

Détecteurs à pixels hybrides

Du LHC à l'imagerie médicale

Jean-Claude Clémens
18 octobre 2008
clemens@cppm.in2p3.fr



UNIVERSITÉ
DE LA MÉDITERRANÉE
AIX-MARSEILLE II

Sommaire

Survol rapide des activités du CPPM

Des accélérateurs et des détecteurs

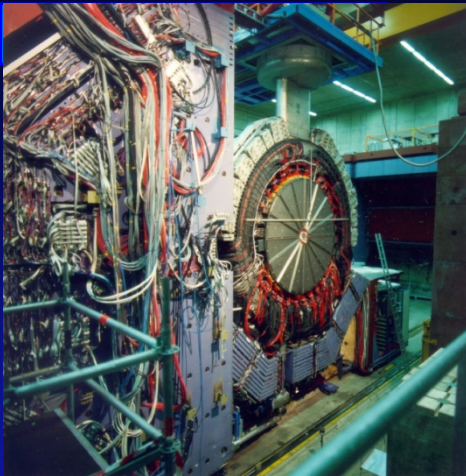
- ✓ Le LHC et ATLAS
- ✓ Les trajectographes
- ✓ La technologie pixel hybrides

Du trajectographe à l'imagerie

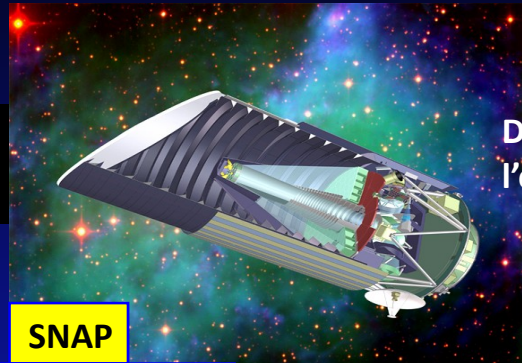
- ✓ Cristallographie auprès des synchrotrons
- ✓ Motivations & réalisations
- ✓ Intérêts bio-médicaux

Conclusion

De la traque de particules ...



Autour d'accélérateurs



Dans l'espace

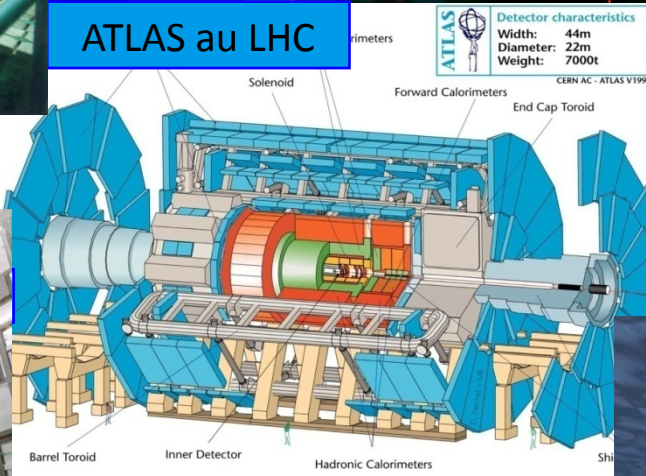


Au sommet des montagnes



SNLS

ATLAS au LHC



Detector characteristics
Width: 44m
Diameter: 22m
Weight: 7000t

CERN AC - ATLAS V1997



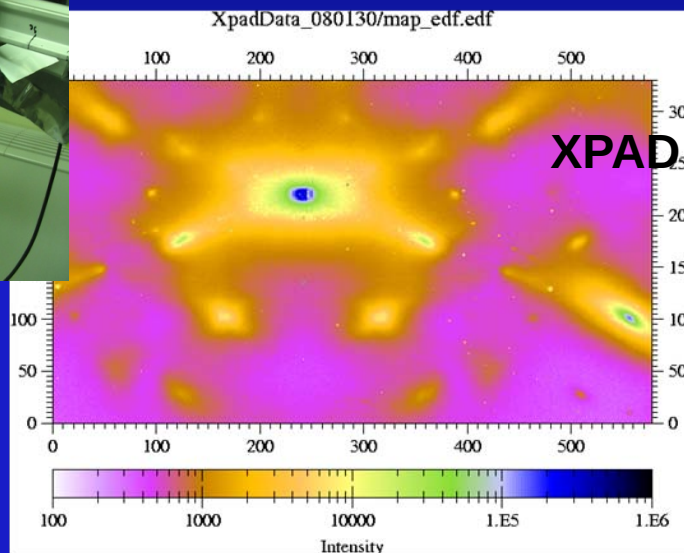
Au fond de la mer



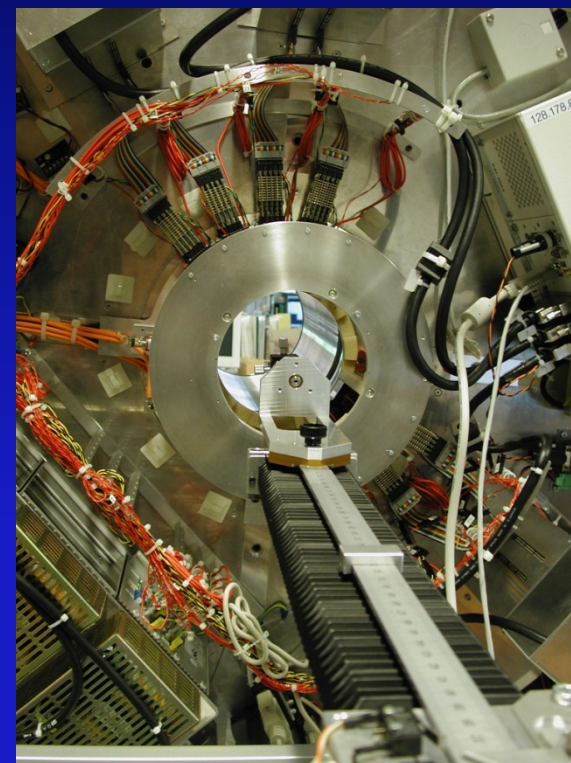
à l'imagerie de rayons X



Cristallographie



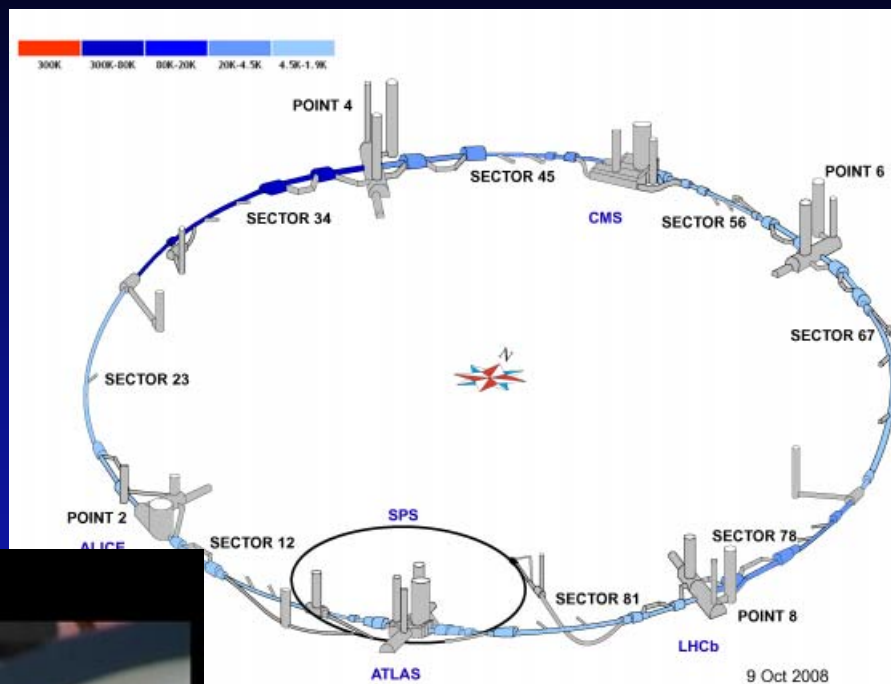
Projet bio-médicaux



Un accélérateur

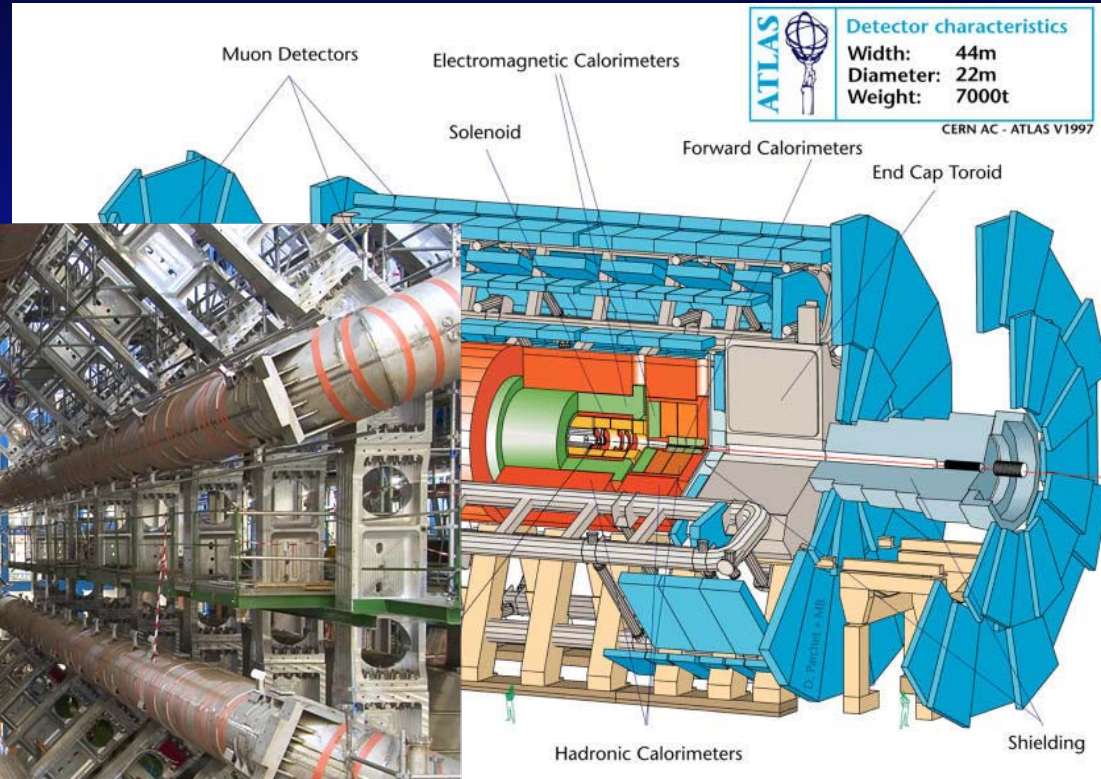
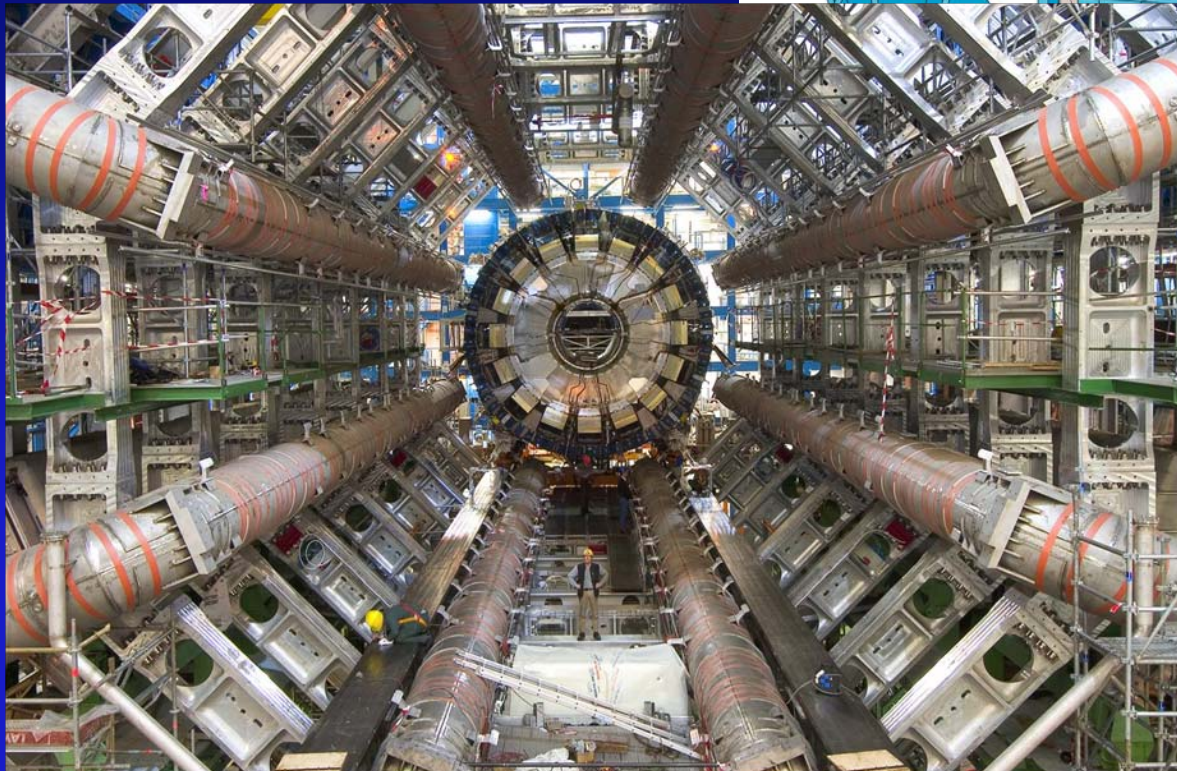
LHC : Large Hadron collider

- ✓ Collisionneur proton/proton de 14 TeV
- ✓ 27 km de long , une collision toutes les 25 ns
- ✓ 2 milliards d'€



Un détecteur ...

ATLAS : Une des 4 expériences du LHC

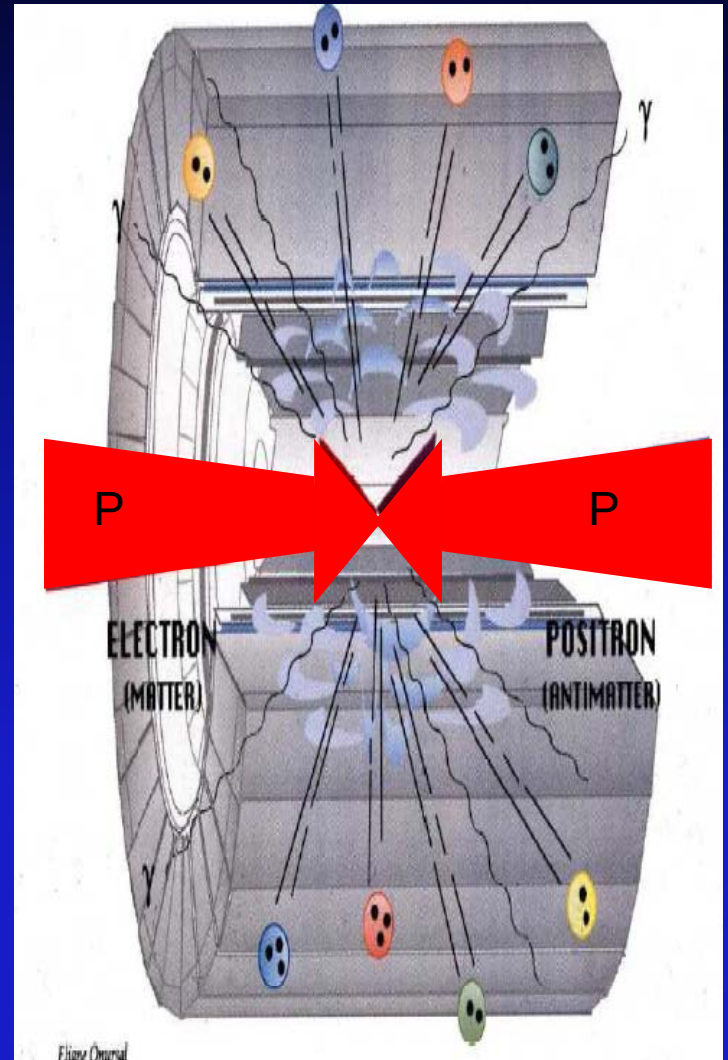


Que mesure-t-on ?

2 protons rentrent en collision ..
Pour tout ce qui sort : on mesure

- ✓ Energie : calorimètres
- ✓ Impulsion
- ✓ Charge : Champ + trajectographes
- ✓ Type de particule

Bilan de la réaction

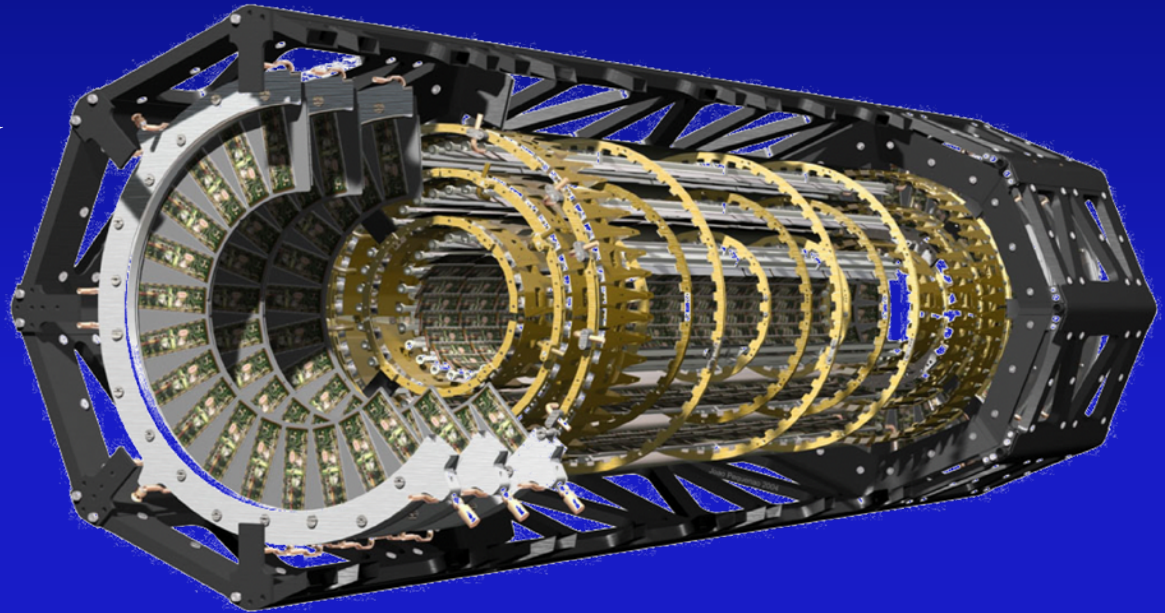


Les trajectographes

Détecteurs de position :

- ✓ Localisent le passage des particules dans l'espace
- ✓ Haute résolution spatiale
- ✓ Plusieurs couches
- ✓ Proches du faisceau

Détecteurs silicium à pixels



Pixels : De l'appareil photo au détecteur de vertex

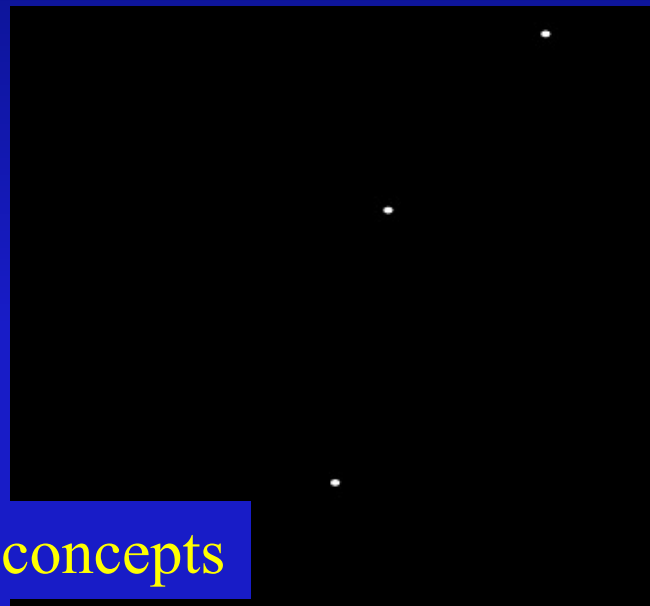
Appareil photo :

- ✓ Une image complète
- ✓ 24 images /seconde max :
- ✓ 4 M pixels $\approx$ 100 millions d'informations/s



Trajectographe :

- ✓ Une image éparse mais rapide
- ✓ ATLAS : 80 millions de pixels
- ✓ Une image toutes les 25 ns
→ $32 * 10^{13}$ informations/s !!

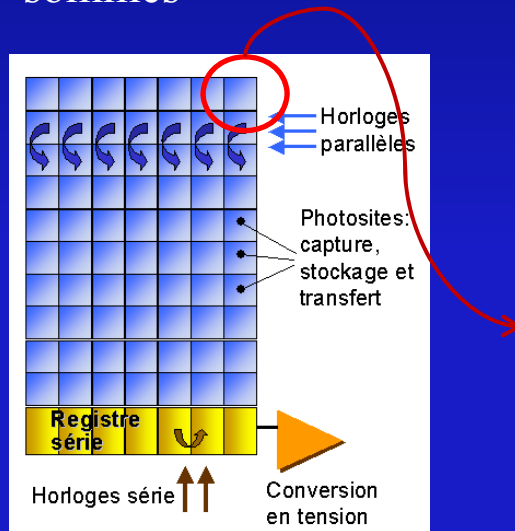


Nécessité de nouveaux concepts

Principe des détecteurs pixels hybrides

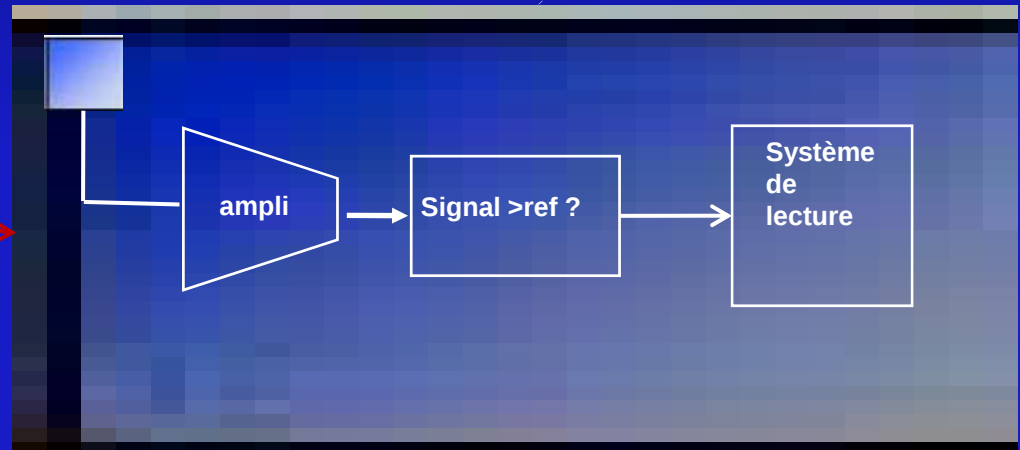
Appareil photo → CCD

- ✓ Le pixel est un simple capteur → numérisation externe
- ✓ Obligation de lecture totale
- ✓ Tous les photons sont sommés

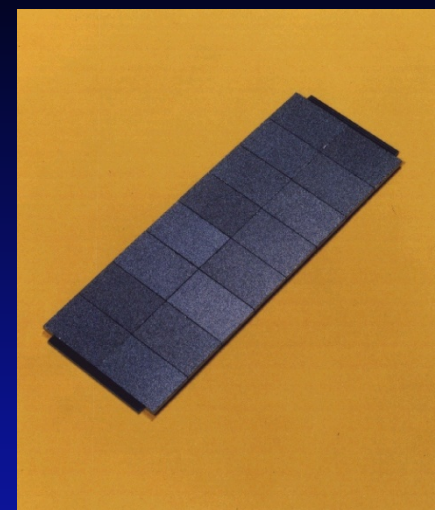
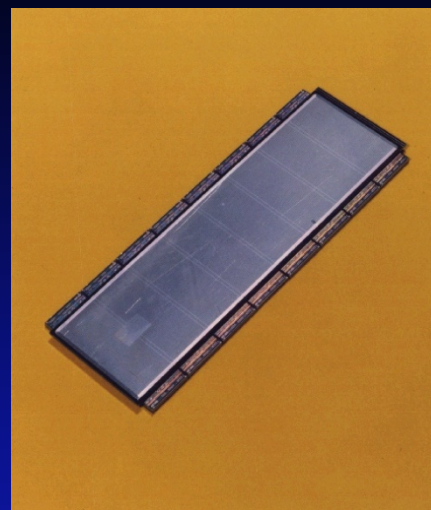
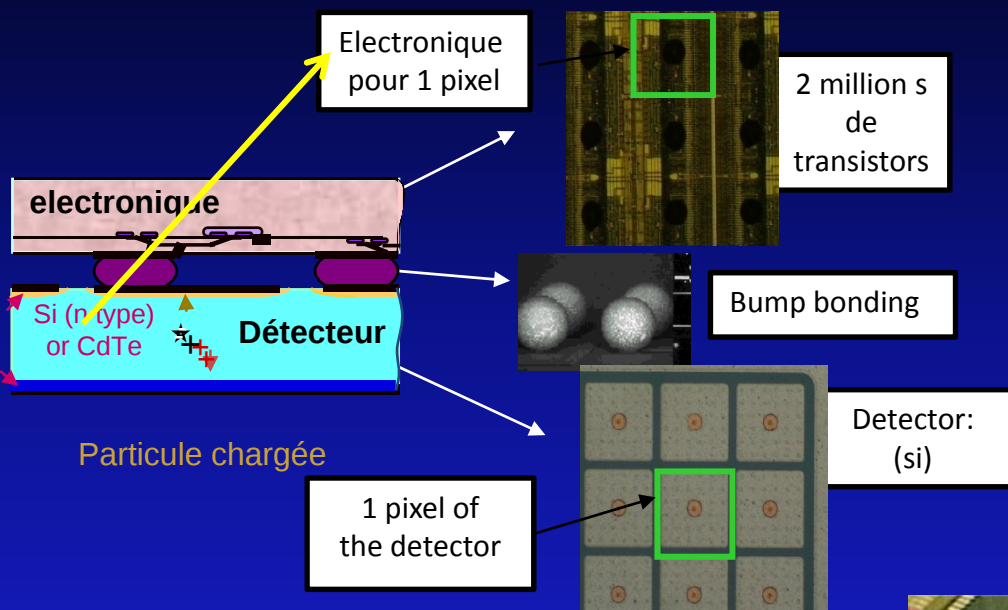


Trajectographes → pixels hybrides

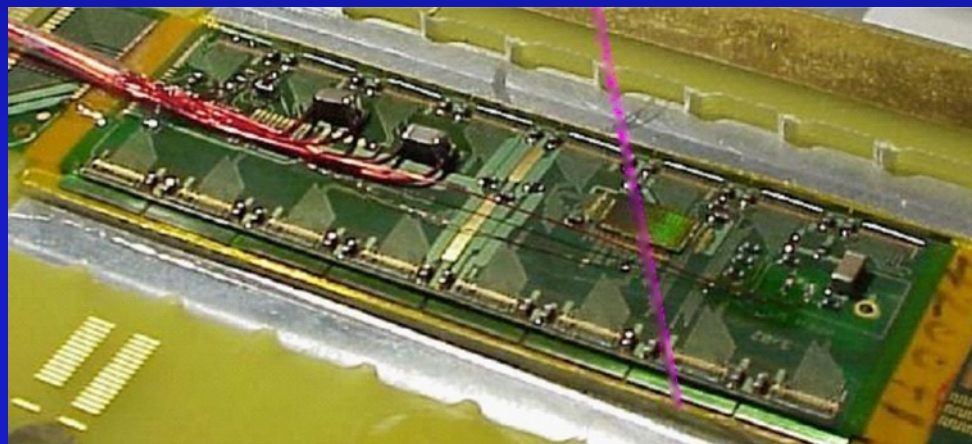
- ✓ Chaque pixel est un petit détecteur indépendant
- ✓ Il a sa propre chaîne de décision (amplification/ seuillage)
- ✓ Et son système de lecture



Principes de fabrication

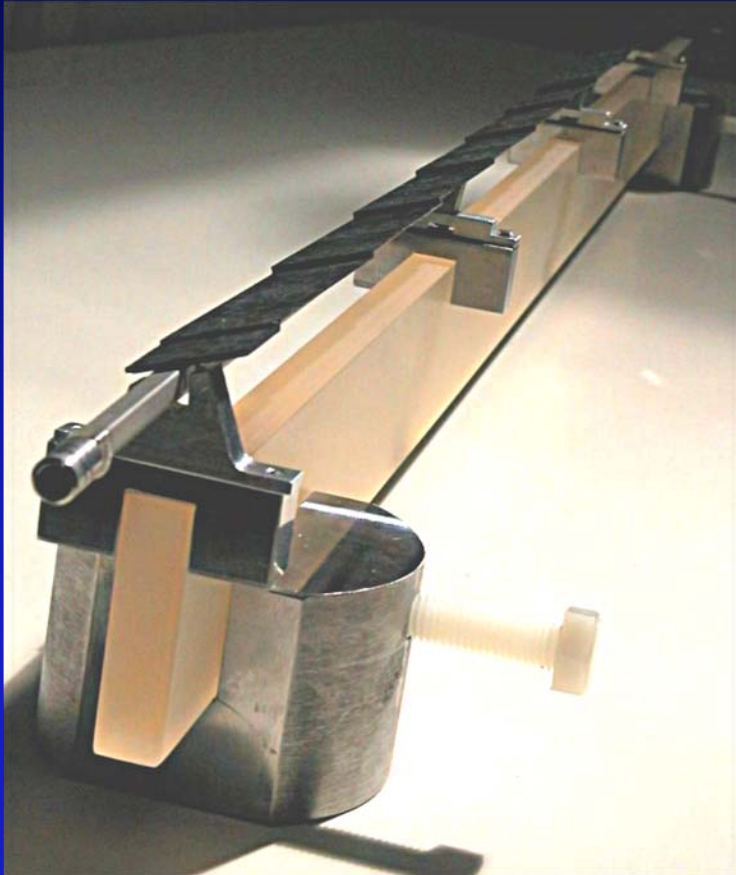


1 module ATLAS :
46000 pixels (50*400 μ m)



Construction du détecteur

Un support mécanique ..

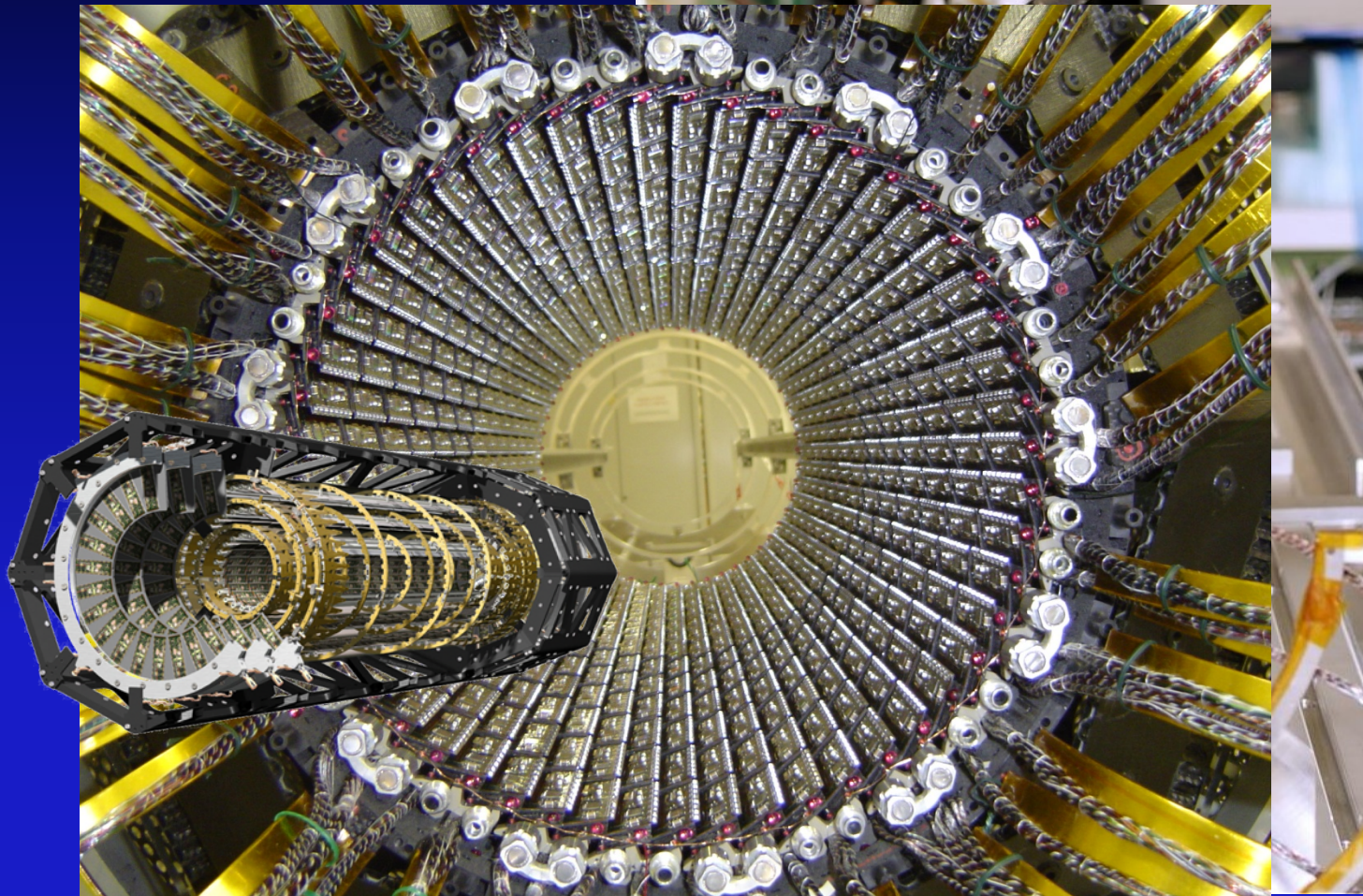


Sur lequel on monte 13 modules



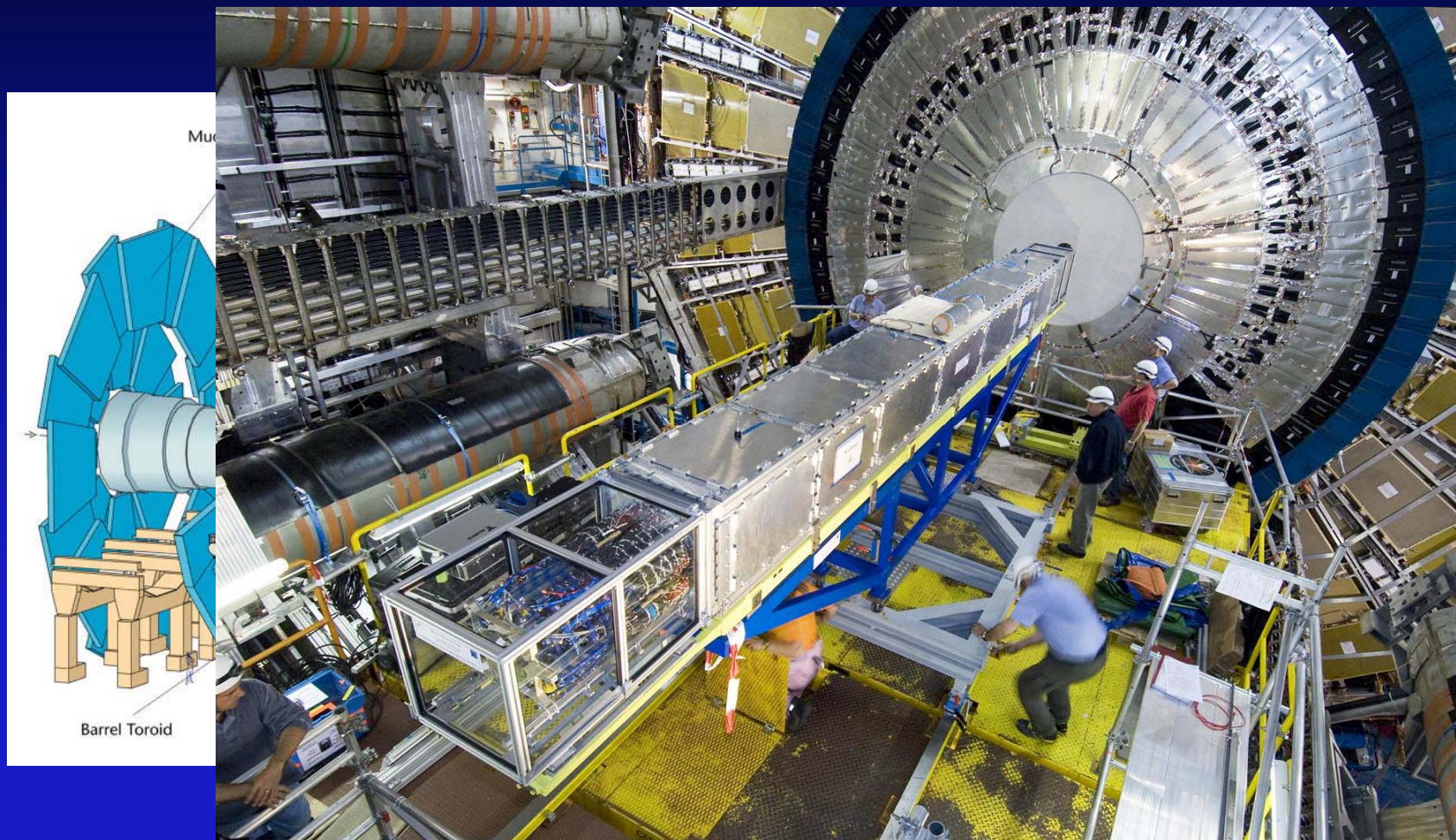
Construction du détecteur (suite)

- ✓ Que l'on assemble ensuite pour constituer des cylindres parfaits ..



Construction du détecteur (fin)

Que l'on insère finalement au centre du détecteur ATLAS



Conclusion détecteur de Vertex

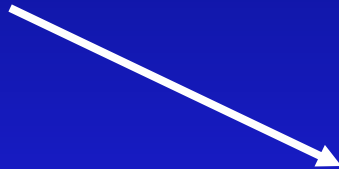
Effort international intense :

- ✓ 22 laboratoires
- ✓ 150 ingénieurs & physiciens
- ✓ 12 M€
- ✓ 4 ans de construction après 10 ans de R & D

Peut-on valoriser les connaissances et compétences acquises dans d'autres domaines ?

Les projets en imagerie X

2 projets



XPIX

IMAGEUR A RAYON-X
pour la CRISTALLOGRAPHIE

PIXSCAN

SCANNER-CT insérable dans un TEP
pour l'IMAGERIE du PETIT ANIMAL

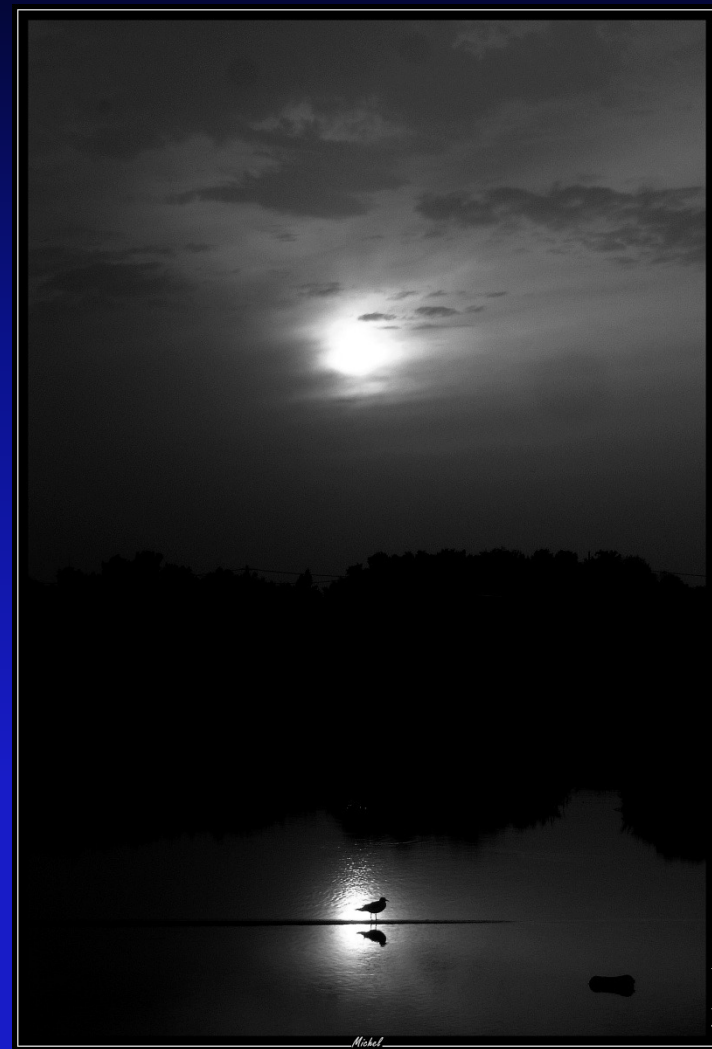
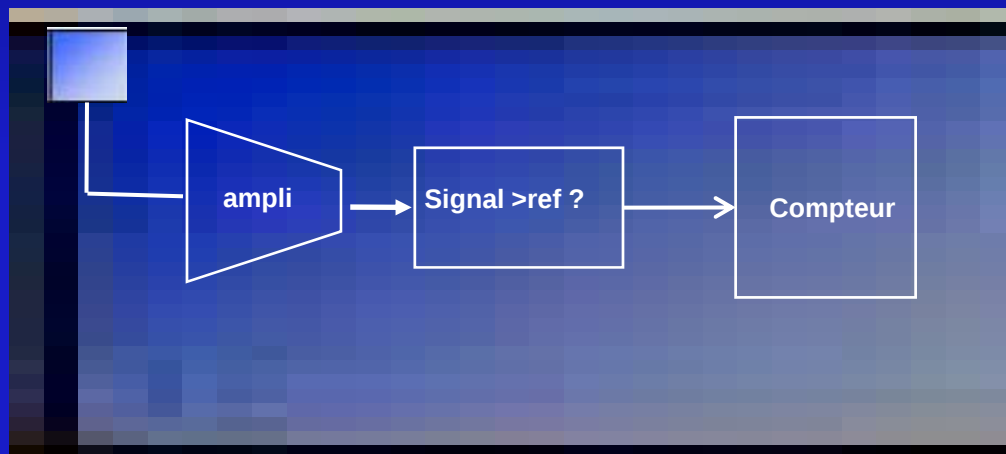


La problématique de l'imagerie par rayons X

Là il s'agit de lire toute l'image ..

Que peut apporter ce type de détecteur ?

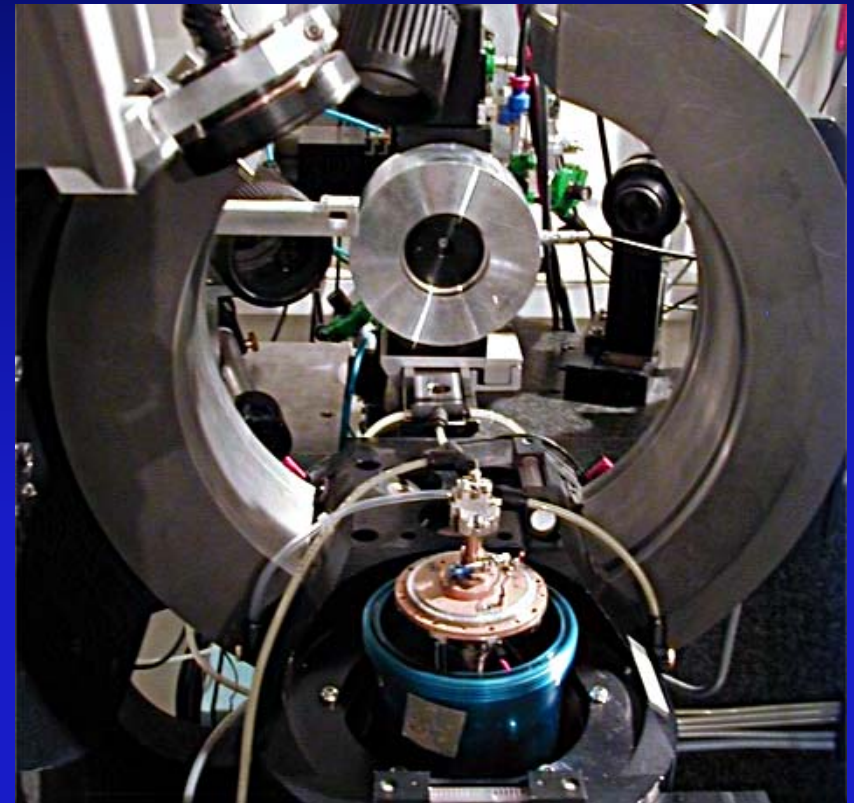
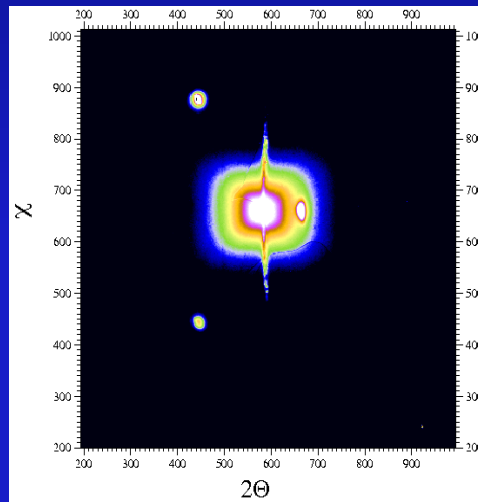
- ✓ Pb de dynamique (films ou CCD) et de bruit de fond
- Comptage à la place d'intégration
- Dynamique « infinie » pas de bruit



XPIX : Un détecteur pour la cristallographie

Collaboration avec l'ESRF et Soleil (synchrotrons)

- ✓ Etude des structures cristallines
- ✓ Images très inhomogènes



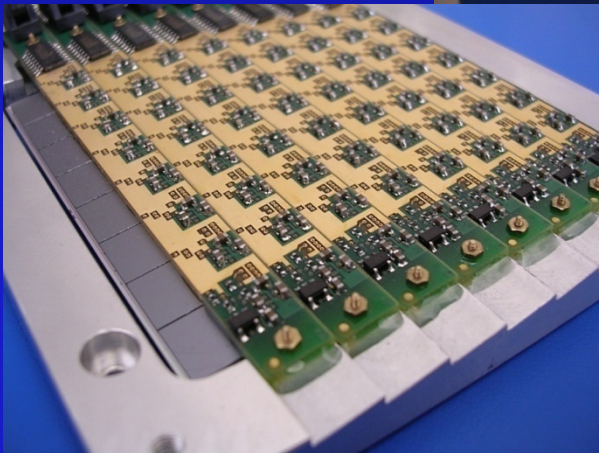
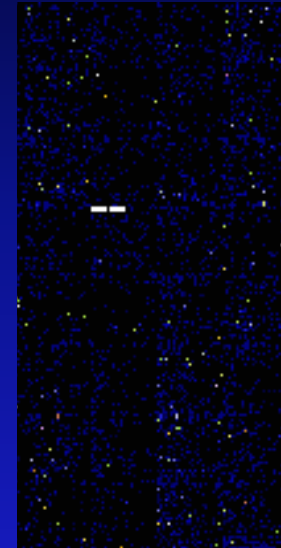
XPIX : Un détecteur pour la cristallographie

Conception et réalisation des détecteurs au CPPM



XPIX : Un détecteur pour la cristallographie

Un détecteur de 8 * 8 cm :



avec une acquisition rapide

Un pas vers l'imagerie (bio) médicale (Rayons X)

Problématique équivalente à la cristallographie

- ✓ Mais beaucoup plus difficile si on pense à une application « humaine » (dimensions , coût)

Aujourd'hui, radiologie conventionnelle

- ✓ Film (50%)
- ✓ Cassettes (25%) → image numérique
- ✓ Flat panels (25%) : Principes proches des CCD +convertisseur

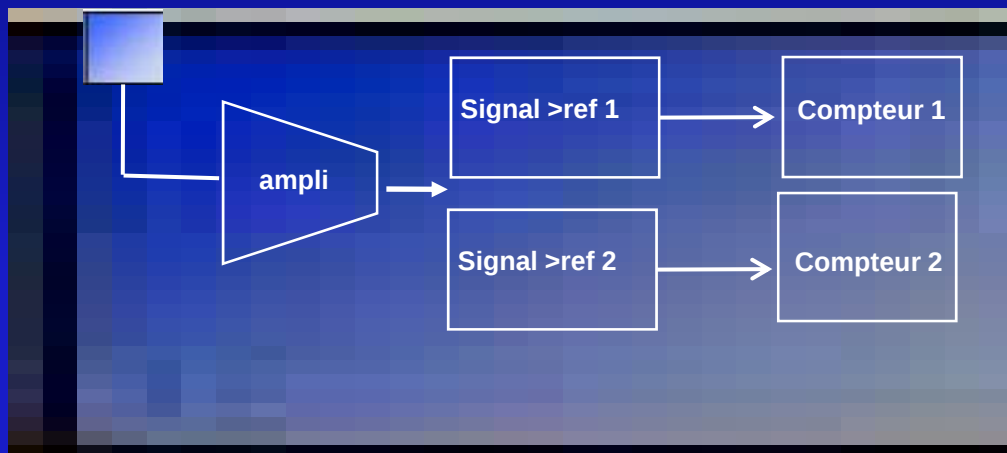
Mais la proportion du numérique augmente

- ✓ Obligatoire pour les scanners

Nos pixels hybrides dans tout ça ?

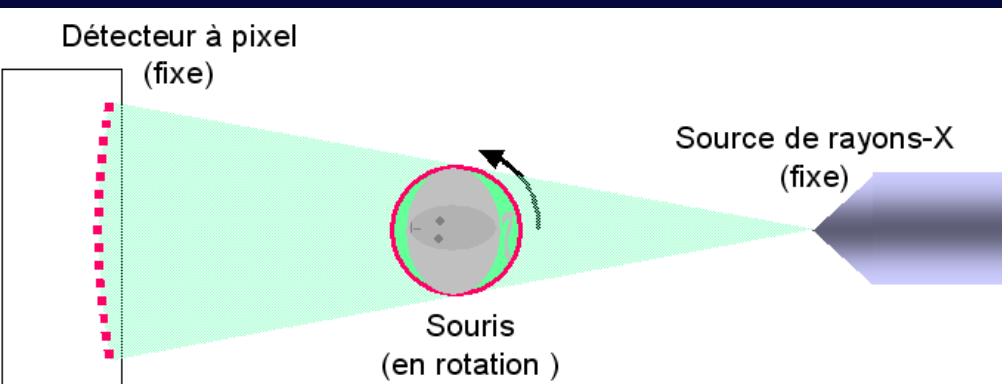
Quel intérêt ?

- ✓ Dynamique de comptage , réduction du bruit (*comme précédemment*)
- ✓ Images multi-énergies → Par le détecteur lui-même → meilleurs contrastes

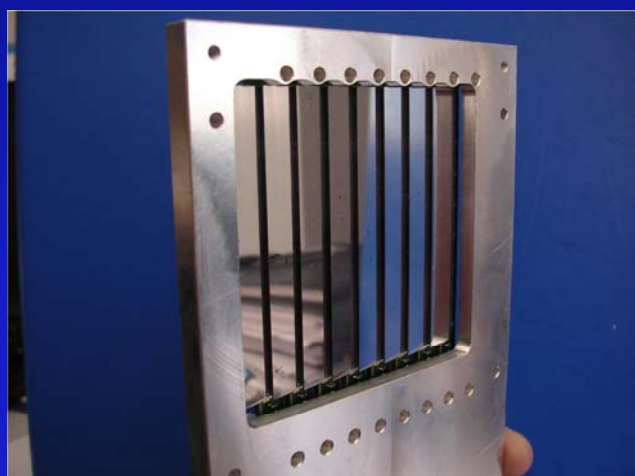


En projet ..

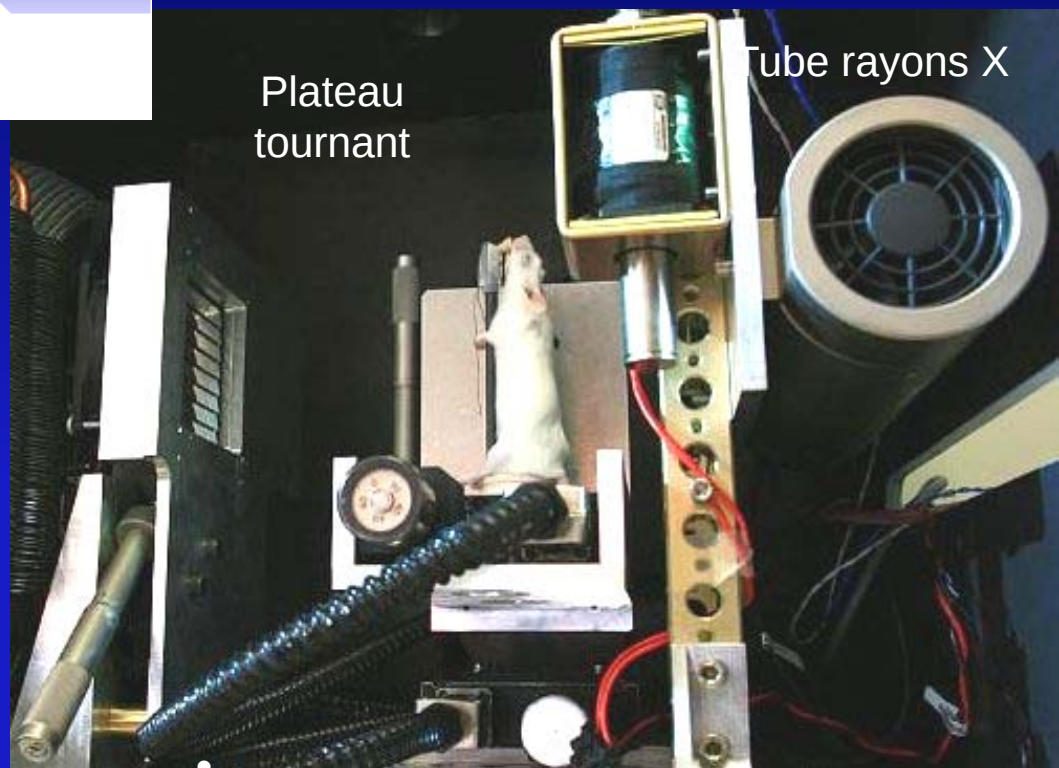
Des souris et des détecteurs (CPPM/IBDML)



PIXSCAN : Un prototype de scanner pour la souris



Détecteur XPAD2



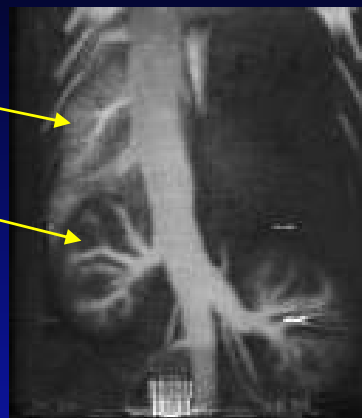
Quelques images de souris (ibdm1)



Trachée

Rate

Reins



Juste après l'injection d'un agent de contraste



5 mn après l'injection



Sélection énergie

Conclusions

Pour répondre aux demandes de la physique il a fallu développer des techniques très sophistiquées

L'investissement est déjà exploité dans d'autres domaines

La constante progression des possibilités en μ électronique amènent chaque jour de nouvelles possibilités

