

Accélération BRillante et Compacte ABRICO 231

Avancement du projet / Questions

Rappel des objectifs

Description du systeme

Partie générateur

Gestion de projet

Photocathodes (collaboration Strasbourg)

Capteurs de champ EM (collaboration Strasbourg)

Sources d'électrons et accélérateurs

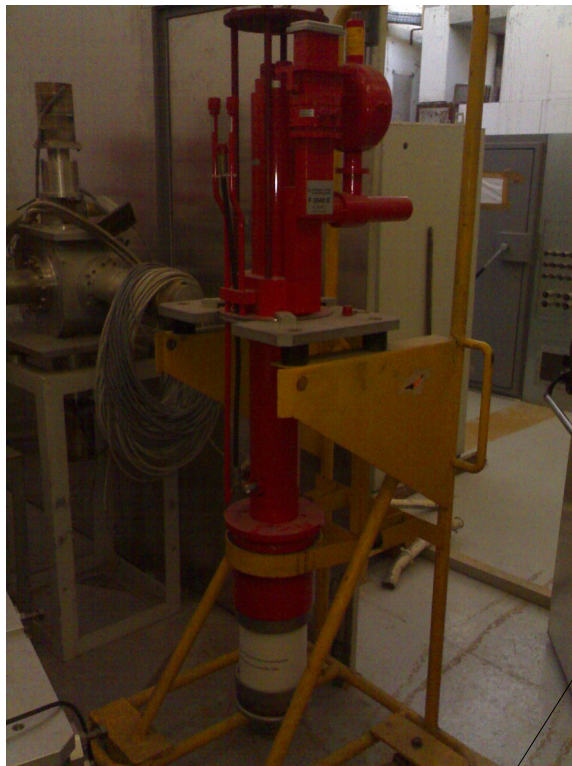
Installations actuelles/performances

Un modulateur+ 1 klystron

Cabine HT



+ la cuve à huile



Performances :

10MW modulateur/180kV

4 Mev canon

Emittance qq 10^{-6} m.rad

Charge 1nC, qq 10Hz

Longueur paquet 10ps

Diamètre faisceau qq mm

Photocathodes diverses,

Pour l'instant métal

+ l'accélérateur



6 mai 2015

**Lal/Dacc : + de 20 ans d'expertise et de conception
De canon RF; quelles nouvelles pistes ?...**

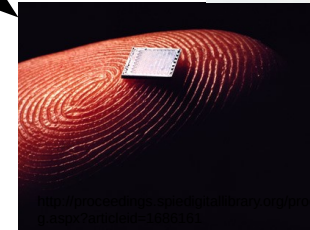
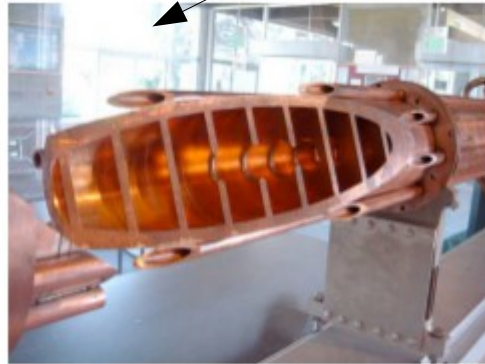
Futures sources de lumière et accélérateurs

Laser et fibre 2 μ



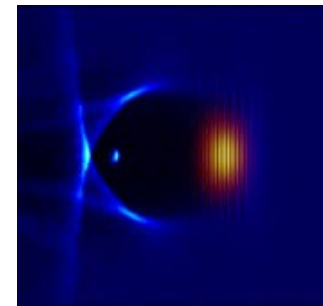
http://www.ipgphotonics.com/products_tlm_fim.htm

Un des points d'étude :
L'émission Cathodique



Photonique
20keV->1MeV

edin



Laser/plasmas
1MeV/nGeV
Exemple : 158pC pour
120GeV et 44 étages
Longueur totale du
Linac 100m, régime
semi-linéaire

>>10GeV/ 10m ?

Source : simulation
excel

Linac 3.2 km/60GeV (e+-)



"Projets" à 100TeV/100km ??

OBJECTIFS/DIRECTIONS DE RECHERCHE

- ✓ CATHODE EN REGIME PULSE
- ✓ EMISSION DE CHAMP
- ✓ CATHODE NANOSTRUCTUREE ET PHOTOEMISSION ASSISTEE PAR LE CHAMP
- ✓ ELECTRONS BASSE ENERGIE, POST ACCELERATION PAR INDUCTION OU DLA
- ✓ SOURCE QQ MeV A FAIBLE EMITTANCE
- ✓
- ✓ TRES FAIBLES CHARGES, FORT PrF

Dans l'esprit des travaux de PSI

<http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/LINAC08/papers/tup097.pdf>

Rappel des objectifs

Description du systeme

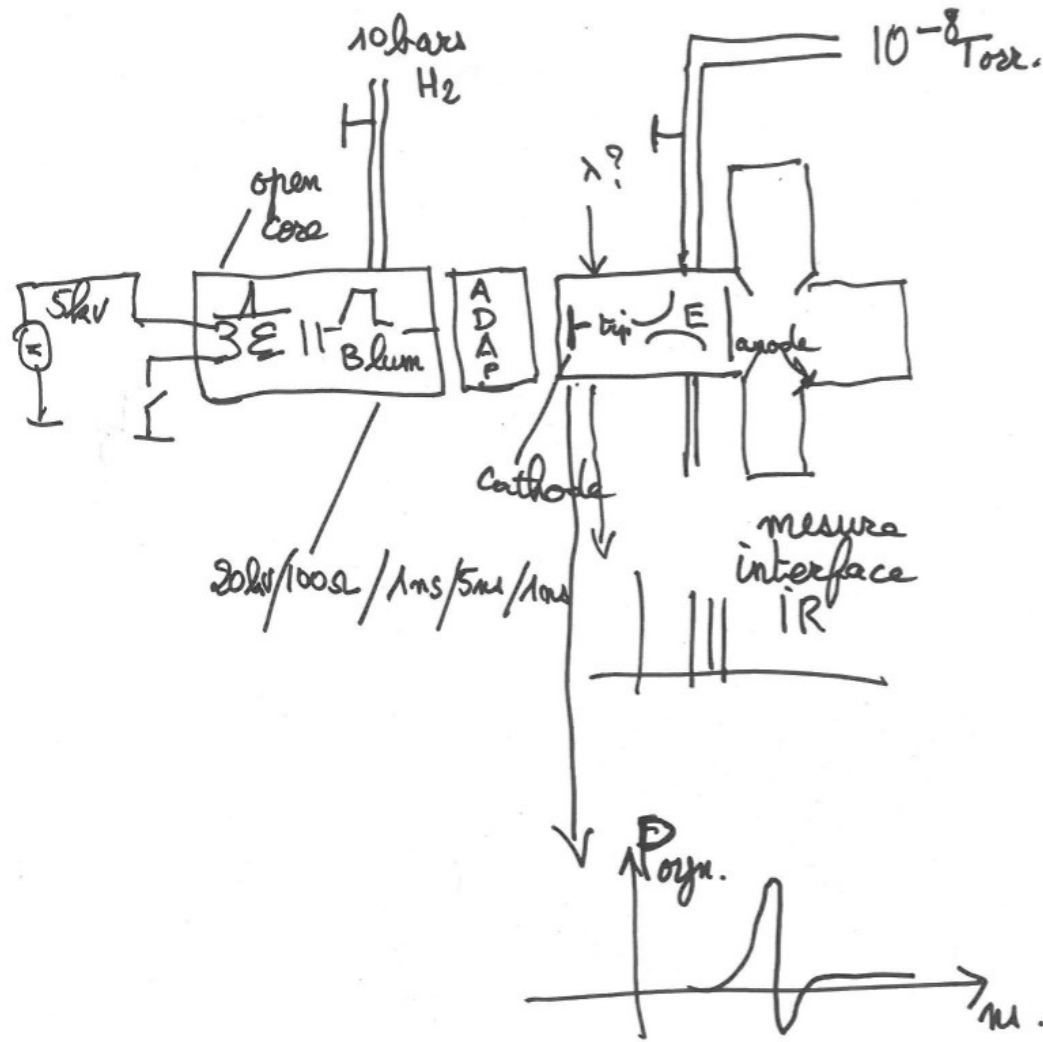
Partie générateur

Gestion de projet

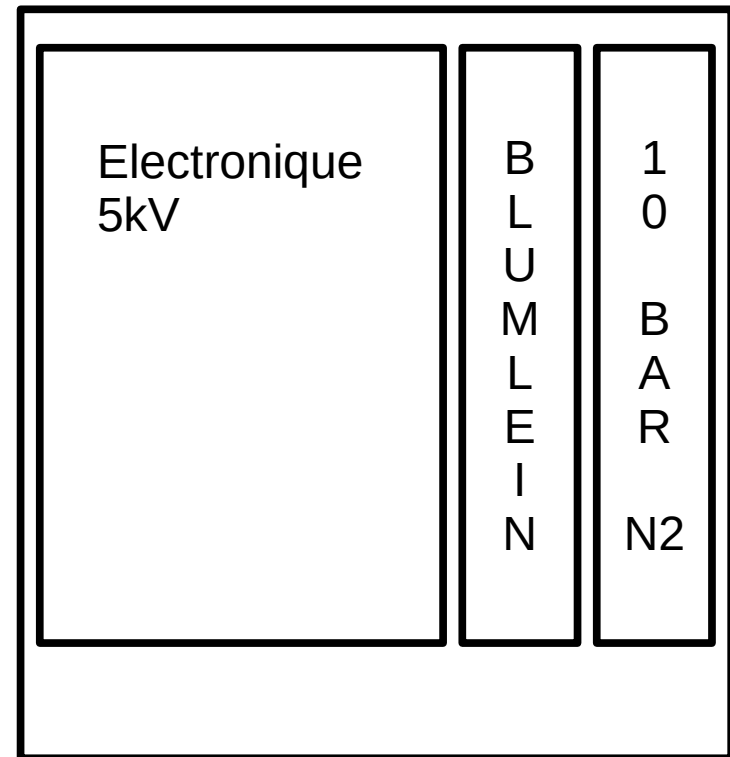
Photocathodes (collaboration Strasbourg)

Capteurs de champ EM (collaboration Strasbourg)

Abrico₂₃₁ / description du systeme



Décomposition générateur



Rappel des objectifs
Description du systeme

Partie générateur

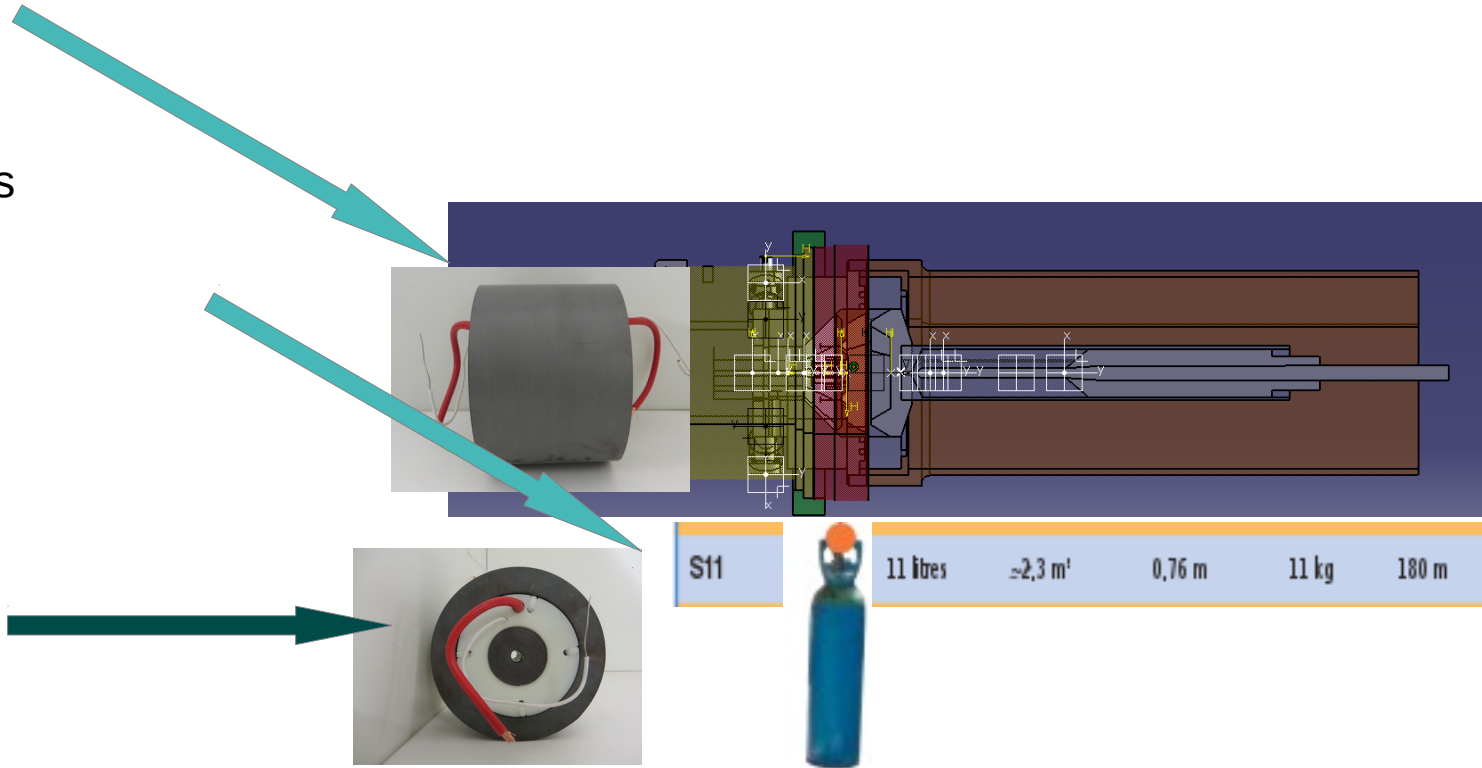
Gestion de projet

Photocathodes (collaboration Strasbourg)

Capteurs de champ EM (collaboration Strasbourg)

Générateur, avancement

- Plans formeur
- Définition N2 10 bars

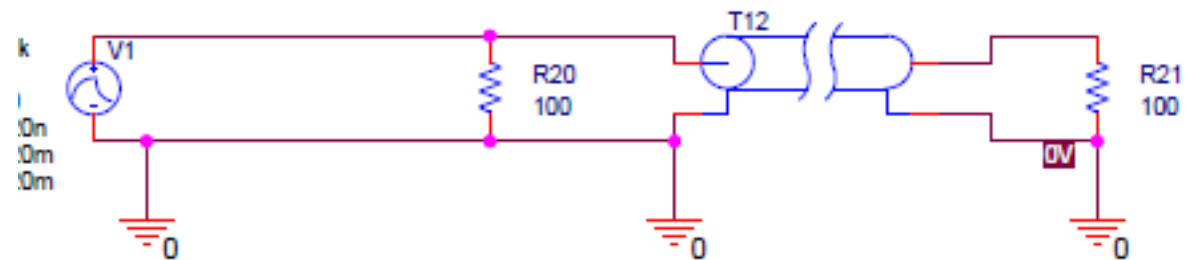


- Transformateur
- Approvisionnements reçus : hors N2, formeur
- Perçages et implantations finis

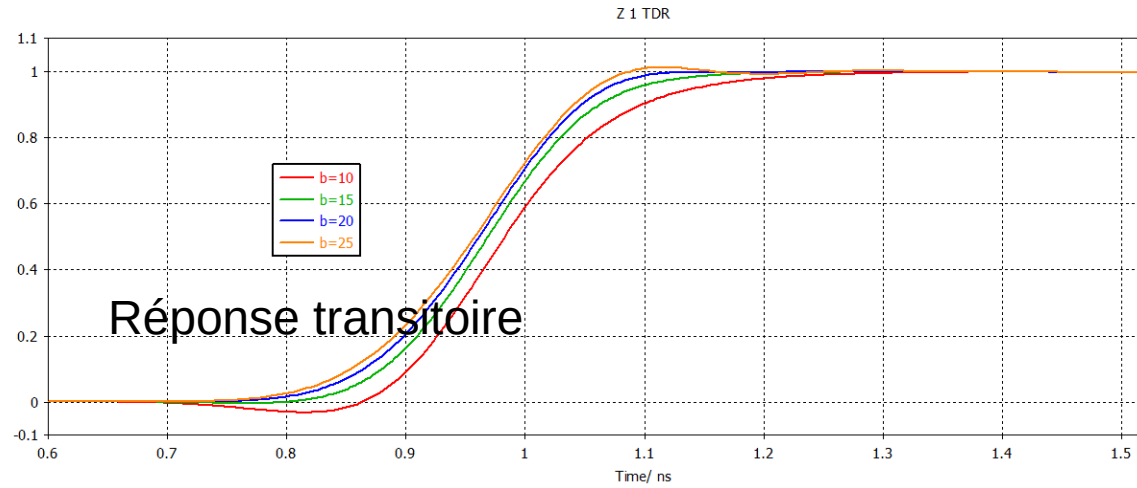
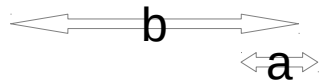
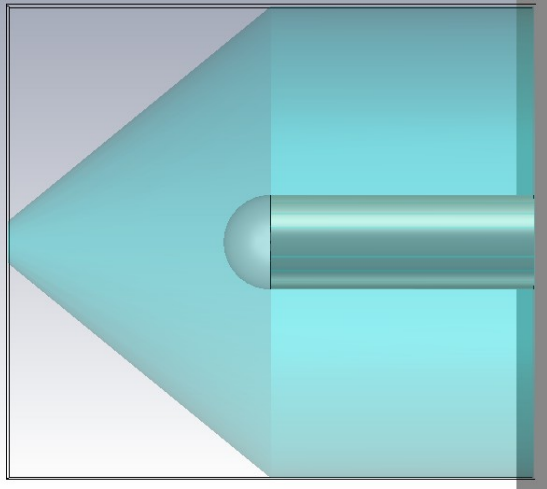
- A faire :

- fabrication Blumlein
- intégration au LPGP
- essais local 209a

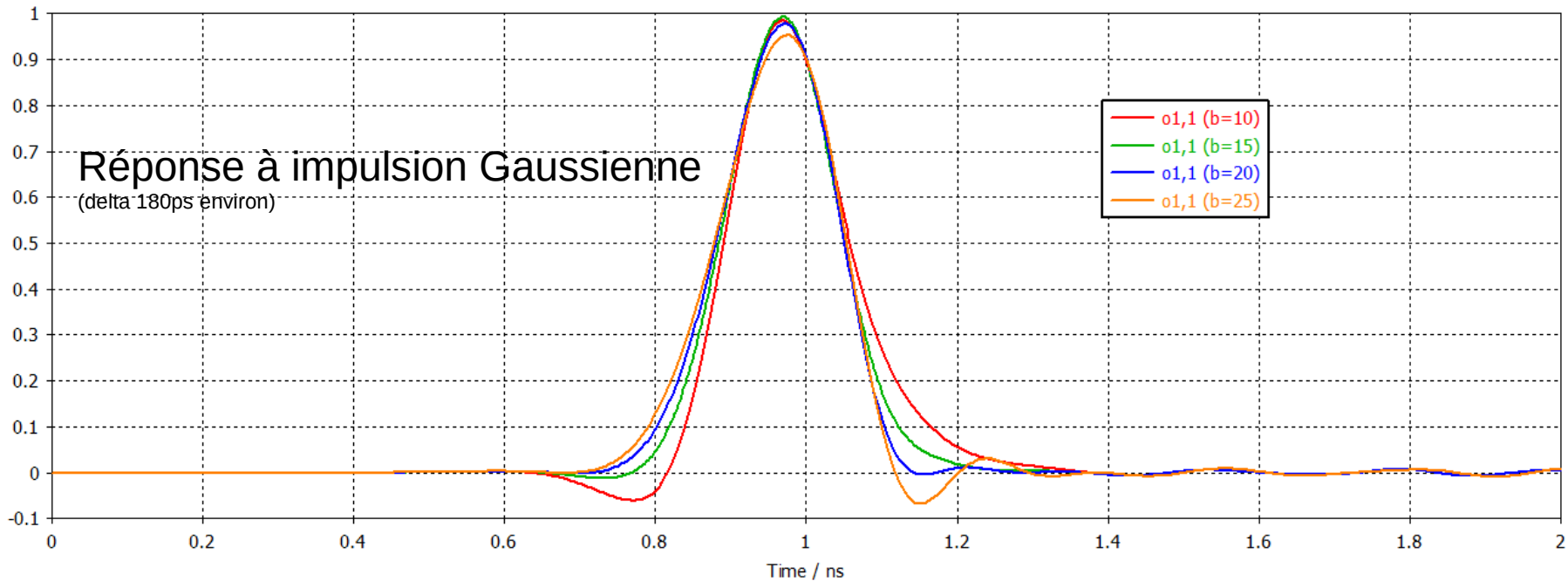
Équivalent (simple) électrique



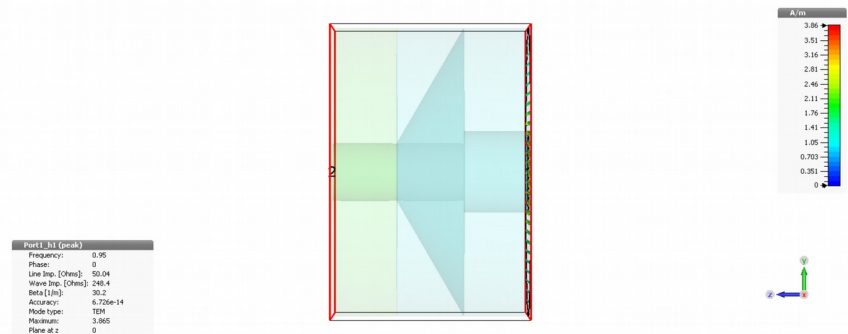
DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT OUVERT



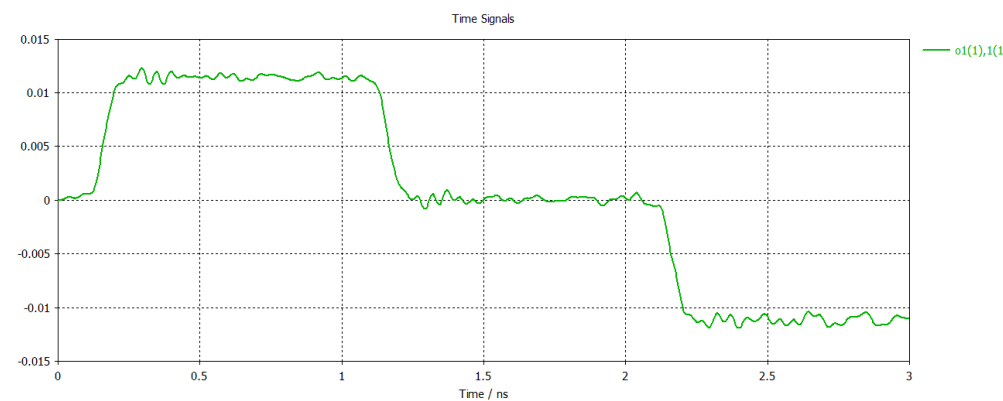
[Parametric Plot]



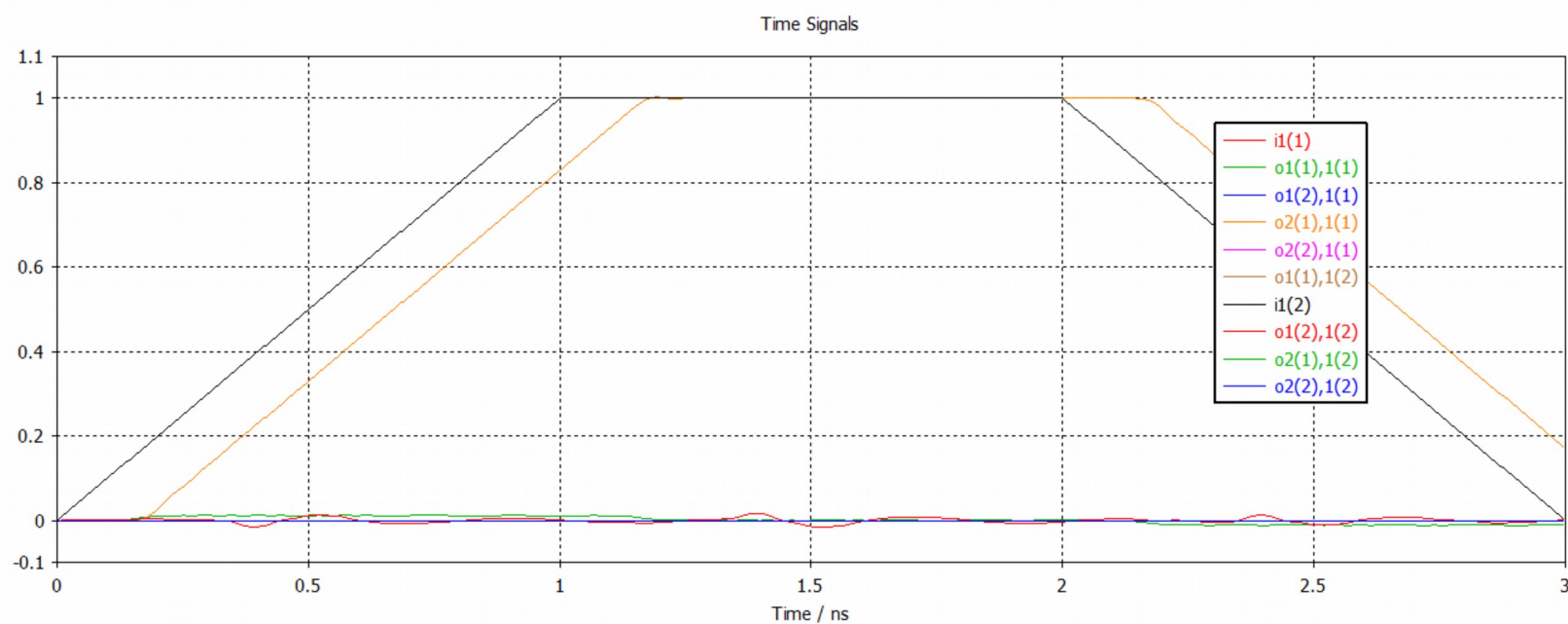
H(1, 1): TEM-mc



Optimisation des réflexions à l'interface

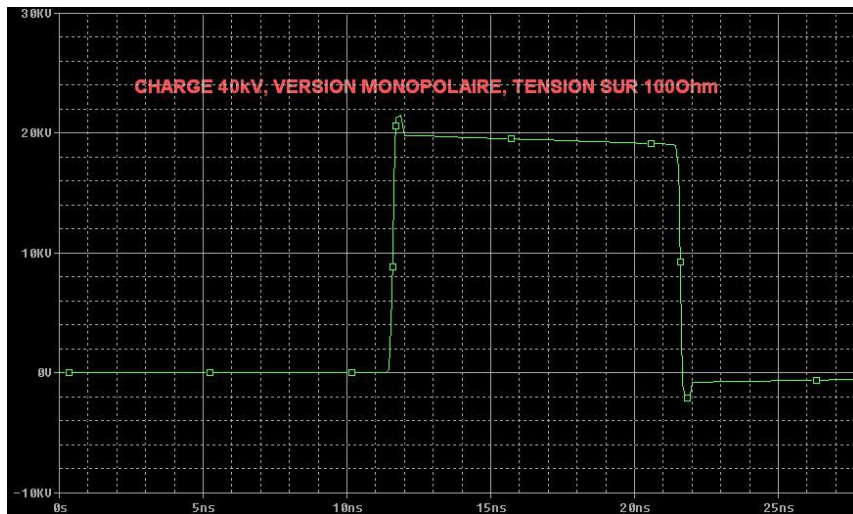


Calcul du temps de propagation à l'interface diélectrique



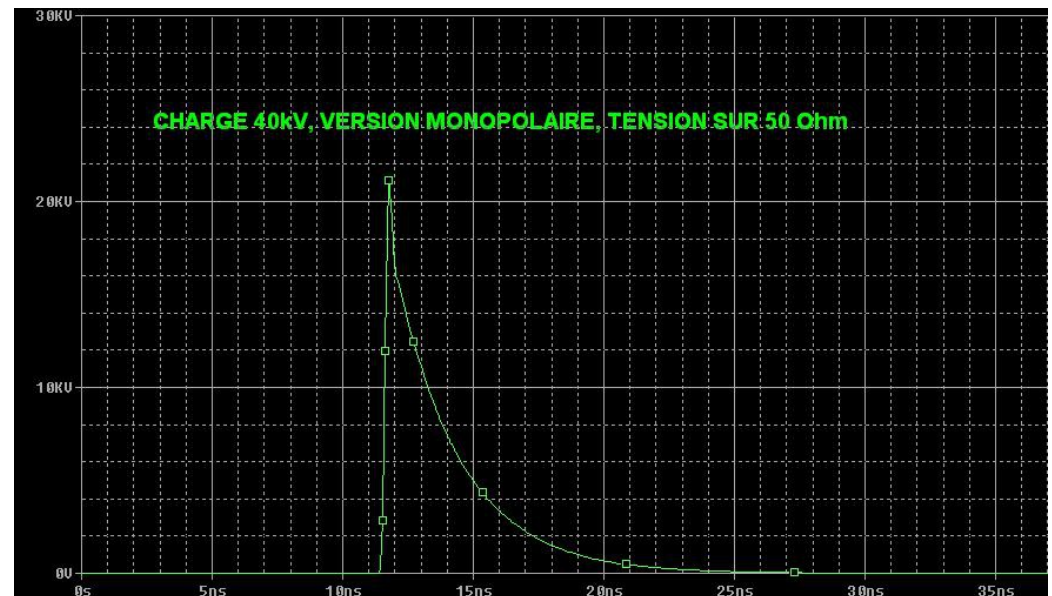
Formes d'onde monopolaires attendues

LPGP



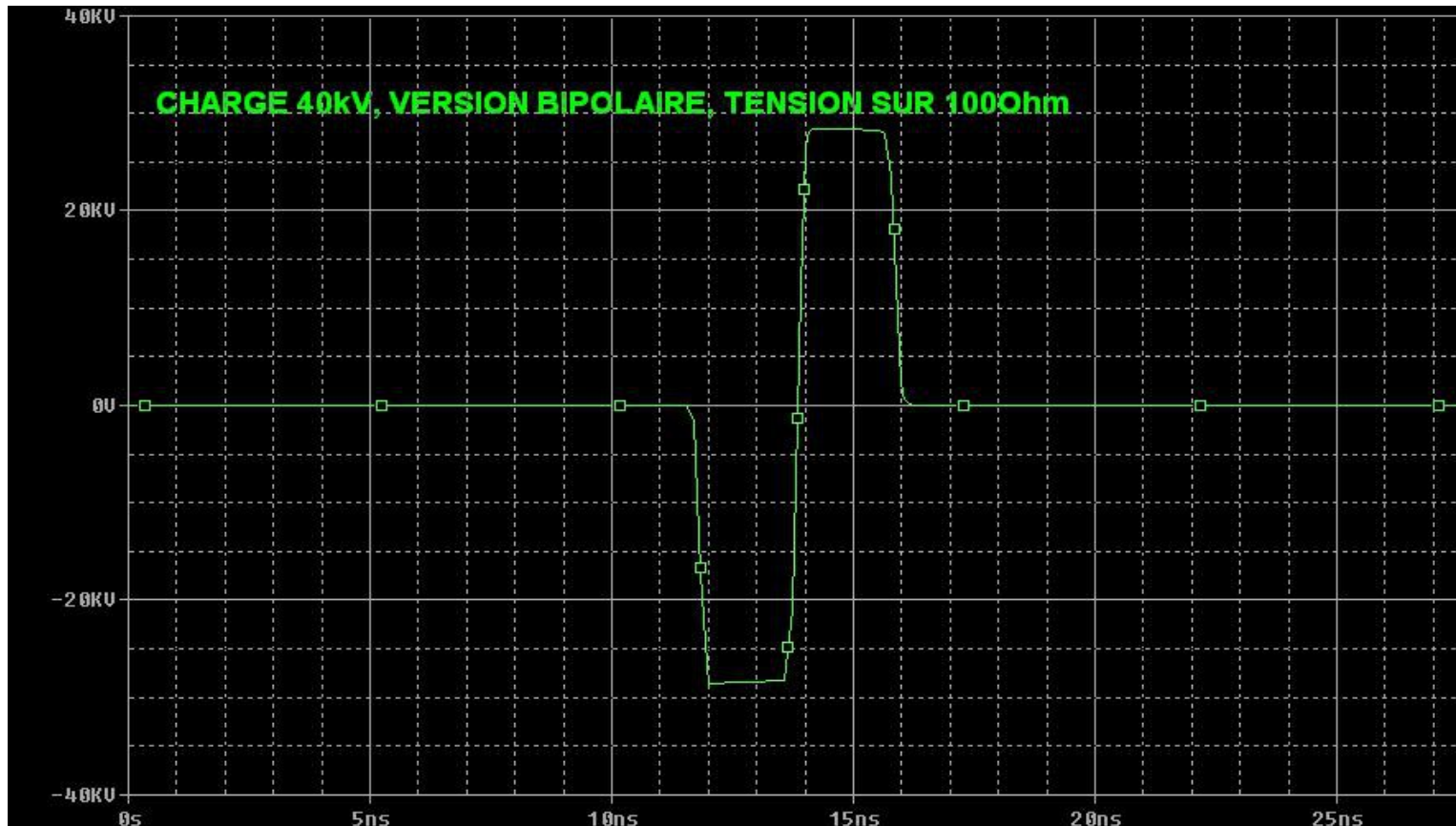
Générateur modifié : première modification
 largeur de l'onde : dépend du générateur,
 Délai : dépend de la ligne d'injection et du générateur
 Énergie stockée : importante, 10nF/40kV

Générateur modifié : deuxième modification
 Largeur de l'onde : dépend de la charge
 Et du condensateur de stockage
 Délai : dépend de la ligne d'injection
 Energie stockée : 100pF/40kV



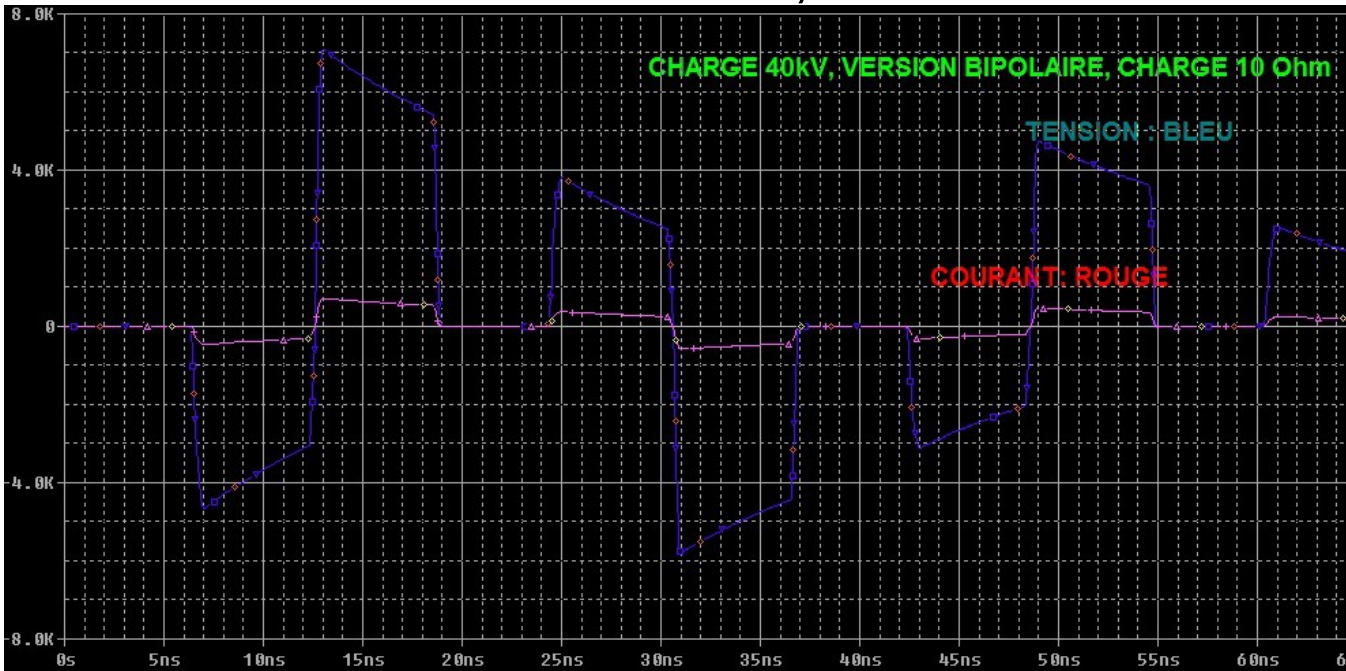
FORMES D'ONDE BIPOLAIRES ATTENDUES

- Emission de champ

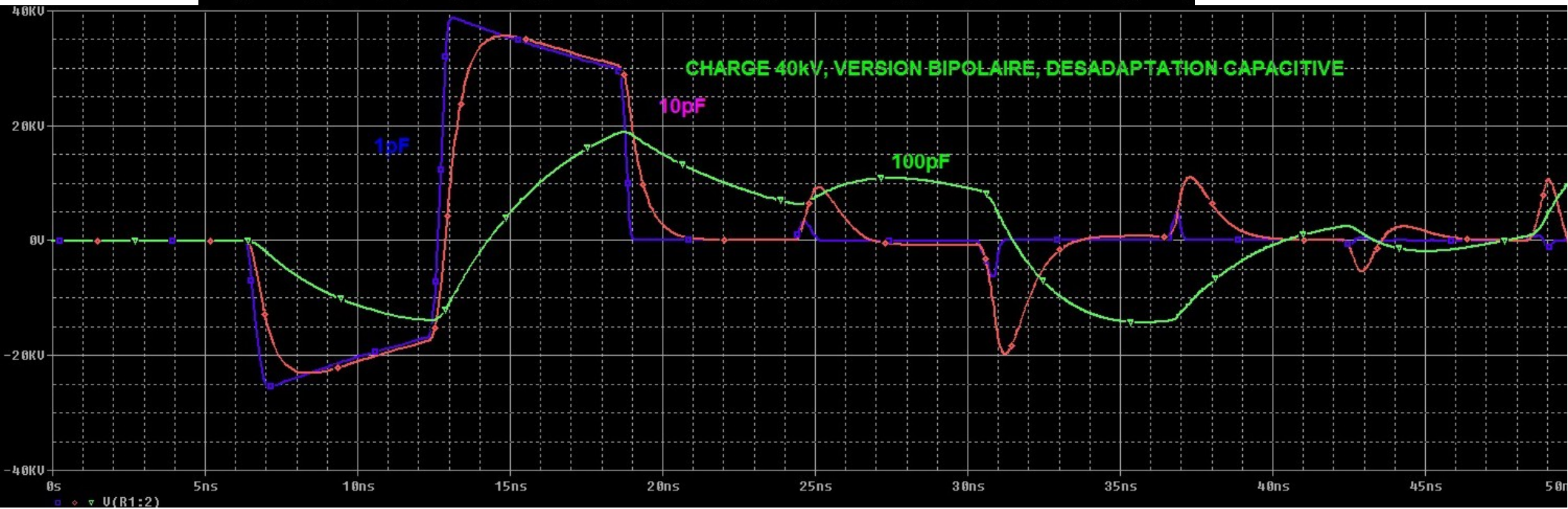


Largeur de l'onde : dépend du générateur,
Délai : dépend de la ligne d'injection
Energie stockée : faible, 100pF/40kV

FORME BIPOLAIRE, DESADAPTATION



Désadaptation :
effets résistifs



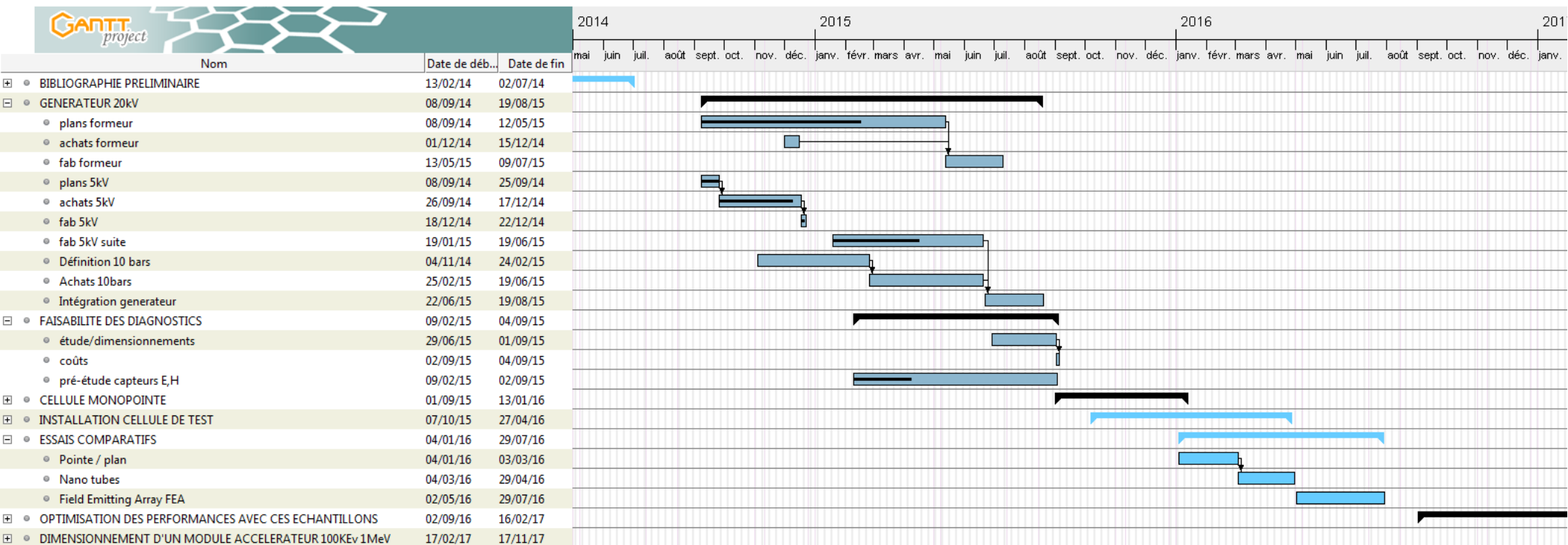
Rappel des objectifs
Description du systeme
Partie générateur

Gestion de projet

Photocathodes (collaboration Strasbourg)

Capteurs de champ EM (collaboration Strasbourg)

CALENDRIER



Formeur : plans finis en mai, fabrication juillet,
 Générateur : fabrication finie en juin, intégration août
 Diagnostics : vue plus précise en septembre
 Décalage 2 mois par rapport aux prévisions initiales.
 Investigations sur pointe seule à discuter

CALENDRIER suite

Abrico231		5 mai 2015	
Tâches		3	
Nom	Date de début	Date de fin	
lois d'émission	14/10/15	12/11/15	
dimensionnement focalisation	14/10/15	12/11/15	
achats	14/10/15	13/01/16	
fabrication et achat par LGEP	13/11/15	11/12/15	
intégration+capteurs E,H	03/09/15	06/10/15	
INSTALLATION CELLULE DE TEST	07/10/15	27/04/16	
reacteur	07/10/15	20/10/15	
porte échantillons mono pointe	21/10/15	14/12/15	
connecteurs HT	21/10/15	14/12/15	
Vide	15/12/15	04/01/16	
FOCALISATION	05/01/16	27/04/16	
Installation mécanique	05/01/16	07/03/16	
alimentation	08/03/16	06/04/16	
calibration	07/04/16	27/04/16	
DIAGNOSTICS			05/01/16 01/04/16
courant pulse anode	05/01/16	04/03/16	
tension pulse générateur	05/01/16	19/01/16	
charge, courant moyen	20/01/16	03/02/16	
optique d'alignement	04/02/16	04/03/16	
spectrométrie électronique	04/02/16	01/04/16	
pré-étude spectro Raman	05/01/16	21/01/16	
champ électrique/magnétique	22/01/16	09/03/16	
APPROVISIONNEMENT DES SOURCES FEA	02/12/15	21/04/16	
définition/achat nanotubes	07/03/16	17/03/16	
installation/calibration	10/03/16	18/04/16	
définition/achat FEA métal	02/12/15	15/12/15	
installation/calibration	18/03/16	21/04/16	
définition/achat DFEA	04/01/16	15/01/16	
I			

CALENDRIER suite

		5 mai 2015	
Tâches		4	
Nom	Date de début	Date de fin	
installation/calibration	02/02/16	15/02/16	
définition/achat réseaux métalliques gravés	02/02/16	15/02/16	
installation/calibration	02/03/16	15/03/16	
ESSAIS COMPARATIFS		04/01/16	29/07/16
Pointe / plan	04/01/16	03/03/16	
Nano tubes	04/03/16	29/04/16	
Field Emitting Array FEA	02/05/16	29/07/16	
OPTIMISATION DES PERFORMANCES AVEC CES ECHANTILLONS	02/09/16	16/02/17	
mise en oeuvre d'une source IR femto seconde (prêt)	02/09/16	04/11/16	
rendement par photoionisation	07/11/16	07/12/16	
emittance	08/12/16	13/01/17	
charge	16/01/17	16/02/17	
O			
IMENSIONNEMENT D'UN MODULE ACCELERATEUR 100KeV 1eV		17/02/17	17/11/17
compatibilité avec un canon RF	17/02/17	17/04/17	
accélérateur à induction	18/04/17	17/11/17	

BUDGET

- **GENERATEUR**

- Baie puissance : 4,7 kEu (1,1 kEu Dacc, 3,6 kEu LPGP)
- Formeur : 5 à 10 kEu ? Connu dès plans 2D
- Azote 10 bars : 2kEu

- **Cellule** : Une grande partie installée et financée par LgeP

- Chiffrage à évaluer , ultérieur

- **Diagnostics**

- Connu semestre 2 2015

- **Cathodes : POSTE ATTENDU CRITIQUE EN TEMPS ET PEUT-ETRE EN FINANCE**

- **Laser** : 40 kEu (Source informelle T Minea, LPGP)



Rappel des objectifs
Description du systeme
Partie générateur
Gestion de projet

Photocathodes (collaboration Strasbourg)

Capteurs de champ EM (collaboration Strasbourg)

Première synthèse de cathodes nano-structurées

Familles	détail matériaux	Substrat	largeur base	hauteur tips tips	rayon apex apex	pitch	diamètre	épaisseur	configurations géométriques
Cathode ferroelectrique	Réseaux argent (0.94 0.4 0.53 0.30 0.17 3Pb La (Zr Sn Ti)O	PLZT					21mm	1mm	
Field Emission Array (FEA)	B-doped (1016 cm ⁻³ , resistivity ~ 5 Ωcm), [100]-oriented Si wafer	Si(B)		1μ	25nm	20μ	N*pitch : 1 à 1000μ, ...		
Field Emission Array (FEA)	1000X1000 Diamants déposés par PECVD sur un moule Si obtenu par gravure et lithographie	Si avec micro cavités, brasure sur Mo	4μ		10nm	10μ			
FEA métallique, montage triode	1.2e5 Mo pyramides	Ni 0.3mm electroplated +1.2μ SiO ₂ film +0.5μ Mo gate	1.5μ	1.2μ			5.4 mm		
FEA metallique	>100,000 tips, 4.6-million tips.cm ⁻²								

Premices d'une géométrie :

- diamètre de cathode : quelques mm,
- hauteur des émetteurs : quelques μm,
- diamètre des émetteurs : environ 100nm, apex 25μm, $\beta \geq 100$
- espacement : environ 10μm, (donc 10 à 100000 émetteurs)
- motifs : selon la configuration de champ et le couplage éventuel avec le laser

Quelques candidats pour l'émission de champ

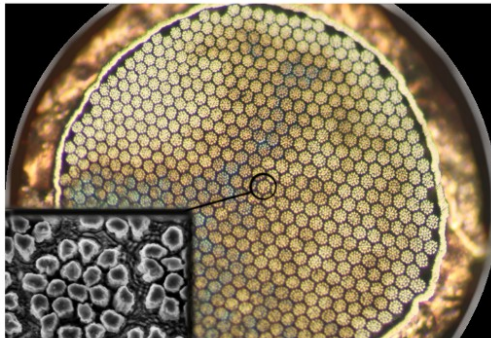


Figure 1: Multi-filament cathode (overall diameter 0.8 mm) with bundles of niobium filaments. The Nb filaments are arranged in bundles, one of which is shown in the close-up view (SEM picture). The cathode wire has a total of 14326 filaments, grouped in 754 bundles of 19 filaments each, (picture from [3]).

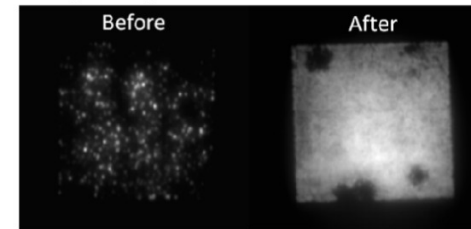


Figure 2: 224x224 array before and after pulsed conditioning

Dfea (Diamant)

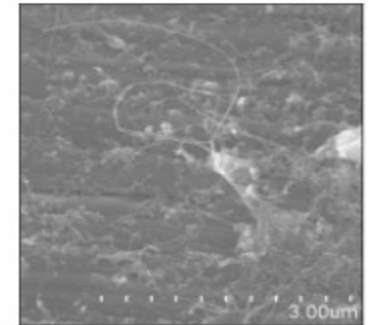
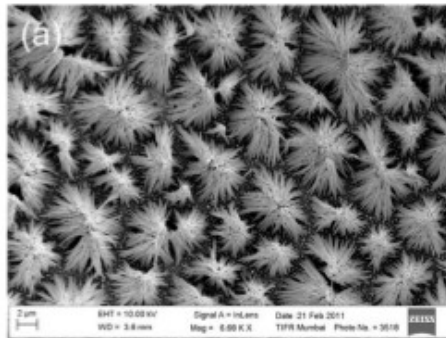
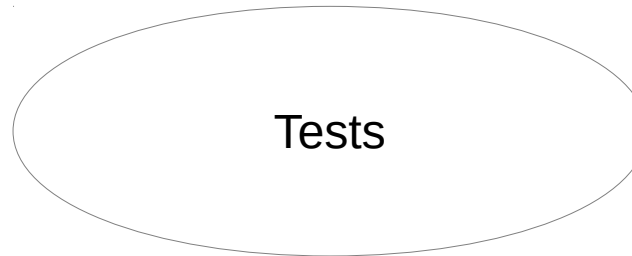
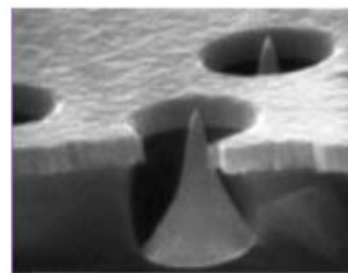


Figure 10: FE-SEM image of a CNTs cat

Nanotubes non structurés



Nanopointes métal (Ag)



Réseaux structurés avec grille

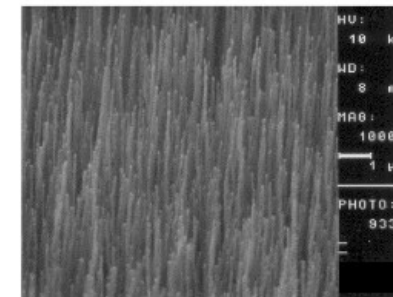


Figure 1: An aligned array of carbon nanotubes grown from a uniform catalyst.

Nanotubes structurés

EFFET DE CHAMP EN REGIME PULSE MECANISMES THEORIQUES

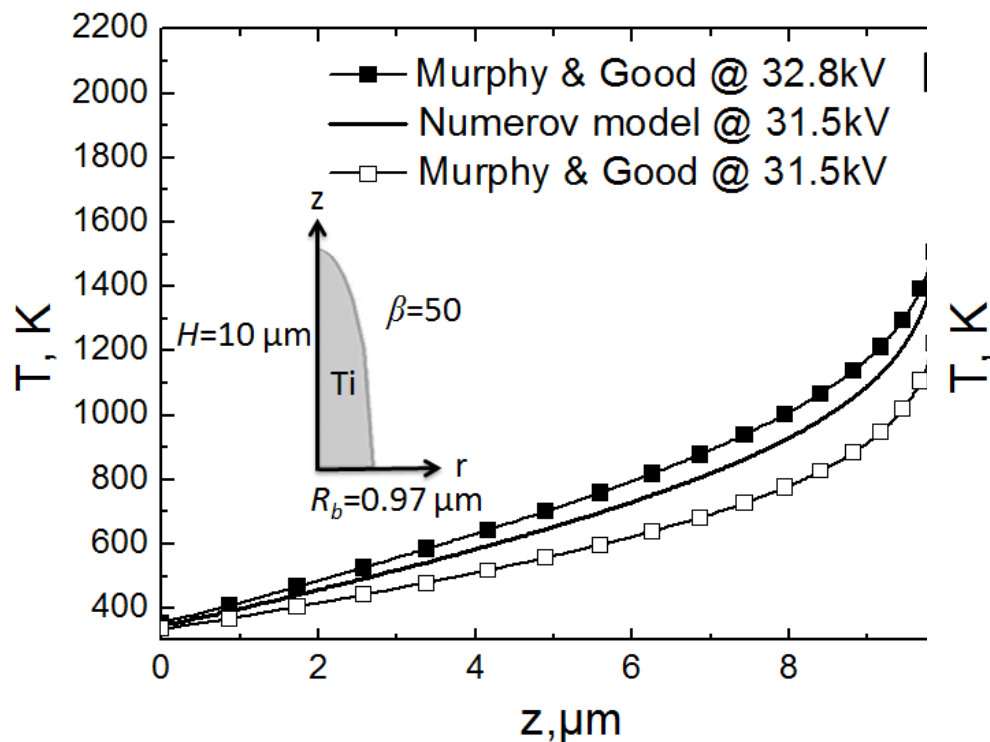


Fig. 1: Profile of normal current density at the surface (a) and axial profile of temperature (b) of a titanium elliptic tip for different emission models with $a_{gap} = 0.2 \text{ mm}$.

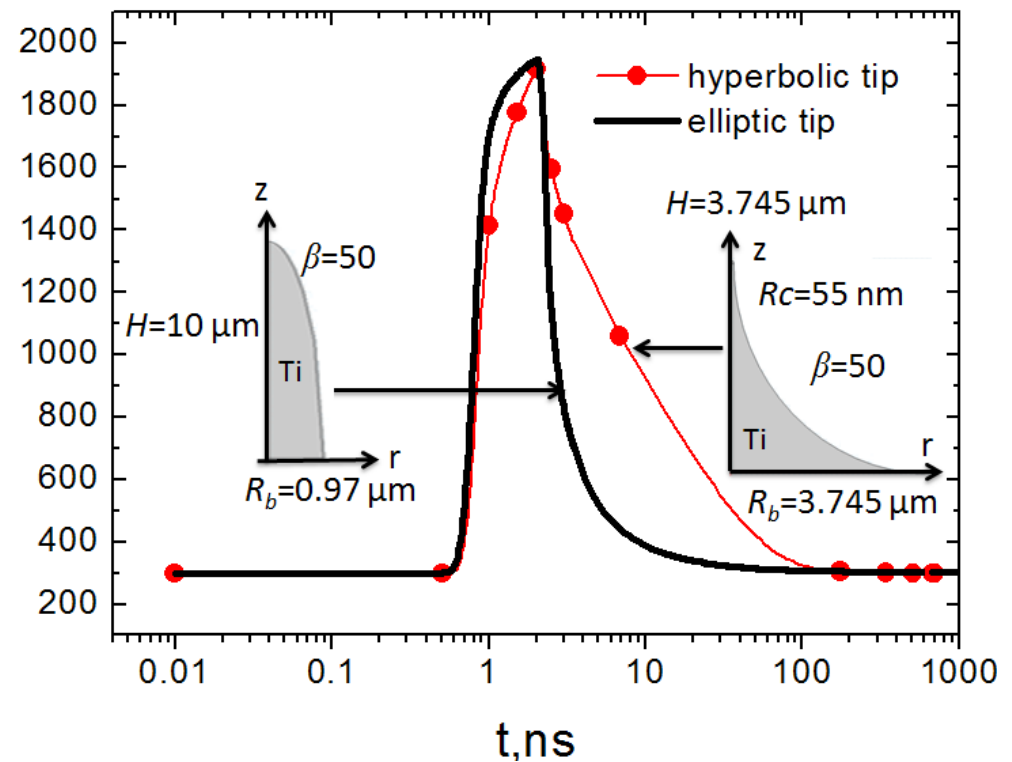


Fig. 6: Comparison of the temperature evolution between elliptic and hyperbolic geometry of a titanium roughness for the same configuration as in fig. 5.

Dimensionnement du chauffage en régime à fort PrF (100kHz)

COLLABORATION AVEC LPGP : Benjamin Sez nec, tiré de

Nanosecond pulses overtake the vacuum DC-breakdown voltage and current

RESUME SUR COLLABORATION CATHODES - STRASBOURG

- Meilleure définition à fournir (septembre), donc travailler sur l'étude des procédés,
- 3 idées proposées par Strasbourg : les bâtonnets ZnO auto-organisés, une matrice céramique, des couches minces,
- Strasbourg dispose de machines, et de procédés lithographie,
- Investigations et contacts éventuels à prendre avec Lille, Grenoble,...
- Principe d'un Master recrutable à Strasbourg pour l'étude et élaboration des cathodes

Rappel des objectifs
Description du systeme
Partie générateur
Gestion de projet

Photocathodes (collaboration Strasbourg)

Capteurs de champ EM (collaboration Strasbourg)



PRINCIPE D'UN CAPTEUR DE CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES FEMTO SECONDE

LES CAPTEURS DE CHAMP EM MICROMETRIQUES/ NANOMETRIQUES: UNE
RECHERCHE RECENTE (1980)

CHAMPS FAIBLES A MOYENS : Effet Kerr, Effet Pockels, ...

CHAMPS ELEVES : Franck Keldish, **RETOURNEMENT D'AIMANTATION** (magnetization reversal)

ORIGINE DU COUPLAGE : SPIN ORBITE :
IMAGE SIMPLE : $W = \mu \cdot B = k' L \cdot S$

B, champ magnétique extérieur, L moment orbital, S moment intrinsèque (spin)

L'ENERGIE D'ECHANGE VA FAIRE 'BASCULER' UN ENSEMBLE DE SPIN

MAIS : CONDITIONS SUR LES TEMPS

RELAXATION THERMIQUE/STATISTIQUE τ_{s1} : échange Spins/réseau (atomique) :

1 à 4ns Fixe la limite haute en temps d'acquisition (Fréquence de coupure basse)

REPONSE TEMPS DE REVOLUTION ORBITALE ELECTRONIQUE τ_{s2}

< 150 at Fixe la limite basse en temps d'acquisition (Fréquence de coupure haute)

ENTRE τ_{s1} et τ_{s2} le couplage induit une précession de
l'ensemble des spins



Capteur de champ Femto seconde, Applications envisagées

Les champ EM du faisceau sont très élevés, $3 \cdot 10^{14} \text{V/m}$ (10^6T)

Hors du faisceau, ($1 \mu\text{m}$) les champs sont quasi-nuls,

première évaluation numérique pessimiste, pendant l'interaction
 $54 \cdot 10^{-14} / \pi r \text{ V/m}$, au maximum !

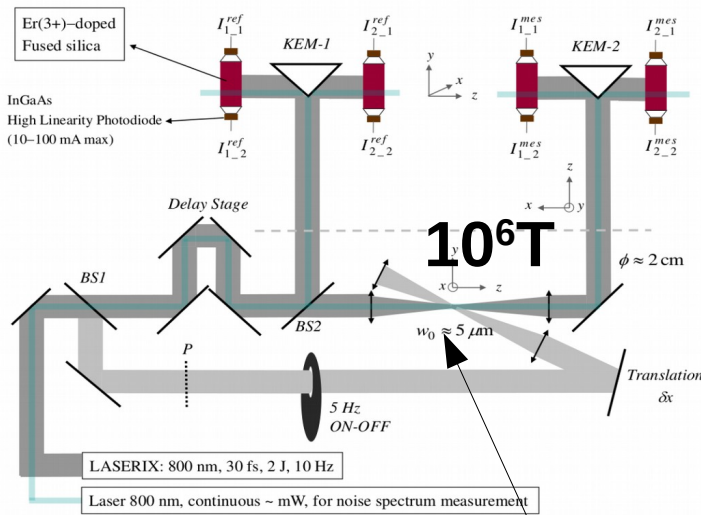
Le capteur doit tenir l'ultra vide, être sur un support sans vibrations, lu par laser synchrone...

Is light deflected by light ?
 A proposal to observe non linear QED effects in vacuum under very high electromagnetic fields

F. Couchot, A. Djannati-Atai, X. Sarazin, M. Urban

12 June 2014

Groupe de physique du Lal+Laserix



Lagrangien Heisenberg-Euler (champs effectifs)

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_0 + \delta\mathcal{L}$$

$$= \frac{1}{8\pi} (E^2 - B^2) + \frac{\xi}{8\pi} [(E^2 - B^2)^2 + 7(\mathbf{E} \cdot \mathbf{B})^2],$$

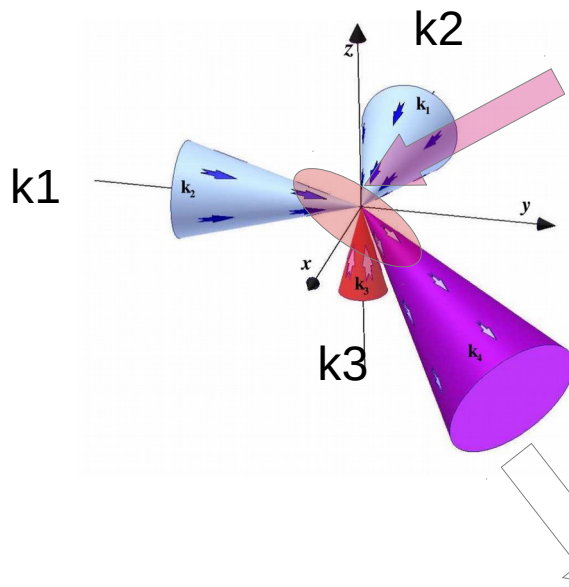
(Polarisation effective du vide)

$$\mathbf{P} = \frac{\xi}{4\pi} [2(E^2 - B^2)\mathbf{E} + 7(\mathbf{E} \cdot \mathbf{B})\mathbf{B}]$$

$$\mathbf{M} = \frac{\xi}{4\pi} [-2(E^2 - B^2)\mathbf{B} + 7(\mathbf{E} \cdot \mathbf{B})\mathbf{E}],$$

Hors du waist du faisceau : Champ quasi nul. Waist = qq mm; Zone d'interaction Zi = qqμm

Un exemple d'interactions 4-ondes :



Zône d'expansion du champ EM : ellipsoïde "résonant dans la direction k4"

Calcul du champ

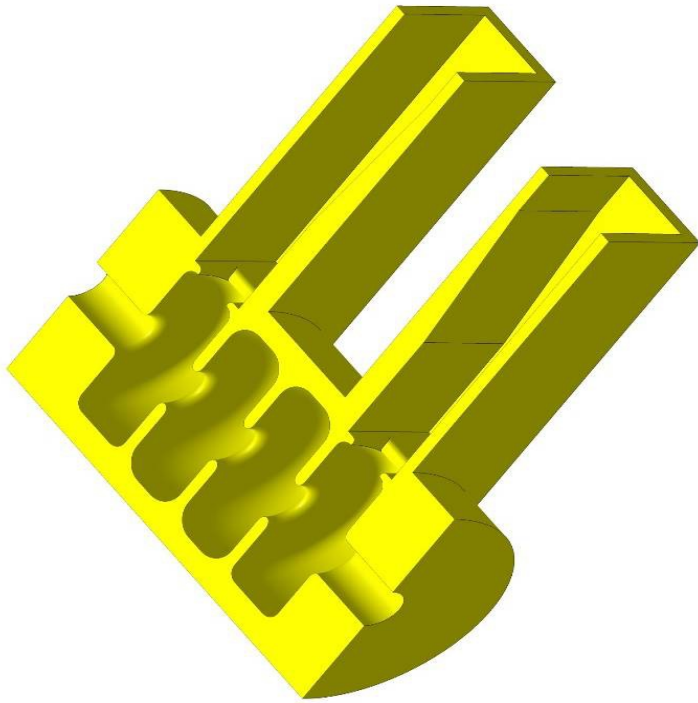
$$\bar{\mathbf{E}}_g(\mathbf{r}, t) = \frac{\xi k_4^2}{\pi r} \mathbf{G} e^{i(k_4 r - \omega_4 t)}$$

$$\times \int_{V'} (\tilde{\mathbf{E}}_1 \tilde{\mathbf{E}}_2 \tilde{\mathbf{E}}_3^*) \Big|_{t_R} e^{ik_4(\hat{\mathbf{k}}_4 - \hat{\mathbf{r}}) \cdot \mathbf{r}'} dV',$$

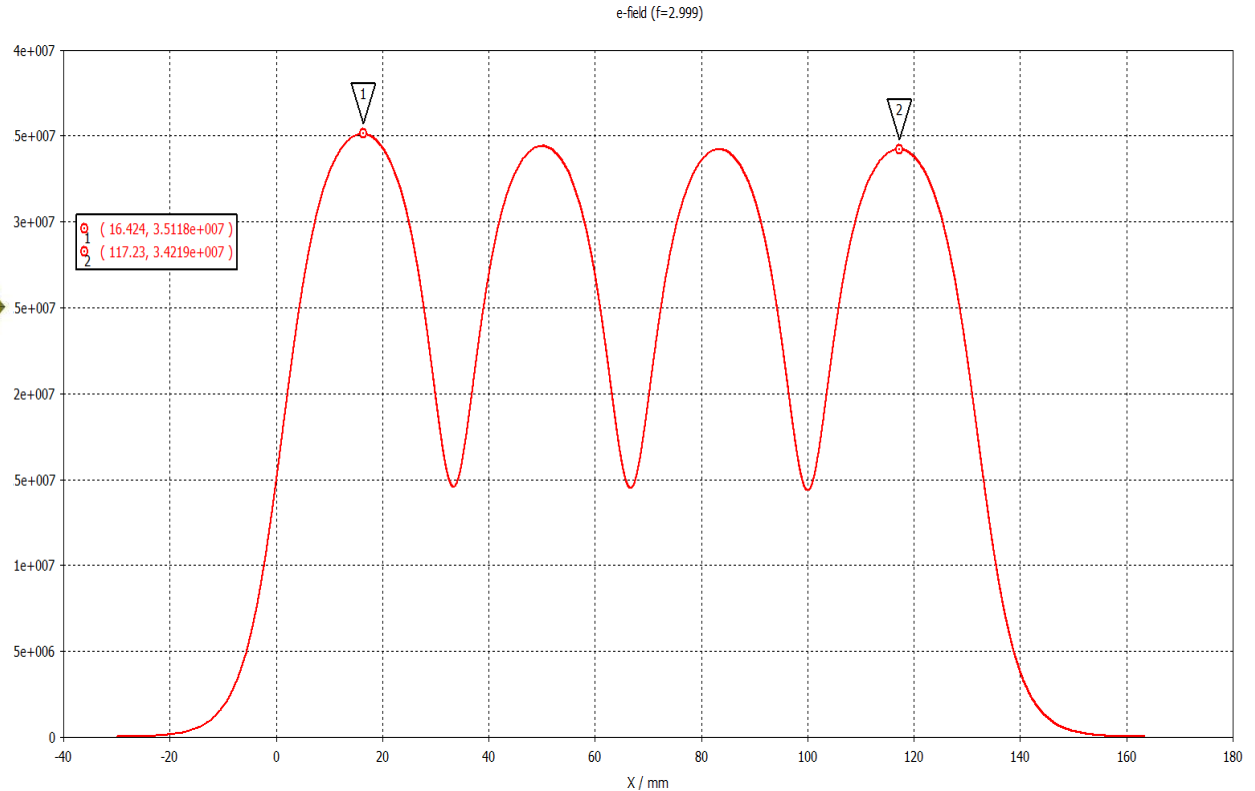
Facteur dimensionnel G : Optimisation $G^2 = 0.77$

D'où la mesure du champ est dans les régimes :
 temporel = femtoseconde
 spatial typique : $54 \cdot 10^{-14} \times G / \pi r$, au maximum !

Activité Coupleurs, Lal/Depacc



4 cells prototype

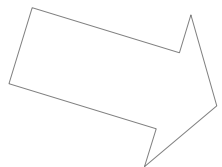


En projet :

Simulation d'un support transparent,

Evaluation des champs EM émis par le paquet d'électrons

Accelerating gradient along the structure @ 20 MW
peak (RF pulse length 3 μ s and repetition rate 50 Hz) –
35MV/m, 3Ghz



$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \epsilon_0 c r \tau} \left(1 - \exp\left[-\frac{r^2}{2\sigma_r^2}\right] \right) \exp\left[-\frac{t^2}{2\tau^2}\right] \frac{\vec{r}}{r}$$

Attention: provisoire,
Ne tient pas compte
De la cavité !!!

Materiau du support du capteur Pour insertion dans une cavité

Objectif : pas de ré émission de champ,

Fixation sur paroi (?)

Capture des données : lecture laser

Nature des données

Abrico 231 : mesure du champ du paquet d'électrons dans la cellule, perçu comme partie intégrante des diagnostics très utiles pour ce projet.

RESUME SUR PROJET COLLABORATION Dacc/DMONS (Strasbourg)

Perçu à DMONS comme recevable

Bonne répartition fonctionnelle des partenaires

A suivre : meilleure connaissance de l'environnement EM, définition du support, action commune type ANR envisageable

Prévisible : fourniture d'un premier échantillonnage pour équipement des diagnostic ABRICo₂₃₁, et installation dans la cavité RF