



<b>N/Référence</b>			<b>Descriptif</b>		Direction des sciences de la matière Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers
<b>Émetteur</b>	<b>N° chrono-année</b>	<b>Indice</b>	<b>Type</b>	<b>Processus</b>	
			<b>Référentiel</b>	<b>Projet</b>	

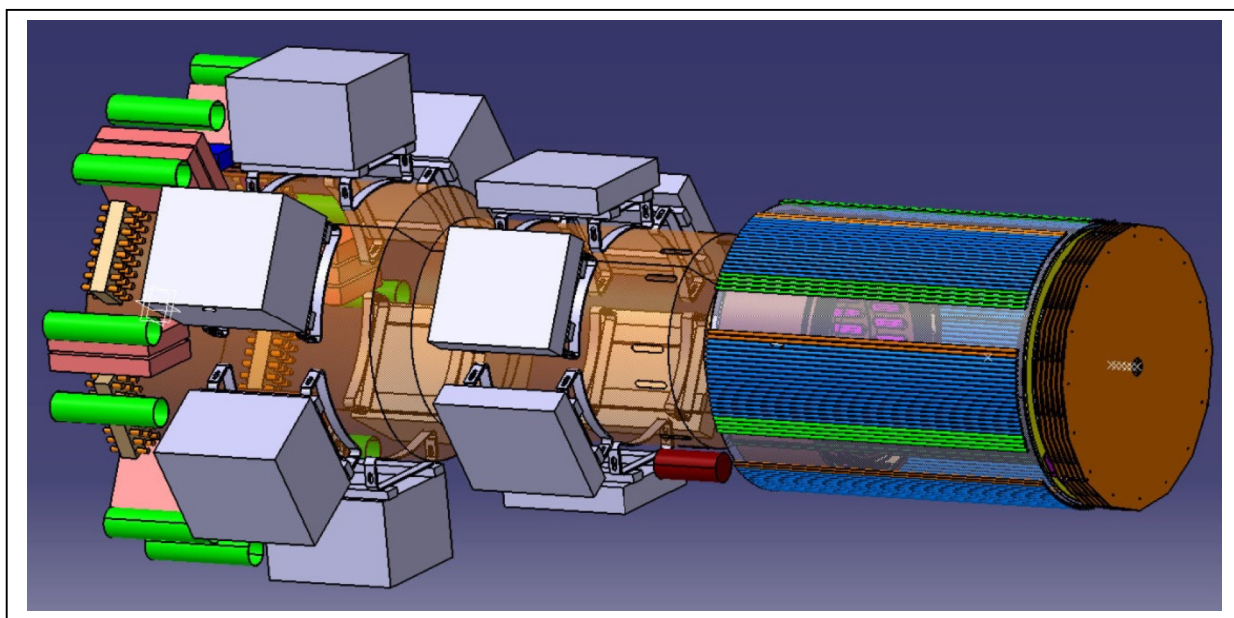
<b>Date Revue</b>	<b>N° de projet</b>	<b>EOTP</b>	<b>Référence</b>
18/11/2011	2075	A-HADRO-04-06-02	CLAS12-Tracker 0014
<b>Responsable Scientifique</b>		<b>Chef de Projet</b>	<b>Rapporteur</b>
Franck SABATIE (SPhN)		Stéphan AUNE (SEDI)	Patrice MICOLON (IRFU)

DIFFUSION					
ORGANISMES	Irfu-Dir	Irfu-SEDI	Irfu-SPhN	Irfu-SIS	Autres
<b>DESTINATAIRES</b>	Chef Institut Adjoints Assistants	CdS Adjoint C.P.	CdS Adjoint R.S.	CdS Adjoint .	Rapporteur . .

# REFERENTIEL PROJET

## ANNEXES

### CLAS12 Tracker



*HISTORIQUE DU DOCUMENT*

*Noms & Visas*

Ind.	Nature	Date	Auteur	RAQ	Vérificateur	Approbateur
		07/02/13	J. Giraud			

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>CONTEXTE SCIENTIFIQUE .....</b>	<b>4</b>
2.1	OBJECTIFS ET ENJEUX SCIENTIFIQUES .....	4
2.2	COLLABORATION.....	4
<b>3.</b>	<b>PRESENTATION DU PROJET .....</b>	<b>5</b>
3.1	INSTRUMENT.....	5
3.1.1	<i>Description globale de l'instrument .....</i>	<i>5</i>
3.1.2	<i>Options techniques .....</i>	<i>8</i>
3.2	ENJEUX TECHNOLOGIQUES .....	12
3.2.1	<i>Développements innovants.....</i>	<i>12</i>
3.2.2	<i>Application à d'autres expériences .....</i>	<i>12</i>
3.3	EXPLOITATION ET DEMANTELEMENT.....	15
3.3.1	<i>Contraintes et modalités de livraison .....</i>	<i>15</i>
3.3.2	<i>Contraintes et modalités d'exploitation (maintenance, « SAV ») .....</i>	<i>15</i>
3.3.3	<i>Contraintes et modalités de démantèlement .....</i>	<i>15</i>
3.4	STRATEGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES .....	15
3.4.1	<i>Organisation du traitement des données .....</i>	<i>15</i>
3.4.2	<i>Impact sur les systèmes informatiques du département.....</i>	<i>15</i>
3.4.3	<i>Développements logiciels .....</i>	<i>15</i>
<b>4.</b>	<b>ELEMENTS PRINCIPAUX INTERVENUS DEPUIS RDL....</b> Erreur ! Le signet n'est pas défini.	
<b>5.</b>	<b>ORGANISATION DU PROJET .....</b>	<b>16</b>
5.1	PLAN DE MANAGEMENT DU PROJET AU IRFU .....	16
5.1.1	<i>Responsabilités de l'IRFU et interfaces externes .....</i>	<i>16</i>
5.1.2	<i>Organisation à l'IRFU.....</i>	<i>16</i>
5.1.3	<i>Partenariats industriels envisagés .....</i>	<i>21</i>
5.2	PLAN DE DEVELOPPEMENT .....	21
5.2.1	<i>Analyse de risques et actions de maîtrise des risques projet.....</i>	<i>21</i>
5.2.2	<i>Risque Classique .....</i>	<i>21</i>
5.2.3	<i>Logique de déroulement .....</i>	<i>21</i>
5.2.4	<i>Politique des modèles ou prototypes .....</i>	<i>23</i>
5.3	PLAN ASSURANCE PRODUIT .....	24
5.4	LES LOTS DE TACHES IRFU .....	25
5.5	PLANNING GENERAL .....	25
<b>6.</b>	<b>RESSOURCES (Finalisation pour le 14/11/2011) .....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>JALONS (Finalisation pour le 14/11/2011).....</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>TABLEAU DE BORD INITIAL .....</b>	<b>25</b>
<b>9.</b>	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>25</b>
<b>10.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>26</b>
10.1	ANALYSE DE RISQUES DE LA REVUE DE LANCEMENT .....	26

## Table des illustrations

Figure 1 - Vue en coupe du détecteur central de CLAS12 avec un proton issu de la cible (au centre).....	5
Figure 2 - Schéma du Central Tracker de CLAS12 incluant le SVT, le MVT (Barrel et Forward).....	6
Figure 3 – Vue 3D du Tracker Micromegas .....	7
Figure 4 - Organisation de l'électronique de lecture.....	8
Figure 5 - Ensemble détecteur Barrel et Forward MVT dans l'aimant .....	9
Figure 6 - Probabilité de claquages en faisceau de hadrons de 2 GeV/c pour un détecteur Micromegas et deux détecteurs Micromegas-GEM, en fonction du gain.....	11
Figure 7 - Probabilité de claquages de la Figure 6, comparée à la simulation Geant4 (lignes continues) des trois détecteurs. ....	11
Figure 8 - Plateau d'efficacité et mesure de gains pour le grand détecteur PYD3 (début de plateau à 415 V). ....	12
Figure 9 - Etapes de réalisation d'une tuile de détection Barrel .....	22

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Caractéristiques des détecteurs composant le Barrel MVT .....	5
Tableau 2 - Liste préliminaire des informations de contrôles lors la réalisation des tuiles .....	21
Tableau 3 - Liste des prototypes de validation des concepts.....	23
Tableau 4 - Liste des prototypes de définition et des détecteurs de série .....	23
Tableau 5 - Risques programmatiques .....	27
Tableau 6 - Risques techniques .....	28

## 1. DOCUMENTS DE REFERENCE

Tous les documents de référence sont enregistrés dans le répertoire « CLAS12 » sur la zone Dapnia/Data/manip.

### Revue interne à l'Irfu

CSTS du SPHn :

- [1]. Minutes du SPHn du 09/10/06 : [http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/oct2006/CSTS-09\\_10\\_06\\_Minutes.pdf](http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/oct2006/CSTS-09_10_06_Minutes.pdf)
- [2]. Minutes du SPHn du 08/06/09 : [http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/jun2009/Minutes\\_CSTS\\_08\\_06\\_09.pdf](http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/jun2009/Minutes_CSTS_08_06_09.pdf)
- [3]. Minutes du SPHn du 14/06/10 : [http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/jun2010/Minutes\\_CSTS\\_14\\_06\\_10.pdf](http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/jun2010/Minutes_CSTS_14_06_10.pdf)

Revue Irfu :

- [4]. Minutes de la revue d'étape du 25/09/07 : DAPNIA/DIR-PROJ 07-080
- [5]. Relevé de décision de la revue d'évaluation du 26/01/10 : Irfu/Dir 012 2010 RD-Projet
- [6]. Relevé de décision de la revue d'étape du 23/06/10 : Irfu/Dir 157 2010 RD-Projet
- [7]. Minutes de la revue de lancement du 18/11/11 : Irfu/Dir 163 2011 RD-Projet

### Revue externe

Hall B Micromegas Design and Safety Review à JLab le 07/05/09

- [8]. Document remis aux reviewers "Micromegas Vertex Tracker Feasibility"  
[http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/jun2009/Ball\\_CLAS12\\_Annexes.pdf](http://irfu.cea.fr/Sphn/Csts/jun2009/Ball_CLAS12_Annexes.pdf)
- [9]. Report on "The Review of Micromegas Tracking Detectors for CLAS12"

CLAS12 Central Detector Meeting à Saclay les 02-03/12/09

- [10]. Lettre de Hugh Montgomery du 21/12/09

Micromegas for CLAS12 Central Tracker Review à Jlab les 22-23/11/10

### Publications

- [11]. "Measurements of the Lorentz angle with a Micromegas detector in high transverse magnetic fields", P. Konczykowski et al., *NIM A 612 (2010), 274*
- [12]. "Discharge studies in Micromegas detectors in low energy hadron beams", G. Charles et al., *NIM A 648 (2011), 174*
- [13]. "Discharge rate measurements for Micromegas detectors in the presence of a longitudinal magnetic field", B. Moreno et al., *NIM A 654 (2011), 135*
- [14]. "Discharge studies in Micromegas detectors in a 150 GeV/c pion beam", S. Procureur et al., *NIM A 659 (2011), 91*
- [15]. "Micromegas detectors for CLAS12 ", G. Charles, *NIM A xxx (2012), en cours d'impression*
- [16]. "SOCRAT: a Software for CLAS12 Reconstruction And Tracking", S. Procureur, *CLAS-note 2008-015*

### Documents projet

- [17]. MoU CEA-IN2P3-JLab 2009
- [18]. "Baseline Design for a Silicon-Micromegracker", S. Aune et al., *CLAS-note 2010-003*
- [19]. MoU Technique CLAS12 transmis à JLab, en attente de retour (voir annexes)
- [20]. Analyse de risques Irfu du 24 octobre 2011
- [21]. Analyse de risques Irfu du 05/02/2013 (mise à jour de celle du 24/10/2011)
- [22]. Référentiel projet « Draft » du 18/11/2011
- [23]. Annexes au référentiel projet V2R1 du 07/02/2013

## CONTEXTE SCIENTIFIQUE

### 1.1 OBJECTIFS ET ENJEUX SCIENTIFIQUES

### 1.2 COLLABORATION

## 2. PRESENTATION DU PROJET

### 2.1 INSTRUMENT

#### 2.1.1 Description globale de l'instrument

##### 2.1.1.1 Description fonctionnelle

###### 2.1.1.1.1 Détecteurs

Le Micromegas Vertex Tracker (MVT) sera composé d'une partie cylindrique autour de la cible de CLAS12, le Barrel Micromegas Tracker (BMT), et d'une partie sur l'avant de ce dernier, le Forward Micromegas Tracker (FMT). La partie Barrel assurera la reconstruction des particules entre 35° et 125°, en combinaison avec un Silicon Vertex Tracker (SVT). Des simulations ont montré que la configuration optimale correspondait à 3 doubles couches polygonales de Silicium entourées de 3 doubles couches de Micromegas, comme illustré sur la Figure 1. Afin de remplir les spécifications en résolution détaillées en Section 2.1.2.2, les pistes du Barrel seront disposées à 0 et 90° (détecteurs Z et C respectivement) par rapport à l'axe faisceau. Cette disposition nécessite une structure des Micromegas en cylindres plutôt qu'en polygones pour ne pas multiplier le nombre de voies, utilisant ainsi la technologie *bulk* de fabrication de détecteurs souples et minces. Chaque cylindre sera constitué de 3 détecteurs en tuile couvrant 120°. Les caractéristiques géométriques de chaque tuile sont résumées dans le Tableau 1. Les pitches des détecteurs Z et C ont été fixés à 540 et 270 microns respectivement, conduisant à un total de 20 000 voies d'électronique pour le Barrel et 6 000 pour le Forward.

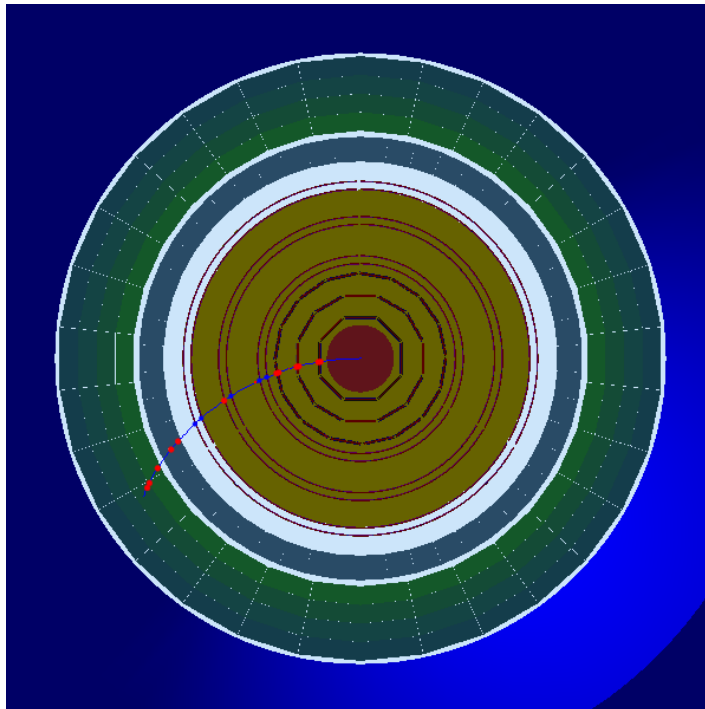


Figure 1 - Vue en coupe du détecteur central de CLAS12 avec un proton issu de la cible (au centre).

	Rayon (mm)	Surface active par tuile (mm <sup>2</sup> )	Capacité totale par tuile (nF)	Nombre de pistes par tuile	Surface par cylindre (m <sup>2</sup> )	Nombre de piste par cylindre
CR4-C	150	364x314	9,5	1350	0,34	4050
CR4-Z	160	370x335	10,5	620	0,37	1860
CR5-Z	180	413x377	13	700	0,47	2100
CR5-C	190	420x398	14	1560	0,5	4680
CR6-Z	215	438x450	16,5	830	0,59	2490
CR6-C	225	445x471	17,5	1650	0,63	4950
<b>total</b>					<b>2,9</b>	<b>20130</b>

Tableau 1 - Caractéristiques des détecteurs composant le Barrel MVT.  
Les capacités totales ne supposent pas de segmentation.

**Tableau pour le Forward (TBD)**

Le détecteur Forward permettra la reconstruction des particules entre 5 et 35° en combinaison avec un ensemble de 36 plans de chambres à dérives. Il sera situé à 30 cm seulement en aval de la cible, garantissant ainsi une très bonne reconstruction du vertex d'interaction, et sera constitué de 3 doubles couches de détecteurs circulaires identiques. Au sein de chaque doublet, le 2<sup>ème</sup> disque sera tourné de 60° par rapport au 1<sup>er</sup> pour assurer la reconstruction 2D. Les disques auront un rayon externe de 215 mm avec un trou interne de 25 mm pour le passage du faisceau. Ces disques sont donc similaires aux détecteurs utilisés sur COMPASS depuis 2002. Des simulations ont établi le pitch à 500 microns, correspondant à environ 6 000 voies d'électronique. Compte tenu du flux très élevé de particules, notamment de hadrons, les détecteurs Forward seront équipés de feuille de GEM (ou de pistes résistives selon la maturité de cette technologie) qui permettent de réduire le taux de claquages d'un facteur 100 environ (voir paragraphe 3.1.2.4).

Les dimensions de l'ensemble du MVT, Barrel et Forward, sont schématisés sur la Figure 2.

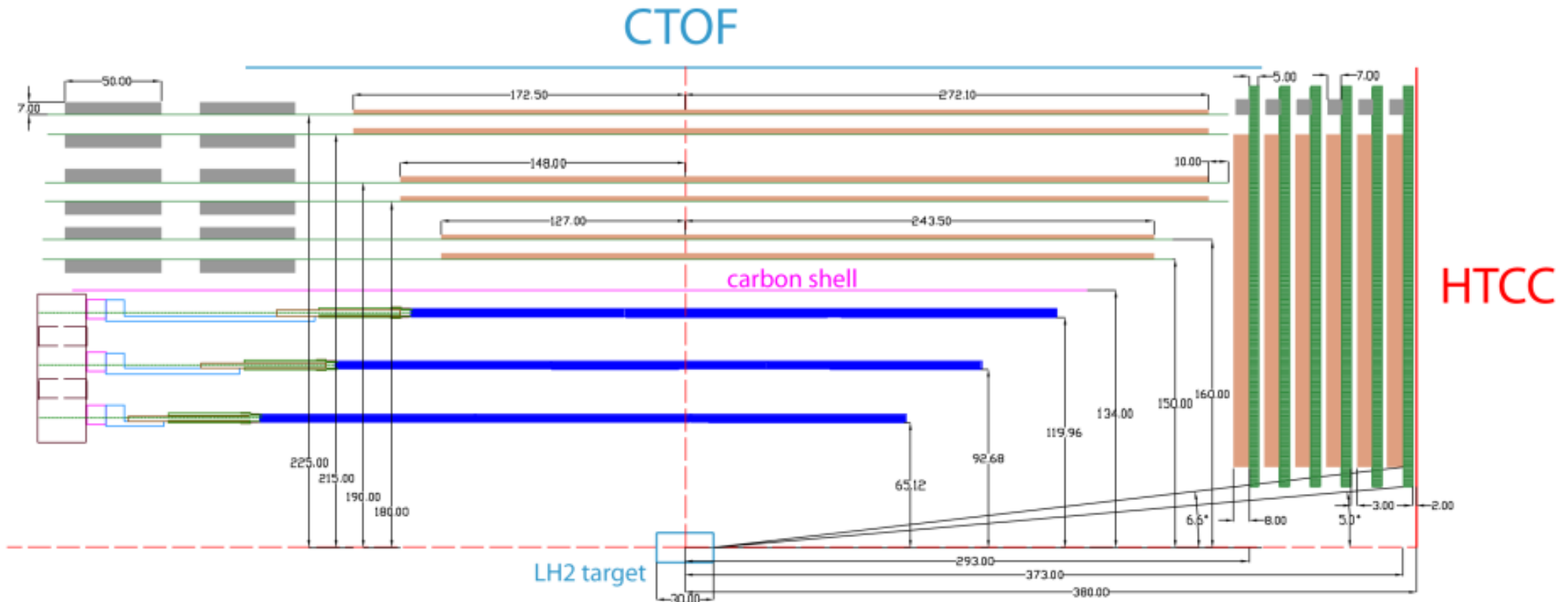


Figure 2 - Schéma du Central Tracker de CLAS12 incluant le SVT, le MVT (Barrel et Forward)

### 2.1.1.1.2 Electronique

L'électronique de lecture des chambres MVT sera constituée de deux parties : l'électronique frontale (*front-end*) et l'électronique de concentration (*back-end*). L'électronique frontale accomplit les tâches de pré-amplification, de mise en forme et d'échantillonnage des signaux des détecteurs, de temporisation en attendant les décisions du trigger, de numérisation des échantillons choisis pour la lecture, de compression des données produites et de leur envoi vers l'électronique de concentration. Cette dernière réunit toutes les données des événements MVT et, à la demande, les fournit au système de reconstruction d'événements. A part l'interface avec le système DAQ, l'électronique *back-end* établit également des liens synchrones à latence fixe entre l'électronique frontale et le système du trigger CLAS12.

A cause des contraintes d'encombrement au sein du détecteur central de CLAS12, l'électronique frontale est déportée des détecteurs d'environ 1,5 m, sur le tube support MVT (Figure 4). Des assemblages de câbles micro-coaxiaux relient les détecteurs à des cartes de l'électronique frontale (*front-end unit* – FEU) de 512 voies. Les cartes sont placées dans 12 châssis organisés en deux rangées circulaires. Une première rangée est composée des 6 châssis à deux cartes dédiés au traitement des signaux des détecteurs Forward. Les 6 châssis de la deuxième rangée, situés plus en amont, comptent jusqu'à 7 cartes qui traitent les signaux des détecteurs du Barrel. Les 42 cartes FEU Barrel et les 12 cartes FEU Forward permettent la lecture de l'ensemble des 27x1024 canaux électroniques du MVT. Une carte FEU compte, entre autres, 8 ASICs à 64 canaux Dream (*Deadtimeless Readout Electronics ASIC for Micromegas*), un convertisseur Flash ADC à 8 voies, et un composant de logique programmable (FPGA) qui assure le pilotage de la carte. Un lien optique bidirectionnel de 2,5 Gbit/s relie chaque FEU à l'électronique *back-end*.

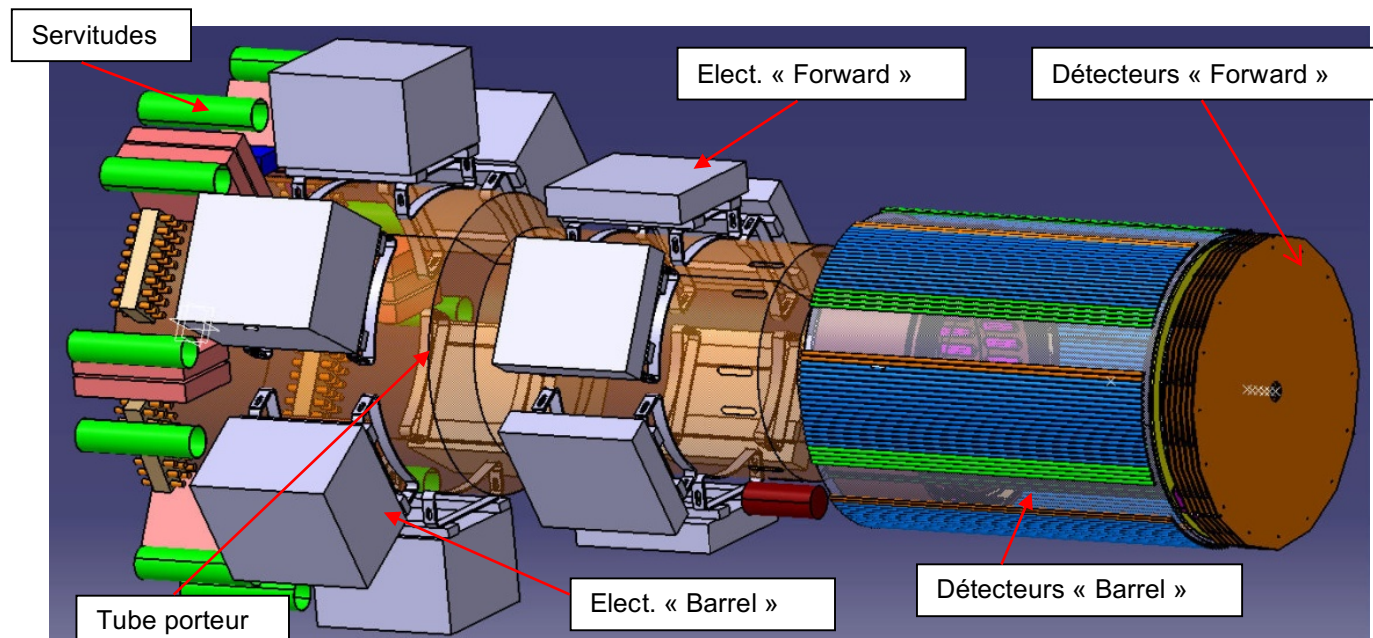


Figure 3 – Vue 3D du Tracker Micromegas

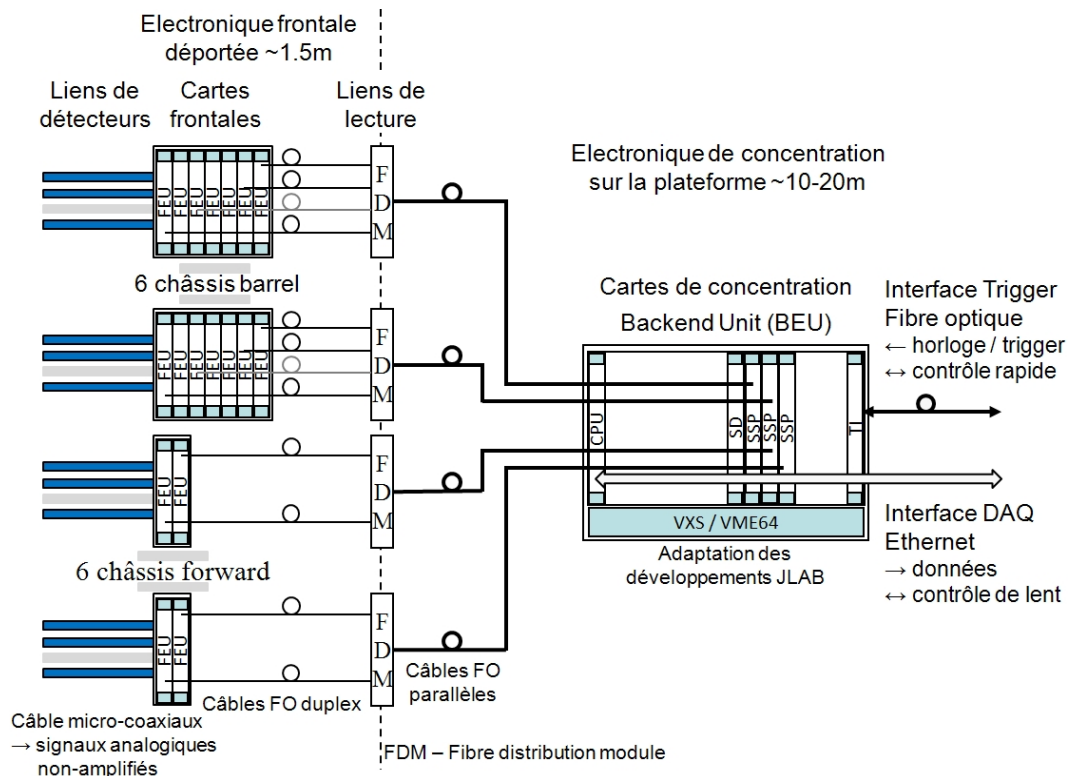


Figure 4 - Organisation de l'électronique de lecture.

L'électronique *back-end* est basée sur des développements internes à JLAB qui seront déployés au sein des systèmes de déclenchement de plusieurs expériences y compris CLAS12. Un ensemble de cartes dans un châssis VXS forme une unité BEU (*back-end unit*). Une BEU est composée d'une carte TI (*trigger interface*), d'une carte SD (*signal distribution*), deux ou trois cartes SSP (*sub-system processor*) et d'une carte CPU. L'interface avec le système du trigger CLAS12 est assurée par les cartes TI et SD qui reçoivent et distribuent l'horloge système et les décisions du trigger à des cartes SSP. Ces dernières relaient de manière synchrone l'horloge et les triggers à des cartes FEU, reçoivent les données d'événements des FEUs, les concentrent et les mettent à disposition du système de collection de données. L'interface avec le système DAQ est assuré par la carte CPU du châssis qui reçoit par son lien Ethernet des requêtes d'acquisition d'événements, collecte parmi les cartes SSP les données demandées à travers le bus VME, et les envoie dans le réseau Ethernet du système de reconstruction. Selon une estimation du débit de données attendues, une unité BEU est suffisante pour subvenir aux besoins du MVT. L'électronique *back-end* est située sur une plateforme dans le hall d'expérimentation quelques 10 à 20 m de l'électronique frontale.

### 2.1.1.2 Découpage produit (Product Breakdown Structure - PBS)

### 2.1.1.3 Configuration

## 2.1.2 Options techniques

### 2.1.2.1 Options et choix techniques

#### 2.1.2.1.1 Détecteur bulk mince

Les détecteurs Micromegas courbes constituant le Barrel sont intégrés dans une structure autoporteuse innovante en composite à base de fibres de carbone (voir paragraphe enjeux technologiques). Trois tuiles composent le cylindre et 6 couches constituent le barrel.

Les détecteurs Micromegas constituant le Forward sont quant à eux collés sur une structure en nid d'abeille. Une structure de maintien des détecteurs en composite carbone et d'aluminium permet d'insérer, de positionner et de maintenir les différentes couches de détecteurs. Le Barrel et le Forward sont liés entre eux par cette structure.

Le Barrel est protégé par des peaux en composite carbone interne (0,3 mm) et externe (3 mm). Cette dernière porte le FMT et permet aussi le passage et la fixation des câbles de signaux et de servitudes. Une



seconde structure tubulaire en acier inox 316 LN soutiendra en porte à faux la structure de maintien des détecteurs Barrel et Forward. Ce tube sert aussi aux réglages de positionnement dans l'aimant qui est situé à l'entrée de ce dernier. Un centrage est prévu entre ce tube et le tube des détecteurs siliciums. L'électronique et les câbles du Barrel et Forward sont fixés sur ce tube.

De nombreux outillages sont prévus pour la réalisation, le stockage, le transport, l'intégration, les tests et la maintenance.

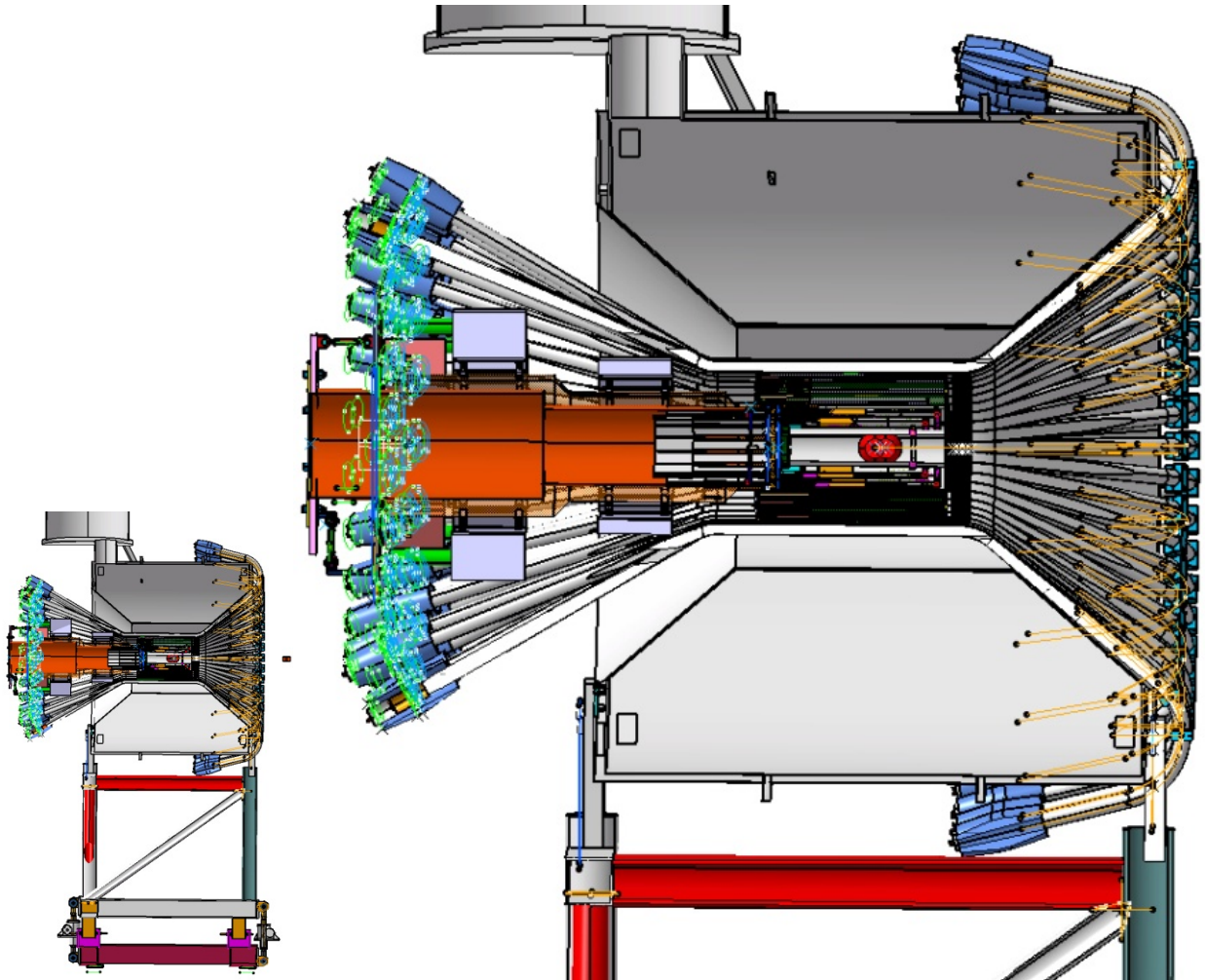


Figure 5 - Ensemble détecteur Barrel et Forward MVT dans l'aimant

### 2.1.2.1.2 Électronique

L'option de l'électronique frontale « sur détecteur » située directement sur les chambres ou à leur proximité immédiate a été envisagée. Cette approche permet d'obtenir un meilleur rapport signal sur bruit grâce au couplage direct des canaux des détecteurs et de l'électronique frontale. Néanmoins, dans le contexte particulier du détecteur central CLAS12, sa réalisation s'accompagne de nombreuses difficultés. Celles-ci rendent l'option « sur détecteur » moins attractive, compte tenu d'une solution alternative « hors détecteur » permettant d'obtenir un rapport Signal sur Bruit (S/B) acceptable. Les difficultés émanent de deux causes principales. Le déploiement très serré, aussi bien des chambres MVT que des détecteurs SVT et CTOF voisins, laisse un espace extrêmement réduit pour l'électronique « sur-détecteur » (e.g. 17 mm entre le MVT Forward et le CTOF). Une forte miniaturisation de l'électronique (mise à nu des ASICs) serait nécessaire ainsi qu'une multiplication du type de cartes (cartes des protections spécifiques Barrel et Forward, cartes « *very front-end* », cartes « *front-end* »). Une autre difficulté vient des contraintes sur le budget de matière au sein du détecteur central. L'électronique « sur-détecteur » nécessiterait des servitudes telles que l'alimentation en basse tension, le refroidissement et la protection électromagnétique qui créeraient des zones d'ombre pour le CTOF. D'une manière générale, la maintenance a été estimée plus complexe en cas de détecteurs-électronique intégrés qu'en cas de deux sous-ensembles distincts. La solution de l'électronique frontale « hors détecteur » a été adoptée comme base des développements du système de lecture.

Le choix d'utilisation d'un ASIC existant, APV25, a été étudié et rejeté pour les deux raisons suivantes. Le circuit intégré APV25 a été conçu pour des détecteurs de faible capacité (<50 pF). Il n'est donc pas bien adapté aux détecteurs de grande surface active tels que les chambres MVT Barrel avec des pistes circulaires (90-100 pF), encore moins à l'ensemble « détecteur-limande », dont la capacité par canal peut atteindre 200 pF. Une autre limitation viendrait de l'insuffisance de la mémoire tampon du chip APV25 pour stocker les échantillons pendant les 16  $\mu$ s de la latence du système de trigger CLAS12. Par conséquent, il a été décidé de développer un nouvel ASIC, Dream, dont la large gamme de fonctionnement couvre les besoins de l'application CLAS12 : grands détecteurs avec des capacités importantes (200 pF), taux de lecture élevé (20 kHz), temporisation profonde (512 cellules par voie), haute fréquence d'échantillonnage (20 MHz), etc... Le design du nouvel ASIC repose sur l'expertise acquise au sein du groupe microélectronique SEDI au cours des développements des circuits intégrés AFTER et AGET.

L'utilisation de limandes à base de câbles micro-coaxiaux a été choisie au détriment de limandes à base de circuits imprimés flexibles (FLEX). Un nombre limité de sociétés fabriquent des circuits FLEX de plus d'un mètre de long. Par ailleurs, pour assurer la qualité des longues pistes, leur largeur est assez importante (100-150  $\mu$ m), induisant une capacité linéaire élevée (200 pF/m) pour des limandes à trois couches couplées (deux couches externes pour le blindage, une couche interne de signal). Les limandes à base de câbles micro-coaxiaux se fabriquent en bobine. De ce fait le choix de la longueur exacte des limandes peut être arrêté tardivement sans modification des outillages nécessaires à leur développement. La capacité linéaire des câbles micro-coaxiaux est moindre : 50-65 pF/m. Une fabrication de câbles à 40 pF/m est envisageable.

### **2.1.2.2 Spécifications**

#### **2.1.2.2.1 Détecteurs**

#### **2.1.2.2.2 Electronique**

### **2.1.2.3 Point de fonctionnement**

### **2.1.2.4 Justification des choix et des spécifications**

#### **Forward**

La détermination des caractéristiques des détecteurs et du point de fonctionnement a fait l'objet de nombreux tests de prototypes sous faisceaux (CERN, JLab), avec des sources radioactives ( $Fe^{55}$ ,  $Am^{241}$ ), en banc cosmique, et avec un laser UV. Les deux configurations de champs magnétiques (parallèle et perpendiculaire) ont par ailleurs été étudiées en termes d'angle de Lorentz et de claquages. L'ensemble de ces tests a donné lieu à plusieurs publications. A chaque fois, les résultats ont été confrontés à différents outils de simulation (Magboltz, Garfield, Geant4) et se sont révélés en bon accord. La validation systématique de ces outils permet d'être confiant quant à l'extrapolation au fonctionnement nominal sur CLAS12.

Un soin particulier a été apporté sur l'estimation du taux de claquages dans les parties Barrel et Forward. Pour la partie Forward, la focalisation des électrons par le champ magnétique augmente la probabilité de claquages d'un facteur 10 entre 0 et 5 T. Une manière de compenser cette forte augmentation consiste à placer une feuille de GEM servant d'étage de pré-amplification. Cette solution a été testée avec succès en collaboration avec le groupe COMPASS, et une réduction de la probabilité de claquages jusqu'à deux ordres de grandeur a été observée, voir Figure 6. Une simulation Geant4 a d'ailleurs permis de comprendre quantitativement cette réduction (Figure 7), ce qui permettra à l'avenir d'optimiser les détecteurs mixtes MM-GEM.

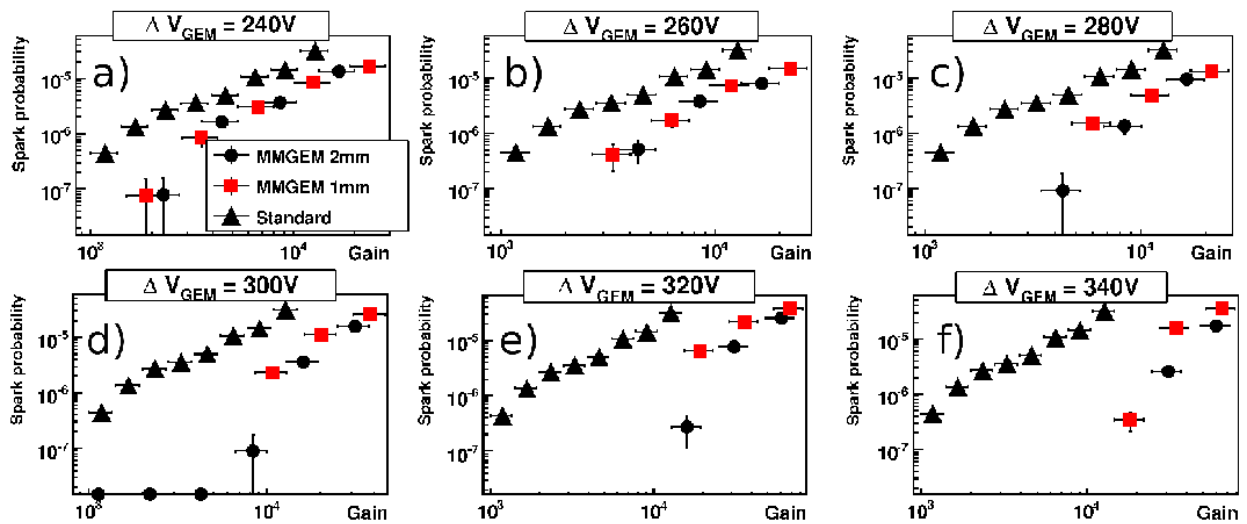


Figure 6 - Probabilité de claquages en faisceau de hadrons de 2 GeV/c pour un détecteur Micromegas et deux détecteurs Micromegas-GEM, en fonction du gain.

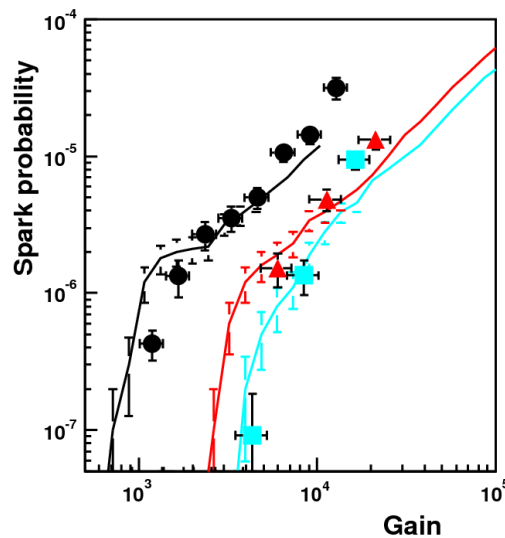


Figure 7 - Probabilité de claquages de la Figure 6, comparée à la simulation Geant4 (lignes continues) des trois détecteurs.

Un autre aspect essentiel dans la détermination du point de fonctionnement est l'obtention d'un plateau d'efficacité pour un très grand détecteur de type C (60x50 cm<sup>2</sup>, avec pistes de rappel et limandes de 150 cm), voir Figure 8, à un gain proche de celui prévu sur CLAS12. Notons que le rapport de champs trop favorable utilisé pour ces tests est plus que compensé par d'autres facteurs sous estimant l'efficacité : électronique T2K non adaptée à des grandes surfaces de détection (effet de 30 à 40% sur S/B), surface active 30% plus grande que les détecteurs finals, 10% d'ionisations primaires en moins, capacité de couplage entre pistes plus élevée.

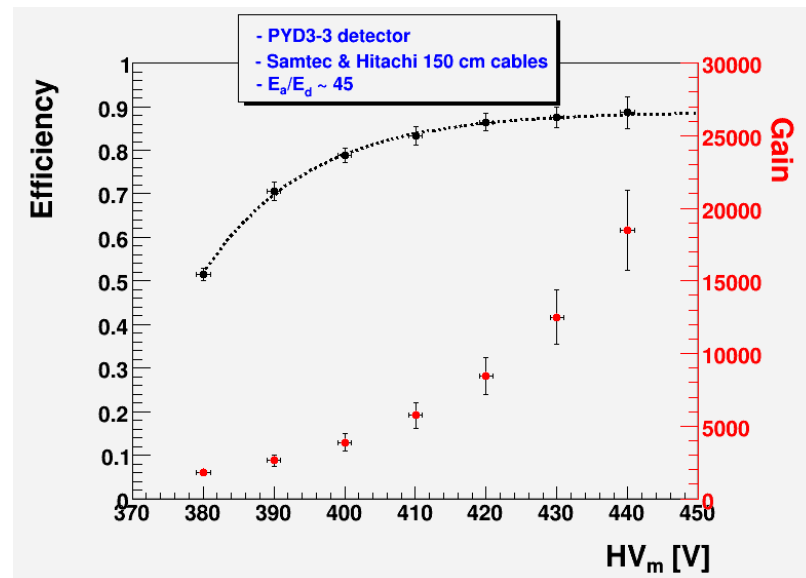


Figure 8 - Plateau d'efficacité et mesure de gains pour le grand détecteur PYD3 (début de plateau à 415 V). L'efficacité limite est réduite par effet d'acceptance.

Les résolutions spatiales de tous les détecteurs du projet ont été obtenues à partir de simulations Garfield, et les pitch ont été adaptés aux spécifications du spectromètre. Dans le cas du BMT-Z en particulier, la résolution spatiale de 250 microns est dominée par les fluctuations sur la localisation des électrons primaires, en raison de l'angle de Lorentz. Réduire le pitch en dessous de 540 microns n'apporte donc aucune amélioration sur la résolution. Dans le cas du Forward, la résolution au vertex ne dépend plus du pitch si celui-ci devient inférieur à 500 microns. En effet, en dessous de cette valeur, l'incertitude liée au bras de levier important (2 mètres) entre les chambres à dérive et le Forward MVT devient prépondérante.

Les résolutions en termes de reconstruction de trajectoires ont été déterminées en introduisant les Micromegas dans le programme de simulation Geant4 de CLAS12 (GEMC) ainsi que dans le programme de tracking (SOCROT). Comme prévu, l'ajout du Barrel MVT au Silicon Vertex Tracker a permis d'améliorer significativement la résolution sur l'angle polaire  $\theta$ , passant de 25 à 5 mrad et remplissant ainsi les spécifications demandées. L'utilisation du Forward MVT en combinaison avec les chambres à dérive a également amélioré la reconstruction du vertex d'un facteur 2 à 5 selon les paramètres.

## 2.2 ENJEUX TECHNOLOGIQUES

### 2.2.1 Développements innovants

### 2.2.2 Application à d'autres expériences

Les résultats des R&D détecteur et électronique menées depuis 4 ans sur le projet CLAS12 intéressent d'autres instituts.

Des détecteurs Micromegas bulk de configurations spécifiques de 0.25 m<sup>2</sup> de surface active sont maintenant matures. Ces derniers sont : détecteur simple face, de faible épaisseur, courbes ou non, détecteur simple face et multiplexés, et détecteur double face multiplexés ou non

Pour l'électronique

- l'ASIC DREAM sur carte FEU, à fort taux de comptage et grande impédance est unique.
- Des liens souples à basse capacité entre les détecteurs et l'électronique permettent de dissocier physiquement les objets pour intégrer d'avantage les détecteurs et l'électronique.

#### 2.2.2.1 Forward Tagger

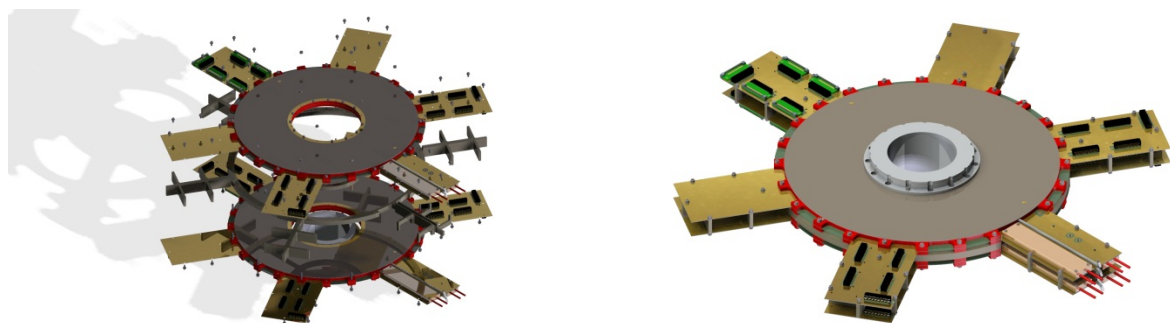
Un groupe de l'INFN de Gènes et de l'université de l'Ohio souhaite utiliser des photons quasi-réels pour la spectroscopie de mésons exotiques dans CLAS12. Pour cela il faut placer des détecteurs à très petits angles avant, et donc très proches du faisceau, ce qui conduit à de fortes contraintes d'encombrement, de quantité de matière et de rapidité de lecture. Bénéficiant des apports cités plus haut, une configuration avec deux couches de Micromegas double face placés à environ 1,5 mètre de la cible est envisageable. Ces deux couches permettraient de déterminer l'angle d'émission de l'électron diffusé. Des simulations ont montré que cette configuration convient dans presque tout l'espace de phase et remplit les conditions requises en termes

d'encombrement et de résolution sur l'angle d'émission de l'électron. Le détecteur est calqué sur le Forward de CLAS12 en non résistif. Le système électronique est le même que celui du MVT (limandes + FEU + fibres optiques + BEU). La BEU à la charge de l'INFN. Bien qu'installés dans le même hall, le Forward tagger et le MVT sont totalement indépendants. Le financement du Forward Tagger est assuré par l'université de l'Ohio, la mise en œuvre par L'INFN

Pour le Forward Tagger, trois contrats doivent être signés entre l'IRFU et l'université d'Ohio : un pour la réalisation d'un premier prototype courant 2013, puis deux pour l'électronique et pour le détecteur final.

L'utilisation et la maintenance du système ne sont pas à la charge de l'IRFU. Le système de détection est livré clé en main à nos partenaires.

Contrat	Composantes	Détails composantes
#1 01/2013	Objet du contrat	Conception, réalisation et caractérisation d'un prototype bulk double face
	Prix et engagement	34,8 k€ pour 2,5 h.mois
	Moyens Irfu nécessaires	CAO SEDI, Atelier MPGD, salle blanche d'intégration, banc cosmique SEDI
	Livrable	1 prototype double face
#2 ~10/2013	Objet du contrat	Conception et réalisation de 4 bulk double face
	Prix et engagement	40 k€ pour 4 h.mois
	Moyens Irfu nécessaires	CAO SEDI, Atelier MPGD, salle blanche d'intégration, banc cosmique SEDI,
	Livrable	2 ensembles de 2 détecteurs double face
#3 ~10/2013	Objet du contrat	Fabrication et caractérisation de 3 modules de 3 FEU avec limandes
	Prix et engagement	25 k€ pour 1 h.mois
	Moyens Irfu nécessaires	Banc de test FEU
	Livrable	3 modules de 3 FEU chacun, et 1 système de refroidissement à air



### 2.2.2.2 Asacusa Micromegas Tracker

Au CERN, une expérience anti-hydrogène « ASACUSA », (sous l'égide de Riken) a besoin d'un trajectographe autour d'un point d'impact proton-anti proton. La réponse à ce besoin pourrait être apportée par un détecteur de type CLAS12 Barrel en plus compact. Le tracker comporterait 6 couches de détection courbe (1 m<sup>2</sup> vs 4 m<sup>2</sup> pour clas12) pour 3000 voies d'électronique connectées ensemble via des limandes. L'environnement ne nécessite pas la mise en œuvre de technologie anti-spark (résistif, segmentation de la mesh) et les contraintes en termes de budget matière sont moins fortes. Les difficultés principales résident dans le respect de la contrainte d'encombrement et dans la petitesse des rayons de courbure (diam de 80 à 120 mm pour 6 couches).

L'électronique front-end ainsi que les liaisons de CLAS12 Tracker (FEU + limandes) sont susceptibles de répondre au besoin d'Asacusa.

La technologie courbe de CLAS12 adapté en demi-tuile est mature pour une réalisation. Riken a accepté un contrat de faisabilité sur 3 mois pour l'étude d'AMT.

La réalisation de AMT consommerait les mêmes ressources détecteur que celles du groupe CLAS12/Barrel et nécessiterait des moyens de CAO détecteurs nouveaux. Pour l'électronique il s'agit d'assurer une production supplémentaire de carte FEU (+10%).

**La mise en parallèle des deux projets n'est à ce jour pas envisageable.**

**Contrat** : signature février 2013 : Etude de faisabilité et prototype mono anode faible courbure

- Prix et engagement : 25 k€ pour RH 1.5 h.mois
- Moyens lrfu nécessaires : CAO SEDI, Atelier MPGD
- Livrable pour avril 2013: Document de faisabilité technique (implantation CAO et proto bas rayon) et de faisabilité projet (ressource et délais).

### 2.2.2.3 EIC

Dans le cadre du futur projet de collisionneur électrons-ions aux E.U. (EIC) pour lequel le SPHn fait des études préliminaires, nous envisageons la possibilité d'utiliser la technologie de bulk mince courbé pour équiper un étage de trajectographie intermédiaire dans la région centrale. En collaboration avec le MIT et Temple University, nous comptons déposer une proposition de recherche et développement auprès de BNL, qui permettra de financer de la R&D Micromegas et son électronique associée ainsi que 9 mois de postdoc.

**Contrat** : signature fin 2012 : Réalisation d'un prototype EIC

- Prix et engagement 25 k\$ et post-doc 9 mois
- Moyens lrfu nécessaires : CAO SEDI, Atelier MPGD
- Livrable pour 2013 : Prototype détecteur bulk courbe.

### 2.2.2.4 Tomographie grande surface

Une demande de financement P2IO pour la réalisation de grandes surfaces de détection, dédiées notamment aux cosmiques, a été déposée début 2013, en collaboration avec l'IPNO. En s'appuyant sur un brevet de multiplexage et sur les capacités de réalisation de l'atelier MPGD du SEDI, le projet propose de mener une R&D pour construire une mosaïque de 4 détecteurs modulaires durcis mécaniquement (1m<sup>2</sup> de détection avec 100 µm de résolution en X et Y utilisant 256 voies d'électronique).

**P2IO MTM dépôt janvier 2013** : R&D grande surface avec multiplexage, démonstrateur renforcé de 1 m<sup>2</sup>

- Prix et engagement 94 k€ (sur 3 ans) pour RH 2.4 h.an (sur 3 ans) + 1h.an stagiaire
- Equipement Atelier MPGD, salle blanche d'intégration, banc cosmique CLAS12, électroniques AFTER puis aGET,
- Livrable : prototype X et XY, module résistif, module TPC, mosaïque 1 m<sup>2</sup>.
- Publications : 2 publications ; multiplexage, prototype et utilisation

### 2.2.2.5 MINOS

Une couche de détection courbe doit être implantée autour de la TPC MINOS. En 2012 l'utilisation d'un prototype de clas12 au rayon MINOS a été testée avec succès. En 2013 une couche de bulk est prévue après étude CAO.

L'expérience MINOS a participé au financement du banc cosmique CLAS12 (PCB pour 10 k€) et utilisera celui-ci en 2013 pour caractériser la TPC avec des cosmiques.

### 2.2.2.6 ANR SPLAM

L'ANR SPLAM a été déposé en 2012 pour industrialiser la réalisation de détecteurs bulk chez la société CIREA (ex groupe CIRE depuis par le groupe ELVIA). Deux expériences (CLAS12 et COMPASS) et une R&D (résistif) sont dans l'ANR. Pour CLAS12 et COMPASS il s'agit de transférer le savoir-faire pour faire réaliser des bulk grande surface (60 x 60 cm), fins et collés sur une plaque de mousse (type Rohacell) et, à terme, résistifs. Pour CLAS12 le but est de faire réaliser le détecteur Forward après la R&D de l'ANR.

- Prix et engagement 11 k€ sur 2013, 5k€ R&D sérigraphie en 2013. RH 1h.an
- Equipement Atelier MPGD, salle blanche d'intégration, banc de test,
- Livrable : prototype bulk fin et plan type Compass (2012), prototype clas12/Forward (2013)

### 2.2.2.7 RD51 et SLHC

Des échanges réguliers ont lieu avec la collaboration RD51 du CERN ; notamment avec le *Working Group 3* dédié aux applications possibles des MPGD et le *Working Group 6* dédié à la fabrication et l'industrialisation des bulks. Les échanges relatif à la technologie « résistive » sont particulièrement renforcés avec le groupe sLHC.

## 2.3 EXPLOITATION ET DEMANTELEMENT

### 2.3.1 Contraintes et modalités de livraison

Tout l'équipement sera conditionné à Saclay dans environ 10 caisses. Il est à noter la nature fragile des caisses contenant plus particulièrement les détecteurs et l'électronique. Nous comptons envoyer les détecteurs montés sur leur structure mécanique afin de limiter les risques dus au transport.

Le transport vers Jlab de ces 10 caisses se fera certainement par bateau. La durée habituelle d'un tel transport est d'environ 2 mois maximum, en incluant les formalités de douane qui peuvent être longues selon les cas. Tous les équipements concernés seront livrés en exportation définitive à Jefferson Lab. La possibilité d'assurer l'équipement lors de son transport mais aussi lors de sa manutention par les équipes de Jefferson est à l'étude.

### 2.3.2 Contraintes et modalités d'exploitation (maintenance, « SAV »)

### 2.3.3 Contraintes et modalités de démantèlement

## 2.4 STRATEGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

### 2.4.1 Organisation du traitement des données

Les détecteurs Micromegas participeront à hauteur d'environ 100 MB/s au flux total de données de CLAS12, estimé au total à 300 MB/s (encore préliminaire, dépend largement du choix de *read-out* au niveau des Flash-ADC utilisés pour divers détecteurs). Lors d'une expérience telle que DVCS dont l'allocation faisceau est de 200 jours, la quantité de données brute à traiter sera de l'ordre de 5000 TB dont un peu moins de 2000 TB pour les Micromegas.

La calibration ainsi que l'analyse de ces données brutes se fera auprès de la ferme de PC de Jefferson Lab, où cette quantité massive de données sera transformée en arbre ROOT contenant essentiellement les variables de physique. L'analyse des données physique se fait généralement dans les instituts impliqués dans l'analyse des expériences particulières. Pour le DVCS, expérience phare du groupe Clas, elle se fera donc à L'Irfu ou au centre de calcul de Lyon selon les cas.

### 2.4.2 Impact sur les systèmes informatiques du département

L'analyse des données physiques qui sera faite soit au centre de calcul de Lyon, soit sur le cluster Dapint de l'Irfu concernera une quantité réduite de données, une dizaine de TB tout au plus. L'impact sera donc faible sur les moyens de calcul de l'Irfu ou du centre de calcul de Lyon. Néanmoins, des demandes seront faites avant l'arrivée de ces données physiques pour prévoir leur stockage.

### 2.4.3 Développements logiciels

L'analyse de données à partir des fichiers bruts est à la charge de la collaboration. Les logiciels nécessaires au décodage et à l'analyse des données Micromegas seront de la responsabilité de Saclay. Le développement des logiciels liés à l'utilisation des Micromegas sur CLAS12 sera également à la charge de Saclay. Une procédure de calibration en cosmique et en faisceau sera mise en place, ainsi qu'une documentation destinée aux utilisateurs de CLAS12. Un programme de monitoring en ligne et d'archivage des tensions, courants et claquages est déjà disponible via une interface avec les modules HT, et sera utilisé pendant les prises de données.

Saclay ayant déjà une grande responsabilité dans le développement du code de reconstruction de CLAS12, le MVT (Barrel et Forward) a déjà été intégré dans GEMC (simulation Geant4) et dans SOCRAT (tracking). Ce développement se poursuivra jusqu'à l'analyse des premières prises de données.

Enfin, un alignement *in-situ* des différents systèmes de détection sera réalisé par les géomètres de Jlab, mais la précision requise nécessitera un alignement software à partir d'un échantillon de trajectoires. Le développement de ce programme sera à la charge de la collaboration, avec une possible participation de Saclay.

L'analyse des données physique quant à elle, dépendra du groupe d'analyse de l'expérience en cours sur CLAS12 et ne sera en partie à la charge de Saclay que pour les expériences où nous sommes impliqués (DVCS en particulier pour le moment).

### 3. ORGANISATION DU PROJET

#### 3.1 PLAN DE MANAGEMENT DU PROJET AU IRFU

##### 3.1.1 Responsabilités de l'IRFU et interfaces externes

##### 3.1.2 Organisation à l'IRFU

Au sein de l'IRFU le projet repose sur une organisation matricielle classique (RS+CP + assistance projet).

Le projet est sous la responsabilité conjointe du responsable scientifique (J. Ball) et du chef de projet (S. Aune). Ils sont assistés d'un responsable qualité (J. Giraud). Leurs responsabilités sont :

##### **Responsable scientifique**

Il est responsable de la fourniture lrfu vis-à-vis de la collaboration

Il est garant de la disponibilité des ressources financières pour les fournitures IRFU

Il formalise ses besoins (Référence du cahier des charges fonctionnel avec identification des limites acceptables) et références des spécifications définitives

##### **Chef de projet**

Il reçoit la délégation de la direction de l'institut (lettre de nomination) pour :

Le développement et la réalisation des fournitures IRFU

La responsabilité et la coordination du planning

La gestion financière et des ressources humaines du projet

Il est responsable de la conformité du livrable aux exigences exprimées.

##### **Responsable qualité**

Il est responsable du suivi du plan d'assurance produit

Il propose au CdP des actions permettant de maîtriser les risques principaux du projet.

Il coordonne l'assurance qualité dans les différents groupes

Le management projet est assuré par le duo RS+CP assisté de l'ingénieur qualité. Quatre groupes technique (détecteur, électronique, mécanique et contrôle/commande) assurent la production chacun d'un lot de tâche de l'instrument. Un groupe de physique contrôle l'adéquation de l'instrument aux besoins (via les tests en banc cosmique) et les organise les relations avec Jlab.

Le deuxième niveau de management est assuré dans chaque sous-groupe par un responsable qui coordonne l'activité et lie les interfaces avec les autres groupes

##### **3.1.2.1 Groupe détecteur Barrel**

Responsable « Détecteur Barrel » : R. Granelli

Les Taches du groupe sont les suivantes:

- Conception PCB, suivi fabrication PCB
- Réalisation bulk (externe CERN et/ou Saclay)
- Test bulk
- Intégration détecteur (outillage, procédure, métrologie)
- Validation détecteur (HT, gaz, <sup>55</sup>Fe)
- Intégration mécanique

Les responsabilités au sein du groupe détecteur sont :

→ Conception PCB : S. Aune

Gère la réalisation des plans gerber PCB et le suivi de leur fabrication.

Gère les interfaces PCB - mécanique

→ Réalisation des bulks (M. Anfreville)

Le choix de la localisation de la réalisation des bulks sera effectué à la fin de la présérie.



Les deux laboratoires pressentis sont : le CERN et l'atelier MPGD du SEDI  
Pour l'atelier MPGD, M. Anfreville gèrera les outillages et/ou les réalisations.

→ Suivi de réalisation des bulks

Si CERN : S. Herlant  
Si Atelier MPGD Saclay : M. Anfreville

→ Intégration mécanique : M. Boyer (assisté de O. Meunier)

Responsable de l'intégration mécanique de la série de détecteur, de la structure et des outillages d'intégration et de test, gère la salle blanche d'intégration (Bat 546).

- **Barrel** : *A compléter*
- **Tuile Barrel** :
  - o Il s'agit des opérations permettant de transformer un bulk en une tuile de détection. Celles-ci comprennent la courbure du bulk, le collage de la structure carbone, la collage de la dérive, et toutes les opérations de contrôles associées (dimensionnel, étanchéité, ...).
  - o Cette activité comprend également la définition et la validation du process de réalisation des tuiles par la réalisation de prototypes et/ou d'éléments représentatif.
  - o En relation avec le BE, le responsable intégration mécanique définit les besoins en outillage et propose des solutions techniques répondant aux contraintes du process de réalisation des tuiles
  - o *A compléter*
- **Système MVT**
  - o *A compléter*

→ Recette détecteur : A. Giganon

Test des PCB bulk, analyse et correction des défauts, cuisson HT air sec.  
*Détail des tâches à compléter*

→ Caractérisation Détecteur : C. Lahonde (aidée du groupe Physique)

Test et caractérisation sous gaz et source  $^{55}\text{Fe}$ .

Pour chaque tuile de détection, cette activité comprend :

- La définition des procédures et moyens de test permettant de caractériser les performances (homogénéité de gain et de résolution en énergie) des tuiles Barrel à l'aide d'une source de  $^{55}\text{Fe}$
- Pour chaque tuile, il convient de
  - o Préparer la tuile pour le test
  - o Réaliser le test en lui-même
  - o Analyser les mesures réalisées afin de déterminer les performances des tuiles et de déceler d'éventuelle limites de validité
  - o Effectuer la compilation des résultats de cette analyse

*Détail des tâches à compléter*

→ Caractérisation Cosmique (MIP) : S. Procureur (aidée de C. Lahonde)

Caractérisation / Analyse « fine » des performances des détecteurs

*Détail des tâches à compléter*

### 3.1.2.2 Groupe détecteur Forward

Responsable « Détecteur Forward » : D. ATTIE

Après la validation des détecteurs prototype, les tâches du groupe pour les détecteurs finaux seront les suivantes :

- Réalisation et test des détecteurs :
  - o Ajustement du dessin du PCB
  - o Suivi de fabrication des PCB détecteurs par une société extérieure (Eltos ou Cirétec)
  - o Réalisation du bulks résistifs : Cern ou Ciréa
  - o Réalisation des corps de chambres et des cathodes : Cern ou Ciréa
  - o Test des détecteurs

- Intégration détecteur (outillage, procédure, métrologie) : Saclay
- Validation détecteur (HT, gaz,  $^{55}\text{Fe}$ ) : Saclay
- Intégration mécanique au MVT : Saclay

Les responsabilités au sein du groupe détecteur sont :

→ Conception PCB : TBD (externalisation ???)

Gère la réalisation des plans gerber PCB et le suivi de leur fabrication.

Gère les interfaces PCB - mécanique

→ Réalisation des bulks résistifs : CERN ou CIREA

Le choix de la localisation de la réalisation des bulks sera effectué à la fin de la présérie.

Les deux fabricants pressentis sont : le CERN et la société Ciréa

→ Suivi de réalisation des bulks : TBD (???)

→ Intégration mécanique : M. Riallot

Responsable de l'intégration mécanique de la série de détecteur, de la structure et des outillages d'intégration et de test, gère la salle blanche d'intégration (Bat 546).

- **Disque Forward**

→ Recette détecteur : A. Giganon

Test des PCB bulk résistifs, analyse et correction des défauts (nettoyage, etc.).

→ Caractérisation Détecteur : C. Lahonde (aidée du groupe Physique)

Test et caractérisation sous gaz et source  $^{55}\text{Fe}$ .

→ Caractérisation Cosmique (MIP) : S. Procureur (aidée de C. Lahonde)

Test en tension et caractérisation / Analyse « fine » des performances des disques Forward

### 3.1.2.3 Groupe électronique

Responsable : I. MANDJAVIDZE

Le volet électronique du projet fait appel aux compétences de la plupart des laboratoires du SEDI : le LDEF pour la conception en microélectronique et en électronique analogique, le TRAPS pour les aspects systèmes et l'électronique numérique, le LSEO et le LID pour la conception de circuits imprimés et l'intégration, le LILA pour les développements logiciels de pilotage en ligne. Le SIS peut être impliqué sur certains des aspects thermiques et de l'intégration. Les activités sont divisées selon six sous-groupes :

- DREAM : responsable E. DELAGNES
- Limande : responsable E. MONMARTHE
- FEU : responsable I. MANDJAVIDZE
- BEU : responsable : Y. MOUDDEN
- Refroidissement & boîtier(s) FEU: M. RIALLOT (après la revue de lancement)
- Intégration : responsable XYZ
- Logiciel : responsable V. GAUTARD

→ Activité DREAM (LDEF, TRAPS, LSEO)

☆ ASIC Dream : Cette tâche consiste à spécifier, concevoir, faire réaliser et mettre au point un ASIC frontal répondant aux spécifications de l'expérience. Elle se poursuit par le suivi de la production au moins de ~1000 pièces et le test.

☆ Banc de tests Dream : Cette tâche consiste à concevoir et réaliser un banc de test, à un ou plusieurs exemplaires, permettant de tester de manière efficace un important volume d'ASICs (*i.e.* ~200 pièces par mois). En plus des développements de matériel, cette tâche inclut des conceptions du *firmware* et du logiciel pour le pilotage du banc de test.

→ Activité Limande (TRAPS, LSEO)

Cette tâche consiste à spécifier, concevoir et faire réaliser trois types des limandes à base de câbles micro-coaxiaux : pour les détecteurs Barrel à des pistes circulaires (~200 limandes) et à des pistes droits (~100 limandes), et pour les détecteurs Forward (~100 limandes). Un certain nombre des spares est à prévoir pour

chaque type des limandes. La tâche prévoit la conception et la production des cartes d'adaptation « câble-connecteur ». Les tests de validation des limandes produits seront menés sur le banc de tests des cartes FEU.

→ **Activité FEU (TRAPS, LDEF, LILA, LSEO, LID)**

☆ **Carte FEU** : Cette tâche consiste à concevoir et à réaliser la carte frontale. Après conception et validation de prototypes, la phase de production doit être mise sur pied. Un partenaire industriel assurera la production de ~80 cartes FEU, l'ensemble des phases en amont et en aval sont à prendre en charge.

☆ **Banc de tests FEU** : Cette tâche consiste à concevoir et réaliser un banc de test, en plusieurs exemplaires, permettant de tester de manière semi-automatique ~80 cartes FEU. En plus d'un test fonctionnel, une caractérisation de certains paramètres et l'archivage des mesures sont à prendre en considération. Des développements de *firmware* et de logiciel sont nécessaires (séquence de mesure, interface utilisateur, archivage des résultats dans une base de données). Un des bancs de tests sera intégré au sein du dispositif de caractérisation des détecteurs MVT à l'Irfu, un autre peut être déployé à la salle blanche MVT-SVT à JLAB.

→ **Activité BEU (TRAPS, LILA)**

Cette tâche consiste à réaliser l'électronique back-end en se basant sur des développements de cartes électroniques JLAB. Des adaptations du firmware et du logiciel existants et des développements du *firmware* et du logiciel spécifiques sont nécessaires. Les activités vont débuter avec un ensemble minimal des cartes électroniques JLAB. Ensuite le nombre des cartes sera augmenté pour atteindre la performance requise du BEU.

→ **Activité Intégration (TRAPS, LSEO, LIDA)**

Cette tâche consiste à concevoir et réaliser les châssis de l'électronique front-end et les servitudes associées : le refroidissement des cartes frontales FEU et leur alimentation en basse tension. Une attention particulière doit être portée sur le fonctionnement en fort champ magnétique résiduelle du solénoïde central et sur le blindage des cartes FEU. Plusieurs types de châssis sont à concevoir. Il est souhaitable d'équiper les châssis destinés à des différents bancs de tests avec le refroidissement à base de ventilateurs. Les dispositifs de refroidissement et de l'alimentation des châssis frontaux doivent être déportés. Cette tâche doit être menée en étroite collaboration avec le bureau d'études SEDI.

→ **Activité Logiciel (TRAPS, LDEF, LILA, SPhN)**

Cette tâche transverse consiste à concevoir et développer les logiciels de pilotage des divers bancs de tests (Dream, FEU, Détecteur, Système), ainsi que le logiciel de pilotage en ligne du trajectographe MVT et son intégration au sein du canevas logiciel de l'expérience CLAS12. Appel à des différentes expertises est nécessaire pour subvenir à des exigences bien distinctes des bancs de tests et du système de lecture en sa globalité : pilotage des séquences de mesures, interface utilisateur, visualisation de données, archivage des résultats dans une base de données, base de données de configuration, performance d'acquisition de données, etc.

Les activités FEU, Intégration et Limande nécessitent une forte mobilisation des ressources CAO Electronique du SEDI en 2012 au niveau de 0,4 ha.

### 3.1.2.4 Groupe mécanique

Responsable : Nathalie Grouas en remplacement de S. Cazaux

Les tâches du groupe sont les suivantes:

- Conception 3D
- Architecture mécanique
- Interface mécanique Jlab
- Calculs thermo-mécaniques
- Plans de réalisation
- Relation industrielle

Les responsabilités au sein du groupe mécanique sont :

→ **Modélisation CAO 3D** : TBD

Conception 3D de la structure détecteur, de la structure de maintien, des supports électroniques, des outillages et des interfaces mécaniques.

→ **Calcul** : TBD

Simulation mécanique / thermique par éléments finis des différentes structures.

→ **Etudes 2D** : TBD

Plan de détail de la structure détecteur, de la structure de maintien, des supports électroniques et des outillages.

→ **Réalisation** : P. Contrepois (TBC)

Consultation et suivi de réalisation de la structure détecteur, de la structure de maintien, des supports électroniques et des outillages.

### 3.1.2.5 Groupe contrôle commande

Responsable : J-Y Rousse.

Les Taches du groupe sont les suivantes:

- Conception
- Système gaz
- Servitudes système (BT,HT, cooling)

Activités **TBD**

### 3.1.2.6 Outillages

**TBD**

- Outillages d'intégration détecteur à Saclay (Resp. Saclay)
- Outillages d'intégration & alignement à JLab SVT/MVT (Resp. JLab/Saclay)
- Outillages d'intégration dans l'aimant (Resp. JLab)
- Outillages de maintenance (Resp. JLab/Saclay)

### 3.1.2.7 Intégration et tests MVT complet

**TBD**

Le CdP sera responsable de l'intégration à JLab. Il sera secondé par les responsables de lot.

Le RS sera responsable du commissioning. Il sera secondé par l'équipe de physique. Les responsables de lots pourront être sollicités.

### 3.1.2.8 Groupe Simulation et caractérisation

Responsable : S. Procureur

Les tâches du groupe sont les suivantes:

- Simulations détecteurs et validation expérimentale.
- Tests de détecteurs, prise de données et analyse.
- Simulations Tracking.
- Tests en faisceau lors du Commissioning de CLAS12.

Ces activités peuvent impliquer un ou plusieurs membres du groupe conjonctuellement.

#### Simulations détecteurs et validation expérimentale (S. Procureur)

- En amont, cette tâche permet de définir des points de fonctionnement et de les vérifier expérimentalement.
- En aval, elle permet de converger vers la solution optimale.

#### Tests de détecteurs, prise de données et analyse (S. Procureur, G. Charles, F. Sabatié)

- Travail systématique pour chaque prototype qui caractérise les détecteurs dans des conditions réalistes. Cette tâche comporte également une sous-tâche gestion de programmes d'acquisition.

#### Simulations Tracking (S. Procureur)

- En collaboration avec le groupe Tracking de JLab, le code de reconstruction est mis à jour régulièrement ce qui assure un suivi précis des spécifications attendues et nécessaires

#### Tests en faisceau lors du Commissioning de CLAS12 (Groupe complet)

- Lors des tests en salle blanche à JLab, les physiciens participeront à toutes les étapes de la mise en route au labo et dans le Hall B. Ils auront un rôle clef dans le démarrage des détecteurs sous faisceau.

### 3.1.2.9 Organisation projet, fréquence de réunion.

### 3.1.2.10 Partage de l'information

### 3.1.3 Partenariats industriels envisagés

## 3.2 PLAN DE DEVELOPPEMENT

### 3.2.1 Analyse de risques et actions de maîtrise des risques projet

### 3.2.2 Risque Classique

Nous sommes dans l'attente de réponses de JLab sur cette thématique.

Les règles EH&S de JLab relatives aux gaz inflammable s'applique

→ voir <http://wwwold.jlab.org/ehs/ehsmanual/FlamGasSupplement/index.html>

### 3.2.3 Logique de déroulement

Avant l'étape de stockage qui précède l'installation sur site, les détecteurs du Barrel et Forward vont suivre trois étapes principales qui sont la réalisation du bulk, l'intégration et l'assemblage du détecteur avant sa caractérisation. A chaque étape importante, des fichiers de spécifications sont utilisés et des tests de contrôle-qualité sont prévus et valident l'étape. Les schémas ci-dessous présentent les différentes étapes du développement des détecteurs.

Cette logique de déroulement sera mise à l'épreuve lors de la présérie pour être définitive au démarrage de la série.

<i>Etape de vie d'un détecteur courbe</i>	<i>Sous-système / micro-étape concernée</i>	<i>Données / besoins en entrée</i>	<i>Données de validation / de contrôle</i>
Réalisation du bulk	Circuit imprimé (PCB)	Fichier de spécification	Contrôles électriques
		Plan de fabrication	Contrôle dimensionnel
	Micro-grille (micromesh)	Fichier de spécification	Fichier de mesure de tension
			Contrôle dimensionnel
	Bulk	Fichier de spécification	Contrôles électriques
		Plan de fabrication	Contrôle dimensionnel
Courbure et intégration détecteur	Intégration du détecteur	Soudure filtres HT	Test électrique
		Soudure connecteurs HT	Test électrique
	Assemblage des pièces en carbone	Plan de fabrication	Contrôle dimensionnel
	Courbure du détecteur	Outils pour mise sous vide	Test électrique
	Collage des pièces en carbone sur le bulk	Gabarit de positionnement	Test électrique
	Collage de la dérive sur les pièces en carbone	Fichier de spécification	Contrôle dimensionnel
		Plan de fabrication	Contrôle électrique Contrôle de l'étanchéité au gaz
Caractérisation du détecteur	Cuisson électronique	Fichier de spécification	Tension maximale sur la mesh
			Courant de fuite entre la mesh et les pistes
			Nombre de pistes coupées
	Test avec source de Fe55	Fichier de spécification	Résolution spatiale Efficacité de détection

Tableau 2 - Liste préliminaire des informations de contrôles lors la réalisation des tuiles

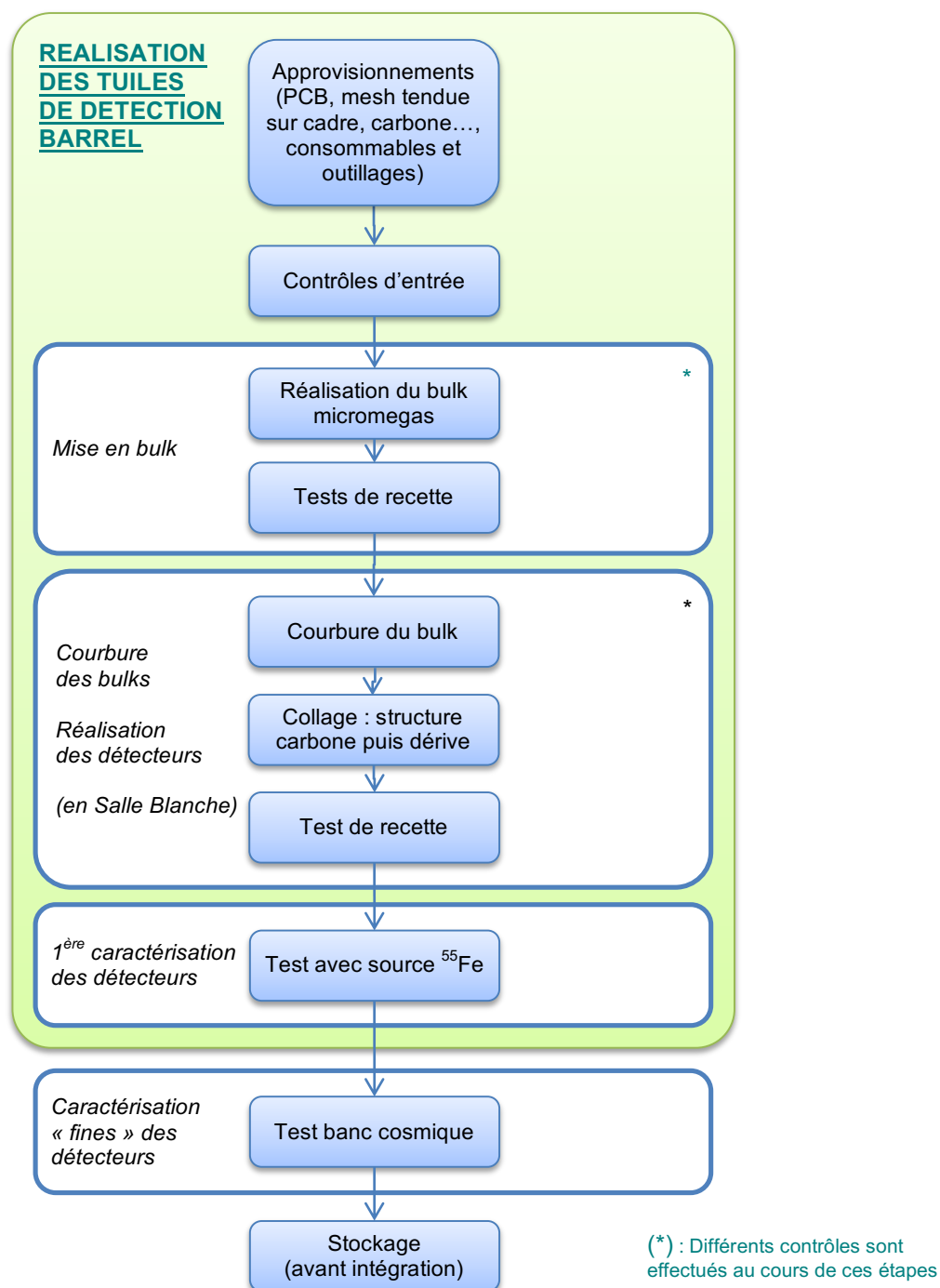


Figure 9 - Etapes de réalisation d'une tuile de détection Barrel

### 3.2.4 Politique des modèles ou prototypes

#### 3.2.4.1 Détecteur

Durant 3 ans, l'équipe projet a produit différentes séries de prototypes pour démontrer la faisabilité des bulks minces et courbes, et pour caractériser leur efficacité de détection dans l'environnement CLAS12 (test aimant, tests faisceaux, test cosmique). La présérie avant la réalisation finale se déroule en deux étapes. La présérie 1 (CR6 P1) est destinée à valider le détecteur, sa mécanique et les procédures et outillage d'intégration (en salle blanche). Cette première série doit confirmer le choix des fournisseurs notamment la société ELTOS pour les PCB. La présérie 2 concerne la finalisation de la connectique HT et la validation des procédures. Les outillages de caractérisations (mesure optique de métrologie, banc d'étanchéité, banc test courbe Fe55, banc test cosmique) utilisés et développés pour les préséries serviront à caractériser les détecteurs finaux.

Les bulk mince des préséries 1 et 2 seront réalisés en parallèle au CERN et au Labo MPGD du Sédi. Le choix du(des) labo(s) pour la réalisation des bulk finaux sera pris fin 2012.

<u>Type</u>	<u>Nom</u>	<u>Année</u>	<u>Nb unité</u>	<u>Surface active (mm)</u>	<u>Electronique utilisée</u>	<u>Type mécanique</u>	<u>Lieu de réalisation</u>	<u>Objectif</u>
R&D Courbe	PCX - PCT	2006-2008	4 x 4	100 x 100	Lecture mesh	courbure réglable		type de pattern plot mesh
R&D forward	Frost	2010	2	diam 100	Lecture mesh	plat	Saclay	test faisceau JLB pion
Bulk standard	TF10	2010	20	100 x 50	AFTER	plat	Saclay	test faisceau CERN muons
R&D grand détecteur	PYD3	2010	2	600 x 500	AFTER	plat mince	CERN	Efficacité, piste de rappel, grande surface
R&D capacité	R&D PYD3	2011	6	150 x 150 (multi pistes)	AFTER	plat (PCB mince : 100 et 200 $\mu$ m)	Saclay	Efficacité en fonction de la capacité PCB

Tableau 3 - Liste des prototypes de validation des concepts

<u>Type</u>	<u>Nom</u>	<u>Date</u>	<u>Nb unité</u>	<u>Surface active (mm)</u>	<u>Electronique utilisée</u>	<u>Type mécanique</u>	<u>Mesh segmentée</u>	<u>Objectif</u>
Proto long - Piste Z	PLV1	2007	6	600 x 120	AFTER	plat et courbe	Non	Réaliser un $\mu$ m courbe
	PLV2	2008	Pcb non adapté					
	PLV3	(2009 à 2011)	6	600 x 120	AFTER	plat et courbe	Non	Réaliser un $\mu$ m courbe autoporteur sur carbone
Présérie (2011-2012)	CR6 P1 (Présérie 1)	06/11-02/12	10 CR6 C 10 CR6 Z	430 x 450	AFTER + HT V1	courbe carbone	Oui	Test d'efficacité + Définition procédures, outillages et intégration
	CR6 P2 (Présérie 2)	02/12-07/12	??? (en attente test CR6 P1)	430 x 450	DREAM + HT V2	courbe carbone	Oui	Test d'efficacité + Validation connectique HT + Test intégration
Série (2012 -2013)	CR6	11/12 - 2/13	4 C + 4 Z	430 x 450	DREAM + HT finale	courbe carbone	Oui	Prise de données
	CR5	3/13-5/13	4 C + 4 Z	380 x 405	DREAM + HT finale	courbe carbone	Oui	Prise de données
	CR4	6/13-8/13	4 C + 4 Z	315 x 355	DREAM + HT finale	courbe carbone	Oui	Prise de données

Tableau 4 - Liste des prototypes de définition et des détecteurs de série

### 3.2.4.2 Electronique

Il est prévu, avant la définition finale, de mener en parallèle plusieurs études et de valider les développements en cours. Notamment le démarrage du prototypage des cartes FEU est assujéti aux résultats des études de l'organisation mécanique des châssis de l'électronique frontale, des études du système de refroidissement des cartes FEU, de validation de fonctionnement de certains composants électroniques sous un champ magnétique intense et de validation du fonctionnement de l'ASIC frontale DREAM. Les résultats permettant le lancement du prototypage FEU sont attendus vers Mars 2012 (initialement Février 2012).

#### ASIC frontal Dream

Le premier lot de 380 ASICs a été reçu en Novembre 2011. Les tests fonctionnels sont actuellement en cours. Les tests seront menés durant environ 6 mois. Vers Mars 2012 ils doivent permettre de prendre la décision : lancer la production en série ou procéder par une nouvelle étape de prototypage.

#### Châssis de l'électronique frontale

Un prototype des châssis doit être construit avant février 2012. La faisabilité d'un fond de panier avec des connecteurs choisis doit être confirmée ou réfutée. Les fixations mécaniques des câbles doivent être étudiées. L'infrastructure de refroidissement à déployer au sein de châssis doit être développée. L'étude est actuellement en cours : un fond de panier est en fabrication, trois cartes émulateurs thermiques des FEUs en construction.

#### Validation du fonctionnement en champ magnétique

Pour minimiser les développements électroniques il est envisagé de recourir à des composants de commerce, notamment pour l'accès à distance aux cartes FEU. Le fonctionnement de ces composants sous un champ magnétique doit être vérifié préalablement avec des dispositifs existants sur le centre de Saclay (e.g. aimant chaud de 1.5T au Bât 392).

#### Carte frontale FEU

Les travaux de prototypage de la carte FEU sont prévus entre février 2012 et février 2013 (schématique, placement-routage, production, tests).

#### Electronique back-end

Du fait de l'utilisation des développements JLAB, le BEU ne nécessite pas des conceptions du matériel spécifique. Le développement du firmware BEU débutera en Mai 2012. En attendant, des cartes commerciales FPGA sont utilisées pour émuler le comportement BEU et valider les transmissions synchrones des horloges et des décisions du trigger entre le BEU et les FEUs. La fonctionnalité BEU implémentée actuellement sur les émulateurs est limitée. Néanmoins, en portant l'effort sur le prototypage du BEU avec des cartes commerciales, un progrès significatif peut être accompli aussi bien en développement du firmware BEU que celui du FEU, avant même que le matériel JLAB soit livré à l'Irfu.

#### Câbles micro-coaxiaux

Plusieurs configurations d'assemblage de câbles provenant de deux fournisseurs (Samtec, Hitachi) ont été testées durant des travaux R&D détecteurs/électronique en 2009-2010. Les câbles des deux fournisseurs se montrent robustes envers les décharges des détecteurs. Les câbles Hitachi sont privilégiés pour leur faible capacité linéaire, encombrement et poids. Pour les activités R&D, des câbles à 50 pF/m ont été utilisés. Pour l'application finale Hitachi doit produire des câbles à 40 pF/m. Il semblerait, que l'immunité des nouveaux câbles envers le bruit et leur robustesse envers les décharges ne devraient pas changer. Les caractéristiques sont identiques également pour les assemblages de câbles ronds et plats. Le prototypage des limandes à base de câbles à 40 pF/m ne serait pas nécessaire en préalable à leur production.

## 3.3 PLAN ASSURANCE PRODUIT

Un plan assurance produit (PAP) est en cours d'élaboration. Par la suite, il sera remis à jour en fonction des besoins du projet.

Il a pour objectif de définir et répertorier les dispositions implémenter pour assurer la conformité des objets livrés ; conformité au regard de leurs spécifications et des contraintes auxquels ils seront soumis au cours des différentes étapes du cycle projet et de leur cycle de vie.

En plus des dispositions générales d'Assurance Qualité (maîtrise de la documentation, maîtrise de la traçabilité, maîtrise des tests et calibration, maîtrise des anomalies), les dispositions prises comprendront les points suivant :

#### Au cours de la phase de conception



- Formalisation des besoins
- Prises en compte des contraintes réglementaires, d'environnement et d'utilisation
- Validation des concepts (calculs, tests sur table,...)

#### **Au cours de l'approvisionnement**

- Contrôle des matières

#### **Au cours des phases de réalisation, assemblage et intégration**

- Traçabilité des produits & gestion de leur configuration
- Formalisation et suivi de la séquence d'opérations
- Définition des procédures de réalisation et de contrôle
- Mise en place de contrôles spécifiques

#### **Au cours du conditionnement, du stockage, de la manutention et du transport**

- Rédaction de procédures dédiées

#### **Sûreté de fonctionnement**

Des contraintes supplémentaires de sûreté de fonctionnement entraînent l'identification et le suivi de points critiques. Une méthodologie spécifique est en cours d'élaboration.

### **3.4 LES LOTS DE TACHES IRFU**

### **3.5 PLANNING GENERAL**

## **4. RESSOURCES (FINALISATION POUR LE 14/11/2011)**

## **5. JALONS (FINALISATION POUR LE 14/11/2011)**

## **6. TABLEAU DE BORD INITIAL**

## **7. GLOSSAIRE**

## 8. ANNEXES

### 8.1 ANALYSE DE RISQUES DE LA REVUE DE LANCEMENT

(En lien avec le chapitre §3.2.1 – « Analyse de risques et actions de maîtrise des risques »)

Ci-dessous, seuls sont mentionnés les risques estimés « principaux » : risques inacceptables, et une sélection de risques à instruire.

#### Risques programmatiques

<u>Intitulé du risque</u>	<u>Proposition d'actions préventives</u>
<b>Manque des ressources humaines en détection versus le délai et les performances</b>	Risque à remonter à l'Irfu
<b>Manque des ressources humaines en électronique versus le délai et les perf</b>	Risque à remonter à l'Irfu
<b>Sté CIREA = capacité à industrialiser le bulk comme prévu avec l'ANR et le proto forward</b>	Solution de back-up : forward réalisé au CERN ou à Saclay & demande de shift du planning pour le forward
<b>Mauvaise circulation de l'information entre l'Irfu et JLAB</b>	Augmenter le rythme des missions à Jlab & Faire entrer la hiérarchie dans la boucle
<b>Défaillance du fondeur de l'ASIC DREAM</b>	Se renseigner sur l'état actuel du fondeur ; trouver un autre fondeur susceptible de réaliser DREAM
<b>Décalibration des baies de gaz (par défaillance de l'entreprise assurant cette opération)</b>	Prévoir une maintenance préventive sur site & implanter du matériel qui sera maintenu par Jlab
<b>L'accord entre JLAB, DOE et l'Irfu est officieux.</b>	Tenue réunion DIR JLAB et IRFU ; document de synthèse détaillant la configuration 3+3 comme solution nominale.
<b>La partie BackEnd sous responsabilité de Jlab n'est pas finalisée à la date de début de travail BEU à Saclay.</b>	Commencer le travail firmware et software sur émulateur
<b>Réduction du budget Irfu CLAS12</b>	Voir avec DIR IRFU & SPHN
<b>Fabrication de FEU – Objectifs délais ou coûts trop ambitieux</b>	Lancer une commande dès 2012 pour gérer les possibles appels d'offre. Valider l'absence de passage via les marchés publics.
<b>Par manque de personnel sur la partie détecteur, le chef de projet privilégie la technique plutôt que la gestion de projet.</b>	Prévoir ressources humaines suffisantes
<b>Délai important pour la passation des marchés relatifs à l'ASIC DREAM et aux FEU</b>	Valider les processus de passation de marché avec le service commercial
<b>MOU technique &gt; 2012</b>	Le MOU doit impérativement être signé avant la passation des commandes de la série
<b>Le Gaz utilisé est inflammable.</b>	Prévoir les ressources RH et financières pour atteindre les exigences
<b>Défaillance de ELTOS</b>	Surveiller l'état de ELTOS. Back-up CIREA, et à défaut CERN
<b>Dessinateur de chez Exoconnex (sté avec un seul employé) – CEA client principal</b>	Trouver une autre entreprise de sous-traitance CAO électronique.
<b>Tests sous réglementation française et fonctionnement dans le labo d'accueil américain</b>	Dès 2012, prendre connaissance des normes US et les appliquer au projet.
<b>Absence de visibilité relative à la perte de personnel pour cause de départ ou de mobilité. Perte de compétences.</b>	Pour les retraités, prévoir une période en biseau. Pour les autres ???
<b>SEDI (détecteur et électronique) et SIS (BE) et SIS (Contrôle commande et baie gaz) – Manque de ressources</b>	Insister auprès de la hiérarchie et du SPHN. Sinon décaler les plannings.
<b>Rayonnements activant le détecteur Forward (FMT). Pas de SAV possible (Changement par spare)</b>	Prévoir plus de spare. Sur site prévoir stockage pour détecteur(s) activé(s).

**Sté pour la résine photosensible (Pyrulux) : fabricant unique & produit périssable avant utilisation (6 mois)**

Deux autres produits moins performants sont sur le marché. Tests en cours de validation pour vérifier le remplacement.

Tableau 5 - Risques programmatiques

### Risques techniques

<u>Intitulé du risque</u>	<u>Proposition d'actions préventives</u>
<b>Fuite gaz inflammable – Arrêt de l'expérience par détection d'une concentration de gaz inflammable supérieure au seuil de sécurité</b>	Augmenter l'étanchéité des tuiles par collage supplémentaire, validé par test étanchéité prototype ; ou non gaz inflammable : <4% d'isobutane ;
<b>Fuite gaz inflammable (en-dessous seuil détection) - perte d'efficacité des détecteurs (en particulier s'ils sont en série)</b>	Mise en parallèle des détecteurs (au lieu de mise en série) dans chaque cylindre. + Idem Risque 30
<b>Incertitude sur le type de connecteur HT</b>	Traitement de la tâche connectique HT : prioritaire
<b>Délai/qualité mise en bulk au CERN</b>	Suivi par l'Antenne CERN (S. HERLANT) de la fabrication des bulks ; plan de backup : réalisation à l'atelier MPGD de Saclay – Réalisation de préséries pour valider la performance de réalisation
<b>Circulation non homogène du gaz dans une tuile</b>	Test de validation en cours ; plan de backup : augmentation du diamètre des trous d'arrivée pour augmenter le débit
<b>Modification de la configuration/spécification du Barrel - JLAB n'a pas identifié le nombre de couches barrel</b>	Tenue d'une réunion DIR JLAB et IRFU ; document de synthèse détaillant la configuration 3+3 en cours de finalisation.
<b>JLab demande que le Forward puisse fonctionner sans la présence du Barrel</b>	Nouvelle étude de structure mécanique à réaliser. L'étude Barrel actuelle est compatible avec une nouvelle structure
<b>Fonctionnement en banc cosmique d'un CR6 courbe</b>	Effectuer tests CR6 ASAP ; puis tester avec plusieurs autres détecteurs
<b>Technologie complexe ou innovante non maîtrisée et à développer</b>	R&D depuis 2006 pour maîtriser la technologie bulk mince courbe
<b>Dégradation/ Destruction d'une tuile par surpression de gaz</b>	Mise d'un clapet de surpression en amont et monitoring de la pression des chambres via l'automate
<b>La technologie des couches résistives sur les planchers de détection remet en cause le choix d'un plancher "simple".</b>	Suivi de la maturation et de l'impact des couches résistives. Faire faire au CERN, proto mince et résistif ASAP (printemps 2012)
<b>Instabilité / méconnaissance de l'interface SVT (silicon vertex tracker)</b>	Prévoir réunion de validation d'interface CT en janvier 2012
<b>Instabilité / méconnaissance d'interfaces - Mode de fixation et d'alignement du MVT par rapport au SVT</b>	Prévoir réunion de validation d'interface CT en janvier 2012
<b>Quantité de bruit électronique dans l'aimant final - Un bruit électronique important dégrade les performances de détection</b>	Impossibilité de connaître le bruit électronique avant intégration JLab et commissioning. Prévoir blindage au cas où. Test en 2012 avec une tuile SVT et MVT
<b>Taux de claquage trop important &gt; 1 Hz par chambre à cause du flux d'hadrons.</b>	Si trop de claquage, baisser la tension sur la mesh du détecteur. Segmentation de la mesh.
<b>Incertitude sur le type de câble HT</b>	Traitement de la tâche câble HT : prioritaire
<b>Accessibilité réduite pour la maintenance du MVT (électronique comprise)</b>	Augmenter le critère de fiabilité
<b>Mauvaise expression du besoin, Non identification de certaines fournitures.</b>	Suivi AQ
<b>Le Gaz n'a pas de la pureté prévue</b>	Définition clair de la spécification gaz pour Jlab. Demander à Jlab de demander des PV d'analyse.
<b>Normes US différentes</b>	Garder le système dans les unités SI pour la conception. S'interfacer avec Jlab pour connaître les normes applicables et leur déclinaison.
<b>Eloignement du laboratoire d'accueil (JLAB)</b>	Fiabilité accrue. Prévoir plan & financement pour mission de maintenance.
<b>Difficultés à être sur le plateau d'efficacité du plan de détection</b>	A confirmer par les tests CR6 P1

<b>Intitulé du risque</b>	<b>Proposition d'actions préventives</b>
<b>Phase d'exploitation mal définie</b>	Définir la phase d'exploitation ; MOU technique à réaliser en 2012.
<b>Fiabilité des collages étanches versus le temps et la dose</b>	Récupérer de la bibliographie au CERN. Envisager un test de vieillissement sous générateur X.
<b>Délai d'approvisionnement des composants électroniques</b>	Prévoir au plus tôt les approvisionnements
<b>Délai d'approvisionnement des limandes</b>	Prévoir au plus tôt les approvisionnements
<b>Méconnaissance de la dégradation en cas de quench</b>	Réaliser une étude des forces mises en œuvre lors d'un quench.
<b>Le champ magnétique va accentuer les claquages du Forward</b>	Solution résistive ou feuille de GEM
<b>Alignement interne : Forward sur Barrel</b>	A suivre
<b>Test DREAM et FEU - les performances spécifiées ne sont pas atteintes</b>	Rechercher les causes, faire des modifications de design, et refaire un prototype.
<b>Délai fabrication des PCB électroniques</b>	Prévoir le lancement en fabrication au plus tôt
<b>SVT+MVT sous la responsabilité de JLAB</b>	A définir dans le MoU technique

Tableau 6 - Risques techniques