



LPSC

G r e n o b l e

Laboratoire de Physique  
Subatomique et de Cosmologie

TraDeRa :

profileur de faisceau pour la radiothérapie  
- détecteur, électronique, PCB et acq. Donnés -

Groupe PhysMed + S<sup>ce</sup> électronique + info + meca

# TraDeRa

- Contexte :
  - Traitement des tumeurs cancéreuses par radiothérapie dans environ 50 % des cas de cancer.
  - Plus de 200 000 patients traités chaque année en France.
  - Plusieurs cas de sur-irradiation en France.
- Nécessité de contrôler in-situ la dose délivrée au patient

# TraDeRa

- Principe du traitement par IMRT :
  - But : délivrer une forte dose à la tumeur en épargnant les tissus sains environnants.
  - Moyen : adapter le profil du faisceau à celui de la tumeur ET attaquer la tumeur sous différents angles.

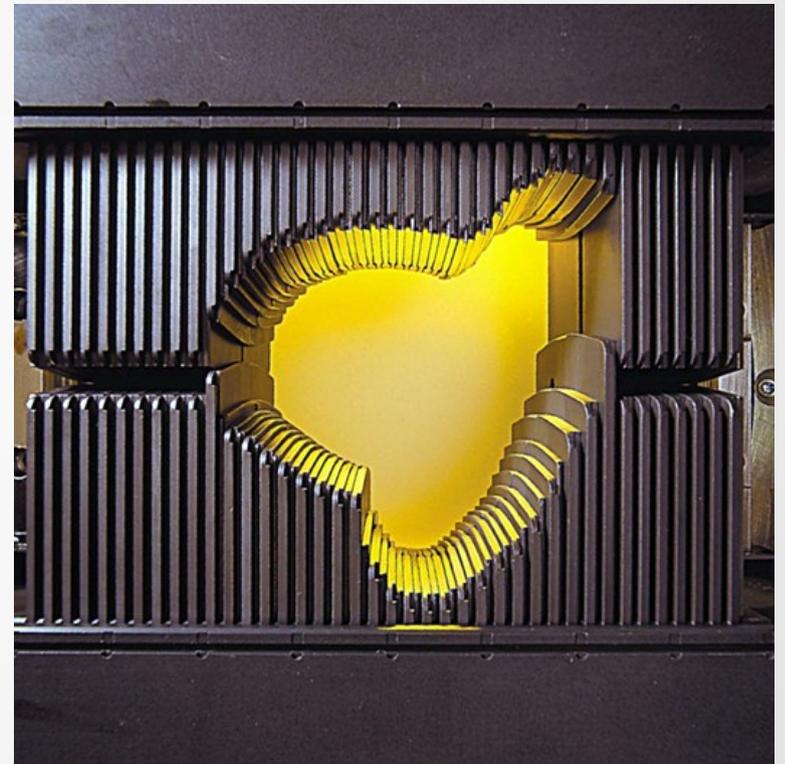
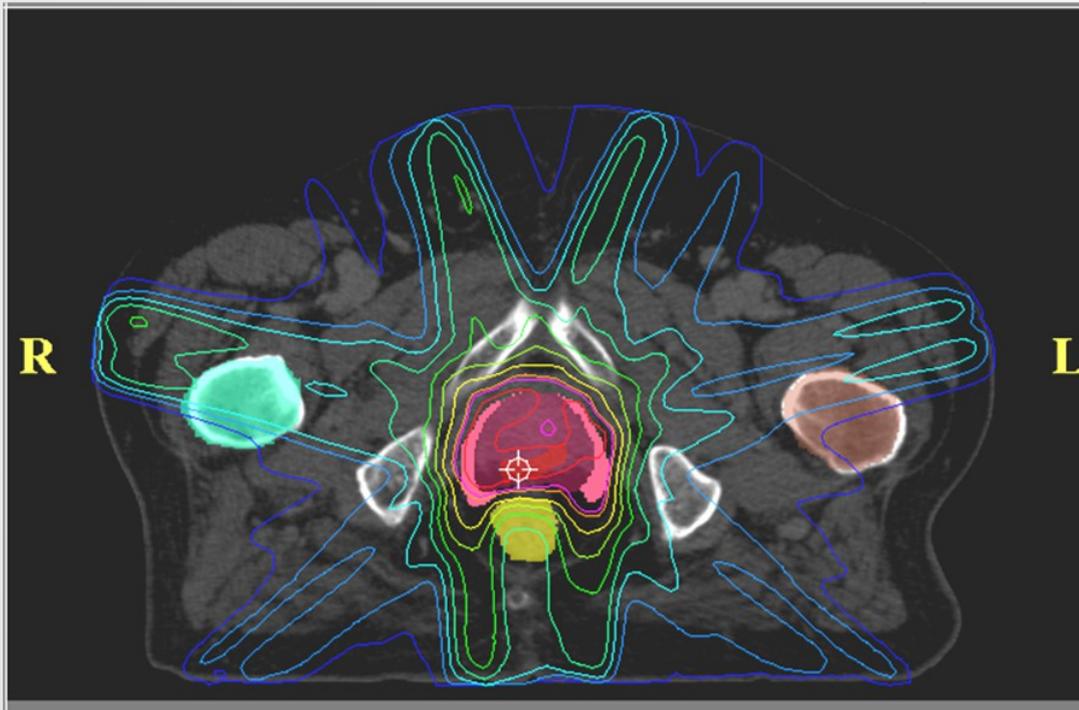
# Radiothérapie IMRT

- Tête d'un accélérateur linéaire (photons de 6 à 18 MeV)



# Principe IMRT

- Principe du traitement par IMRT :

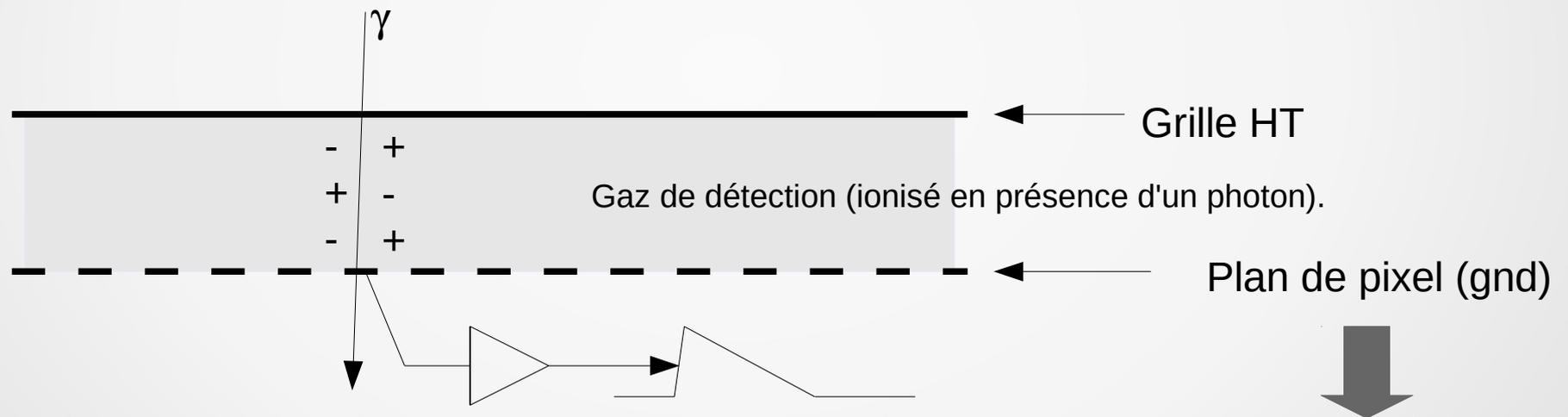


# TraDeRa – détecteur (1)

- Contraintes :
  - Mesure de la dose et du profil du faisceau de photons.
  - Insérer le détecteur entre l'accélérateur et le patient
  - Ne pas perturber le faisceau : détecteur transparent !
  - Être complètement indépendant du système de traitement.
  - Champs d'observation d'environ 30x30 cm<sup>2</sup>

# TraDeRa – détecteur (2)

- Principe de la mesure :
  - Détecteur gazeux : pour la transparence.
  - Pixélisé : mesure du profil du faisceau (image).



Accélérateur de radiothérapie = source de photons pulsée => impulsions de courant en sortie du détecteur.

**Sur un PCB**

# TraDeRa

## Réalisations :

- 1<sup>er</sup> Prototype 1/4 :
  - 324 pixels
  - Champs couvert de 15 x 15 cm<sup>2</sup>
  
- Version finale :
  - 1600 pixels
  - Champs couvert de 30 x 30 cm<sup>2</sup>

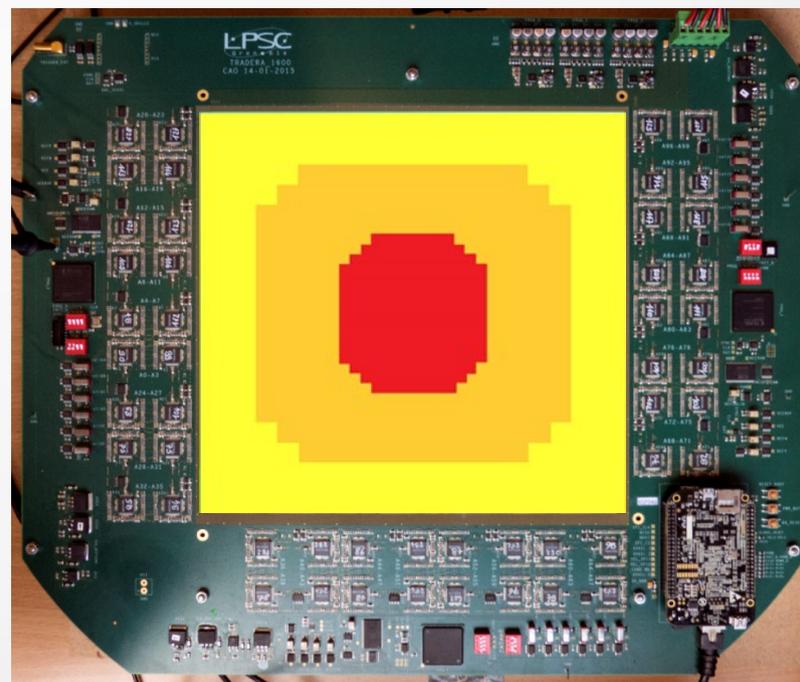
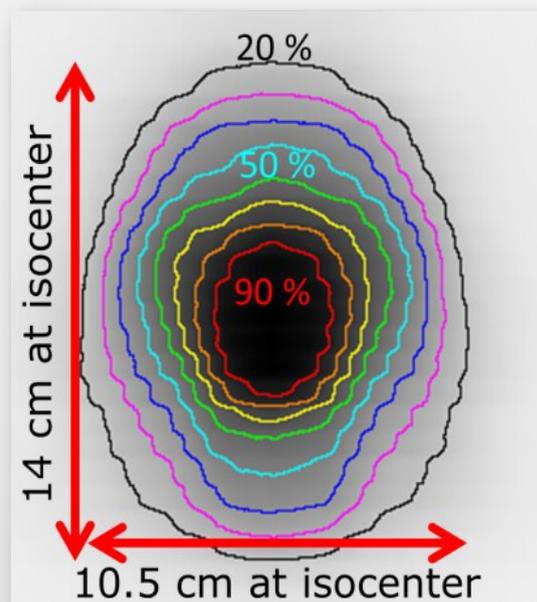
# TraDeRa

- Résolution / nombre de pixel :
  - Résolution de l'ordre de qq mm.
  - Champ de  $30 \times 30 \text{ cm}^2 \Rightarrow$  plus de 10 000 pixels  $\Rightarrow$  problèmes de routage des signaux, complexité de l'électronique, consommation, encombrement...

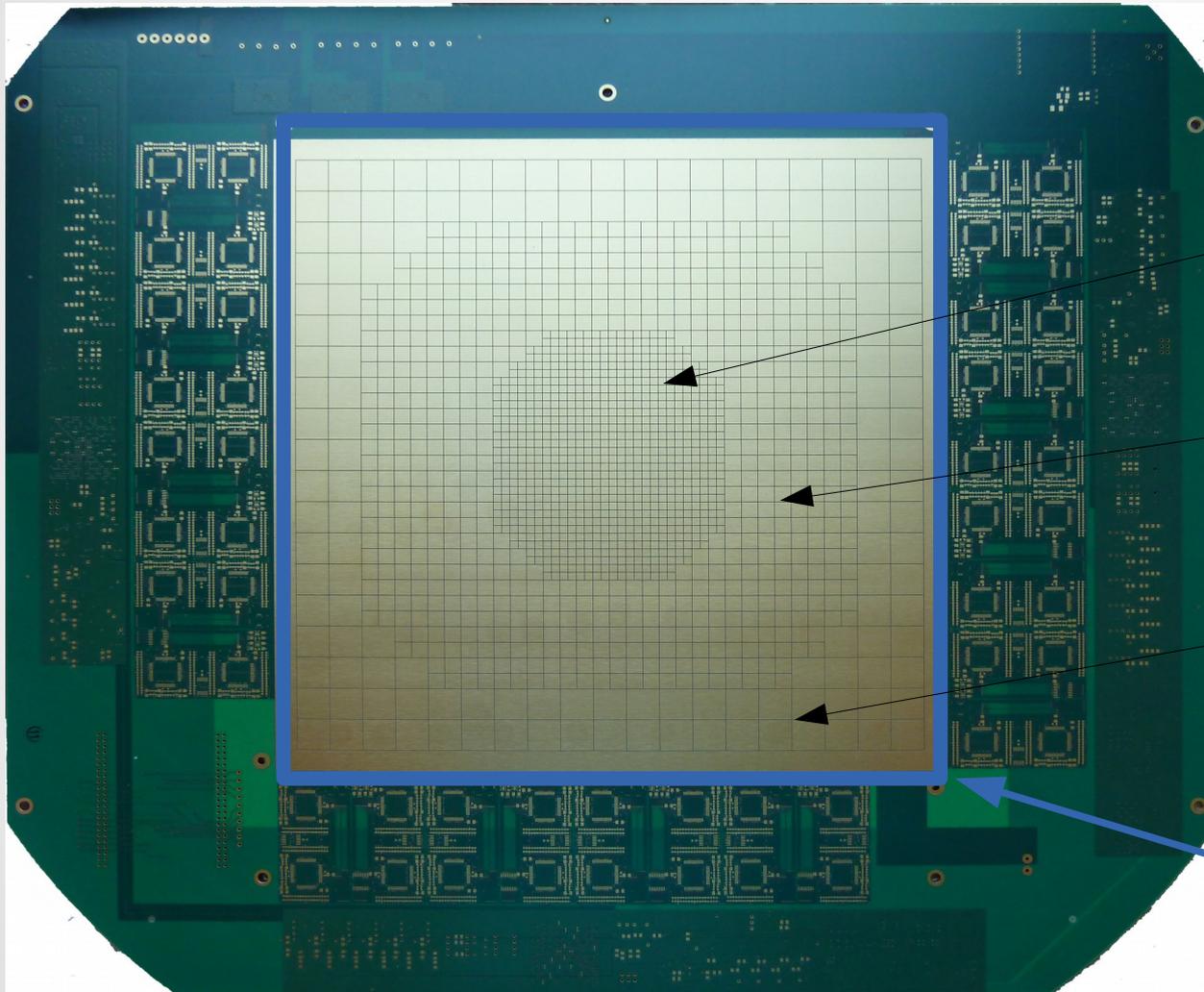
$\Rightarrow$  choix d'une résolution progressive : meilleure au centre dégradée sur la périphérie.

# Résolution détecteur

- Résolution = taille des pixel gravés sur le PCB
  - Limitation à 1600 voies, résolution progressive :
    - Centre : 3 mm → 6mm → extérieur 9 mm
- Géométrie optimisée en fonction des statistiques de traitement (données CHU Grenoble)



# TraDeRa - PCB(1)



Pixel 3x3 mm<sup>2</sup>

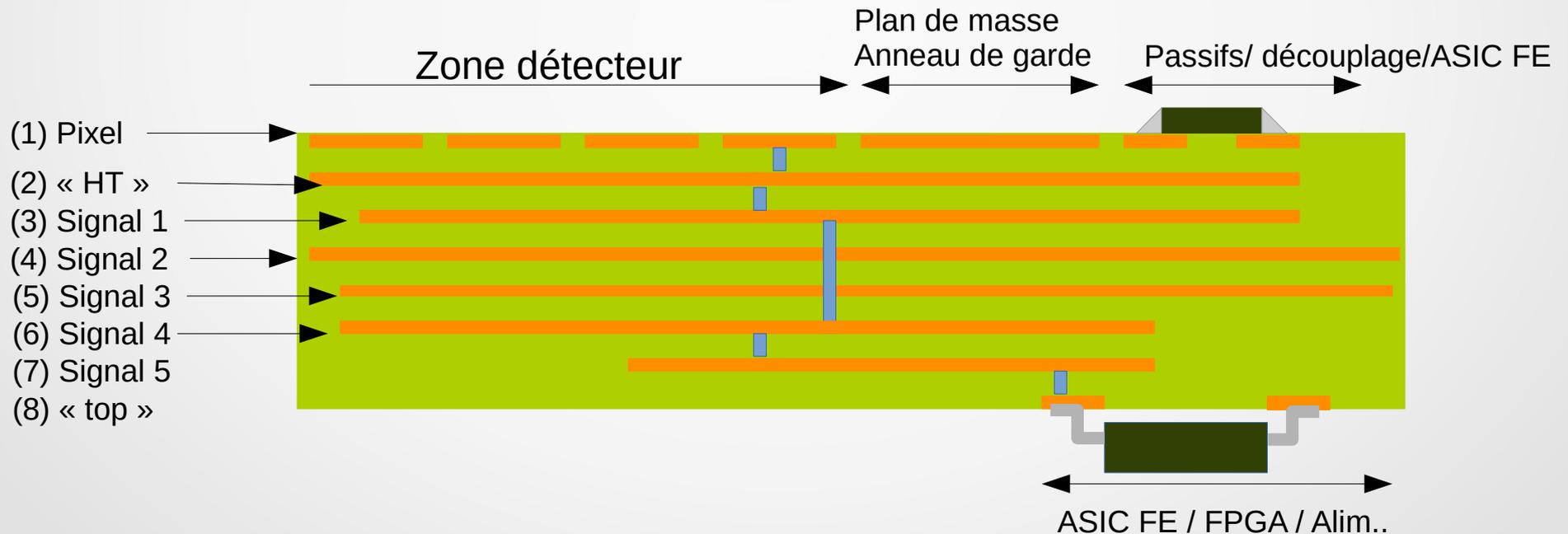
Pixel 6x6 mm<sup>2</sup>

Pixel 9x9 mm<sup>2</sup>

Zone active détecteur

# TraDeRa - PCB(2)

- Structure PCB :
  - Le PCB intègre les pixels du détecteur, l'électronique FE et accueil nanoPC.
  - PCB 8 couches classe 6.



# TraDeRa - Électronique FE(1)

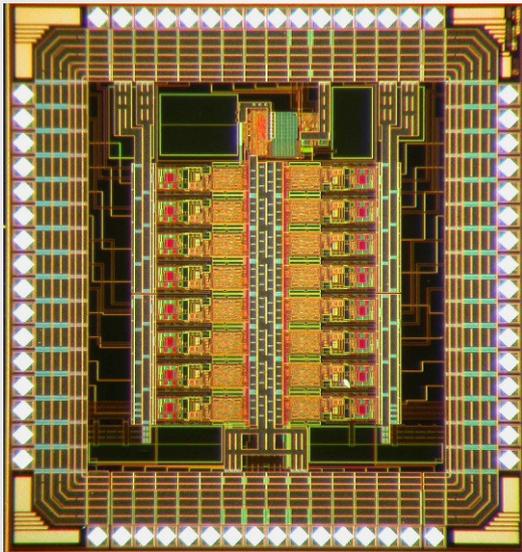
- ASIC Front-end :
  - 16 voies de mesure par Asic
  - Directement connecté aux pixels.
  - Sortie numérique série : 16 mots de 16 bits.



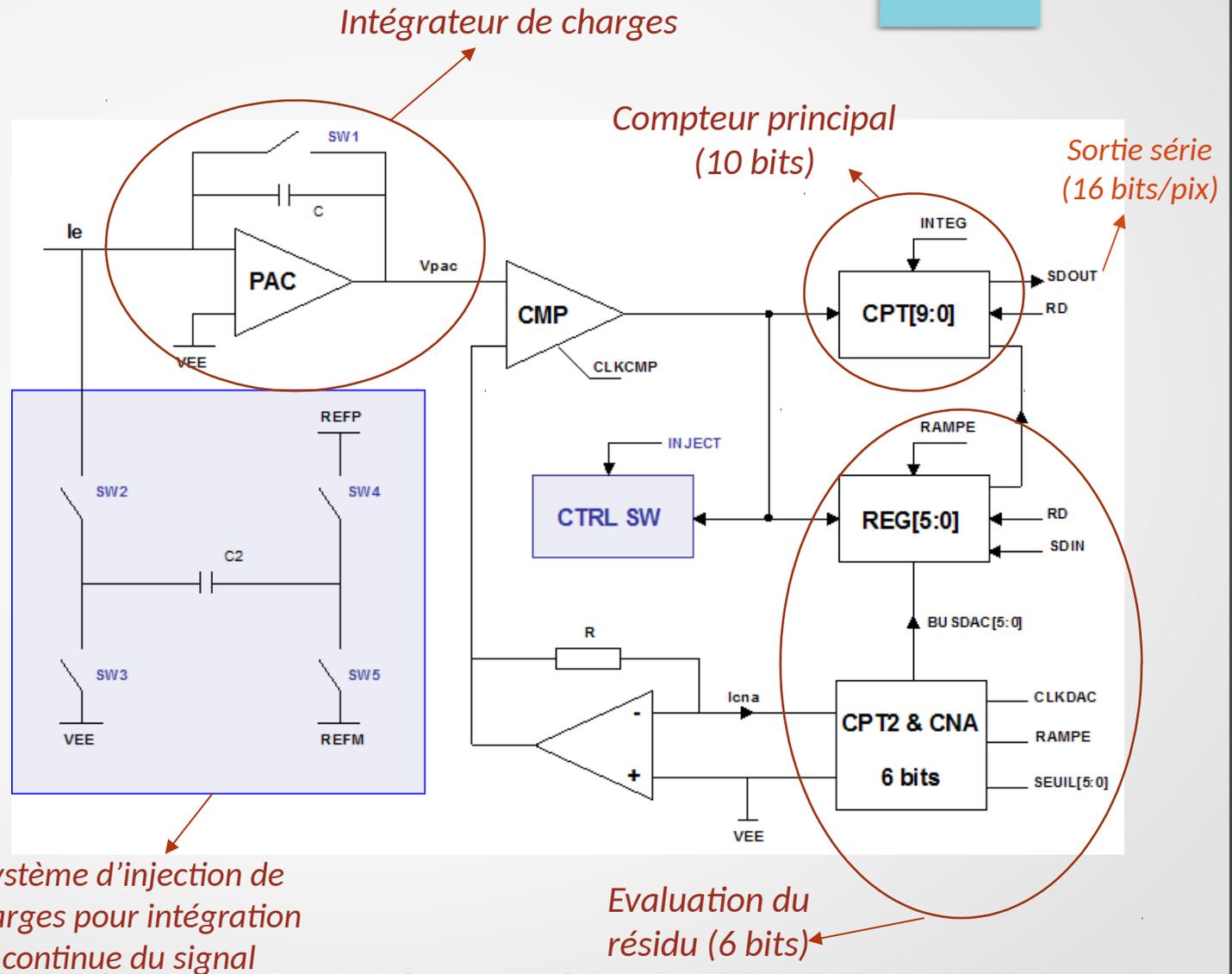
# TraDeRa - Asic Front End (1)

- Mesure de la charge collectée par chaque pixel.
    - Intégration (preampli de charge) grande dynamique :
      - Intégration d'une impulsion machine (qq 10fC)
      - Intégration sur un temps plus long
      - Compatibilité tous accélérateurs
- => dynamique supérieure à  $10^4$**
- Mesure fine : tension préampli de charge (ADC).
  - Grande dynamique : comptage du nombre de fois que le préampli atteint un seuil (puis « RAZ » préampli).
  - Consommation limitée (système portable sans fil)

# TraDeRa - Asic Front End (1)

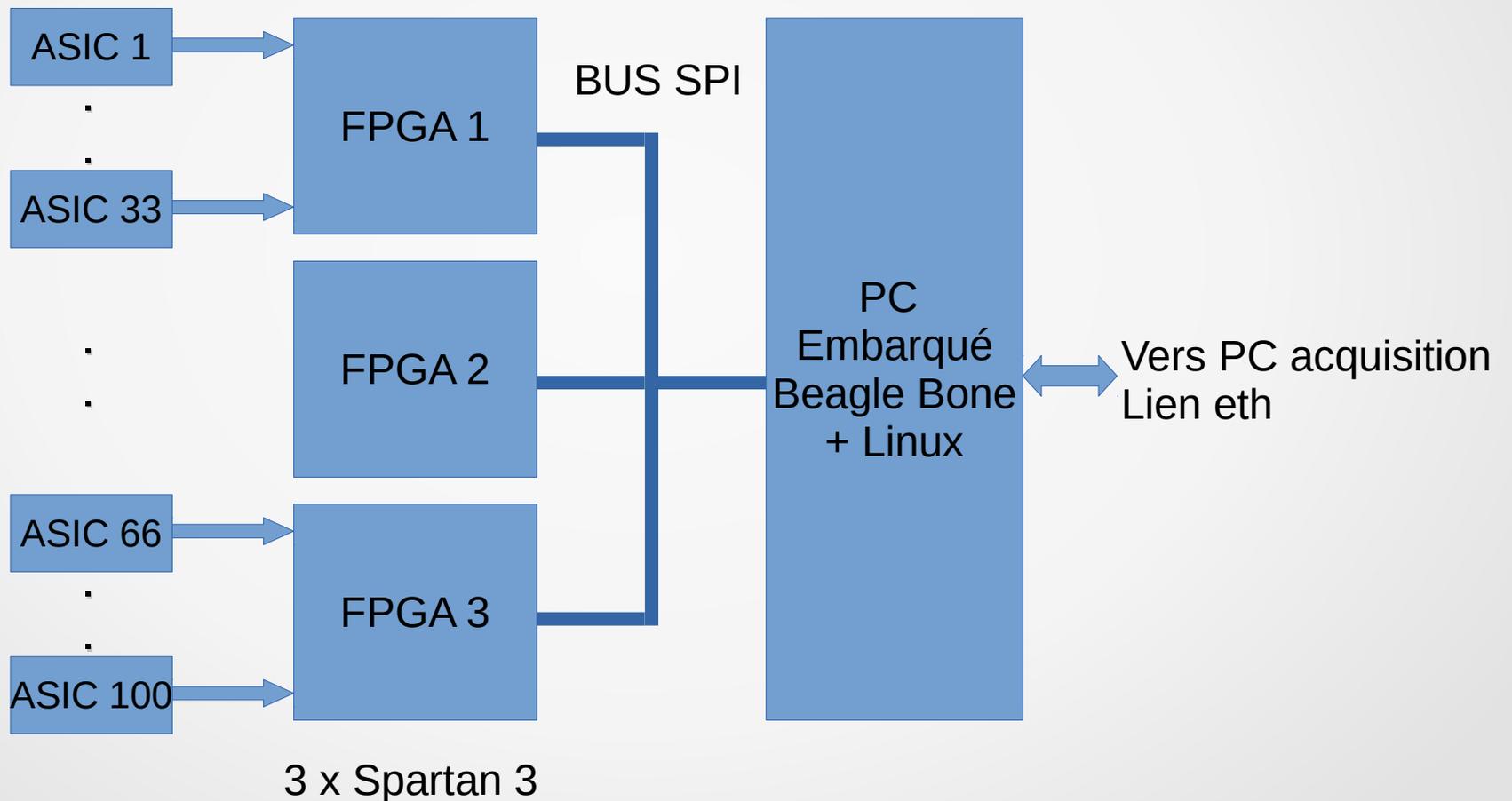


Structure interne d'un ASIC 16 voies

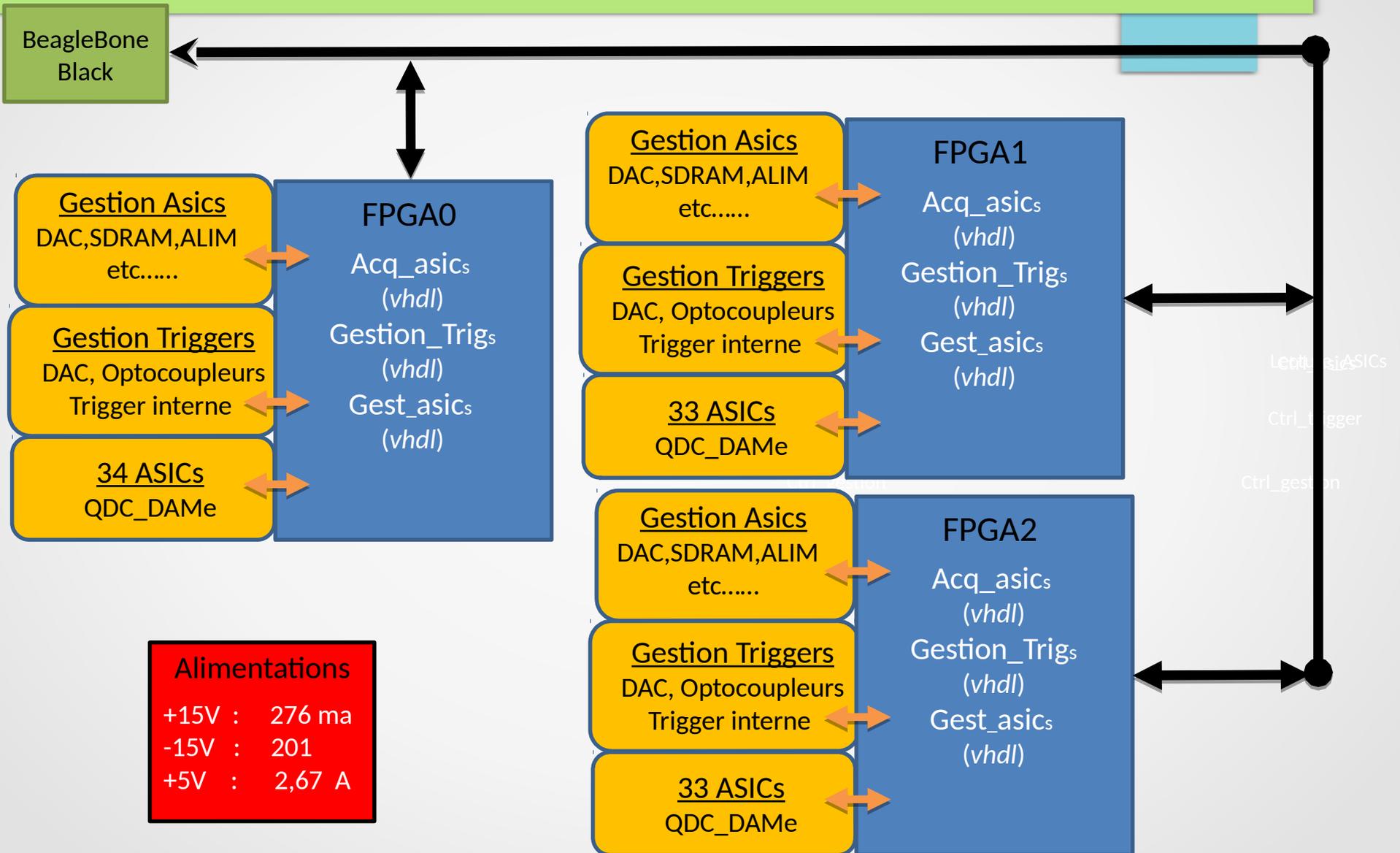


# Tradera - Acquisition de données (1)

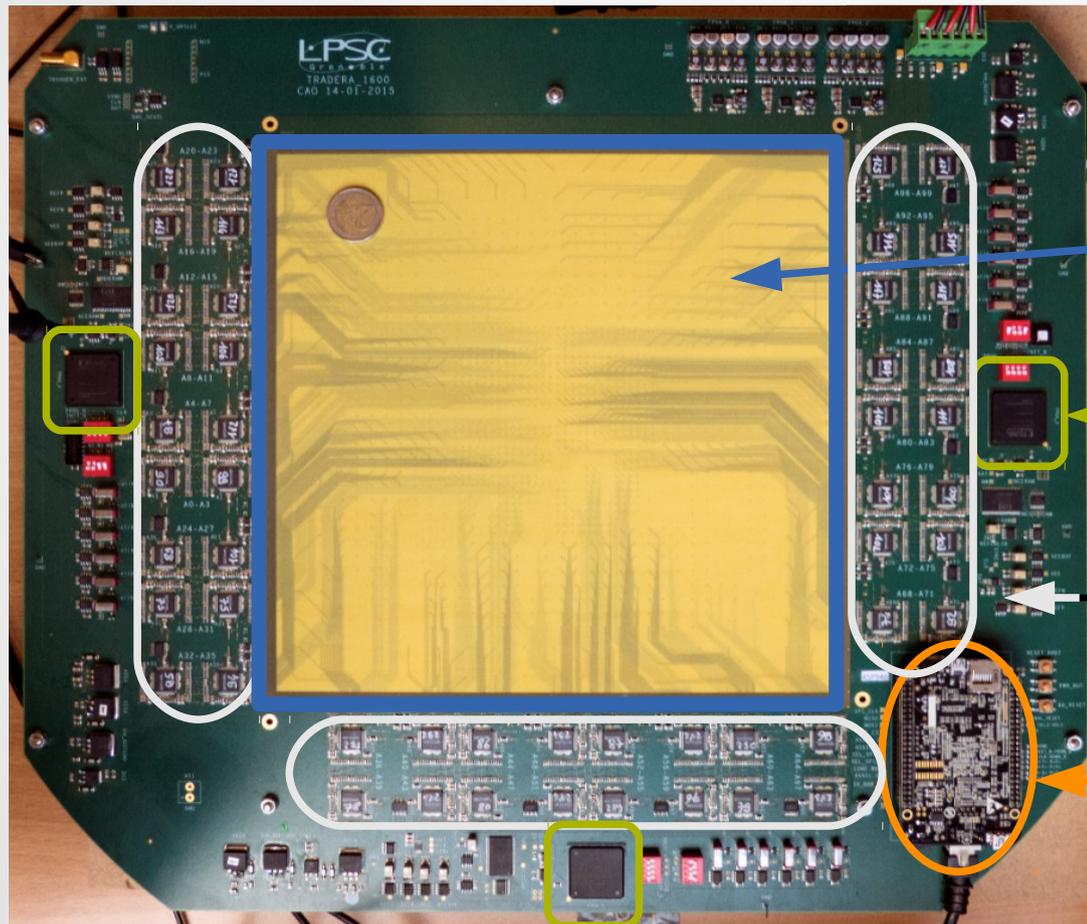
- Transfert des données vers PC via TCP/IP (ethernet ou wifi).



# Tradera - Acquisition de données (1)



# TraDeRa



Zone active détecteur

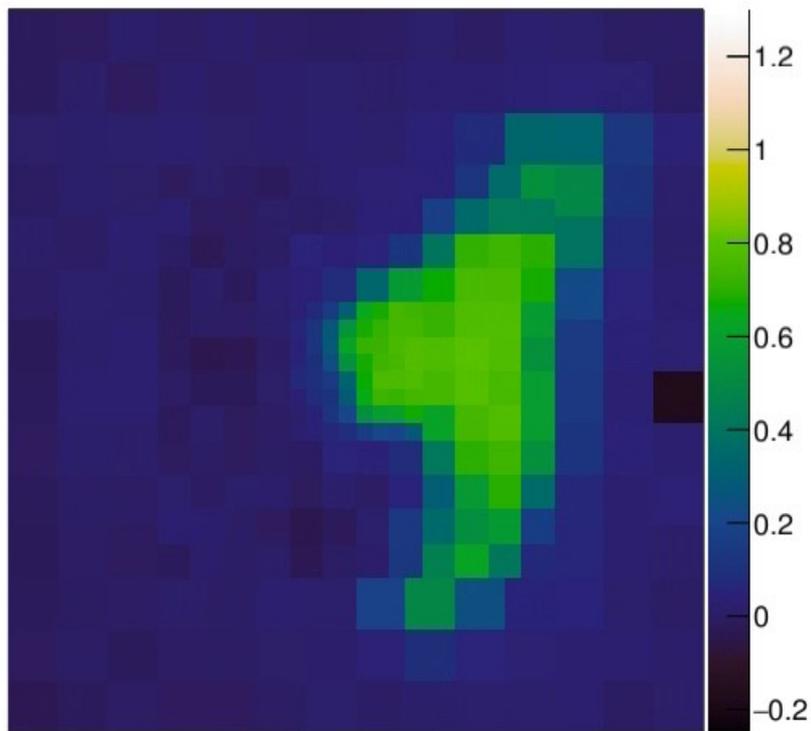
FPGA (3)

Asic (100)

Beagle bone

# Premiers résultat d'imagerie

frame by frame



accumulated contents

