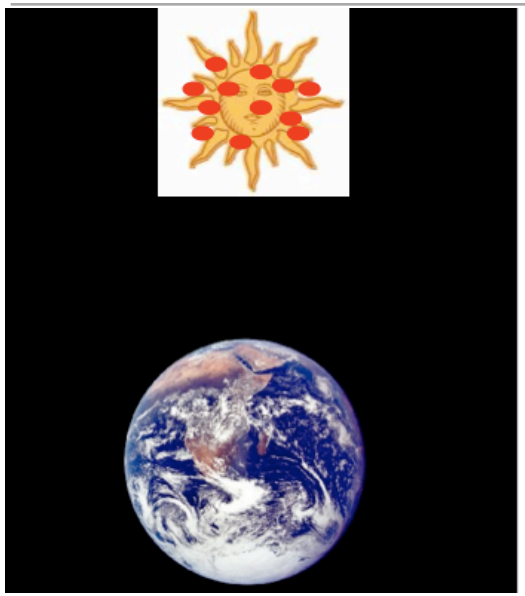
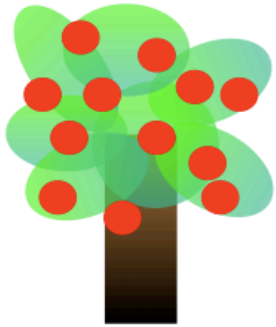
Groupe Neutrino, section T2K, nd280 et NA61

- place de T2K dans le monde expérimental
- principe et critères de design du détecteur ND280
- banc de test pour le calibrage des modules de lecture des TPCs

UNIVERSITÉ DE GENÈVE
FACULTÉ DES SCIENCES

Oscillations des neutrinos



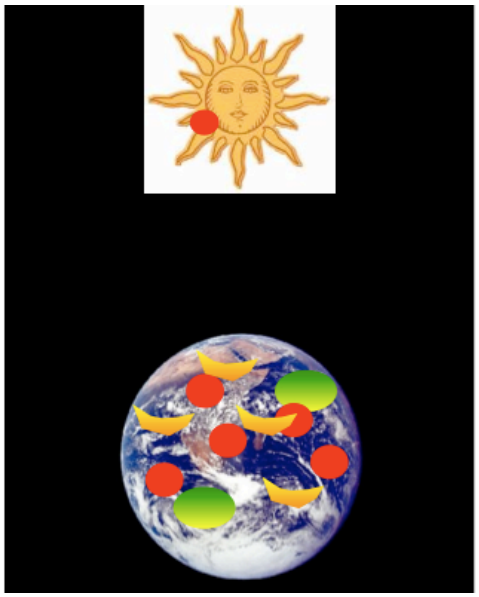


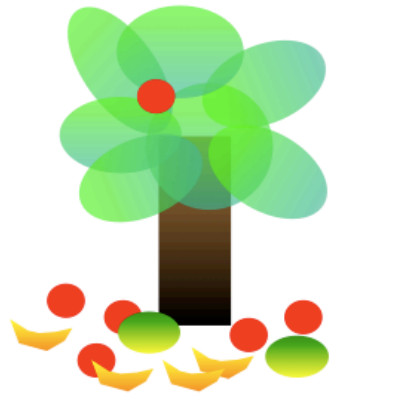
12 🍎

les neutrinos changent de saveur, comme les quarks ⇒ $m_\nu \neq 0$ ⇒

désaccord avec le MS

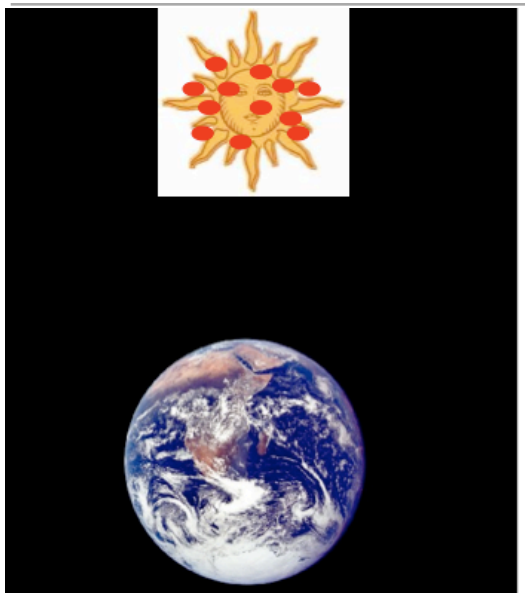
- ✳ $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_\tau$
- ✳ $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_e$ (... mais un peu moins souvent)
- ✳ $\nu_e \Leftrightarrow \nu_\mu - \nu_\tau$
- ✳ $\nu_\tau \leftrightarrow \tau$ ⇒ difficiles à détecter

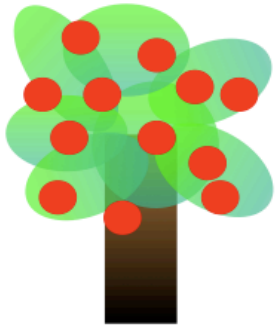




6 🍎 + 6(🍌 + 🍉)

Oscillations des neutrinos





12 🍎

les neutrinos changent de saveur, comme les quarks ⇒ $m_\nu \neq 0$ ⇒

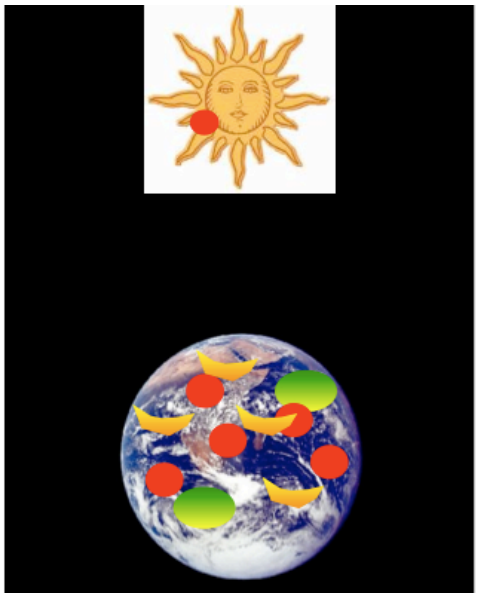
désaccord avec le MS

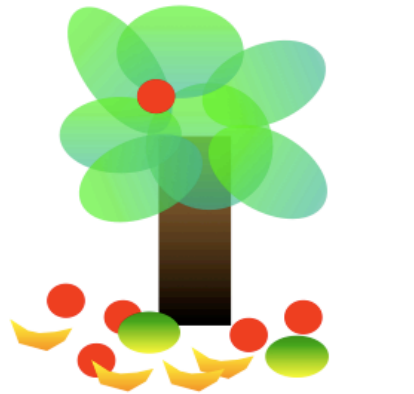
- ✳ $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_\tau$
- ✳ $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_e$ (... mais un peu moins souvent)
- ✳ $\nu_e \Leftrightarrow \nu_\mu - \nu_\tau$
- ✳ $\nu_\tau \leftrightarrow \tau$ ⇒ difficiles à détecter

pas de corrections hadroniques compliquées

asymétrie matière-antimatière observée dans l'Univers

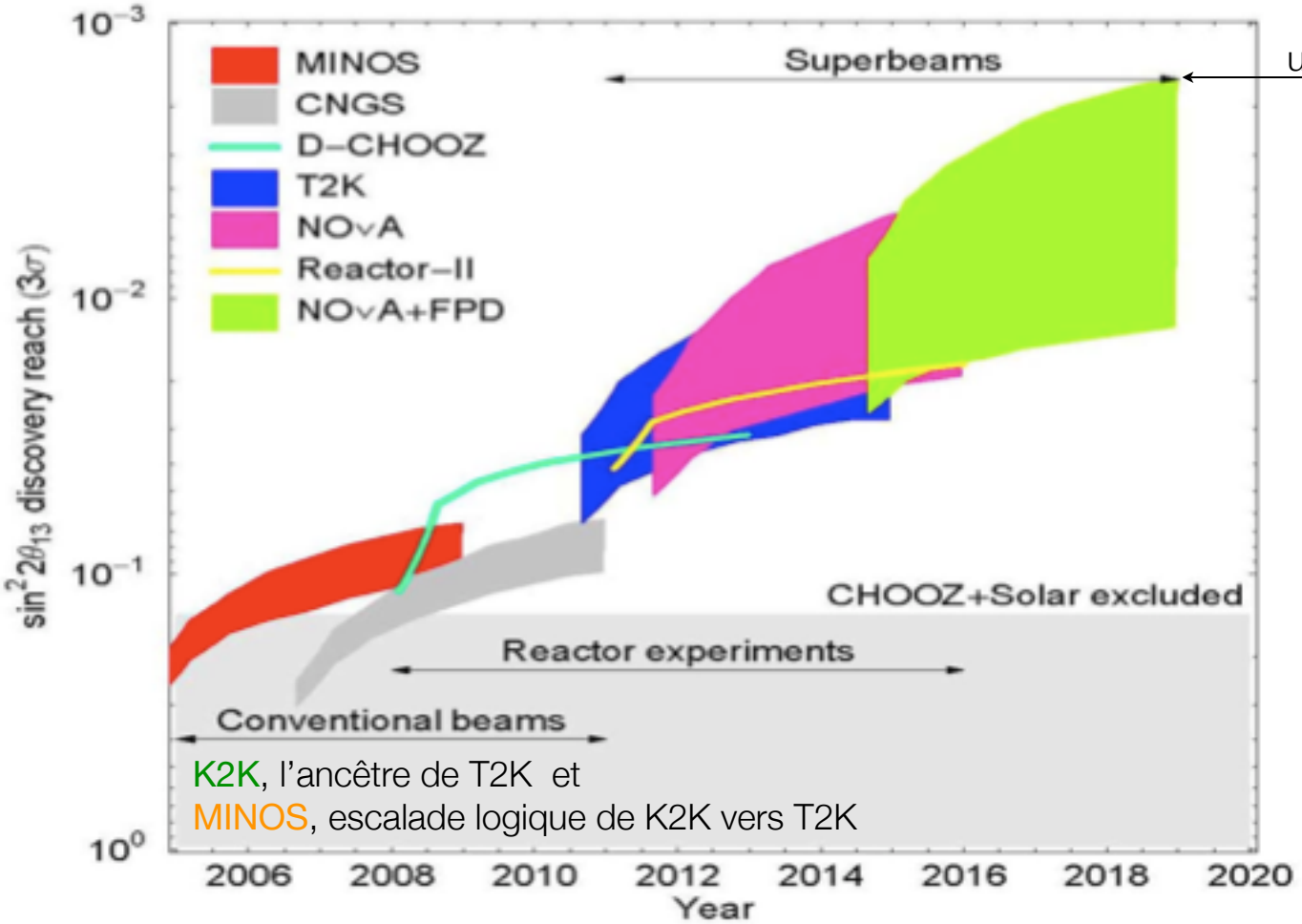
$$P(\nu_a \to \nu_b; t) = P(\bar{\nu}_a \to \bar{\nu}_b; t)$$





6 🍎 + 6(🍌 + 🍉)

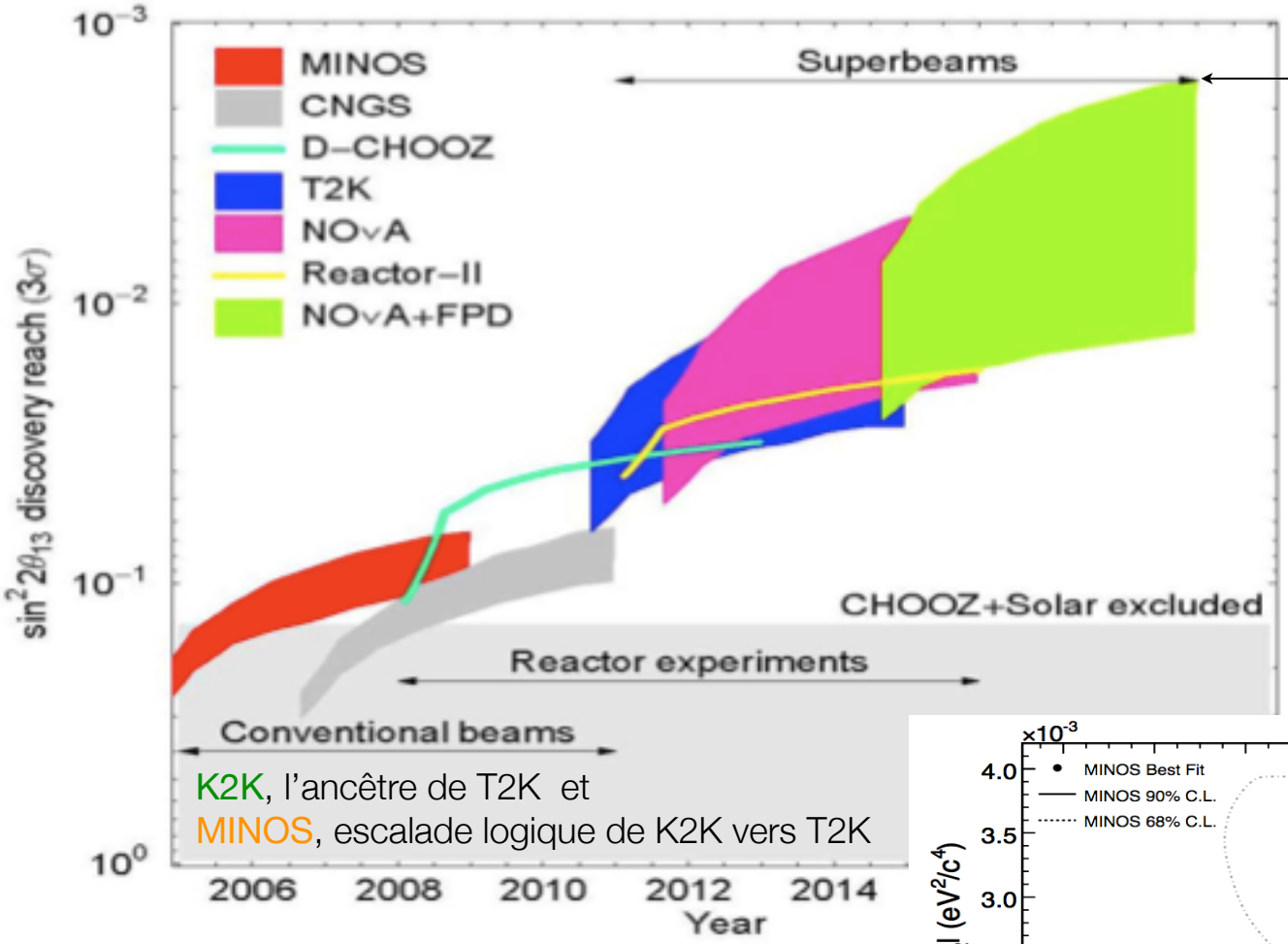
T2K dans le monde



usines à neutrinos

K2K, l'ancêtre de T2K et
MINOS, escalade logique de K2K vers T2K

T2K dans le monde

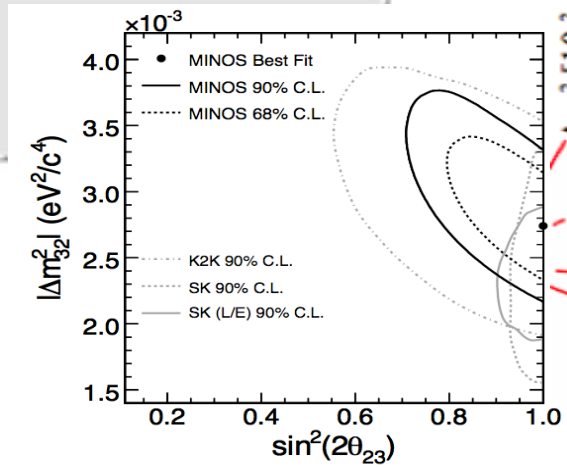


usines à neutrinos

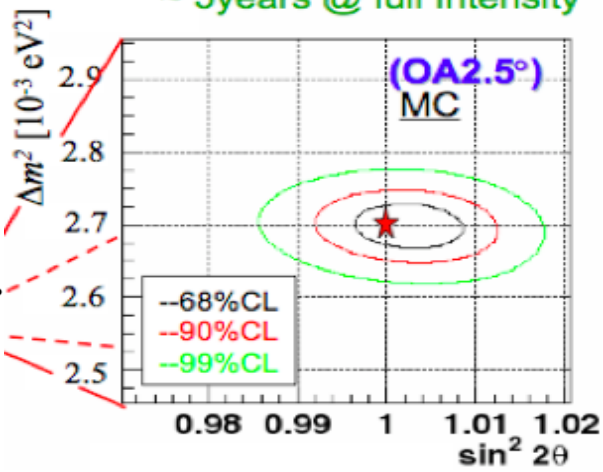
K2K, l'ancêtre de T2K et
MINOS, escalade logique de K2K vers T2K

objectifs de T2K:

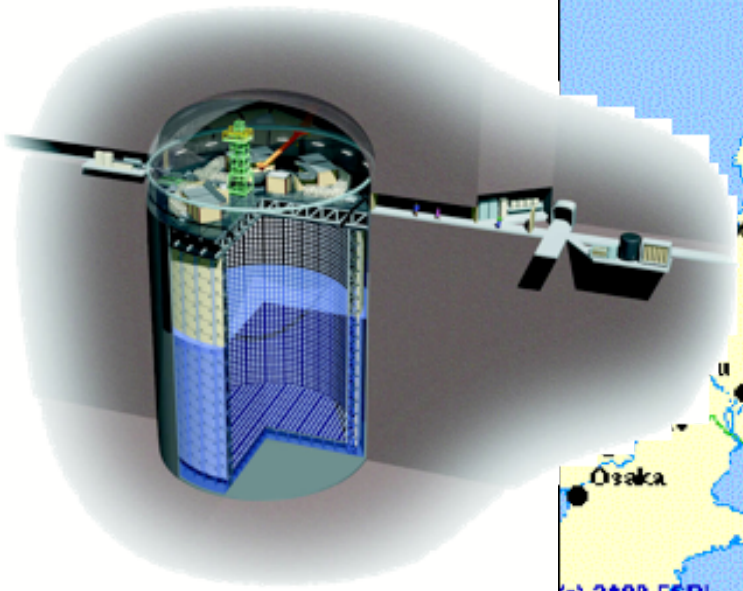
- ✦ disparition de $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_\tau$
- ✦ apparition de $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_e$
- ✦ 0.75 MW au début, atteignant 4 MW ~2015



T2K 5×10^{21} POT (Stat. only)
~ 5years @ full Intensity

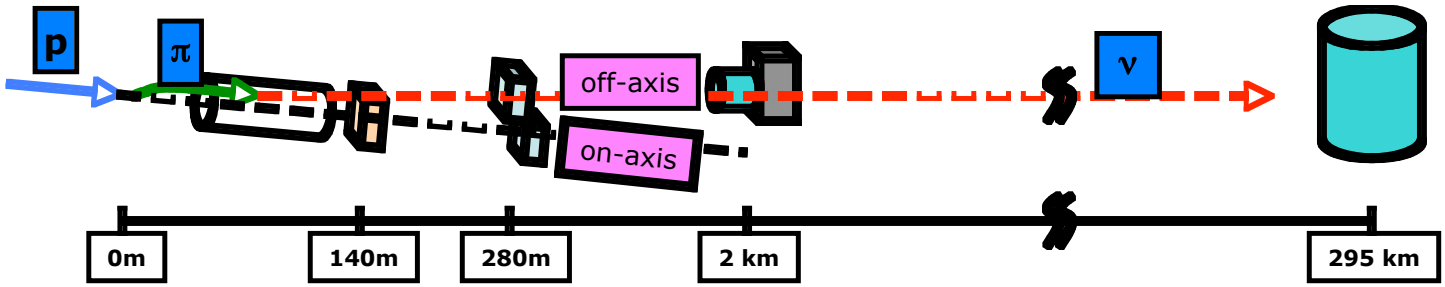


T2K



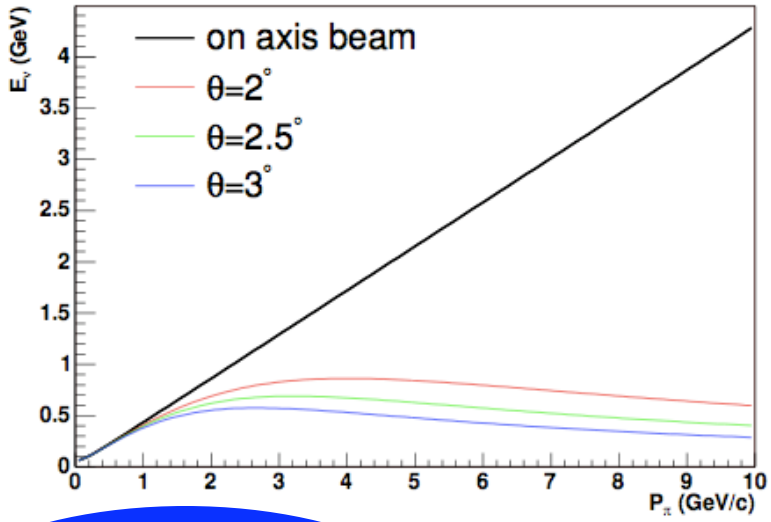
Sendai
er Kamiokande
295km
JAERI
(Tokai)
Japan
KEK
Tokyo
Nagoya
Kawasaki
Yokohama
Osaka
(c) 2000 ESRI
420.0 mi / 675.8 km

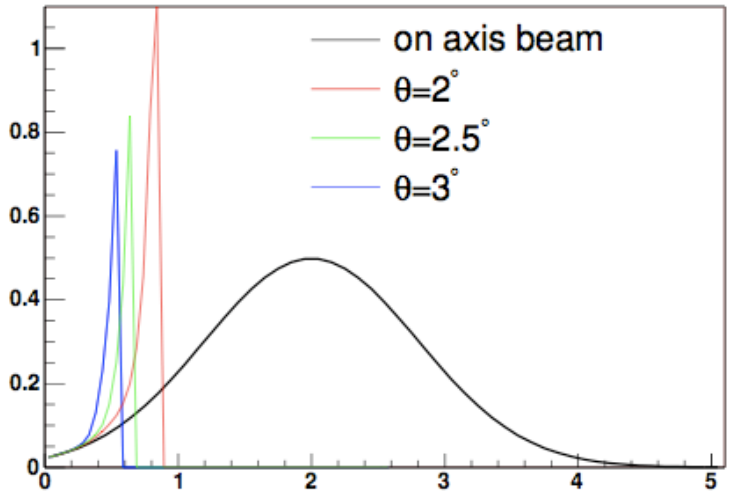
Neutrino facility
50GeV PS


p
π
off-axis
on-axis
ν
0m
140m
280m
2 km
295 km

ν produits par des accélérateurs

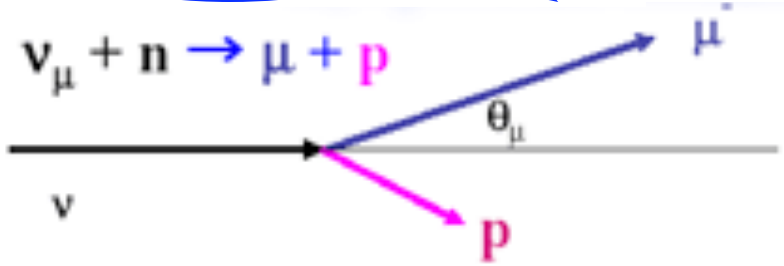
idée géniale:
faisceau hors axe !
permet d'obtenir des ν quasi monoénergétique





réaction de détection:
courant chargé quasi-élasticque (CCQE)

pratique ! le spectre d'énergie des ν peut être reconstruit à partir de la qté de mvt et θ du μ seulement:



$$E_\nu = \frac{\frac{m_p^2}{2} - \frac{m_n^2}{2} - \frac{m_l^2}{2} + 2m_n E_l}{m_n - E_l + p_l \cos\theta}$$

détecteur proche ND280

... petit souci chez Super-K:
50% des anneaux identifiés comme étant protuits par des μ ne sont ***pas*** dus à des réactions CCQE...

il faut donc un détecteur qui mesure la fraction "non-CCQE / CCQE" ***avant*** que les ν n'oscillent:

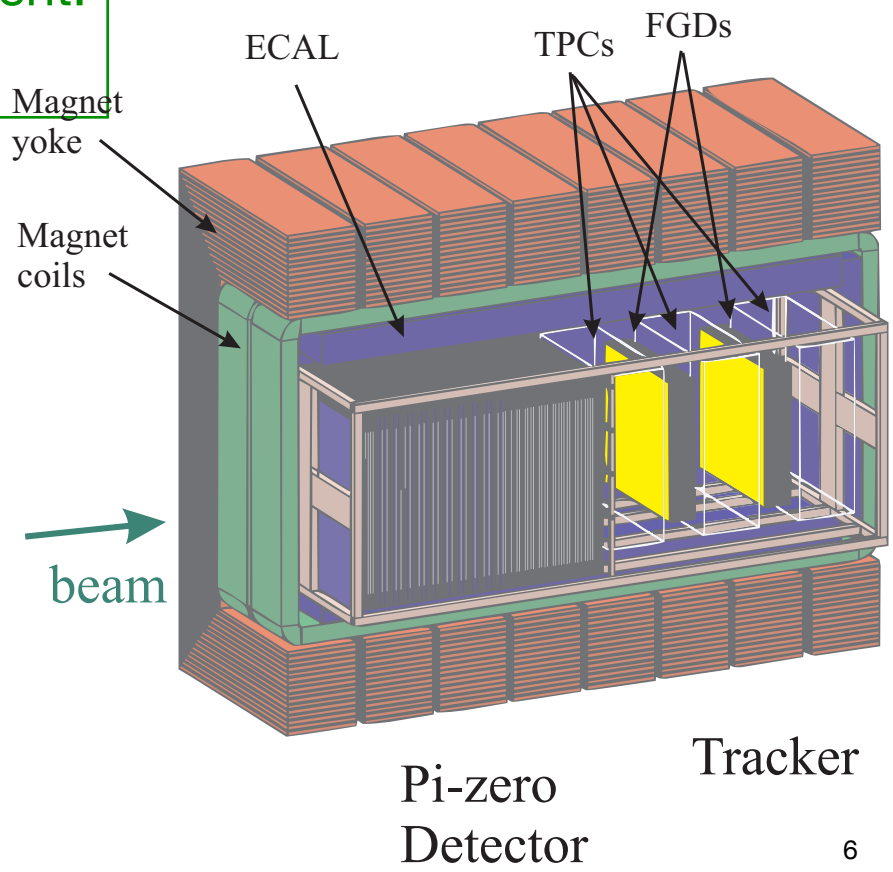
ND280

oscillation = mesuré/prédit à SK

extrapolation des résultats de nd280 à SK basés sur MC

$$N_{SK}^{i,exp} = N_{ND}^{i,obs} \left(\frac{N_{SK}^{i,MC}}{N_{ND}^{i,MC}} \right)$$

flux ν mesurés par nd280

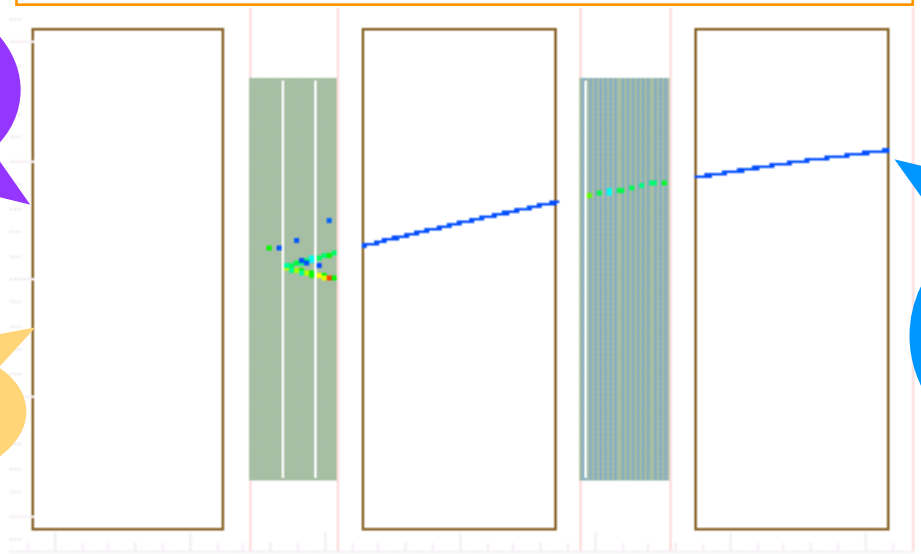


traceur TPC+FGD+TPC+FGD+TPC

rôle primordial: isoler les réactions CCQE
μ ➔ TPC et p ➔ FGD

μ très pénétrants
⇒ 3 TPCs

Ar:CF_4:iC_4H_{10}
95:3:2

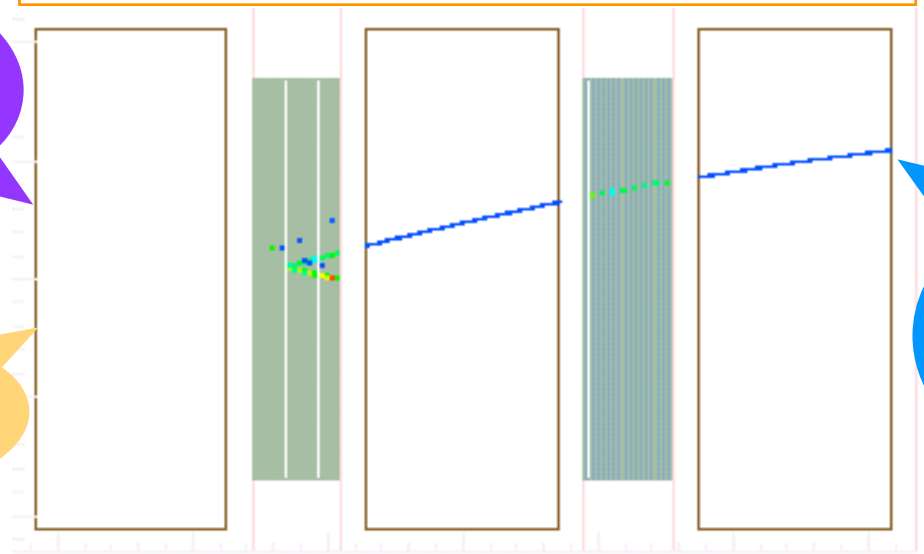


essentiel de mesurer la charge du μ
⇒ B = 0.2 T produit par l'aimant U1

traceur TPC+FGD+TPC+FGD+TPC

rôle primordial: isoler les réactions CCQE
μ ➔ TPC et p ➔ FGD

μ très pénétrants ⇒ 3 TPCs



$Ar:CF_4:iC_4H_{10}$ 95:3:2

essentiel de mesurer la charge du μ ⇒ B = 0.2 T produit par l'aimant U1

plutôt faible ⇒ compensé par une très grande résolution spaciale ⇒ très fine segmentation des plans de lecture des TPCs

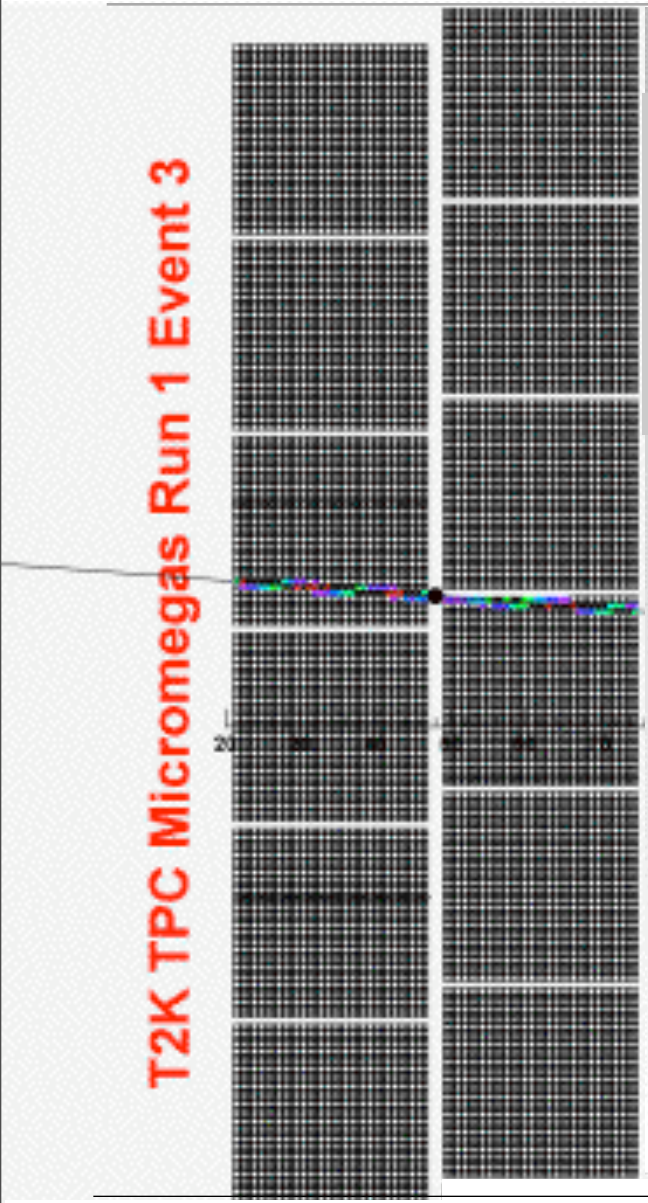
critère de design de la TPC

✓ mvt des nucléons dans la cible étale le pic d'énergie des ν ⇒ la résolution sur la qté de mvt est donc intrinsèquement limitée à 10% (μ de 1GeV)

✓ séparation à 3σ des traces ν_e , ν_μ ⇒ PID = 10% (dEdx ↔ séparation 30-40%)

segmentation des plans de lecture de la TPC

(détails présentés par E. Perrin)



6.9x9.7 mm^2 /pad

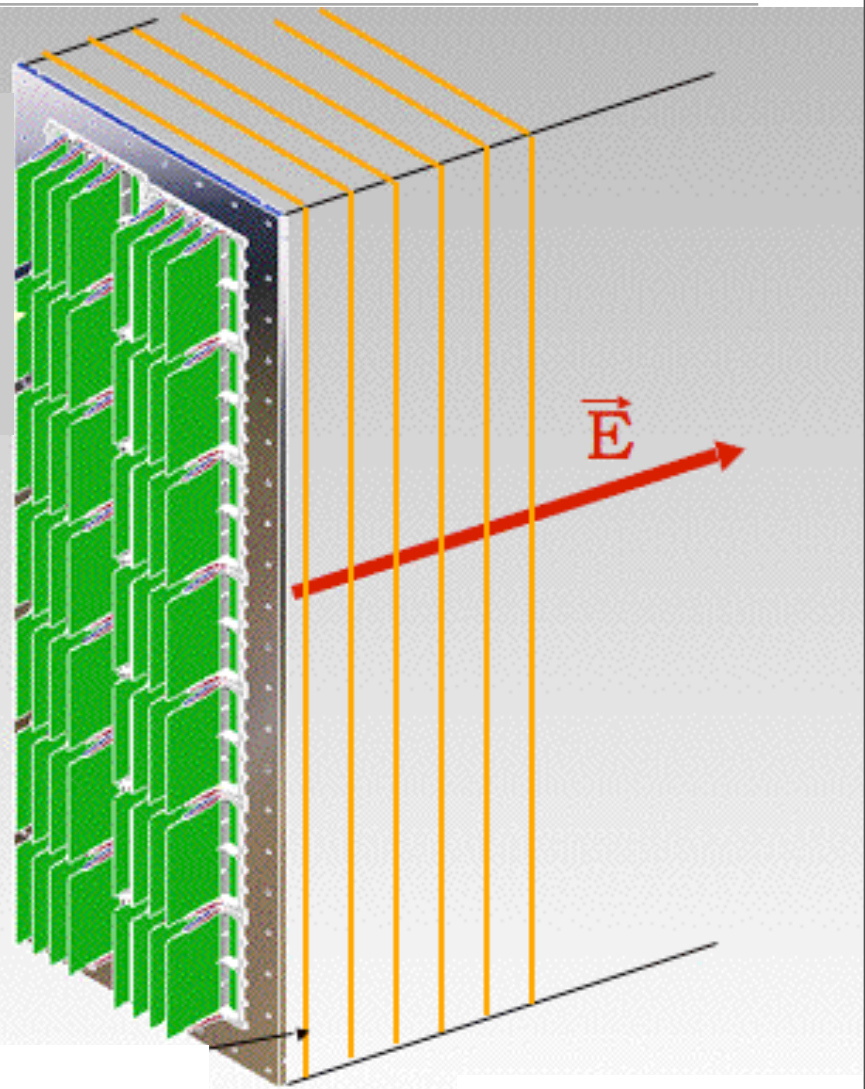
124 416 pads au total

12 mM/plane

1726 pads each

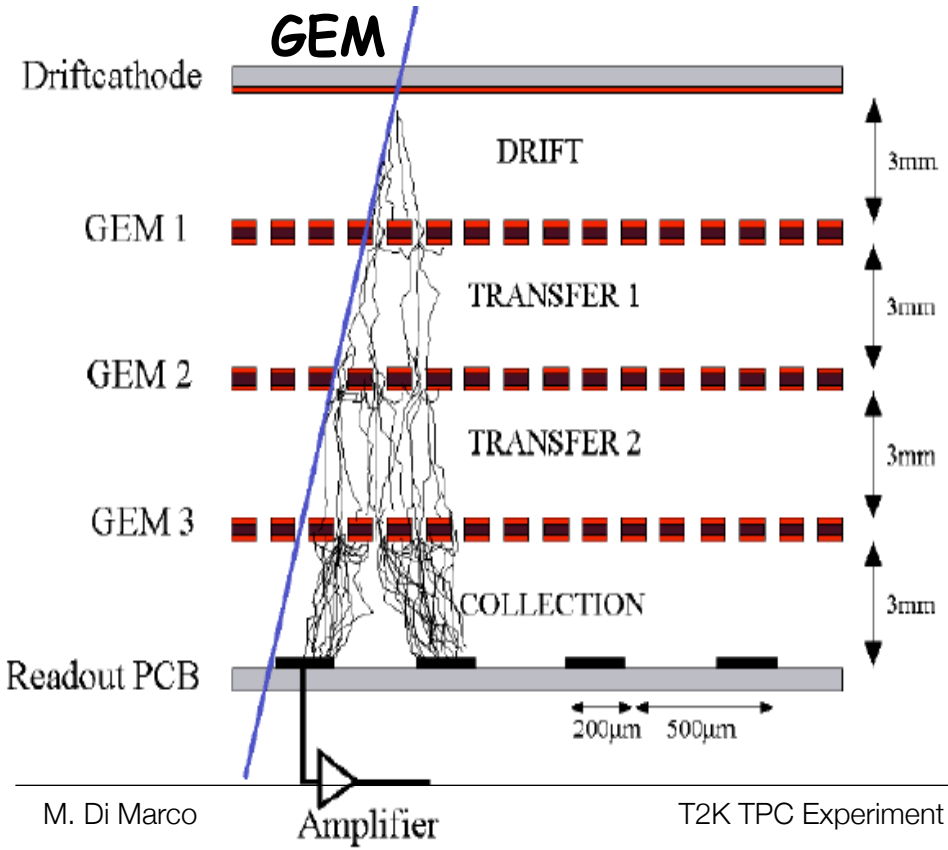
36x34 cm^2

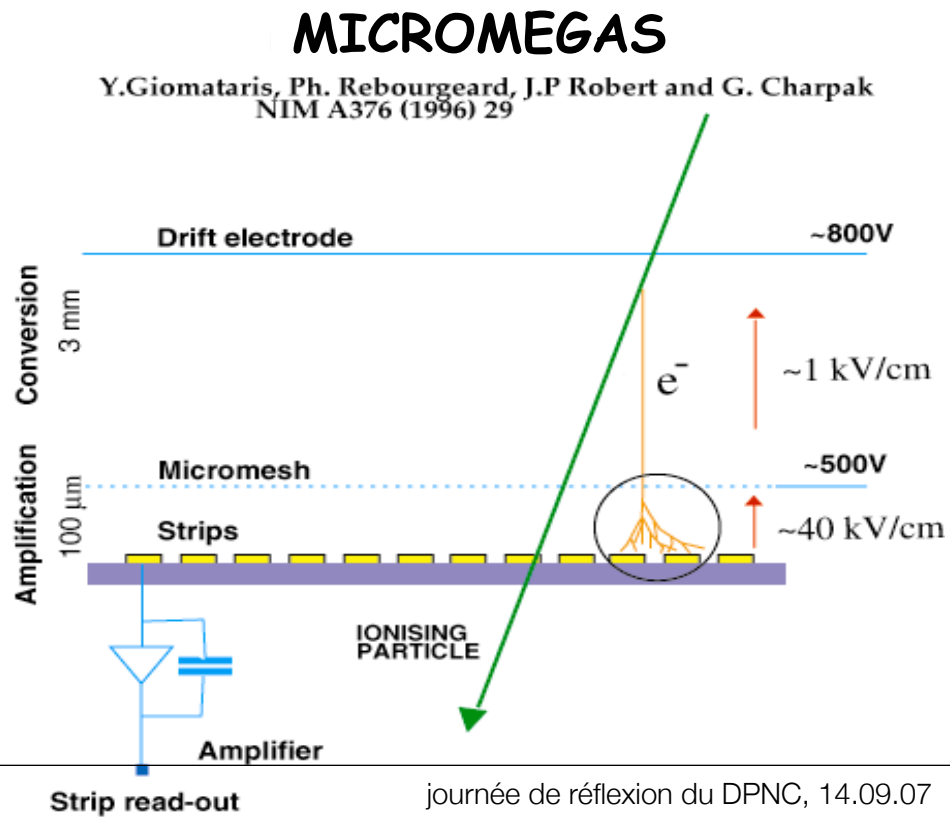
48 col. x 36 lines



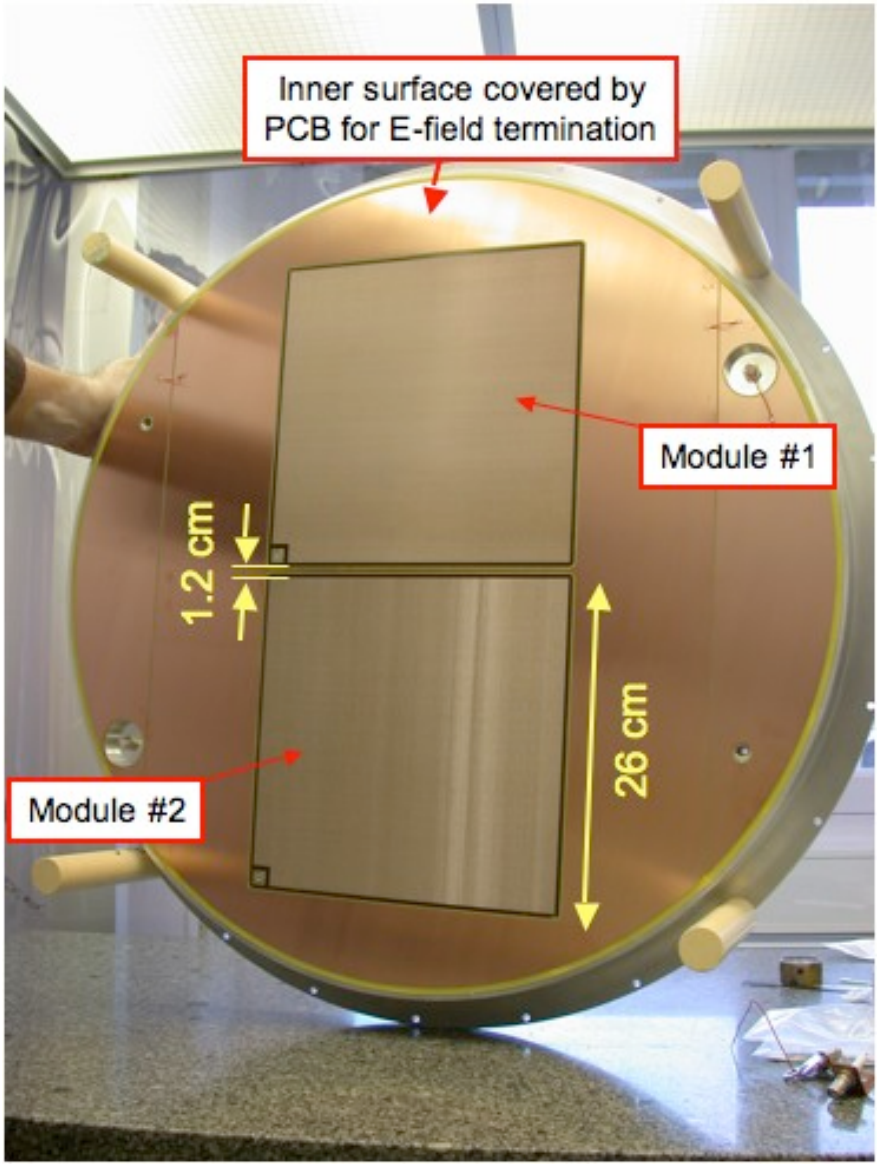
TPC: plans de lecture avec segmentation très fine

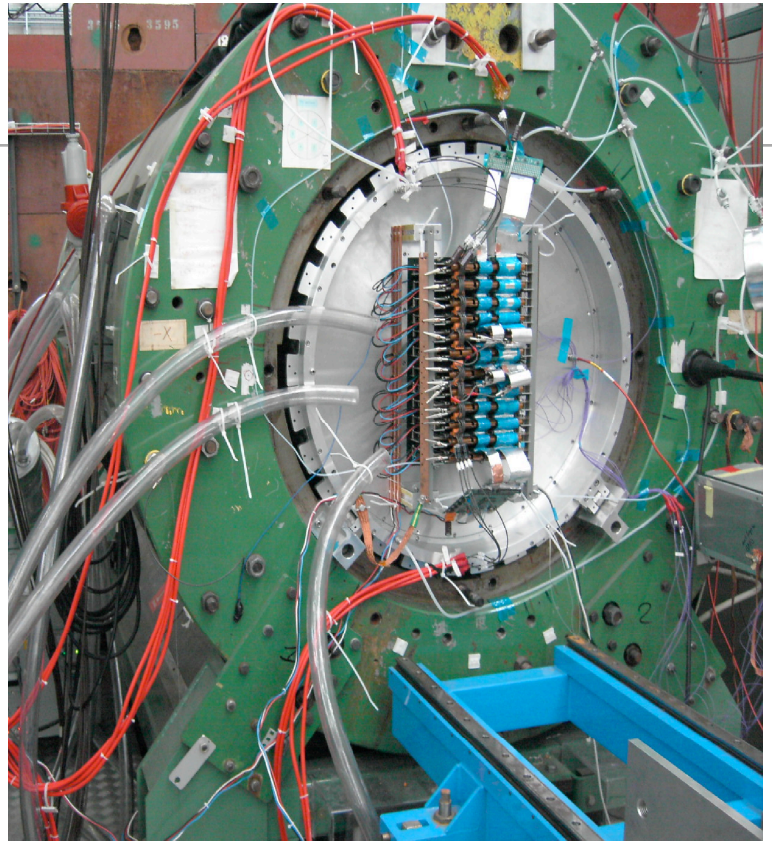
- 2 alternatives: GEMs or MMs
- jamais utilisées dans un plan de lecture de TPC ... mais fonctionnent dans COMPASS
- pas d'avantage ou inconvénient décisif
- compétition entre les 2 technologies pour T2K





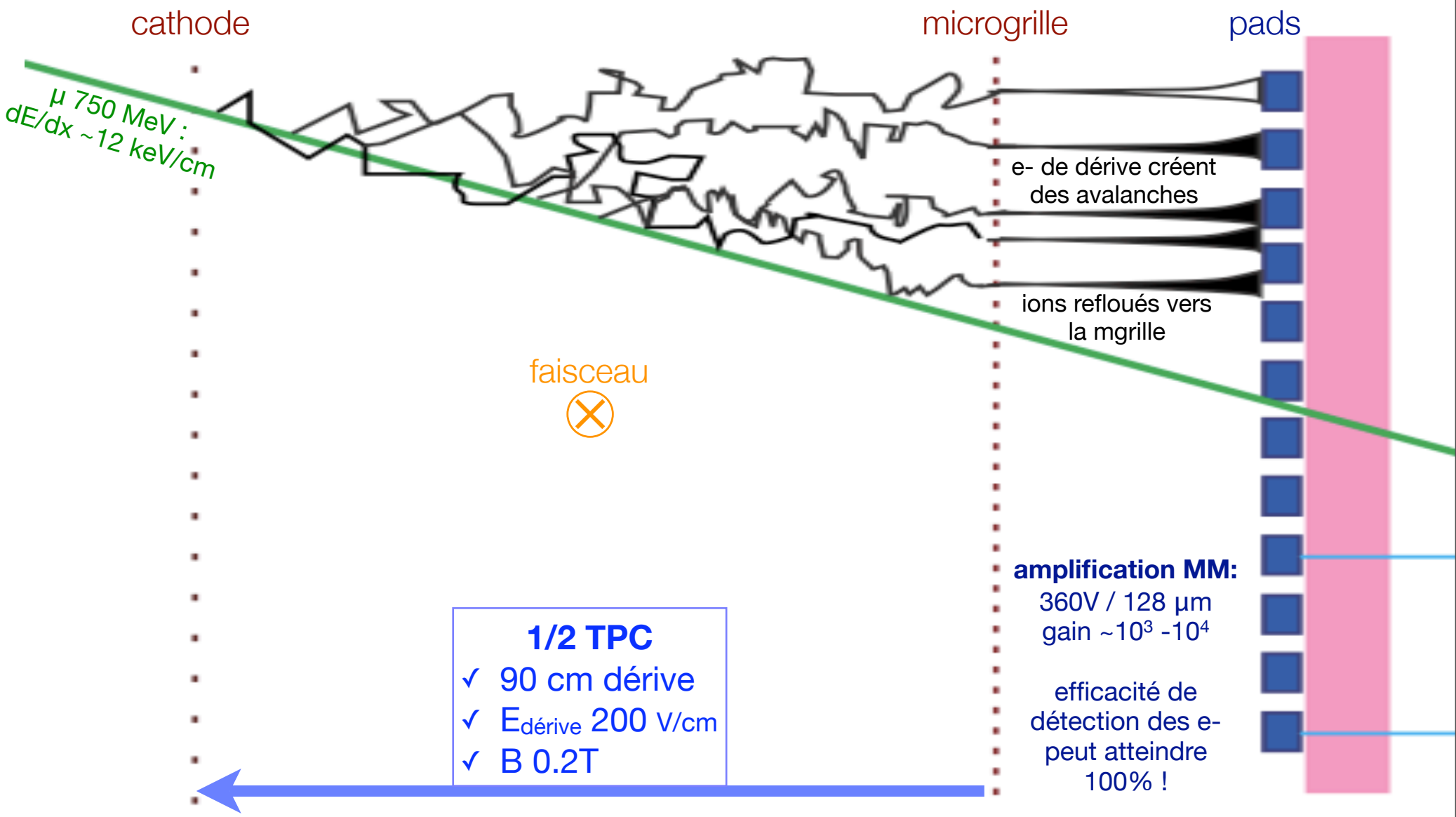
tests avec la TPC HARP



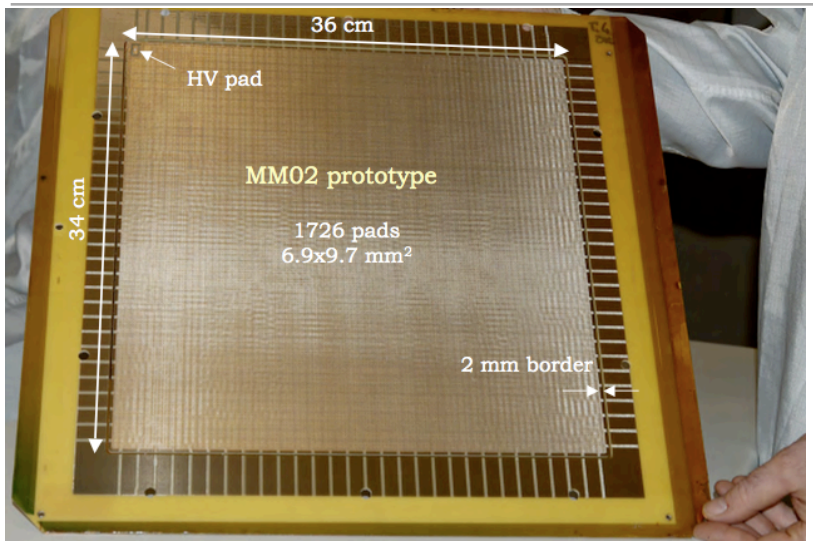


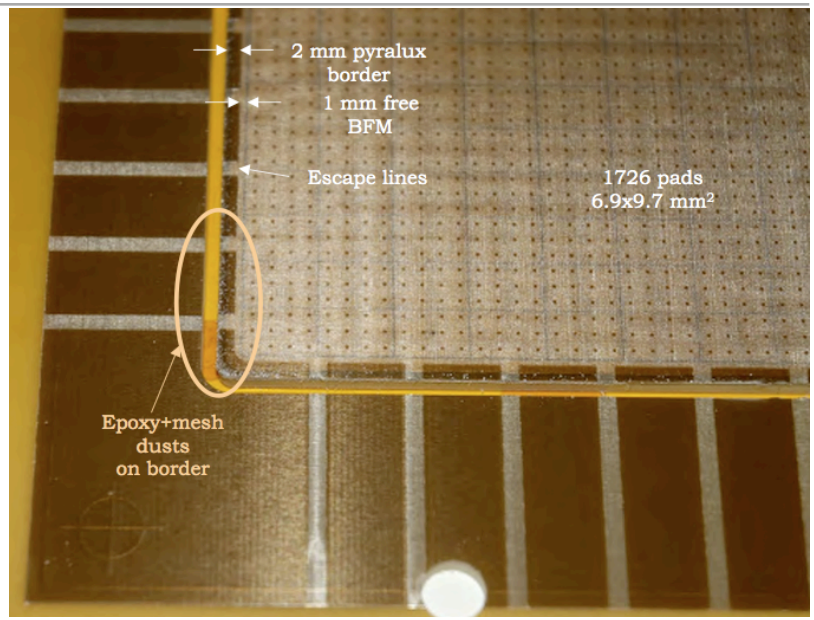
✳ tests avec GEM et MM au printemps 2006
✳ tests avec MM version “finale” pour T2K à partir de la semaine prochaine ! (19.09.07 au 04.10.07)

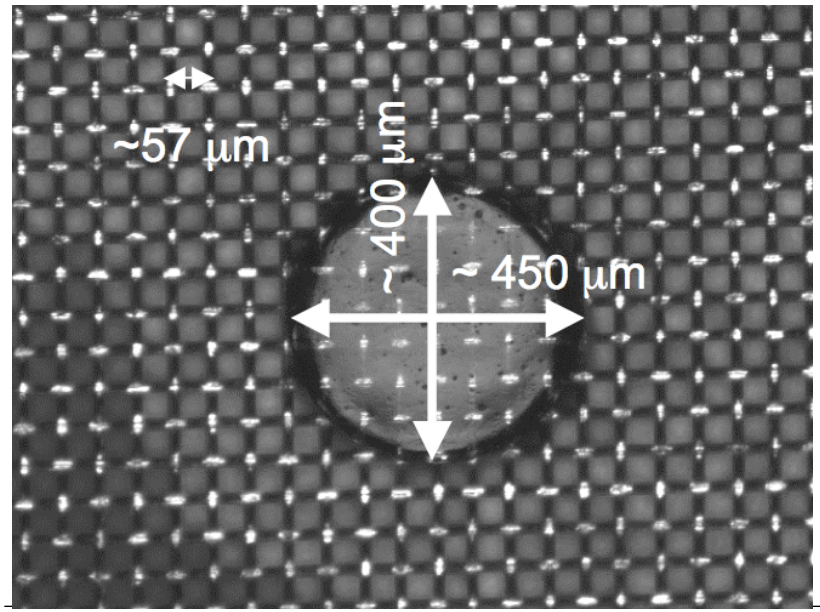
principe de fonctionnement des MicroMegas



MicroMegas: album photo







grille collée et espacée du padplane grâce à des pilliers (12-20 par pad)

Banc de test pour le calibrage des MM

résolution spaciale compromise pads bruyants ou fautifs ⇒ **carartérisation**

pad-per-pad nécessaire

but: reconstruction des traces réaliste

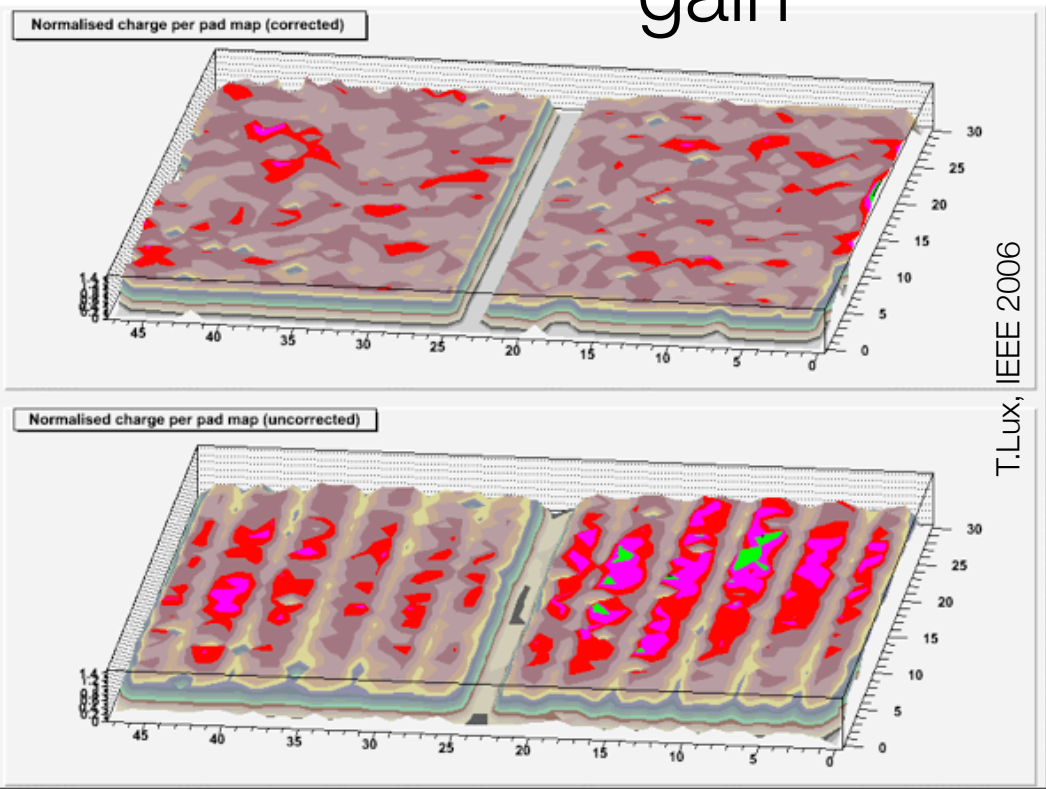
avec une source radioactive d'énergie connue: ^{55}Fe, Rx 5.9 keV similaires au signal attendu (μ 750 MeV)

diaphonie

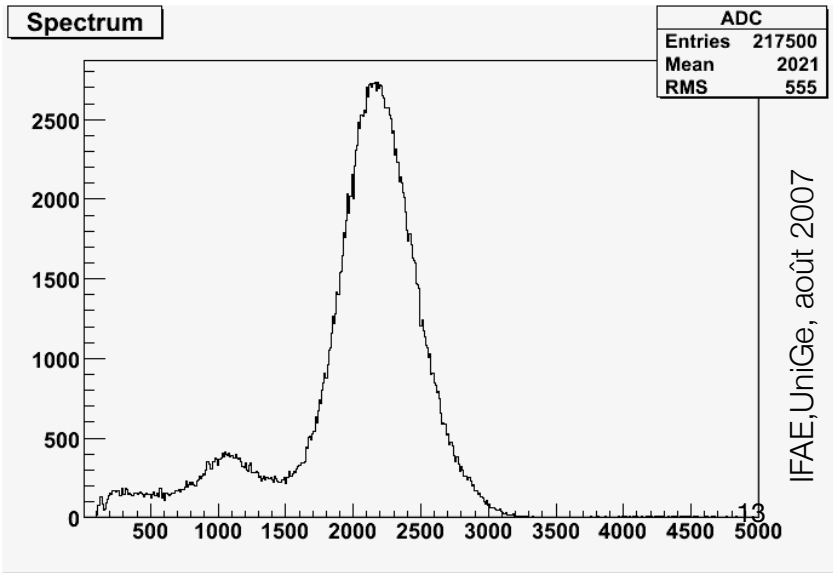
gain

fonction de réponse

résolution en énergie



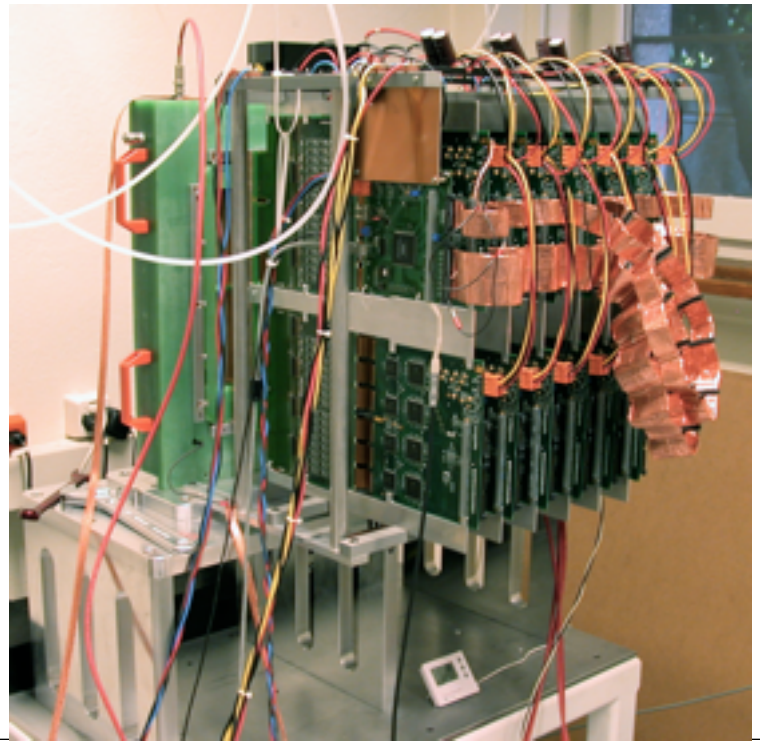
T.Lux, IEEE 2006

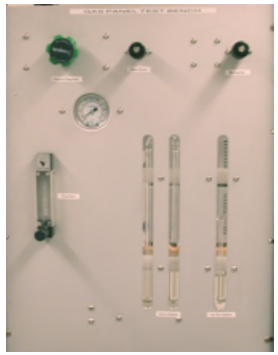


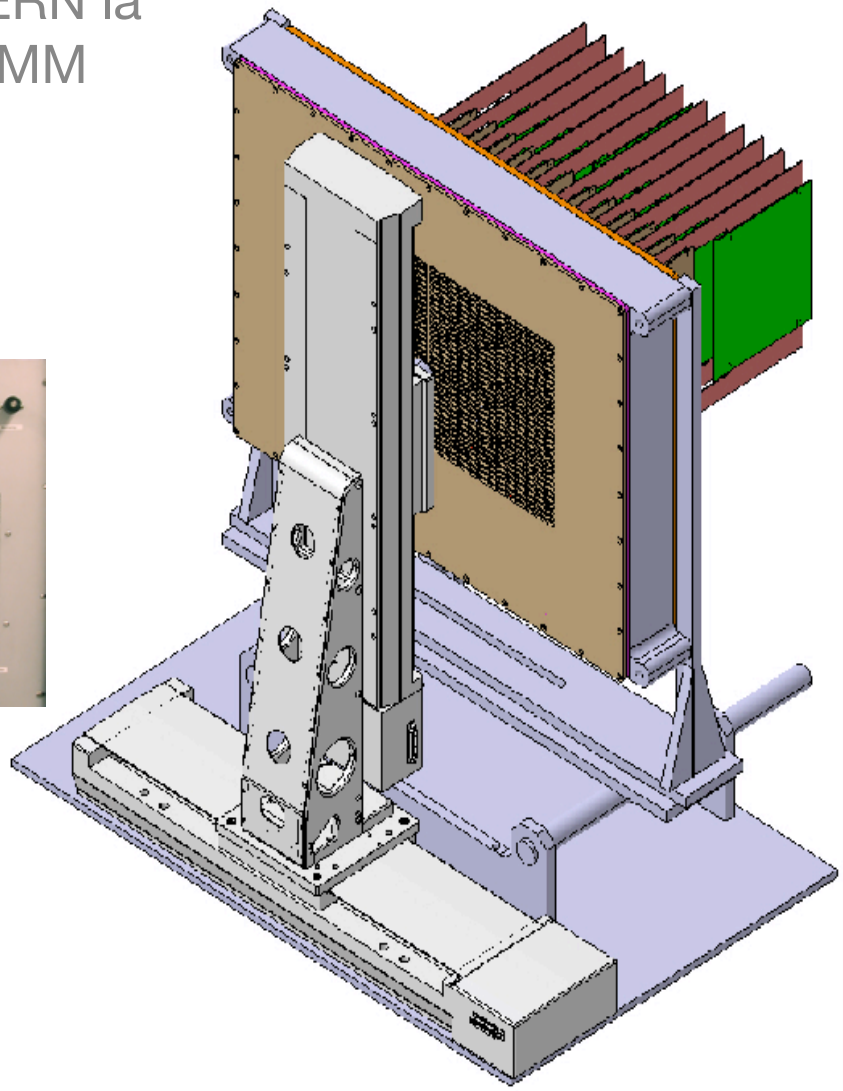
IFAE,UniGe, août 2007

Banc de test

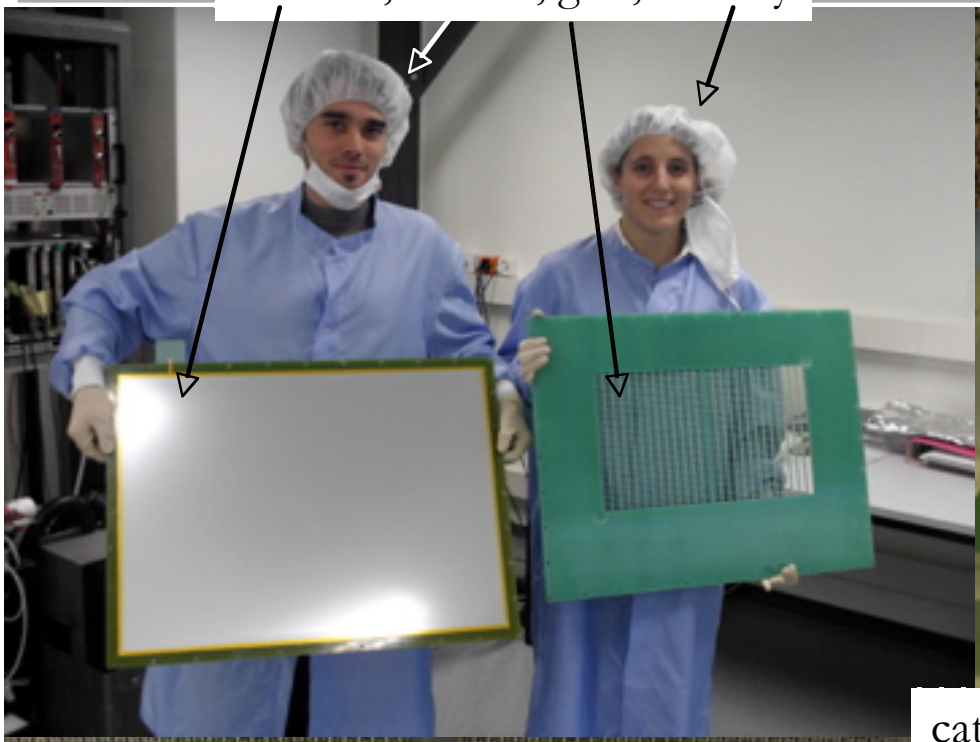
- présentement à l'Uni, sera déménagé au CERN la semaine prochaine, pour la production des MM
- petite chambre à dérive:
  - 61.6 x 44.4 x 7.5 cm3 = 20.5 L
  - 4cm de dérive, ArC_4H_{10}

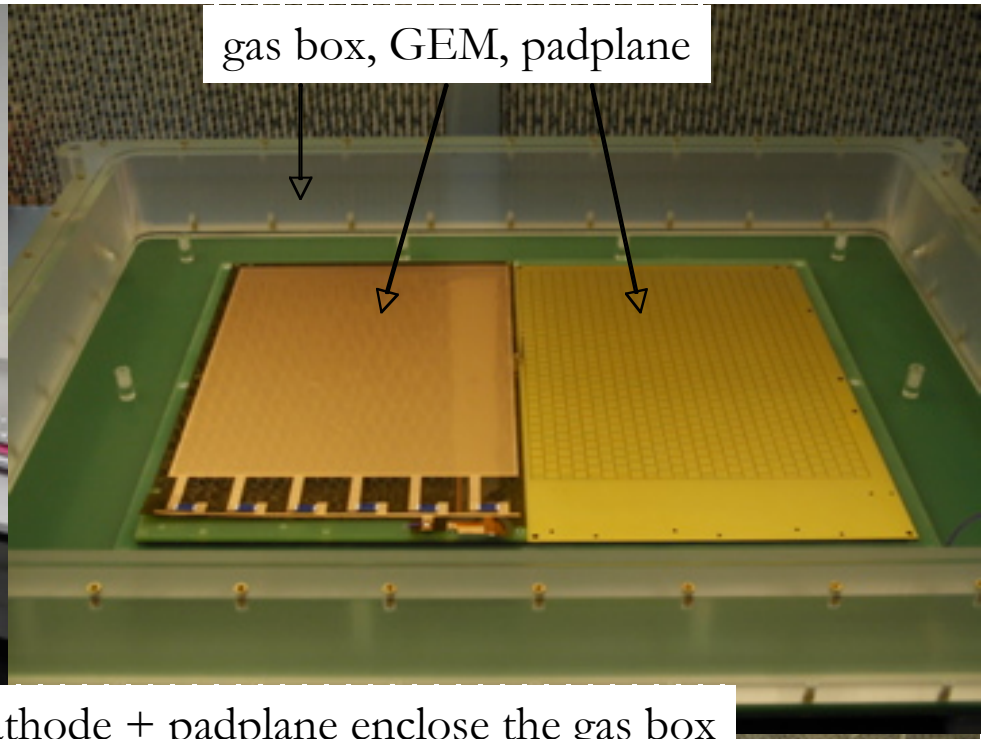




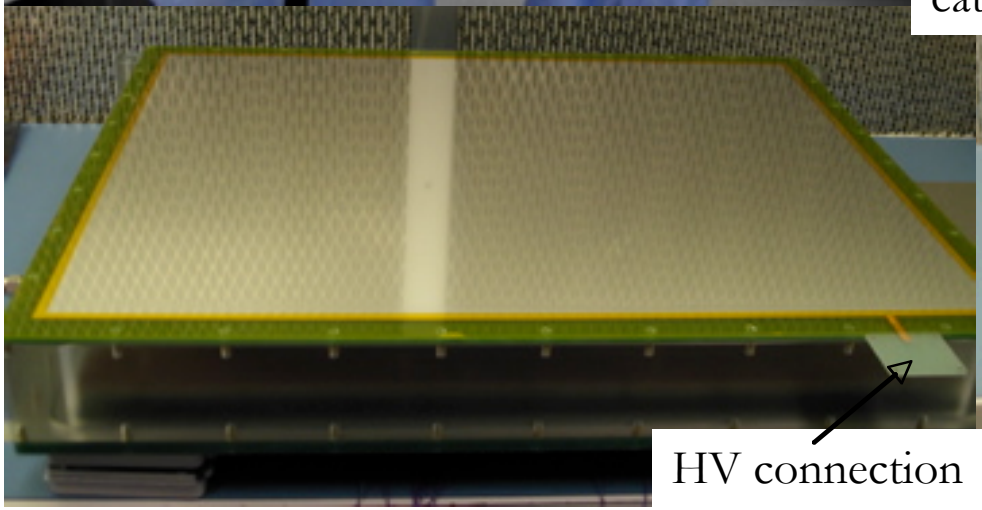


Banc de test: montage des GEM ou MM

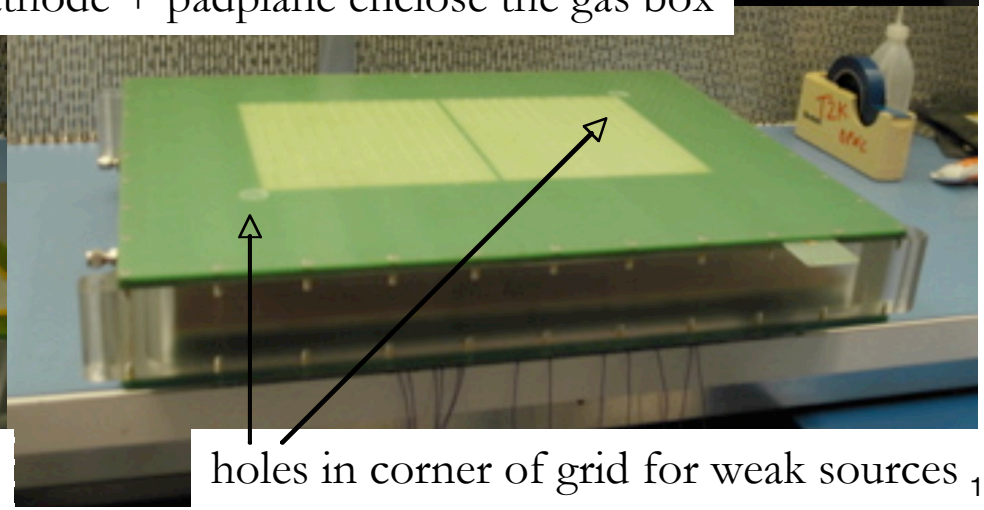




cathode + padplane enclose the gas box



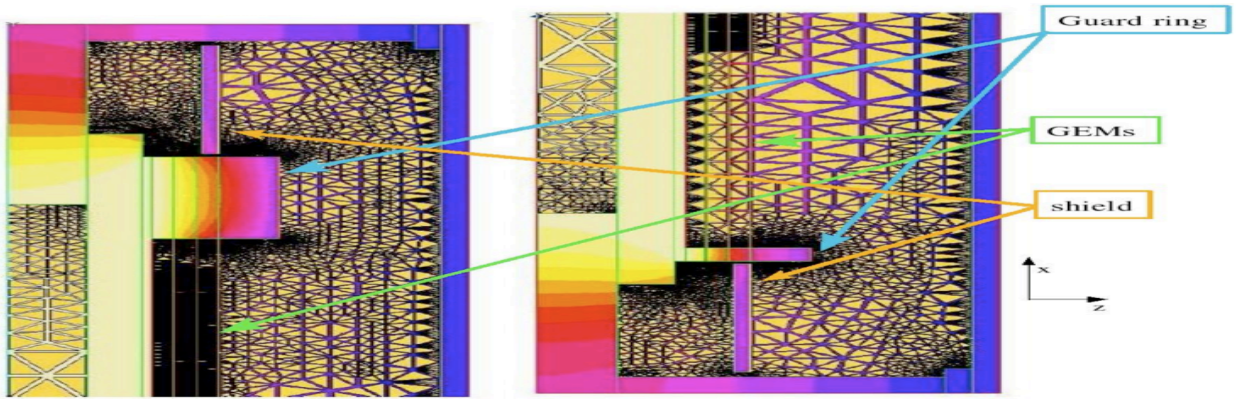
HV connection

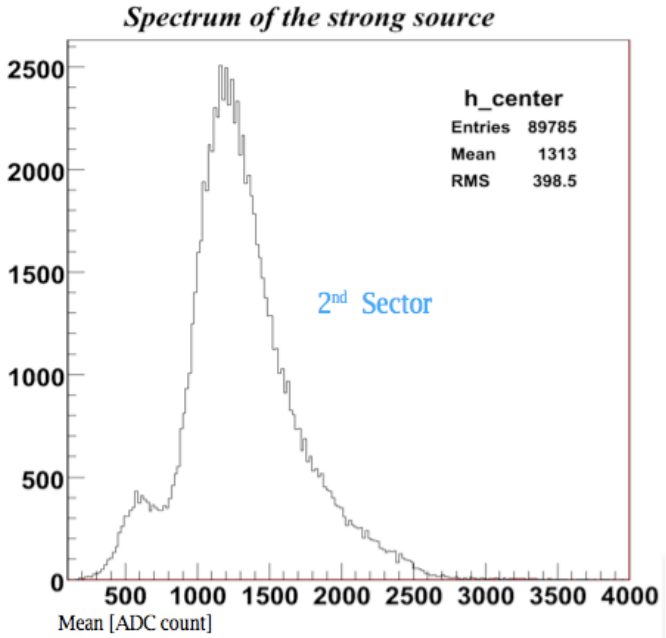


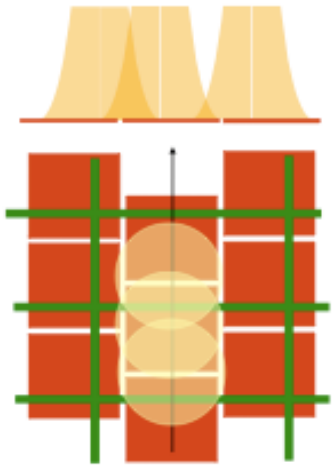
holes in corner of grid for weak sources

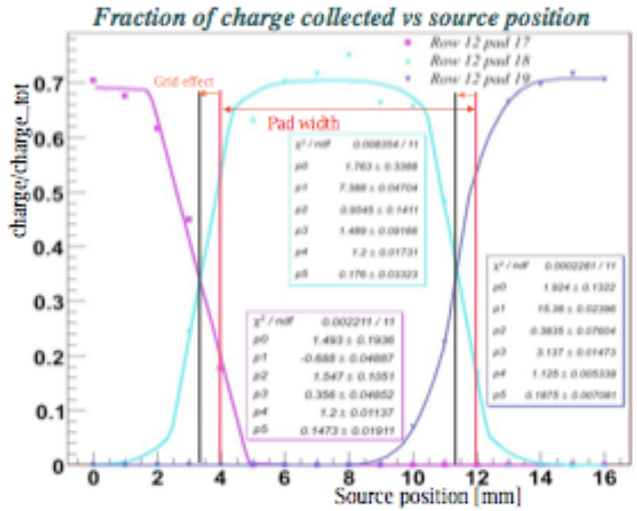
Banc de test: mesures avec les GEMs

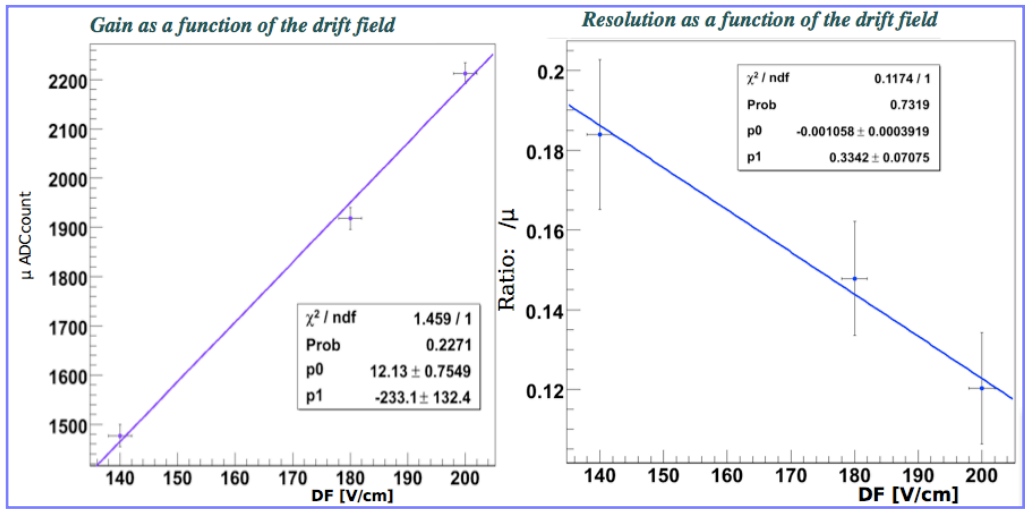
- automne 2006 - printemps 2007
- a donné lieu à une thèse de maîtrise (M.Ravonel)
- une excellent pratique pour le calibrage des MMs !





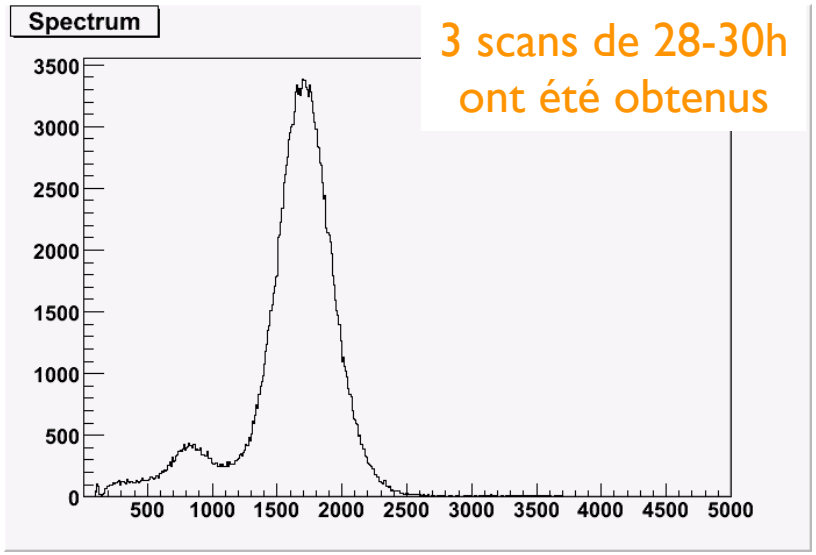




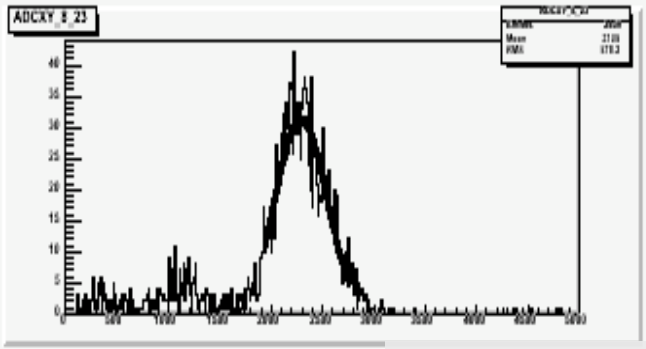


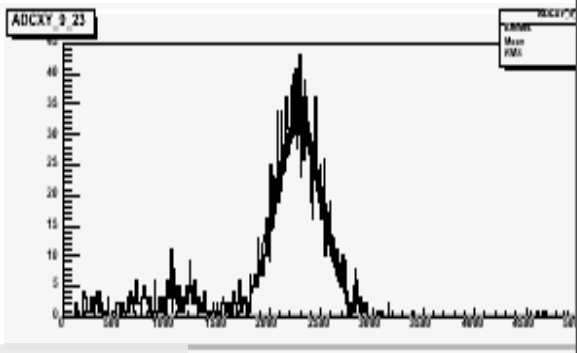
Banc de test: mesures avec MM04

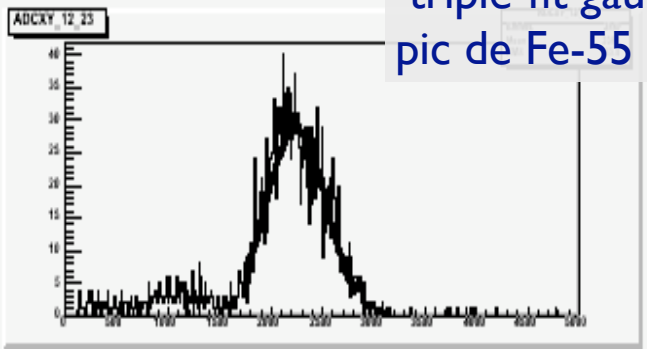
- juillet-septembre 2007
- objectif atteint !

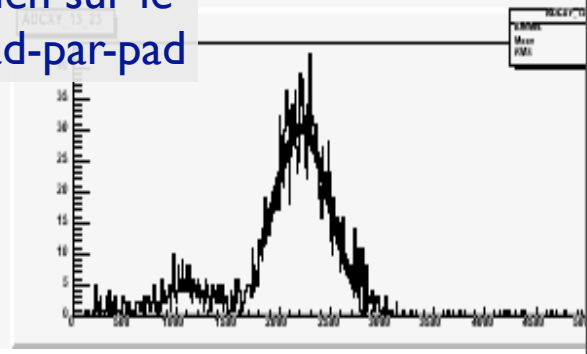


3 scans de 28-30h ont été obtenus

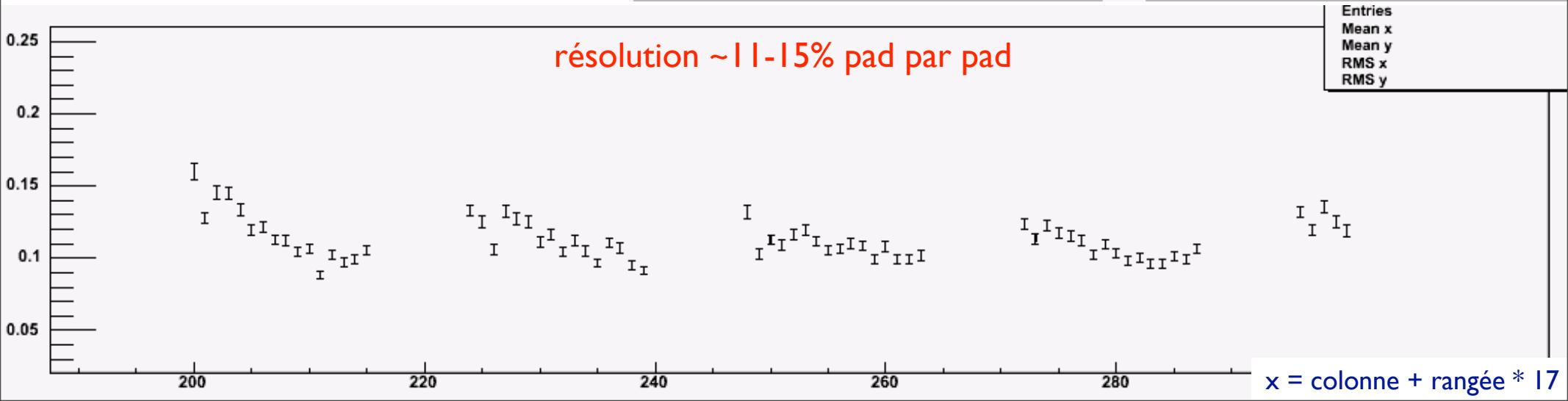








triple-fit gaussien sur le pic de Fe-55 pad-par-pad



résolution ~11-15% pad par pad

x = colonne + rangée * 17

Conclusions

le groupe neutrino de l'UniGe contribue significativement au projet T2K:

- ✳ les mesures de $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_\tau$ et de $\nu_\mu \Leftrightarrow \nu_e$ nécessite le calibrage des MM pad-par-pad, essentiel pour obtenir la précision voulue sur les traces des μ
- ✳ le banc de test atteint cet objectif, à un rythme permettant de suivre la production des MMs (72 au total)
- ✳ mesure des sections efficaces des ν produits dans la cible est la clé pour réduire les erreurs systématiques (présentaté par Sandro)
- ✳ rôle majeur dans la mécanique des MM et TPC (présenté par E. Perrin)

T2K est une expérience capitale en physique des particules:

- ★ une étape naturelle entre les faisceaux conventionnels et les faisceaux β, usines à ν
- ★ potentiel de découverte avec un lien direct avec l'asymétrie matière-antimatière
- ★ subventionnée et en construction, la prise de données devraient commencer fin 2009