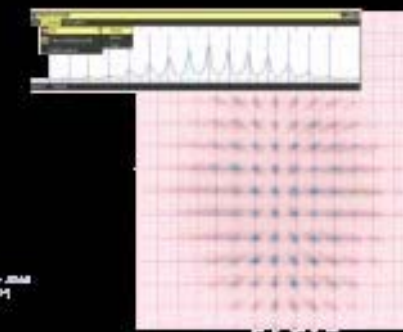
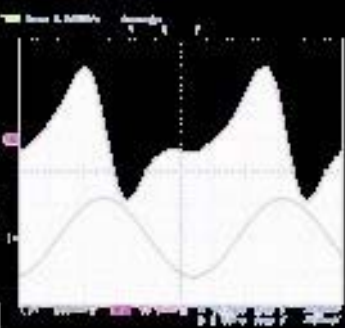
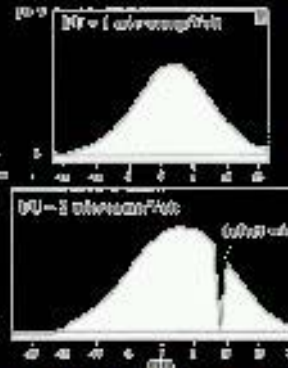
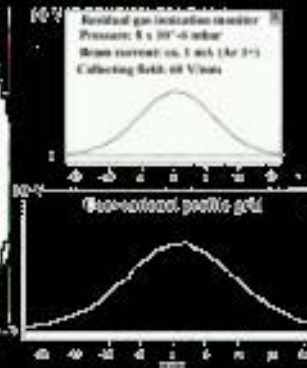
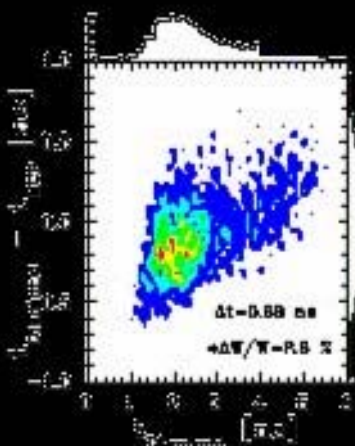
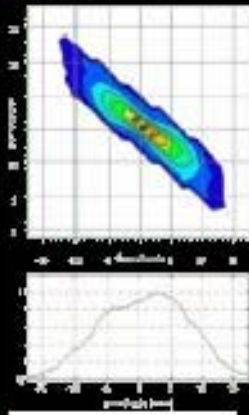
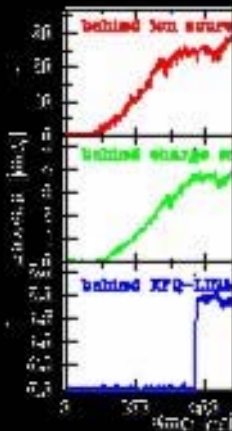


**ECOLE INTERNATIONALE
JOLIOT CURIE
Seignosse - 22-27/09/08**

INSTRUMENTATION &

DIAGNOSTICS DE FAISCEAU



Sommaire



GENERALITES SUR L'INSTRUMENTATION DES FAISCEAUX

LES CAPTEURS ASSOCIES AUX MESURES FONDAMENTALES

Intensité

Position

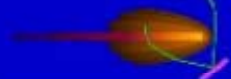
Profils transverses

LES CAPTEURS ASSOCIES AUX MESURES COMPLEMENTAIRES

Phase, énergie, longueur de bunch, émittance & pertes

AUTRES ASPECTS DE L'INSTRUMENTATION

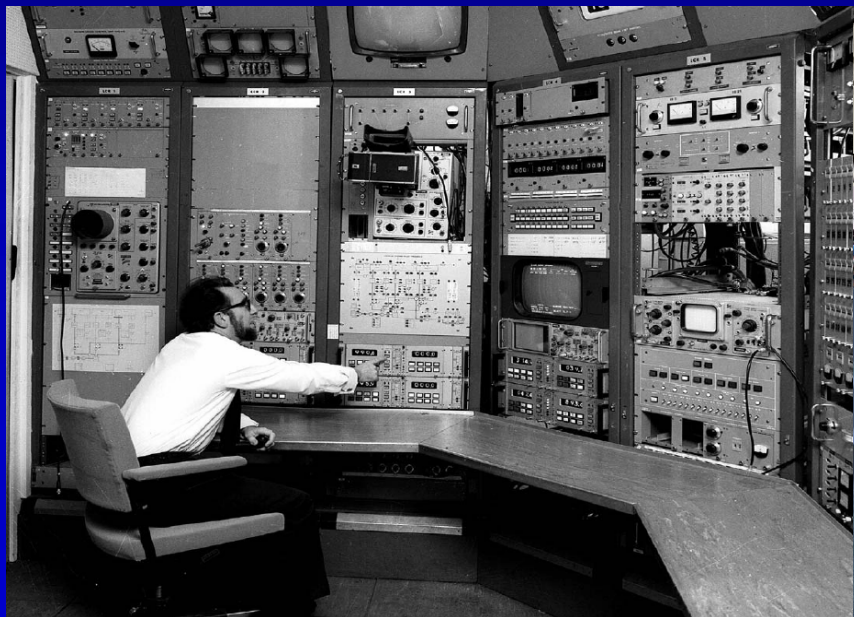
CONCLUSION



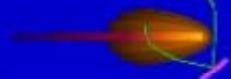
Pourquoi toujours plus de diagnostics?

De par la complexité croissante des systèmes accélérateurs, qui doivent être mieux optimisés, plus vite et avoir un fonctionnement plus fiable et plus reproductible.

La conséquence est aussi une complexité croissante des difficultés de conduite.

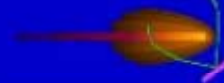


The New CERN control center,
ready spring 2006

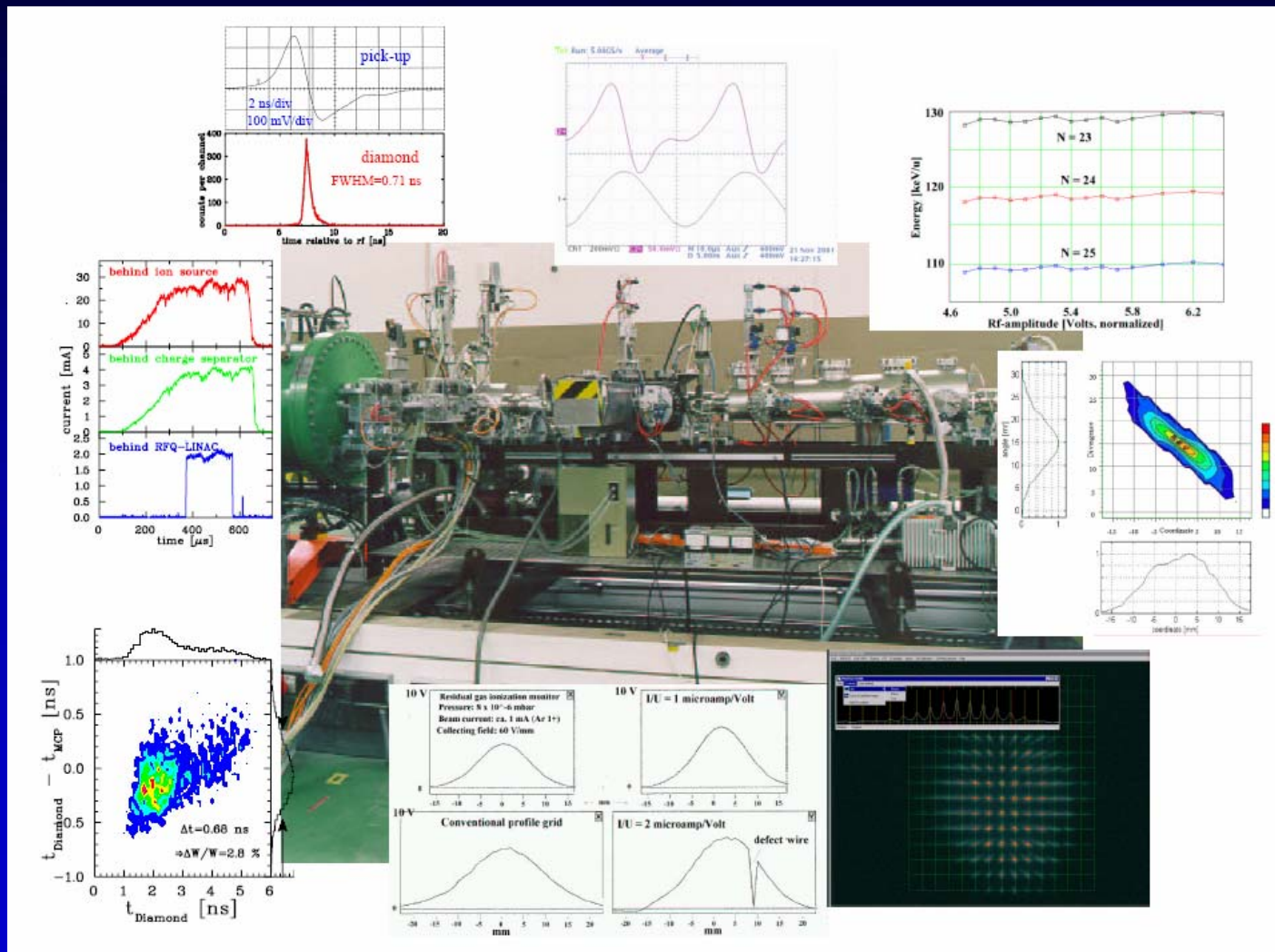


Que mesurent-ils?

Beam quantity		LINAC, transfer line	Synchrotron
current I	<i>general</i>	transformer (dc, pulsed) Faraday cup	transformer (dc)
	<i>special</i>	particle detector (Scint. IC, SEM)	normalized pick-up signal
position x_{cms}	<i>general</i>	pick-up	pick-up
	<i>special</i>	using profile meas.	cavity excitation (e^-)
profile x_{width}	<i>general</i>	SEM-grid, wire scanner viewing screen, OTR-screen	residual gas monitor synch. radiation (e^-) wire scanner
	<i>special</i>	grid with ampl. (MWPC)	
trans. emittance ϵ_{trans}	<i>general</i>	slit grid	residual gas monitor
	<i>special</i>	quadrupole scan pepper-pot	wire scanner transverse Schottky pick-up wire scanner
momentum p and $\Delta p/p$	<i>general</i>	pick-up (TOF)	pick-up
	<i>special</i>	magn. spectrometer	Schottky noise pick-up
bunch width $\Delta\varphi$	<i>general</i>	pick-up	pick-up wall current monitor
	<i>special</i>	particle detector secondary electrons	streak camera (e^-)
long. emittance ϵ_{long}	<i>general</i>	magn. spectrometer buncher scan	
	<i>special</i>	TOF application	pick-up + tomography
tune, chromaticity Q, ξ	<i>general</i>	—	exciter + pick-up (BTF)
	<i>special</i>	—	transverse Schottky pick-up
beam loss r_{loss}	<i>general</i>		particle detector
polarization P	<i>general</i>		particle detector
	<i>special</i>		Compton scattering with laser
luminosity \mathcal{L}	<i>general</i>		particle detector



Sous quelle forme?



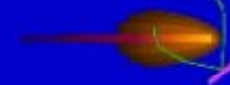
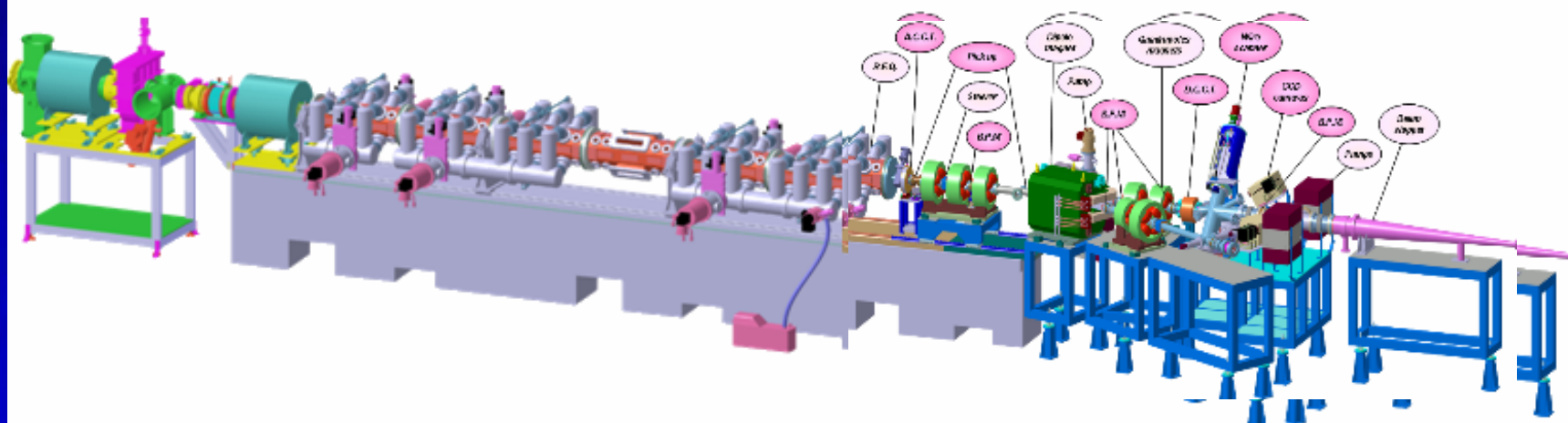
Sous quelle forme?

Exemple de LINAC injecteur à très haute intensité: IPHI

Source SILHI: Protons
100 KeV; 100 mA; C.W.

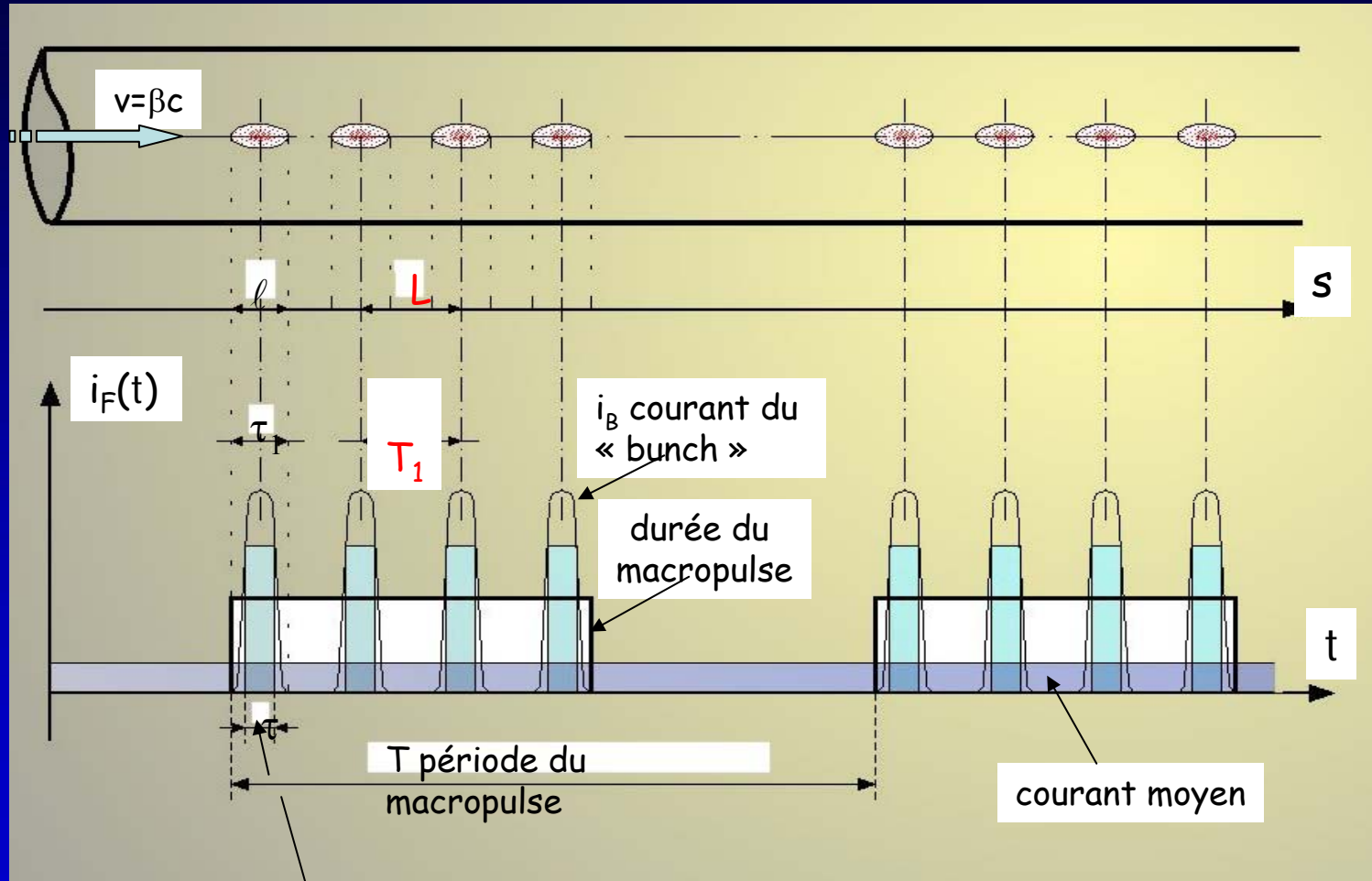
RFQ: 6 tronçons
3 MeV; 100 mA C.W.
352.2 MHz

LIGNE DIAGNOSTICS
et BLOC D'ARRÊT 300 kW

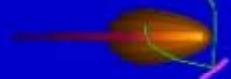


La structure temporelle du faisceau

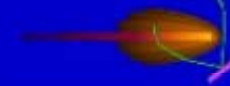
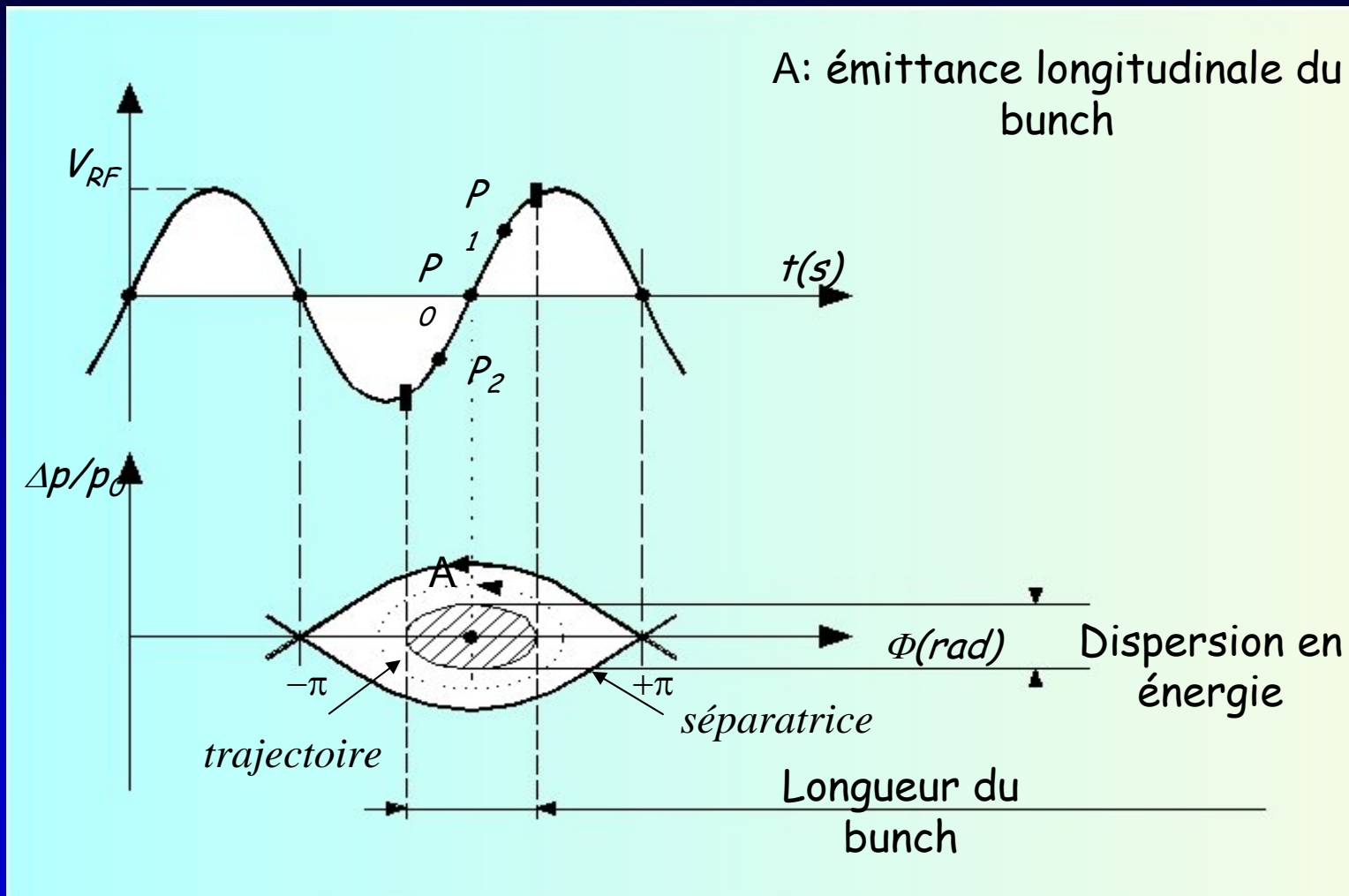
Faisceau?



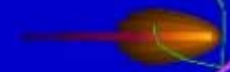
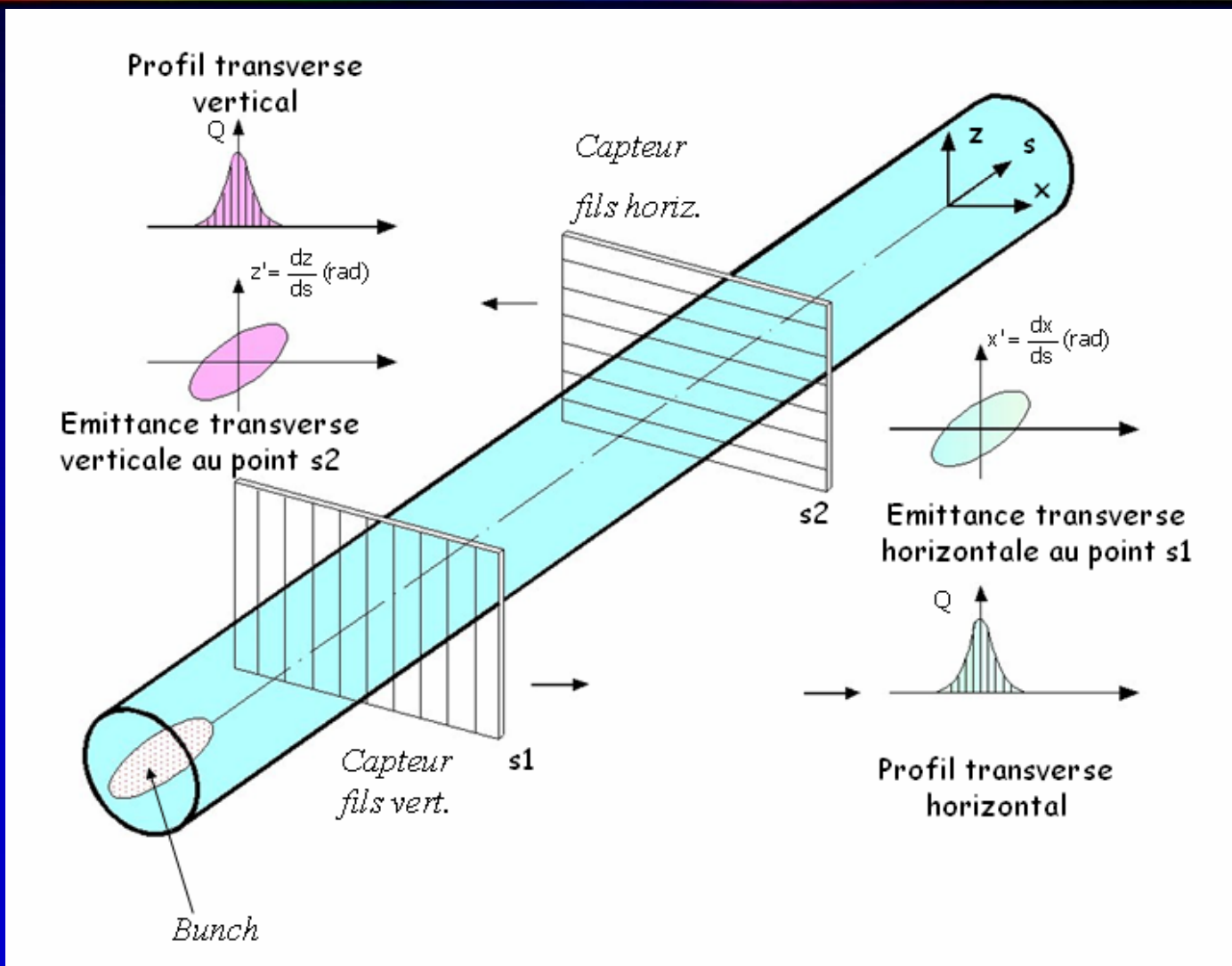
τ durée du bunch (équivalent rectangulaire)



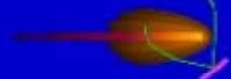
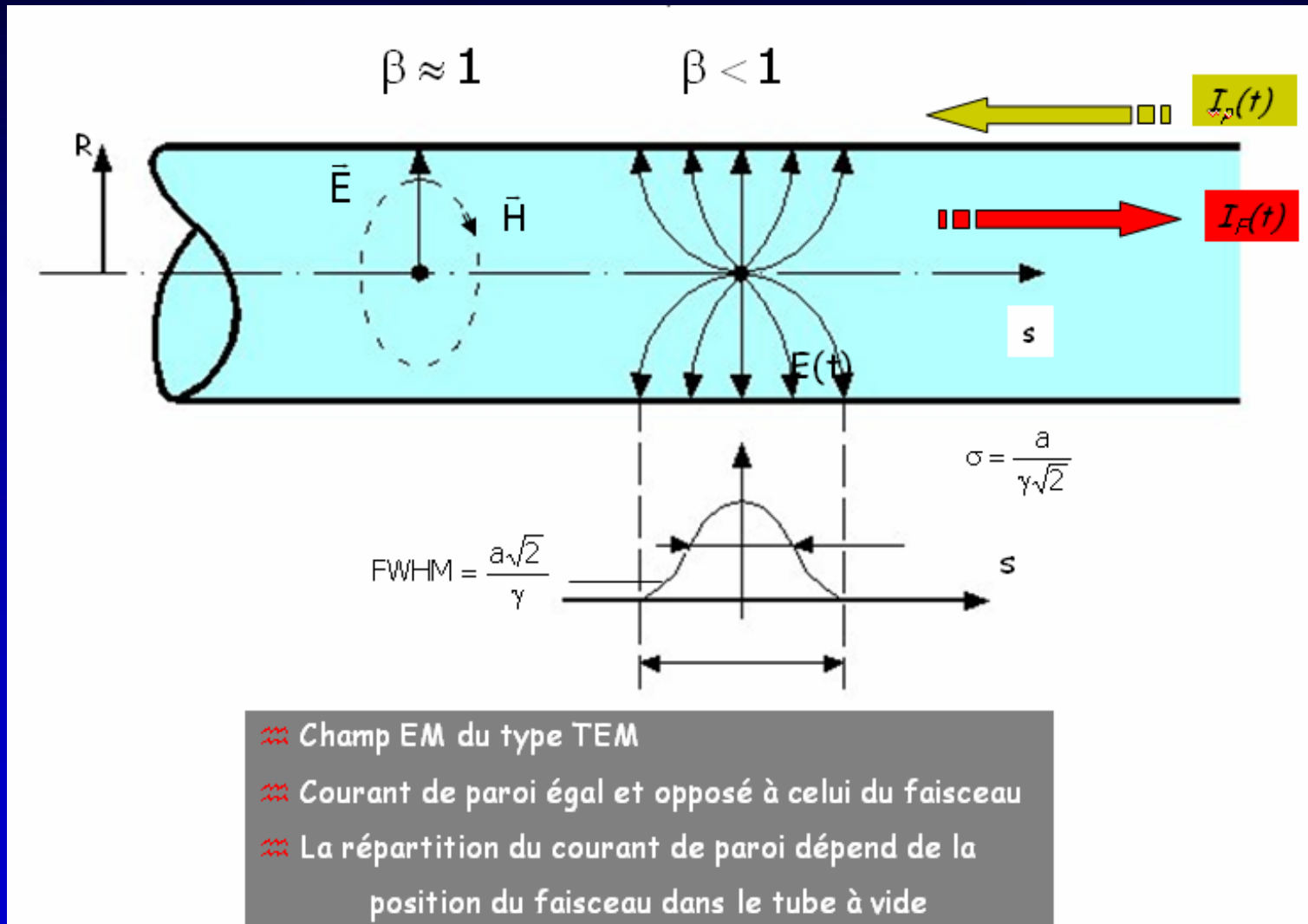
Sa structure temporelle



Sa structure transverse

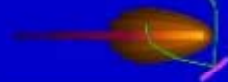


Les champs qu'il induit

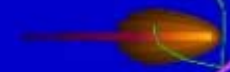
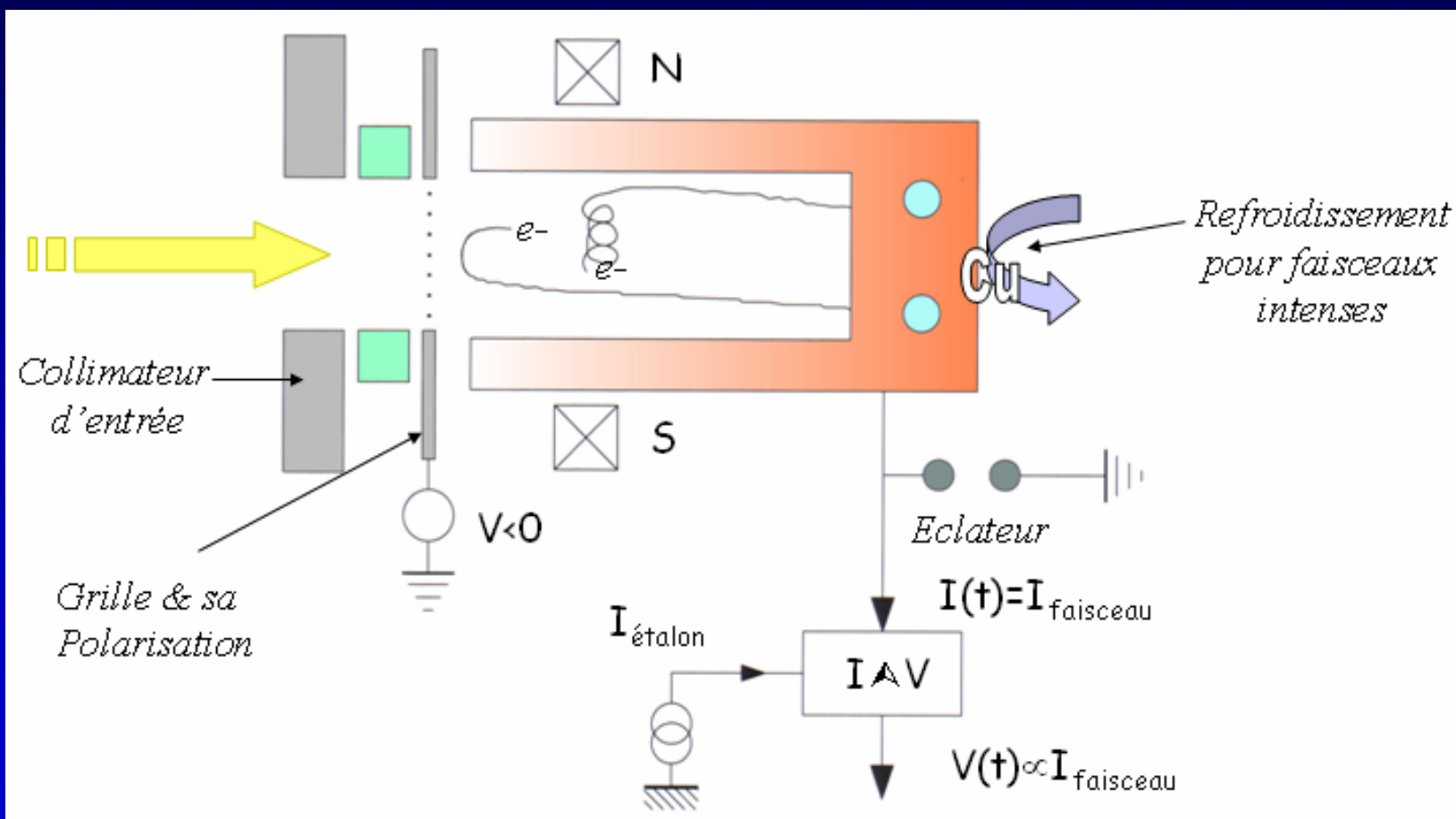


Diagnostiquer en milieu hostile!

- Champs électromagnétiques et perturbations lumineuses parasites quand il s'agit d'acquérir, de transmettre et de traiter des signaux faibles.
- Rayonnements nucléaires.
- Perturbations mécaniques: défauts et modifications d'alignement, vibrations mécaniques.
- Echauffement du capteur et de l'électronique.



Les mesures d'intensité: la cage de Faraday

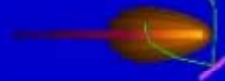
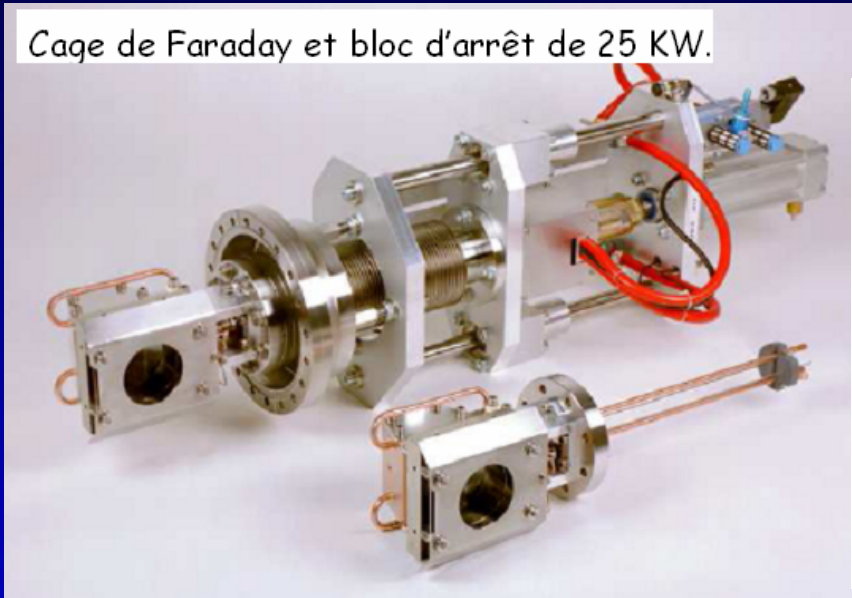


Ses déclinaisons

fortes intensités

coaxiales

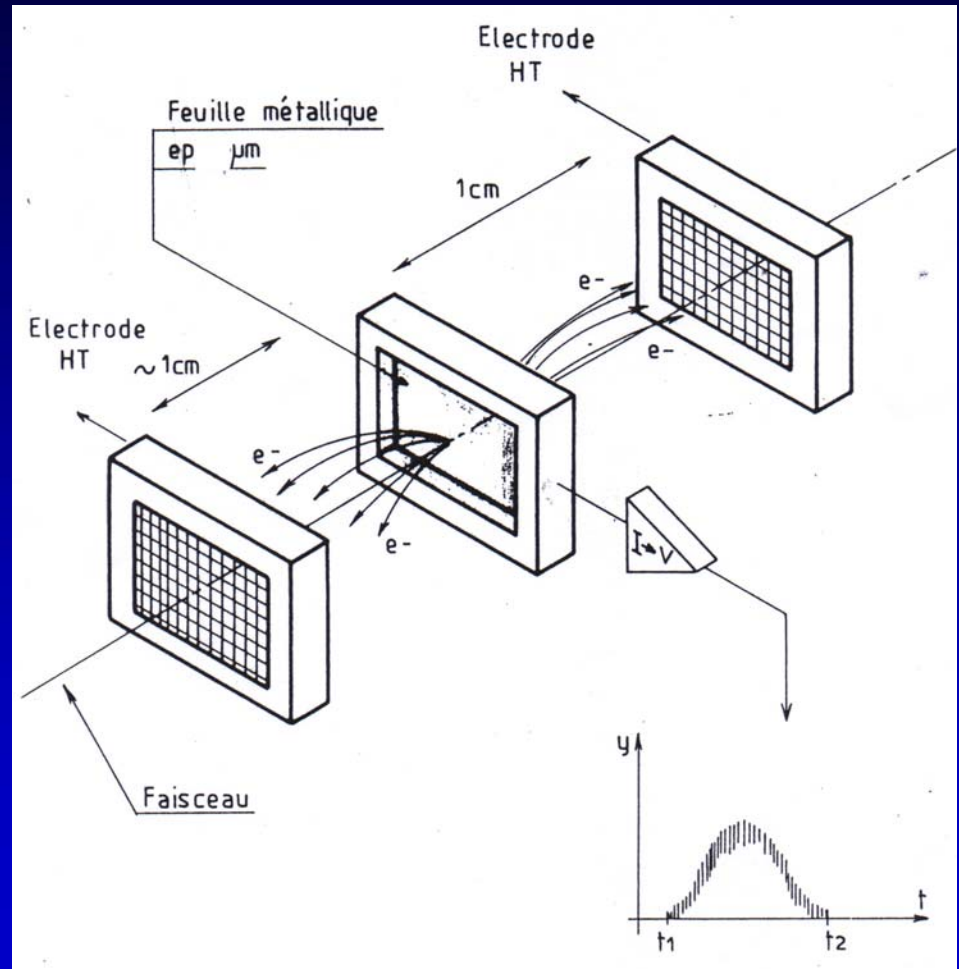
Cage de Faraday et bloc d'arrêt de 25 KW.



Les détecteurs à émission secondaire

Propriétés:

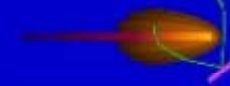
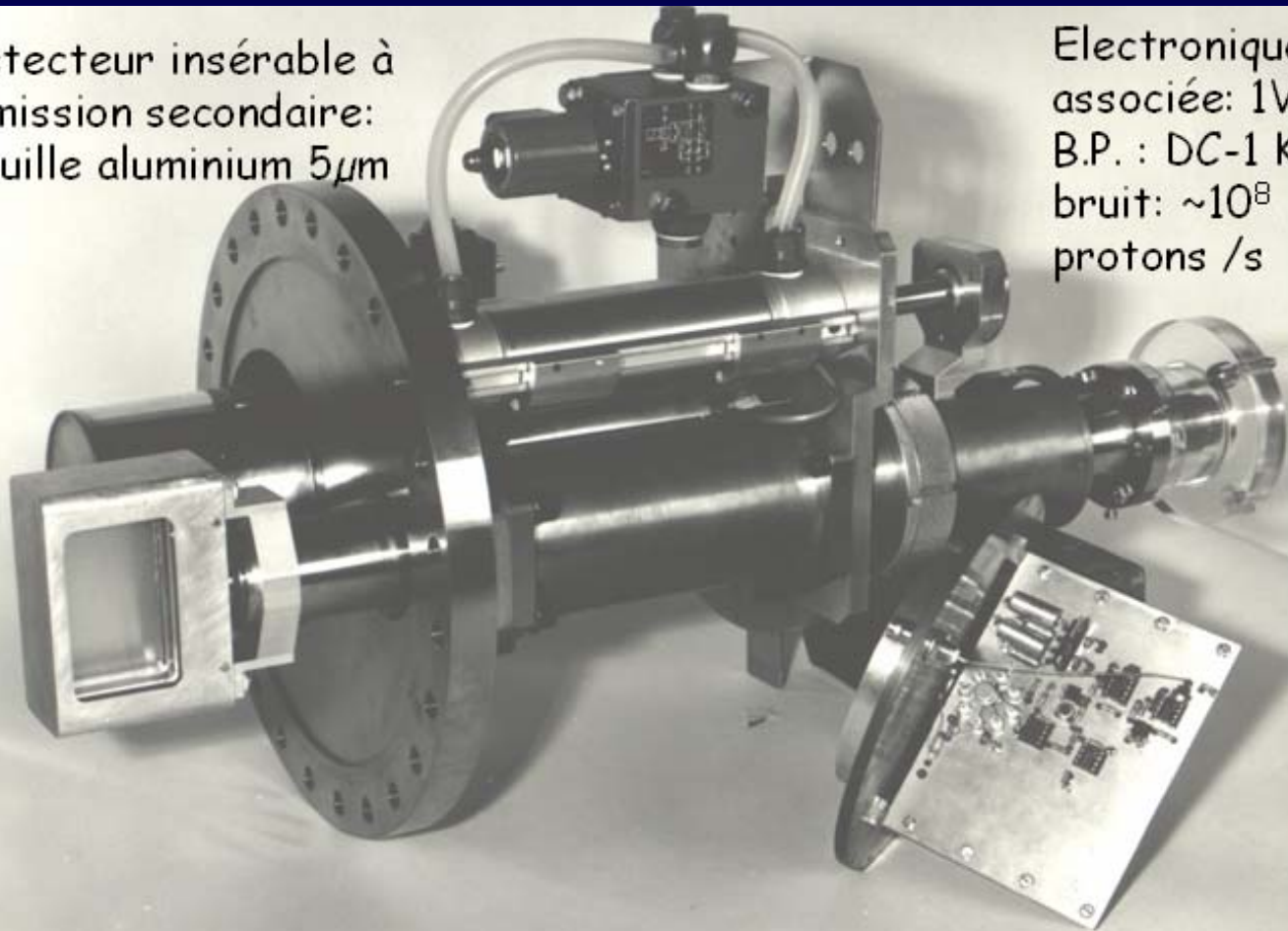
- Détecteur (peu) interceptif.
- Nécessite un étalonnage.
- \forall les natures de faisceau.
- Bande passante étendue pouvant dépasser le GHz.
- Moniteur utilisé dans les lignes de transfert de faisceau.



Exemple

Détecteur insérable à
émission secondaire:
Feuille aluminium $5\mu\text{m}$

Electronique
associée: 1V/nA
B.P. : DC-1 KHz;
bruit: $\sim 10^8$
protons /s

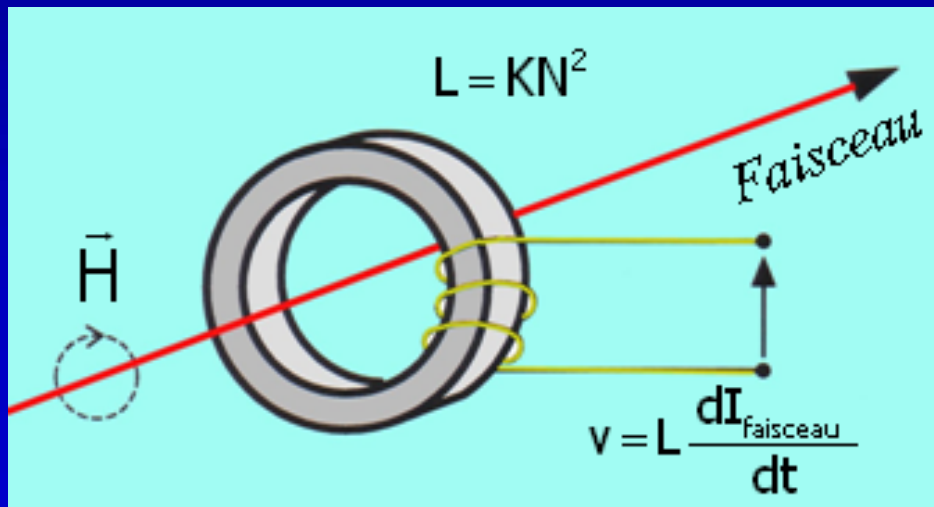
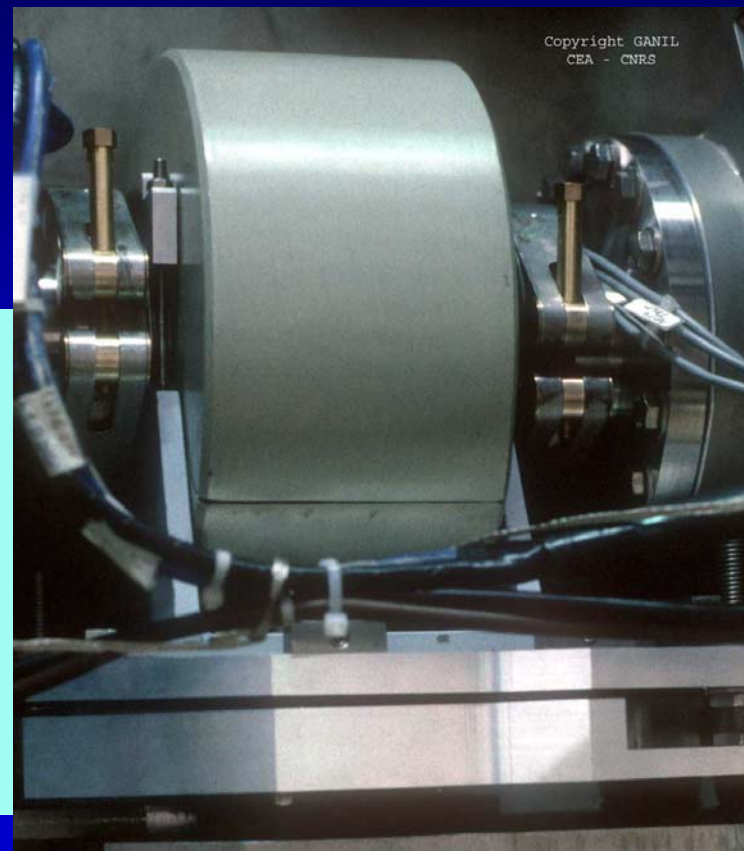


Les transformateurs d'intensité

Propriétés:

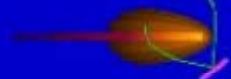
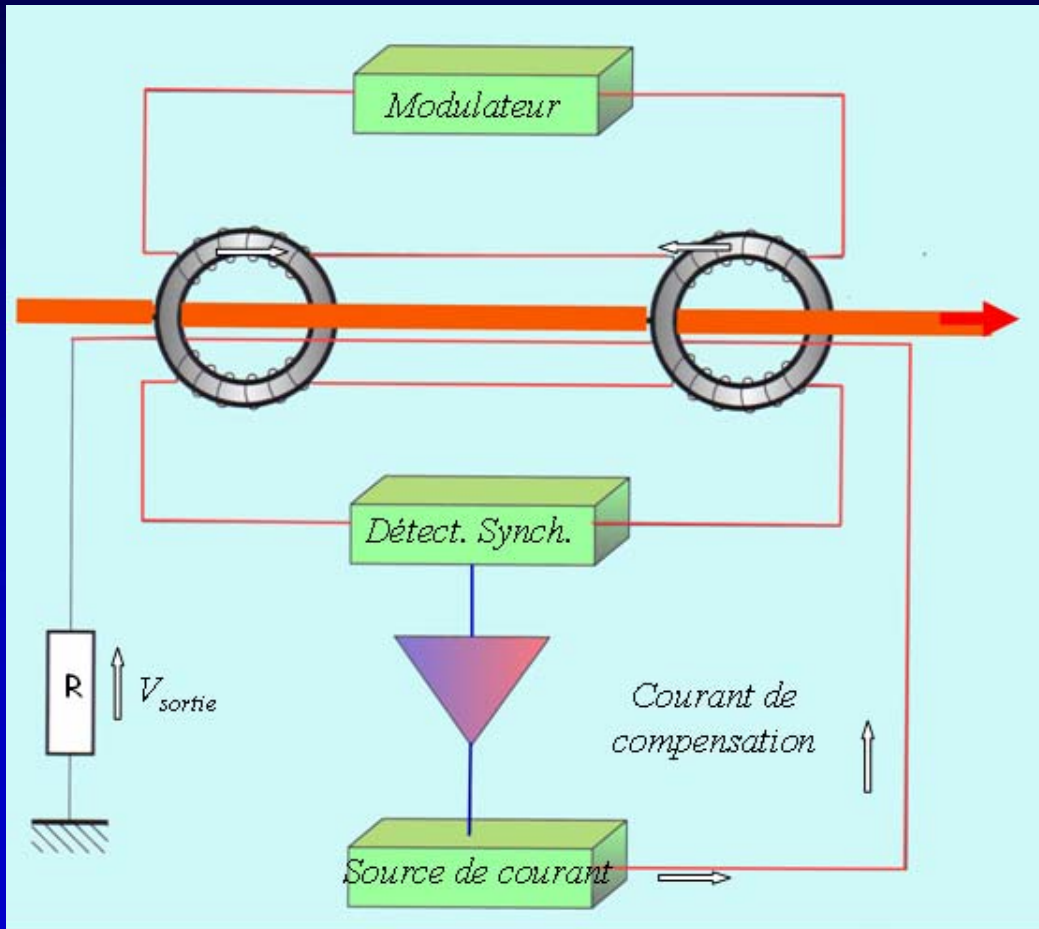
Faisceau pulsé

- Utilise le champ H associé au faisceau.
- Non destructif du faisceau.
- Moniteur absolu.
- Large bande passante ~ 1 GHz.
- \forall les particules.
- Disponibles commercialement.



Les transformateurs d'intensité

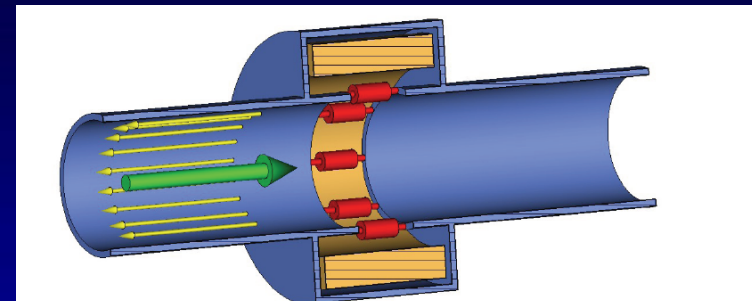
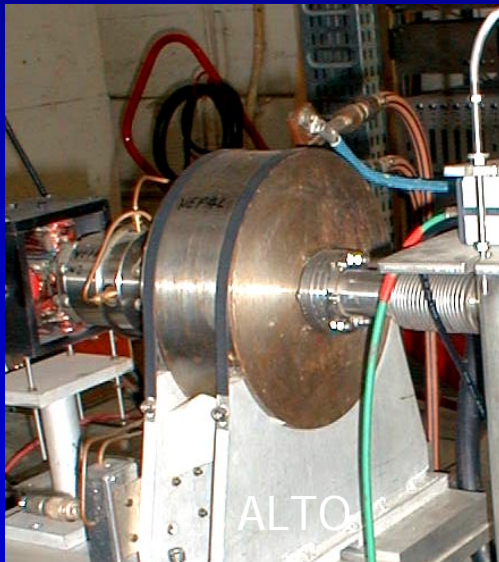
Faisceau continu: le DCCT



« The wall current monitor »

Propriétés:

- Utilise le courant de paroi.
- Non destructif du faisceau
- Large bande passante possible: plusieurs GHz.
- Possibilité d'obtenir la position du faisceau



The **BEAM** current is accompanied by its **IMAGE**
 A voltage proportional to the beam current develops on the **RESISTORS** in the beam pipe gap
 The gap must be closed by a box to avoid floating sections of the beam pipe
 The box is filled with the **FERRITE** to force the image current to go over the resistors
 The ferrite works up to a given frequency and lower frequency components flow over the box wall

50th CERN

WCM as a Beam Position Monitor

$$f_{\Sigma} = \frac{R}{2\pi L_{\Sigma}}$$

$$f_{\Delta} = \frac{R}{2\pi L_{\Delta}}$$

- For a centered **BEAM** the **IMAGE** current is evenly distributed on the circumference
- The image current distribution on the circumference changes with the beam position
- Intensity signal (Σ) = resistor voltages summed
- Position dependent signal (Δ) = voltages from opposite resistors subtracted
- The Δ signal is also proportional to the intensity, so the position is calculated according to Δ/Σ
- Low cut-offs depend on the gap resistance and box wall (for Σ) and the pipe wall (for Δ) inductances

U. Raich CERN Accelerator School 2005 76

CAS

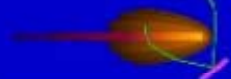
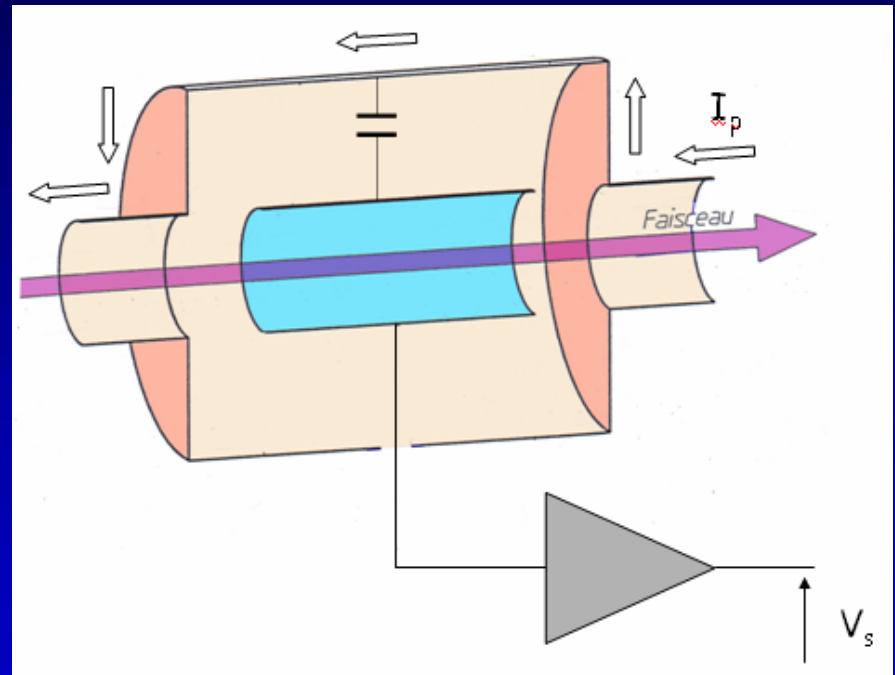
Slide by M. Gasior

THE CERN ACCELERATOR SCHOOL

L'électrode capacitive

Propriétés:

- Non interceptif.
- \forall les particules.
- Nécessite un étalonnage.
- Utilise le champ électrique associé au faisceau.
- Destinée aux machines à protons (longueur du bunch \gg longueur de l'électrode)
- Contrôle de la forme des bunches,
- Mesure de la phase faisceau / H.F.



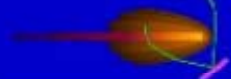
Les mesures longitudinales: l'électrode capacitive

Forme du bunch et phase

Haute fréquence



Mesure de longueur de bunch
Electrode capacitive 50Ω
Diamètre utile: 35 mm
Linac de GSI à 108 MHz



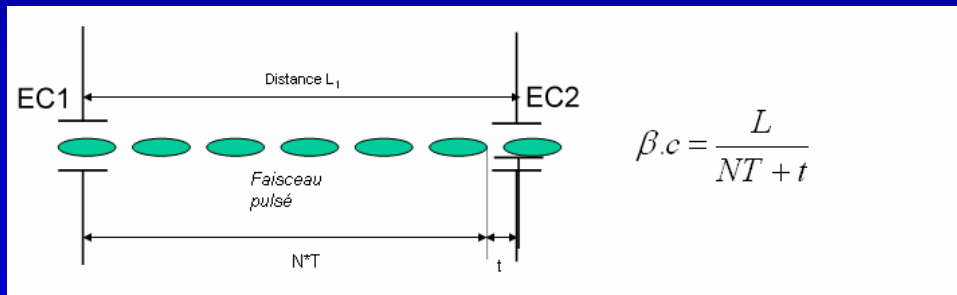
Phase et énergie

La sonde de phase

Utilisation :
mesure de la phase des paquets d'ions par rapport à la tension HF afin de régler l'isochronisme.

Performances :
- résolution : $0,1^\circ$ rms (BP=10Hz) pour 2nAe

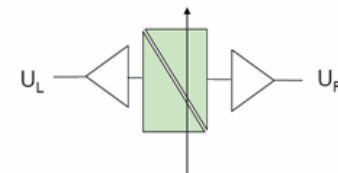
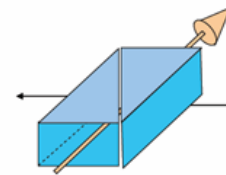
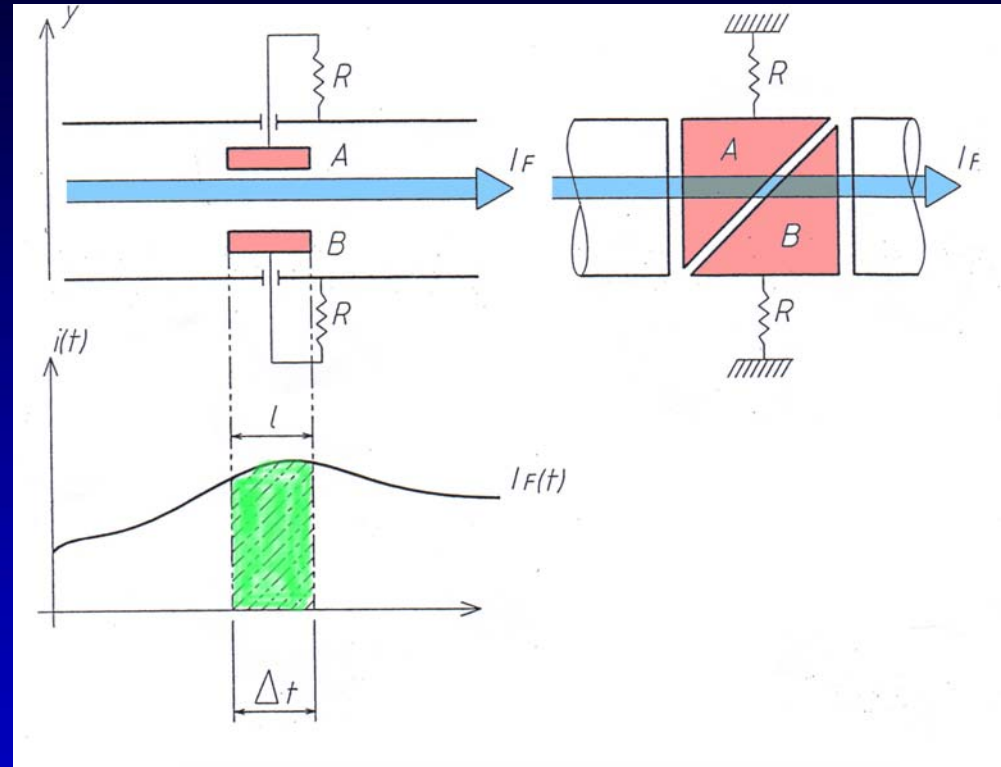
La mesure d'énergie par TV



La détection de position: l'EC@« pick-up »

Propriétés:

- Non interceptif.
- \forall les particules.
- Utilise le champ électrique associé au faisceau.
- Destinée aux machines à protons (longueur du bunch \gg longueur de l'électrode)
- Coupe diagonale pour linéariser la réponse en position.



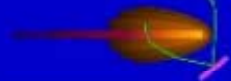
$$x \propto \frac{U_L - U_R}{U_L + U_R} = \frac{\Delta}{\Sigma}$$

Exemple

Fréquence H.F.:

- 850 kHz – 8.8 MHz
 - Précision absolue: 1mm
 - Résolution: 0.1mm
- Gamme de mesure:
- 10^9 à $2 \cdot 10^{12}$ p/ bunch

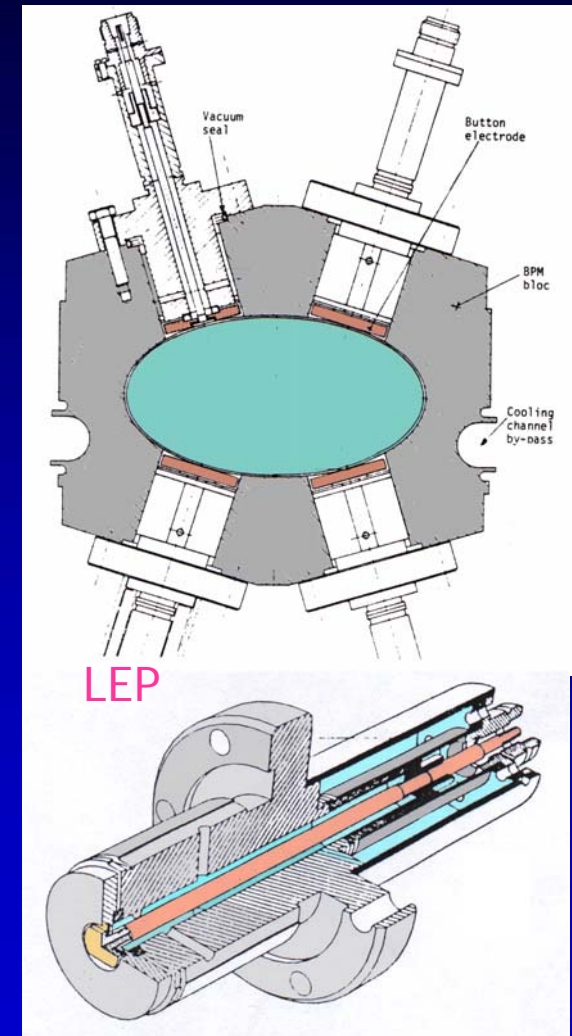
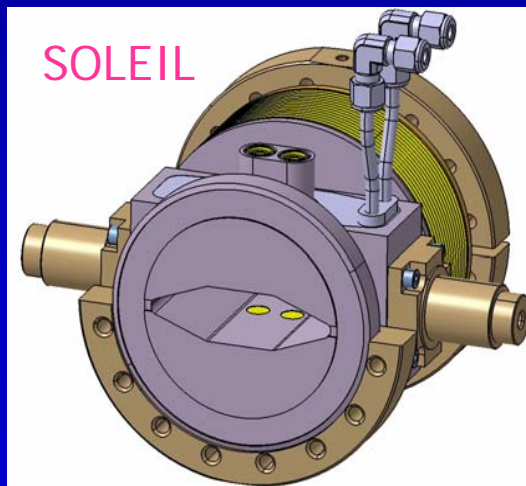
SATURNE



L'EC « bouton »

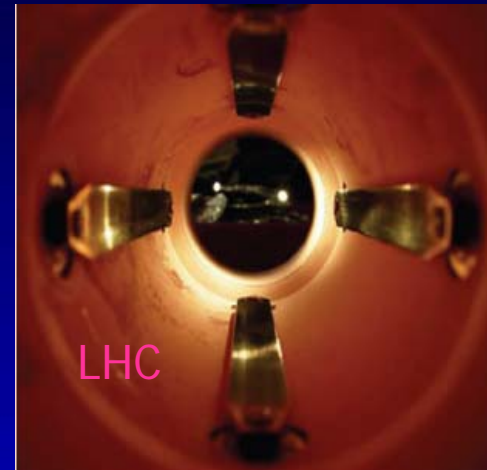
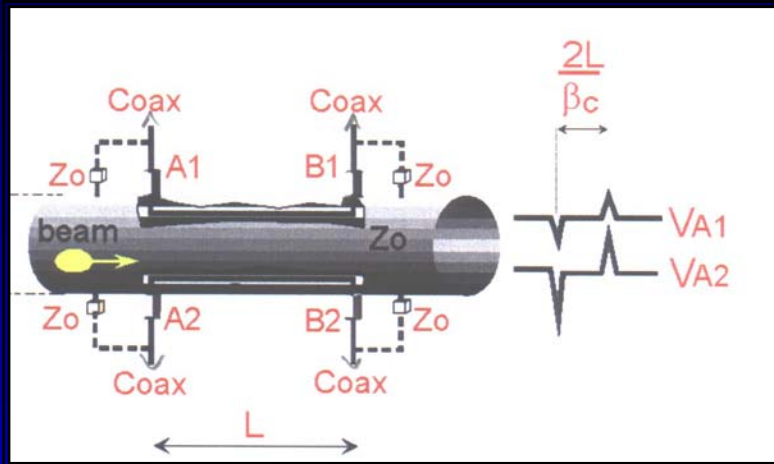
Propriétés:

- Non interceptif.
- \forall les particules..
- Utilise le champ électrique associé au faisceau.
- Destinée généralement aux machines à e- et RS.
- Contrôle de l'orbite fermée du faisceau et asservissement de position du faisceau
- Réponse non linéaire : nécessite un étalonnage.

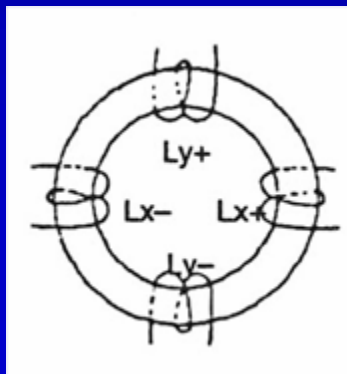


Le coupleur directionnel

Propriétés: les mêmes que l'EC bouton, on l'appelle aussi « stripline »

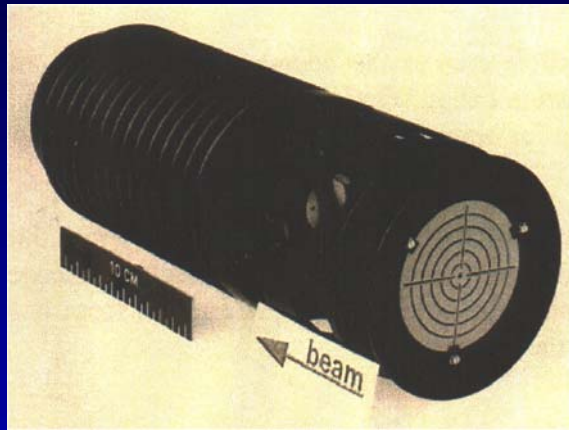


Il existe une version magnétique

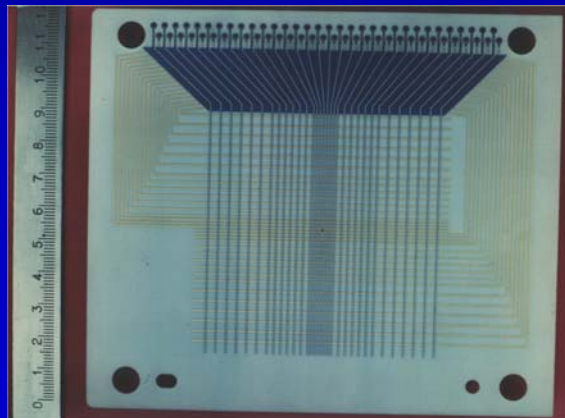


Les profils transverses: par interception

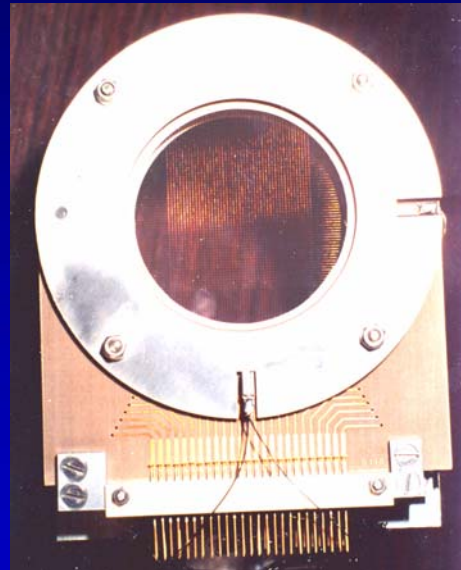
Les scintillants



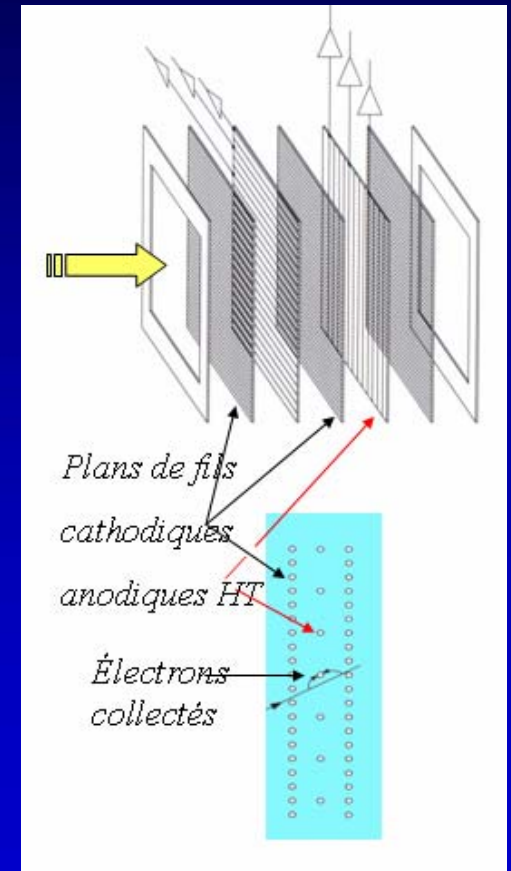
Les grilles



La chambre à ionisation

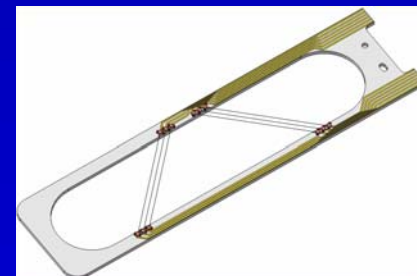
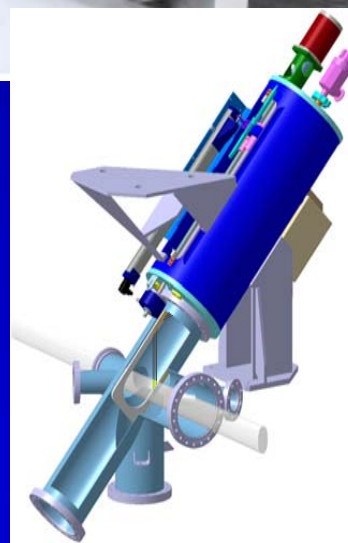
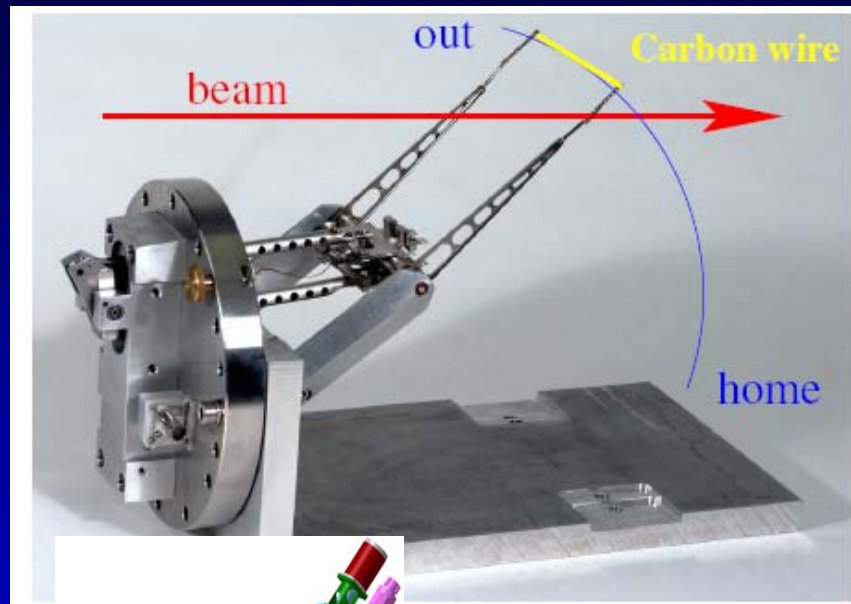
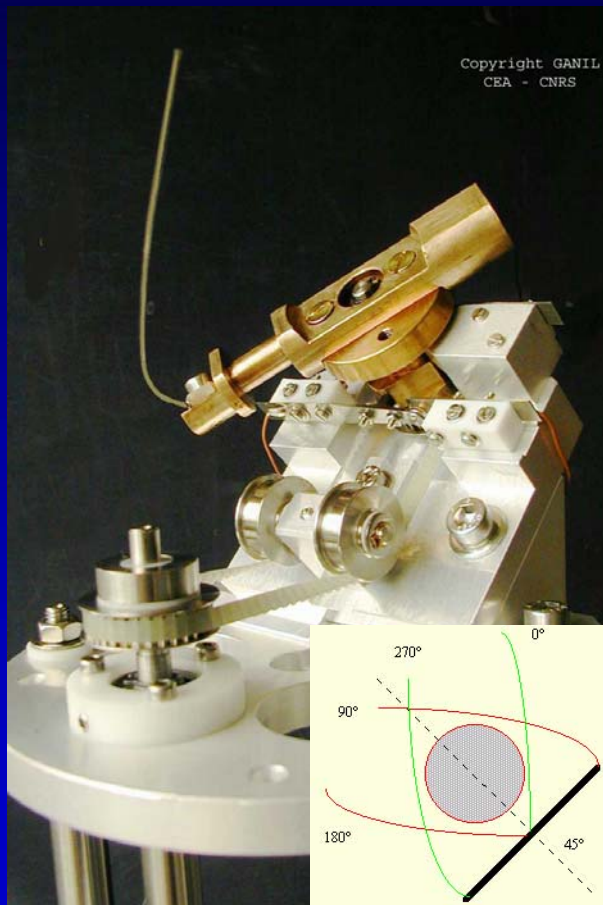


Les plans de fils

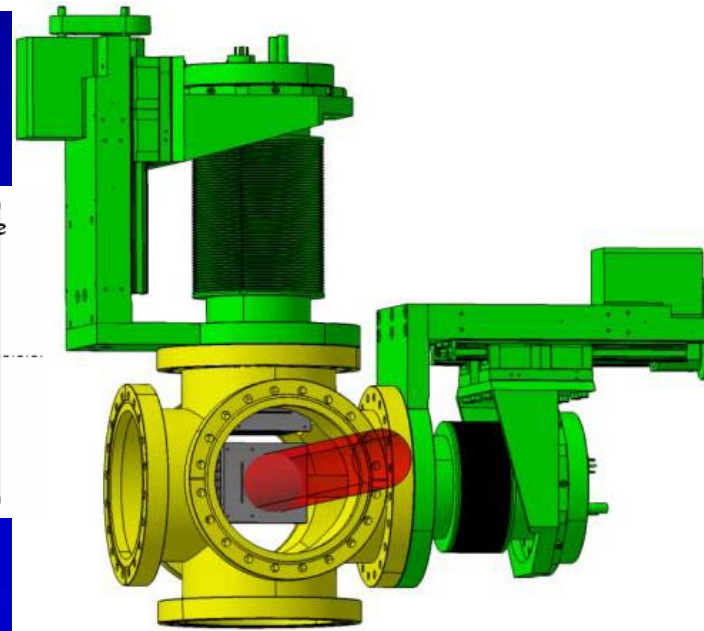
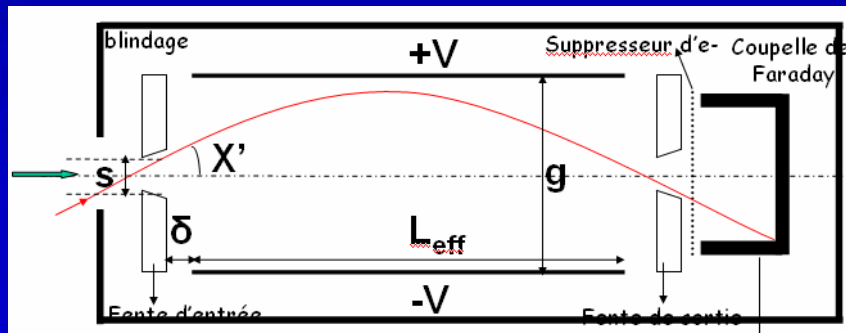
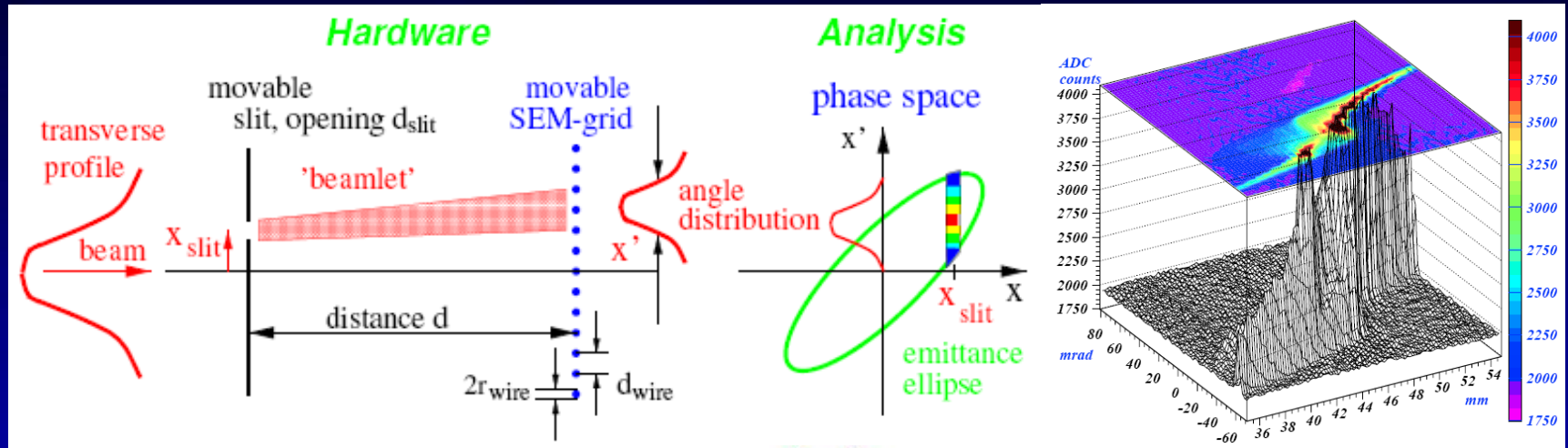


Les scanners à fil

Propriétés: moins interceptifs

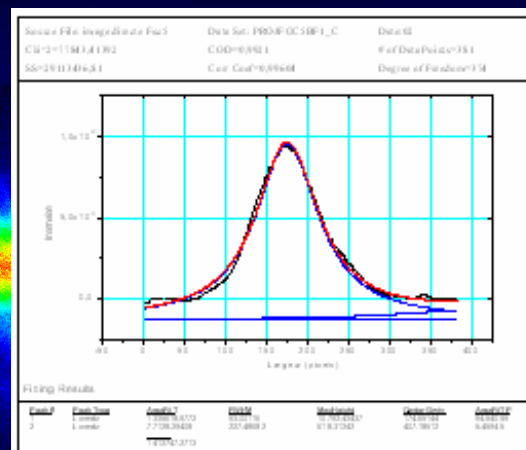
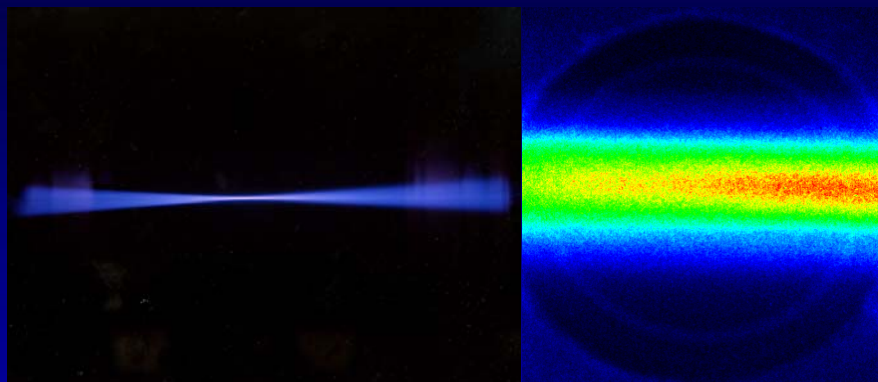


La mesure de l'émittance transverse

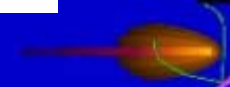
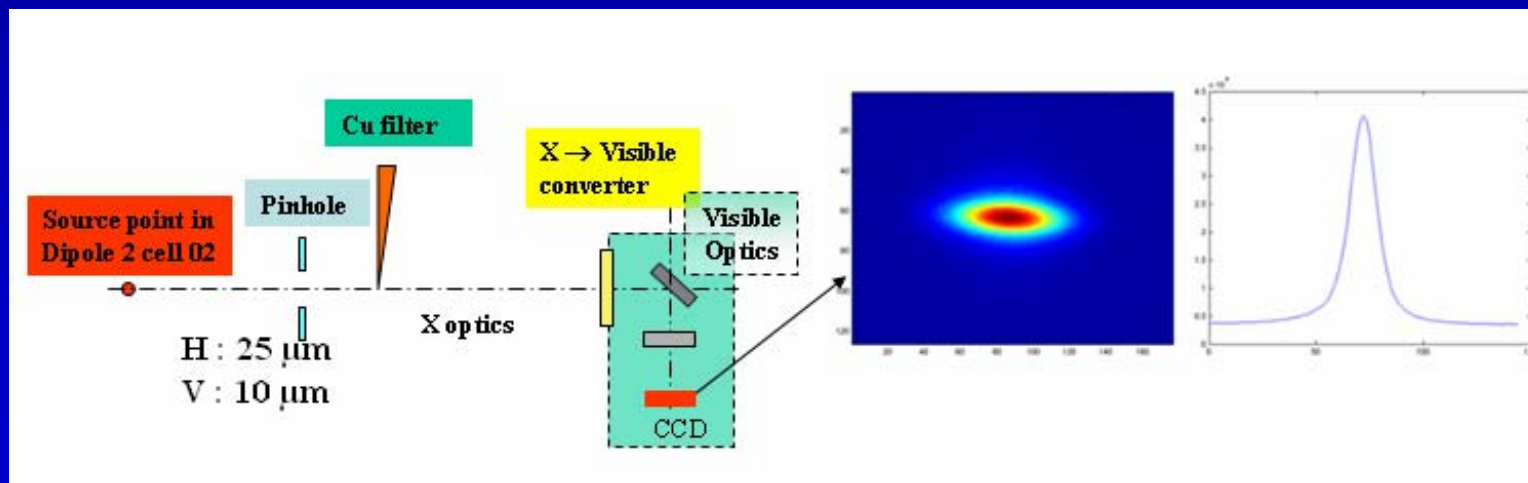


Profils@méthodes optiques

Fluorescence H⁺/gaz résiduel

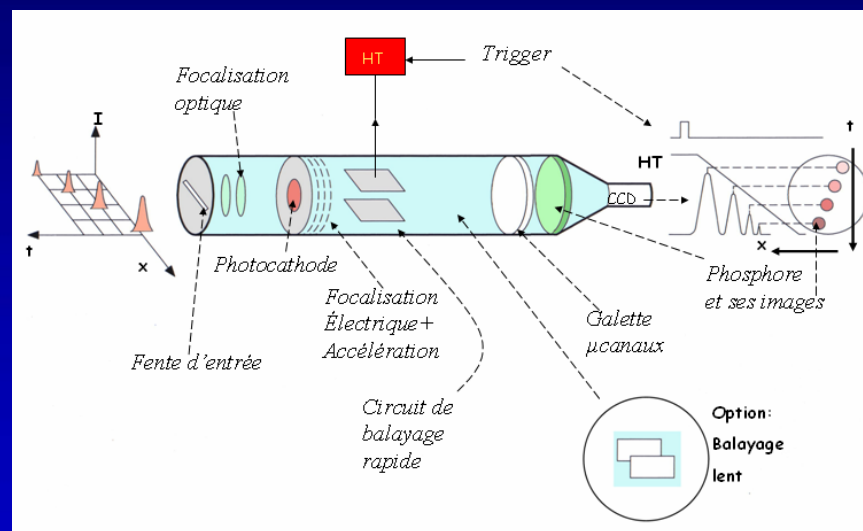
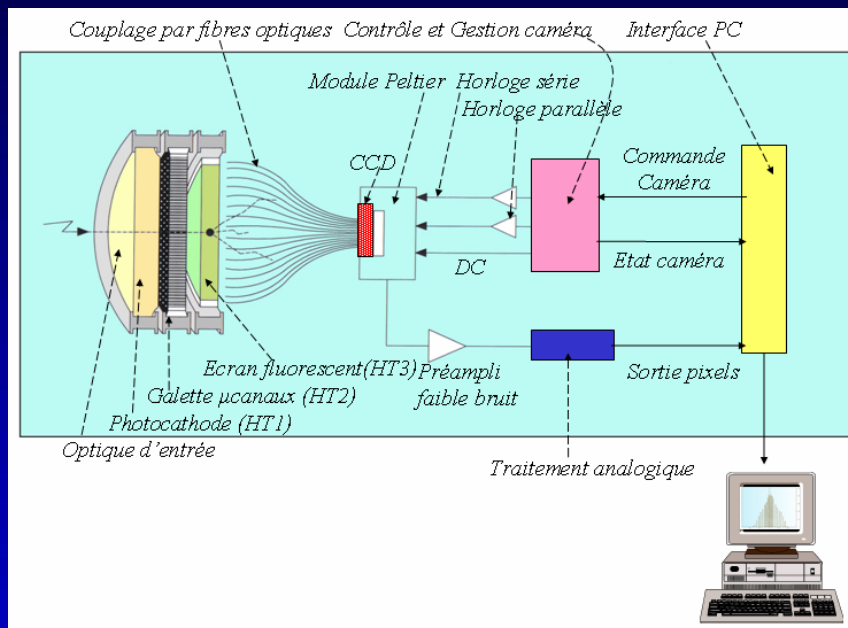


Rayonnement synchrotron



Profils@méthodes optiques

La caméra à CCD intensifiée



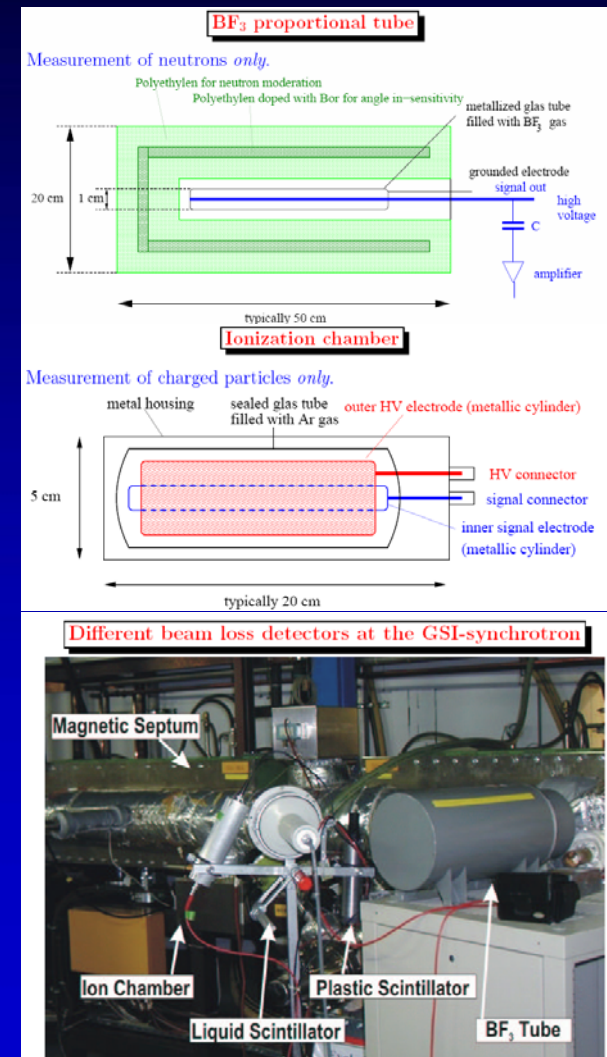
La caméra à balayage de fente

La mesure des pertes de faisceau

- Mesure sur un intervalle de temps déterminé.
- Localisation du nombre de particules perdues

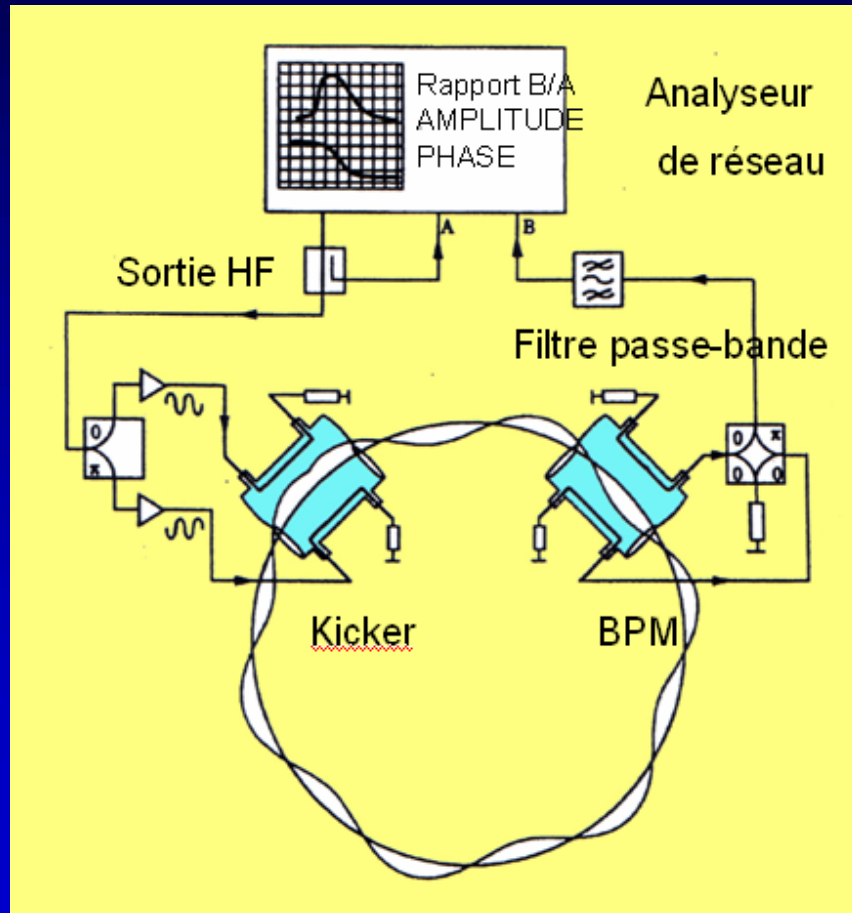
- Pertes rapides de faisceau:
Détection du niveau de perte nécessaire.
En général localisation des pertes non nécessaires
(cause: alimentation, pompe à vide, kicker..)

- Pertes lentes de faisceau:
Détecteur placé à l'extérieur du tube à vide:
Utilisation des principes physiques déjà vus
Autre méthode: Mesure différentielle entre les diagnostics de faisceau de l'accélérateur.



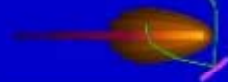
Applications des « pick-up »

Fonction de transfert du faisceau



Nombre d'ondes
Excitation du faisceau:
Impulsion $\tau \ll F_{\text{rev}}$

Fonction de transfert
Excitation faisceau:
1) Sinusoidale C.W.
2) Bruit blanc



L'avenir

What are the present challenges for beam instrumentation ?

Ever higher beam brightness



Comes with ever stronger focusing

Stronger focusing only beneficial and feasible if orbit, tune and chromaticity can be controlled with high resolution

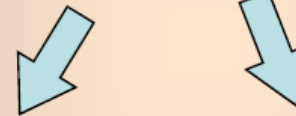
Needs instruments to resolve beams with sub-micron size in all 3 dimensions

SR sources
SASE FEL's
ERL's
Linear collider

Ever higher beam intensity

Higher stored beam energy in storage rings

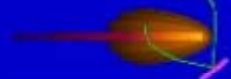
Higher beam power in synchrotrons and linear accelerators



Beam loss monitoring with very good coverage and reliability

Low noise, large bandwidth beam signals for feedbacks to fight collective instabilities

LHC
spallation neutron sources
 ν -beam facilities
ERL linacs
Rare Isotope production
Linear collider





**Ce fut un plaisir!
Merci de votre
courageuse
attention!!**

