



**Ion Beam Applications
SA –Louvain-la-Neuve
Belgique**

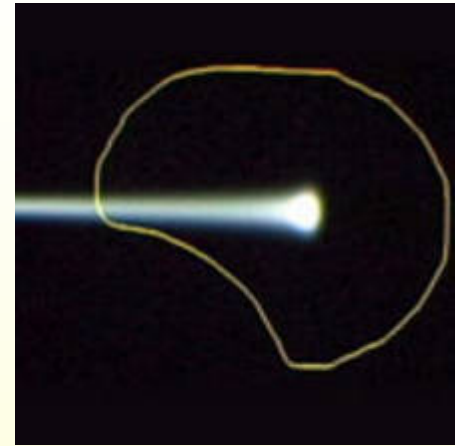


**Laboratoire de physique
corpusculaire de Caen**

Contrôle faisceau et dosimétrie en hadronthérapie

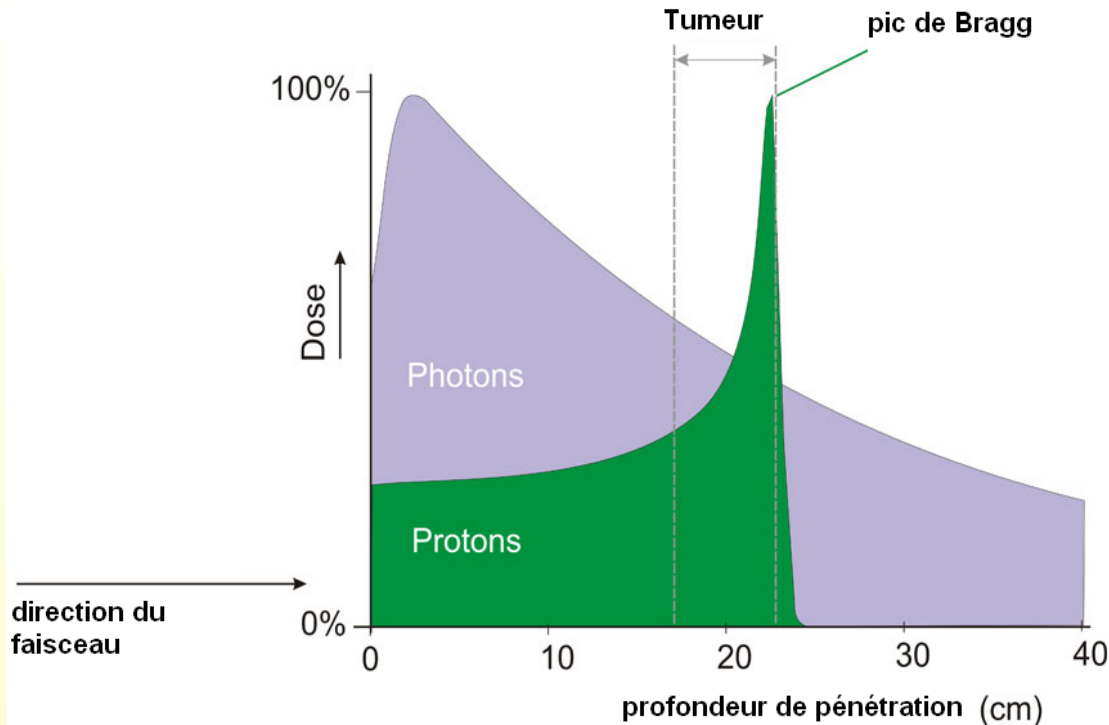
thèse sous la responsabilité de : Jean Colin & Jean-Marc Fontbonne

-  avantages de la protonthérapie
-  protocole de traitement
-  système de contrôle
-  méthode d'irradiation



-  chambre d'ionisation moniteur

-  conclusion
-  perspectives



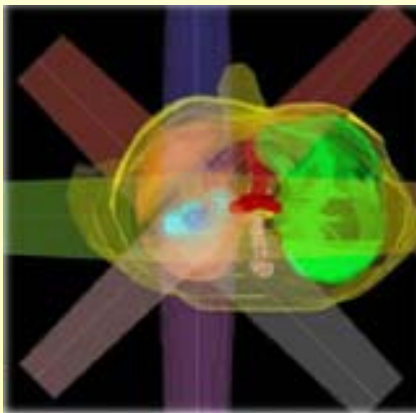
Radiothérapie

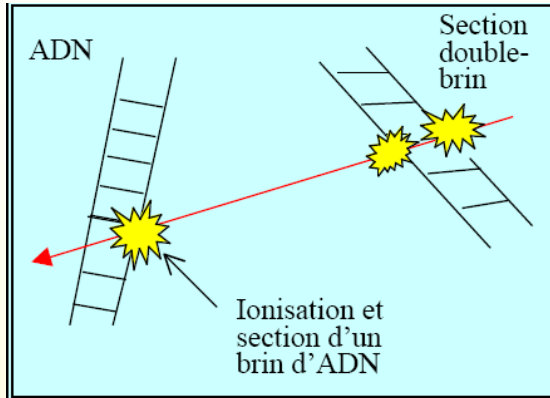
Dissipation de l'énergie
au fur et à mesure
de la traversée des tissus

maximum de dose à l'entrée
pour 1 seule incidence

Protonthérapie

maximum de dose
dans une zone précise
en fin de parcours





cassure double-brin

réparation lente et difficile
par manque du modèle intact
(brin complémentaire)

effet radiobiologique plus important

50 fois plus de collisions avec l'ADN

plus de cassures double-brin

pénétration des ions en ligne droite

faible dispersion latérale

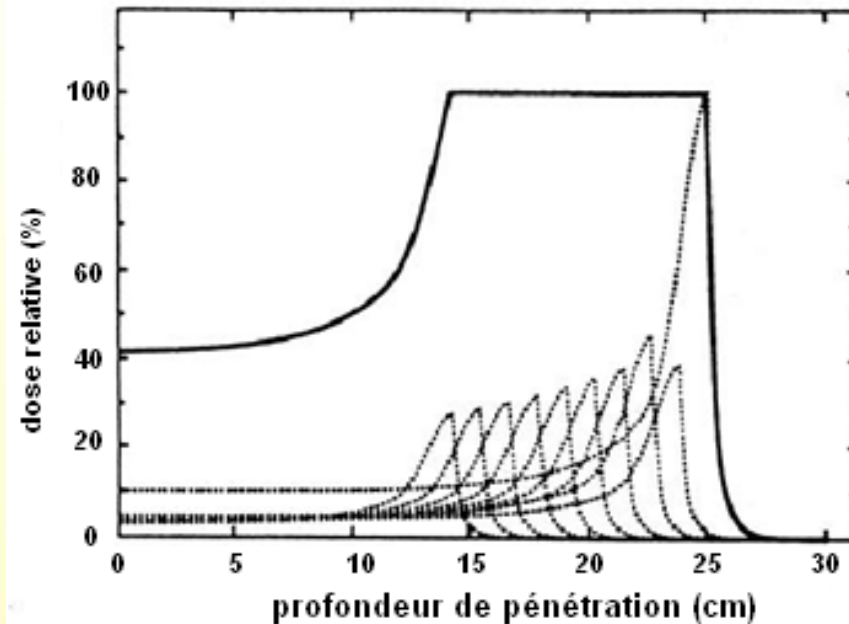
+

forte densité d'ionisation au pic de Bragg

=

Balistique ultraprécise

tissus sains avoisinants épargnés



pic de Bragg étalé

pic de Bragg étroit

pour traiter une tumeur
de grande dimension
dans tout son volume



produire un étalement du pic

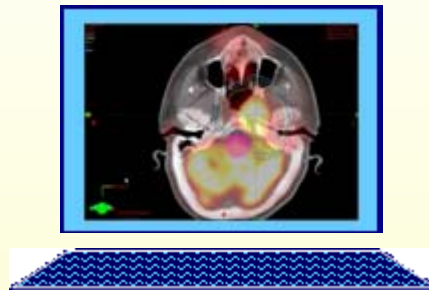
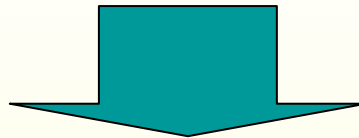
Méthode:

superposer plusieurs
pics de Bragg simples
par variation pas à pas
de l'énergie du faisceau

**Données anatomiques
du patient**

Imagerie

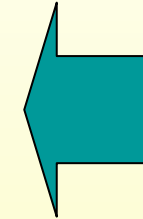
contourage du volume tumoral



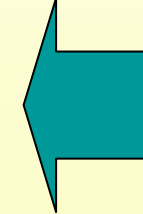
logiciel de
planimétrie



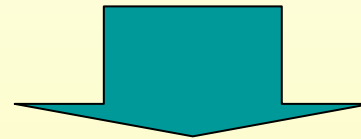
Données nucléaires



Données biologiques

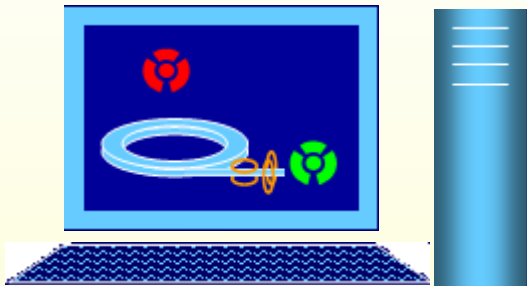


Données machine



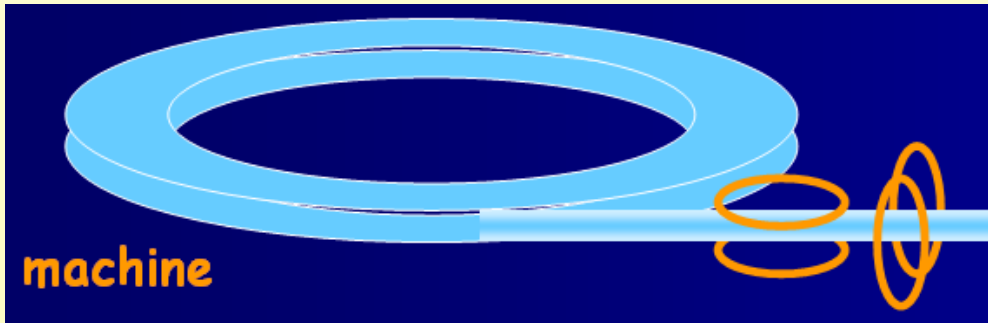
Paramètres machine
Balistique de traitement

Balistique planimétrie

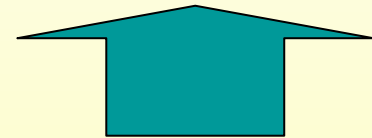


Pilotage du
déversement

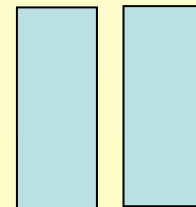
contrôle / commande



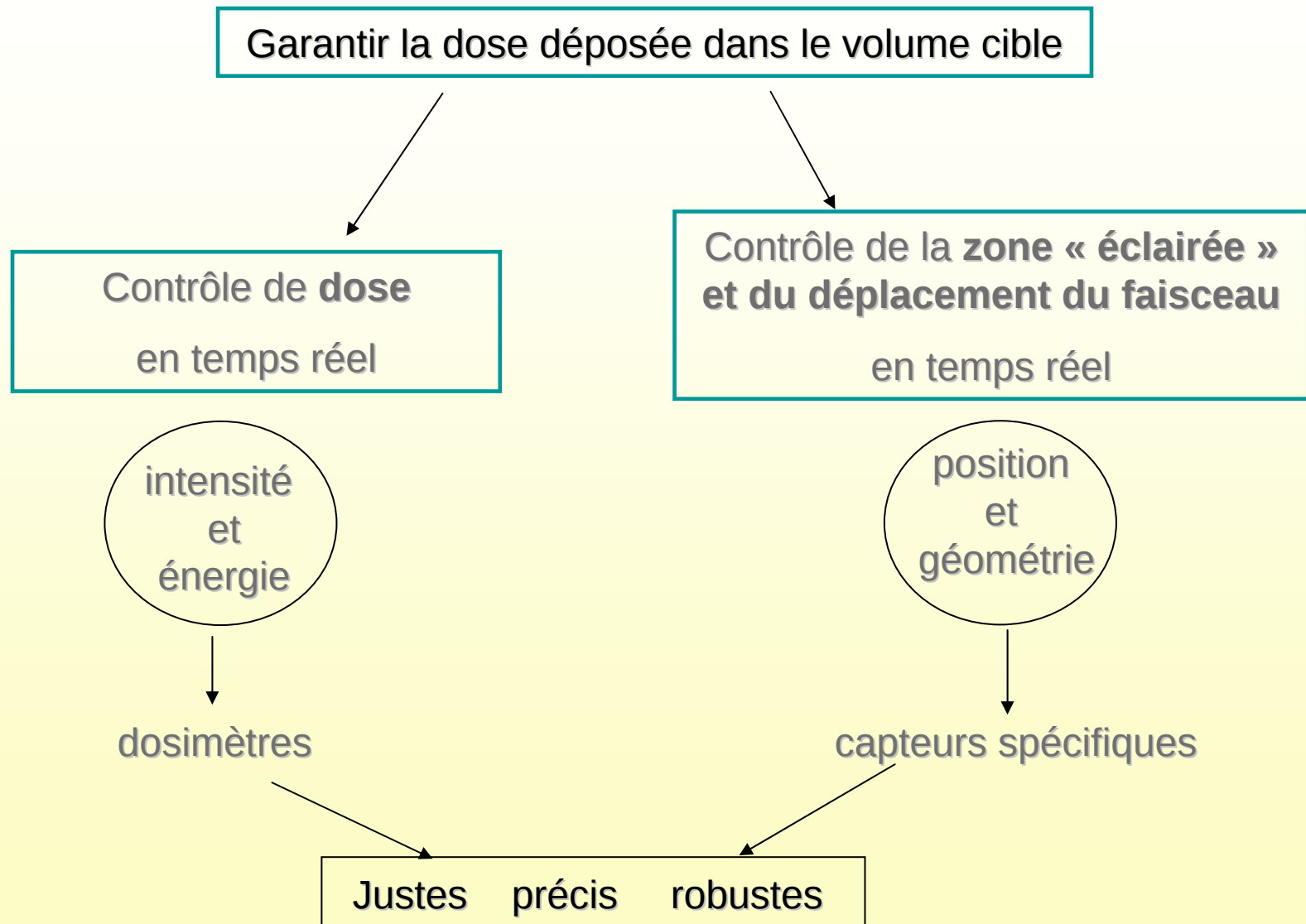
machine

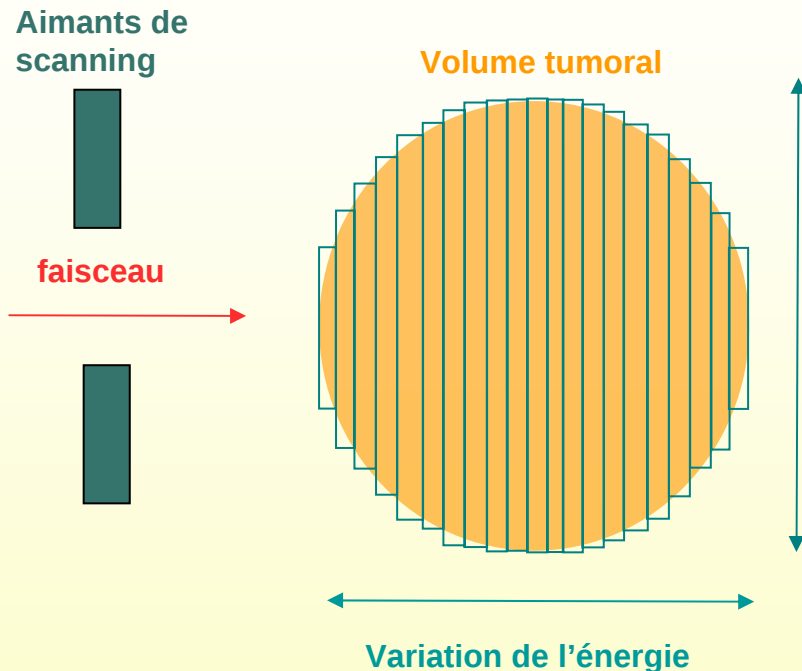


métrologie



moniteurs





imagerie
Contourage du volume tumoral



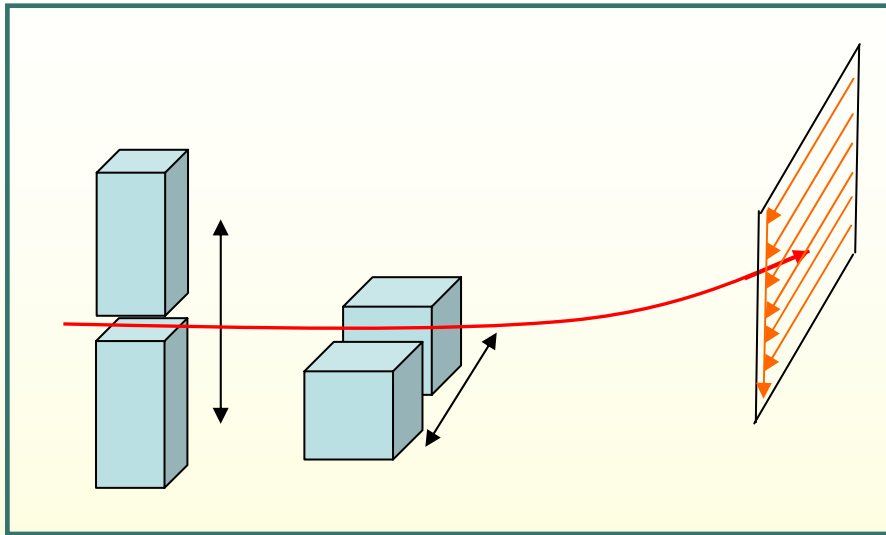
Balistique d'irradiation



volume à traiter

découpé en tranches successives
=
profondeurs de pénétration successives

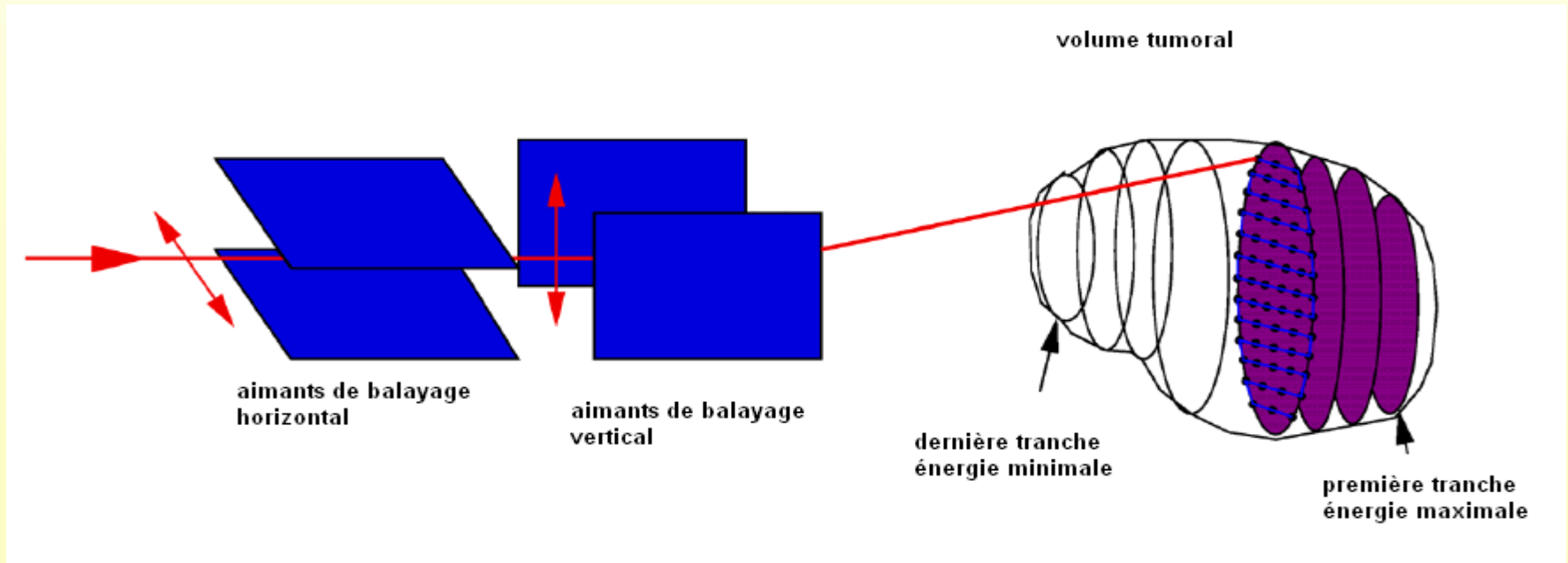
L'épaisseur des
tranches
=
pas en énergie



Chaque tranche balayée par le faisceau à l'aide d'aimants

sans interruption du faisceau à intensité constante

Le spot balaye, ligne par ligne, la surface à « éclairer »



Réalisation d'une chambre moniteur pour **IBA**

servant à :

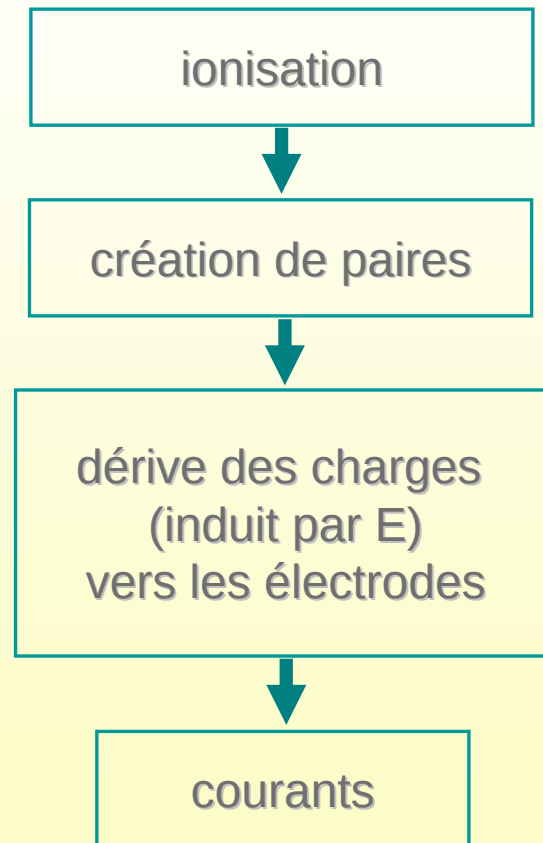
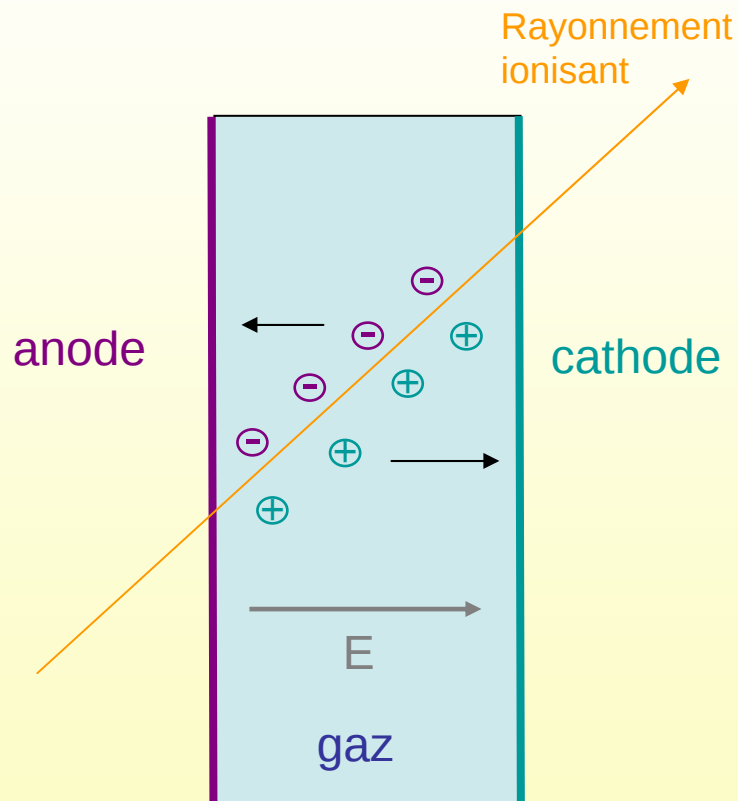
un contrôle faisceau
et
des mesures de dosimétrie



Ion Beam Applications

société de diagnostic & traitement du cancer
leader mondial dans la conception de cyclotrons

repère le passage d'une particule en mesurant la charge des électrons et des ions produits lors de l'ionisation du milieu par la particule





Dose : énergie déposée par unité de masse (unité: 1 Gy = 1 J / kg)

Caractéristiques du faisceau de protons

Énergie	70 à 230MeV
Intensité	10pA à 20nA
Débit de dose	0,5Gy/min à 8Gy/min

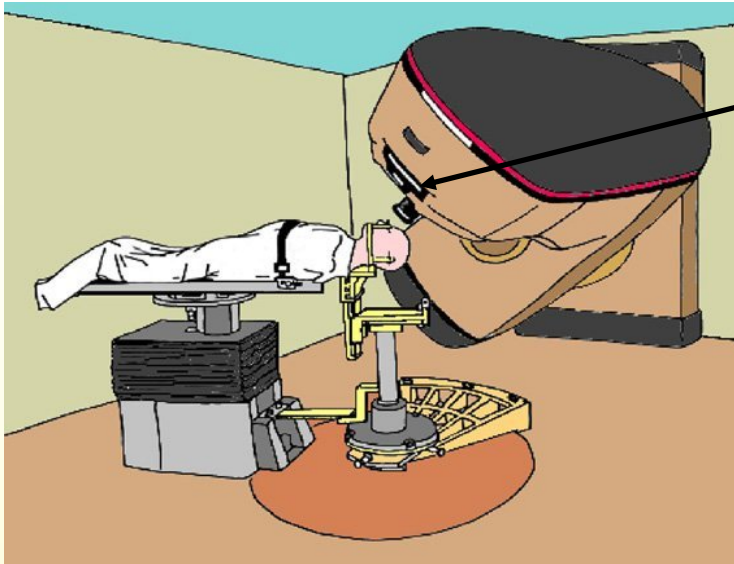
Performances demandées

incertitude de mesure	<1%
Dispersion en angle provoquée par le détecteur sur le faisceau	< 1,25mrad à 230MeV
efficacité de collection de charges	> 99,5%

+

respect du principe de redondance (Selon l'ASN)

double mesure de dose

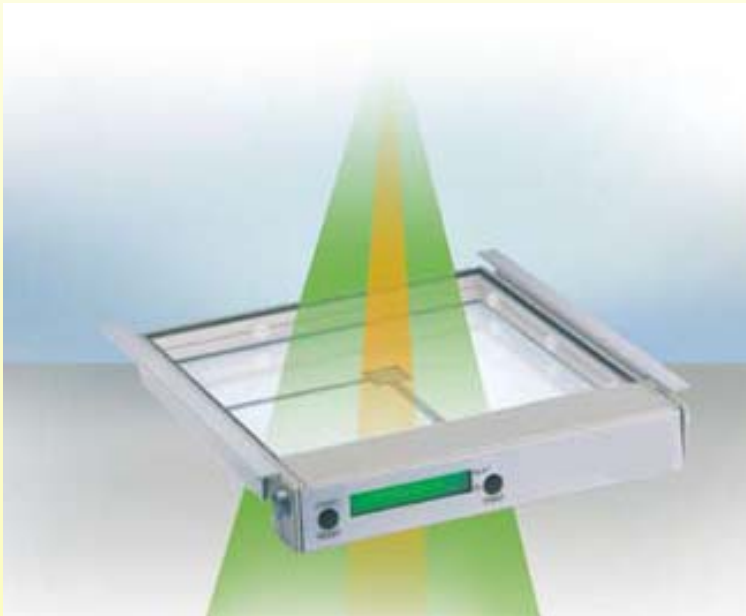


Chambre
d'ionisation

Placée dans une tête isocentrique pivotante



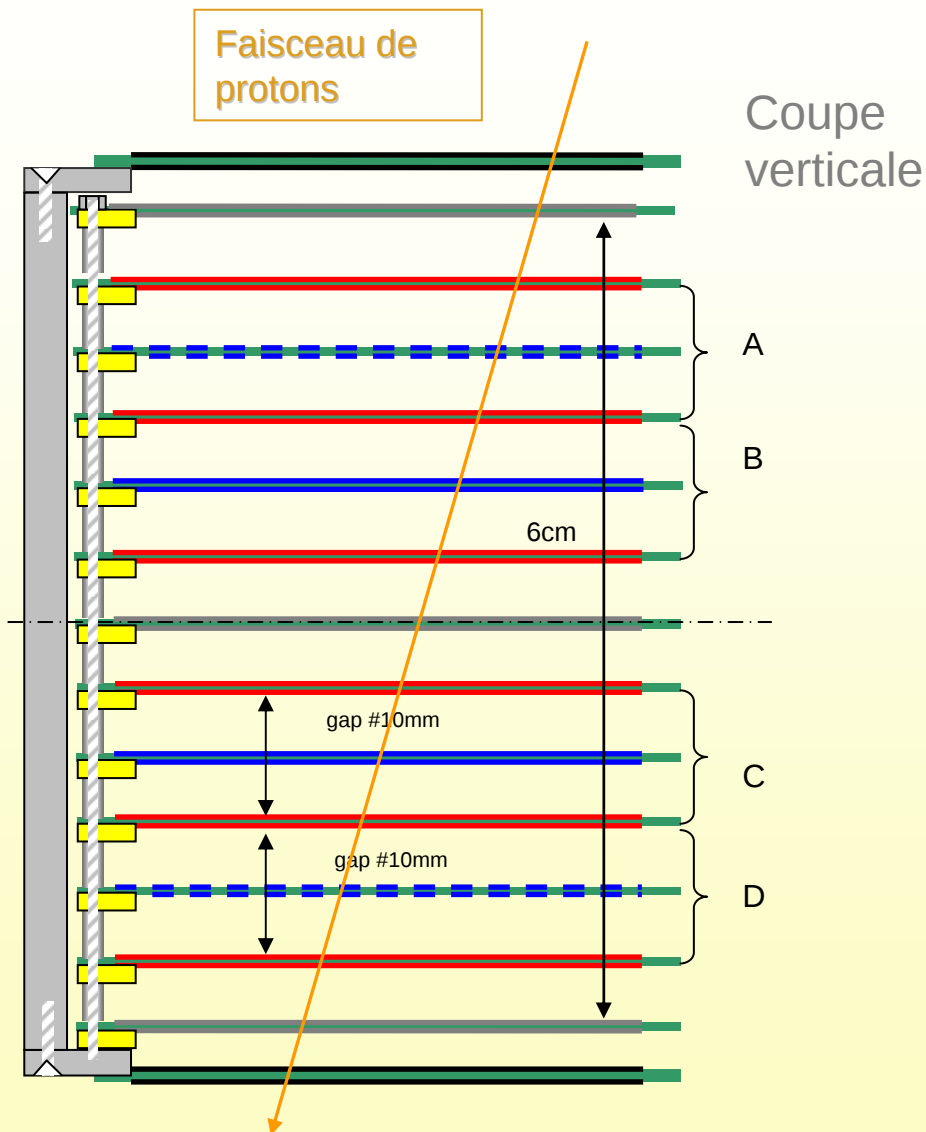
insensibilité à toutes pressions
gravitationnelles et électrostatiques



transparente au faisceau



faible épaisseur équivalent eau
&
robustesse



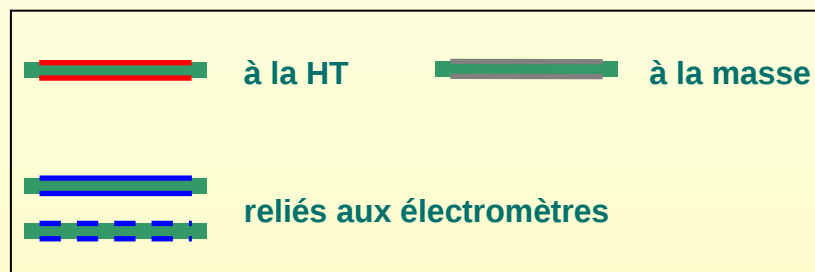
B & C
mesure de dose intégrale

A & D
localisation verticale / horizontale
et
taille faisceau

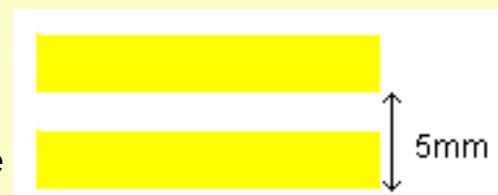
25µm

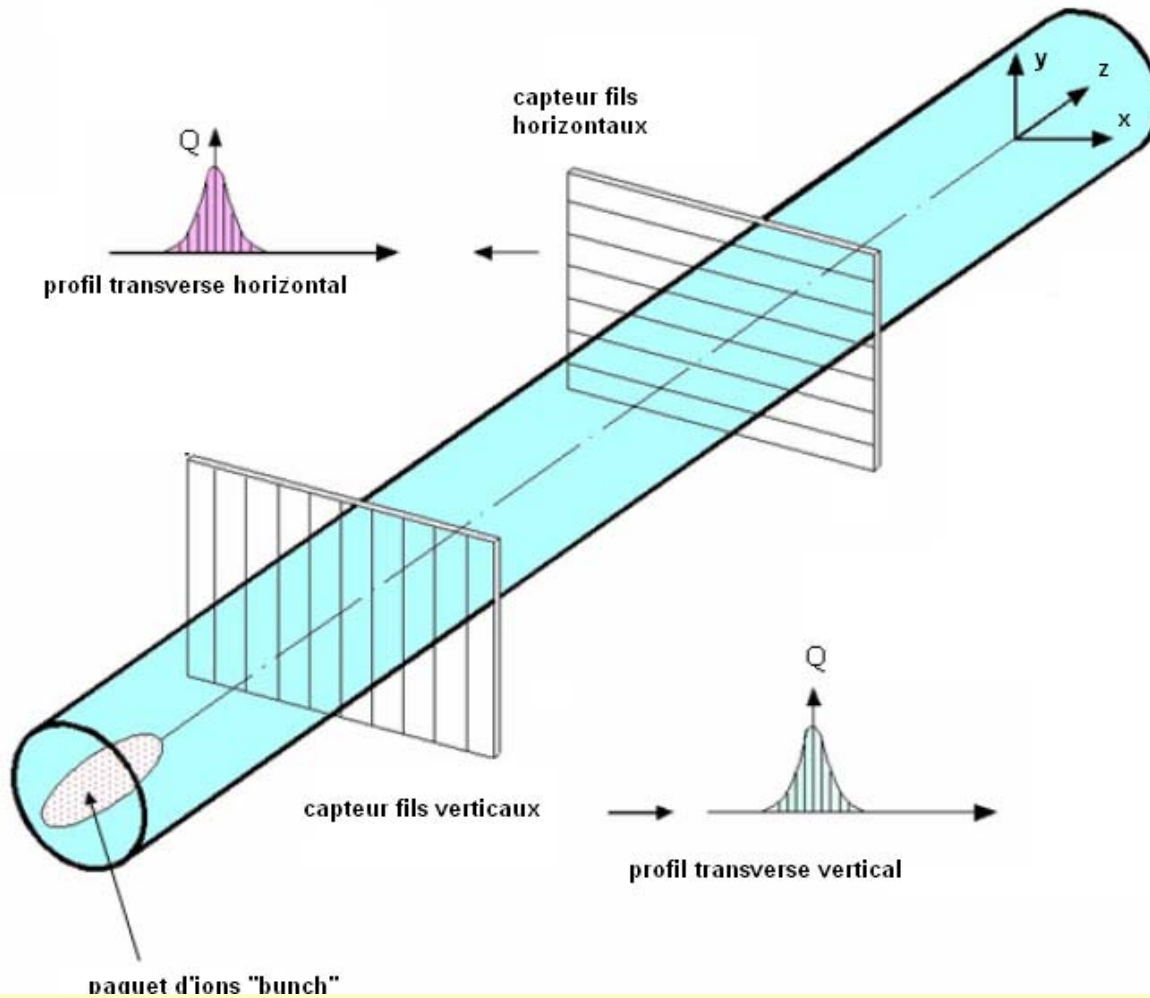
à la masse

2,5µm

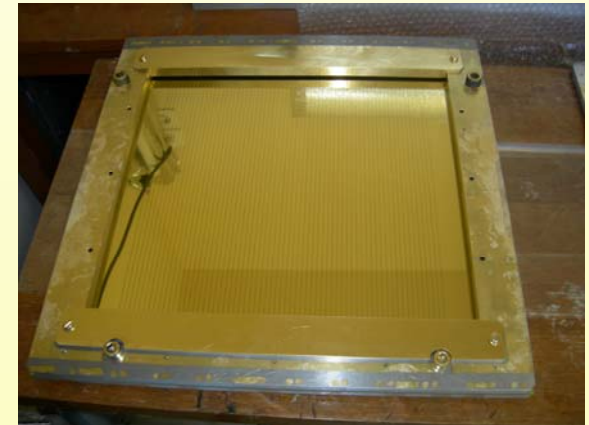


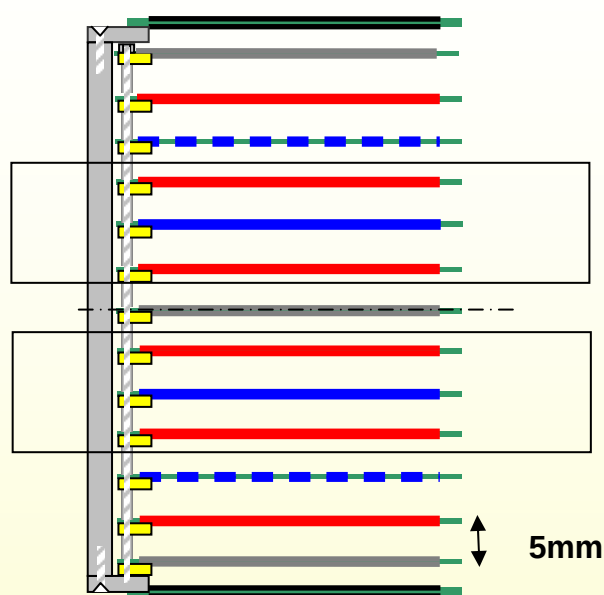
piste





pistes horizontales et verticales
pour
localiser le faisceau
et
mesurer la taille du spot





2 structures de mesure de dose

tous les ions et électrons
formés sont collectés



électromètre
lecture de la charge totale d'ionisation



charge proportionnelle à l'énergie déposée

énergie déposée

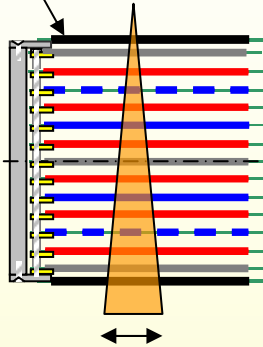
charge totale
d'ionisation

énergie nécessaire pour
créer une paire (33eV)

$$Q = \frac{E}{W}$$

Robustesse

films de mylar externes de $25\mu\text{m}$



$0,78 \text{ mrad}$ (protons de 230MeV)

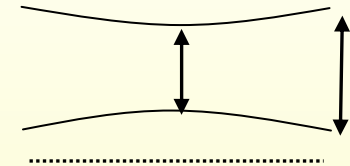
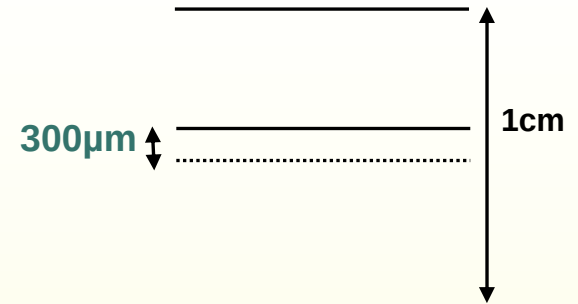
épaisseur équivalent eau de $187\mu\text{m}$



transparence au faisceau

&

faible dispersion en angle



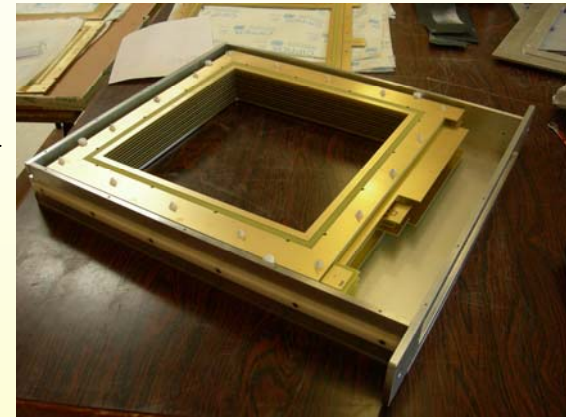
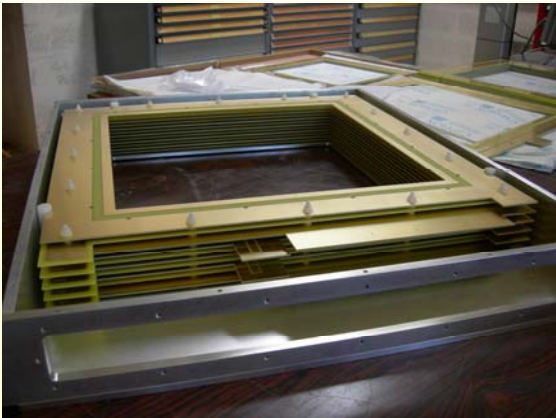
$100\mu\text{m}$ de variation entre bords et centre
dû à la pression électrostatique



incertitude de mesure de 1%

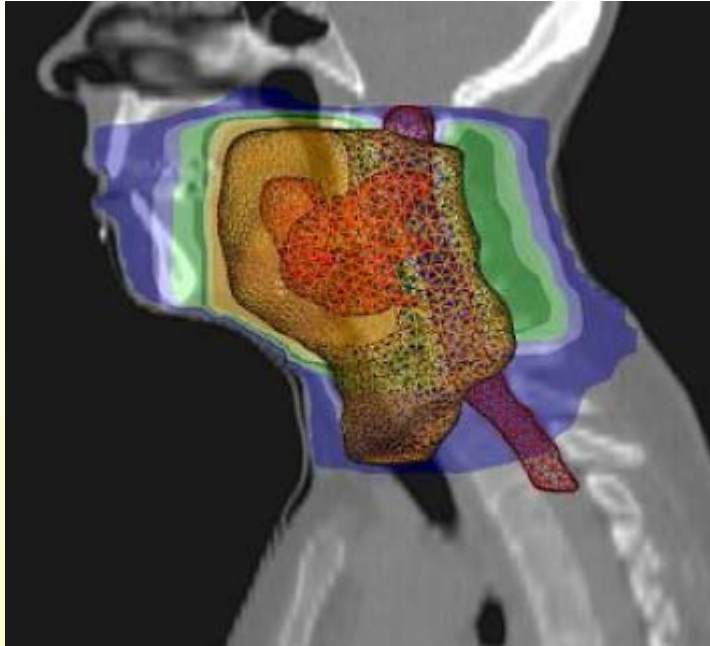
L'objectif était de réaliser une chambre d'ionisation pour **IBA**

La chambre est aujourd'hui finie



dispositif de
Vérification en ligne
de la balistique de traitement

Faisabilité à démontrer



objectif

reconstruction dosimétrique en
3D
dans l'anatomie du patient
à chaque étape du traitement

comparer
la dose 3D reconstruite
à
la dose 3D calculée
par le système de planification de
traitement