



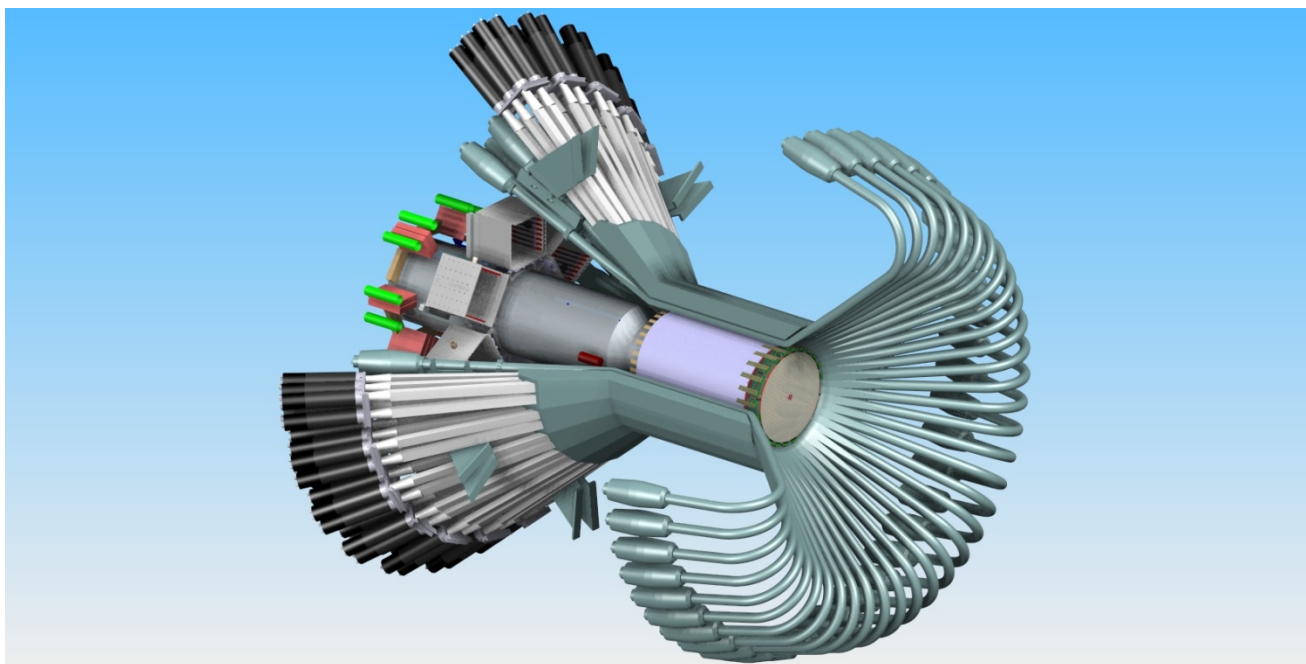
<b>N/Référence</b>			<b>Descriptif</b>		Direction des sciences de la matière Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers
<b>Émetteur</b>	<b>N° chrono-année</b>	<b>Indice</b>	<b>Type</b>	<b>Processus</b>	
Irfu-Dir	Proj-154-2011		Référentiel	Projet	

<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

# CLAS12 Tracker



### HISTORIQUE DU DOCUMENT

### Noms & Visas

Ind.	Nature	Date	Auteur	Vérificateur	Approbateur
A	Draft	18/11/11			
A4	Mise à jour suite à la revue du 11/02/2013	23/07/13	Equipe Projet	BOURGEOIS Philippe	RPi

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>CONTEXTE SCIENTIFIQUE .....</b>	<b>5</b>
2.1	OBJECTIFS ET ENJEUX SCIENTIFIQUES .....	5
2.2	COLLABORATION .....	7
<b>3.</b>	<b>PRESENTATION DU PROJET .....</b>	<b>9</b>
3.1	INSTRUMENT .....	9
3.1.1	<i>Description globale de l'instrument .....</i>	<i>9</i>
3.1.2	<i>Options techniques .....</i>	<i>11</i>
3.2	ENJEUX TECHNOLOGIQUES .....	13
3.2.1	<i>Développements innovants .....</i>	<i>13</i>
3.2.2	<i>Application à d'autres expériences .....</i>	<i>16</i>
3.2.3	<i>Propriété intellectuelle (Brevets, copyright, ...)</i> .....	<i>16</i>
3.3	EXPLOITATION ET DEMANTELEMENT .....	16
3.3.1	<i>Contraintes et modalités de livraison .....</i>	<i>16</i>
3.3.2	<i>Contraintes et modalités d'exploitation (maintenance, « SAV »)</i> .....	<i>16</i>
3.3.3	<i>Contraintes et modalités de démantèlement .....</i>	<i>17</i>
3.4	STRATEGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES .....	17
3.4.1	<i>Organisation du traitement des données .....</i>	<i>17</i>
3.4.2	<i>Impact sur les systèmes informatiques du département .....</i>	<i>17</i>
3.4.3	<i>Développements logiciels .....</i>	<i>17</i>
<b>4.</b>	<b>ELEMENTS PRINCIPAUX INTERVENUS DEPUIS RDL .....</b>	<b>18</b>
4.1	EVOLUTION DE LA DEMANDE .....	18
4.2	DIRECTION(S) PRISE(S) SUITE A L'EVOLUTION DE LA DEMANDE .....	18
4.3	JALONS PASSES .....	18
4.4	DIFFICULTES RENCONTREES .....	18
4.5	POINTS SPECIFIQUES .....	18
<b>5.</b>	<b>ORGANISATION DU PROJET (mise à jour au 11/02/2013) .....</b>	<b>19</b>
5.1	PLAN DE MANAGEMENT DU PROJET A L'IRFU .....	19
5.1.1	<i>Responsabilités de l'IRFU et interfaces externes .....</i>	<i>19</i>
5.1.2	<i>Organisation à l'IRFU .....</i>	<i>21</i>
5.1.3	<i>Partenariats industriels envisagés .....</i>	<i>24</i>
5.2	PLAN DE DEVELOPPEMENT / DEMARCHE LOGIQUE POUR FOURNIR LE LIVRABLE CONFORMEMENT AUX EXIGENCES .....	24
5.2.1	<i>Analyse de risques et actions de maîtrise des risques projet .....</i>	<i>24</i>
5.2.2	<i>Risque Classique .....</i>	<i>25</i>
5.2.3	<i>Logique de déroulement .....</i>	<i>25</i>
5.2.4	<i>Politique des modèles ou prototypes .....</i>	<i>25</i>
5.3	PLAN ASSURANCE PRODUIT .....	25
5.4	LOTS DE TACHES IRFU : ETAT D'AVANCEMENT AU 11/02/2013 .....	25
5.4.1	<i>Simulations et caractérisation .....</i>	<i>25</i>
5.4.2	<i>Détecteurs Barrel .....</i>	<i>26</i>
5.4.3	<i>Détecteurs Forward .....</i>	<i>29</i>
5.4.4	<i>Electronique .....</i>	<i>31</i>
5.4.5	<i>Mécanique : Structure et Outillages .....</i>	<i>33</i>
5.4.6	<i>Servitude – Système Gaz .....</i>	<i>33</i>
5.4.7	<i>Documentation utilisateur .....</i>	<i>34</i>
5.5	PLANNING GENERAL .....	35
<b>6.</b>	<b>RESSOURCES .....</b>	<b>39</b>

6.1	MISSIONS / DEPLACEMENTS PROFESSIONNELS .....	39
6.2	RESSOURCES FINANCIERES .....	39
6.3	RESSOURCES HUMAINES .....	41
6.4	UTILISATION DES MOYENS IRFU .....	41
<b>7.</b>	<b>JALONS .....</b>	<b>42</b>
7.1	REVUES JLAB .....	42
7.2	PRINCIPAUX JALONS .....	42
7.1	GRAPHE DES JALONS .....	43
<b>8.</b>	<b>TABLEAU DE BORD INITIAL .....</b>	<b>45</b>
8.1	FICHE PROJET (A LA DATE DE LA REVUE DE LANCEMENT) .....	45
8.2	FICHE BILAN .....	46
8.3	FICHE PLAN DE CHARGE .....	47
<b>9.</b>	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>49</b>

## Table des illustrations

Figure 1 - CLAS12 dans le Hall B .....	5
Figure 2 - Détail du Central Detector.....	6
Figure 3 - Organigramme du management CLAS12.....	8
Figure 4 - Schéma de l'ensemble MVT .....	9
Figure 5 - Découpage Produit (PBS).....	10
Figure 6 - Vue et image de détecteurs courbe .....	14
Figure 7 - Visualisation 3D du banc cosmique .....	15
Figure 8 - Position du MVT dans l'organisation projet CLAS12 .....	19
Figure 9 - Responsabilités au regard du PBS .....	20
Figure 10 - Organigramme Projet CLAS12-Tracker.....	21
Figure 11 - Transparence optique pour différents tissus métalliques.....	26
Figure 12 - Prototype de tuile Barrel .....	27
Figure 13 - Schémas et photo du banc cosmique .....	29
Figure 14 – Maquette 3D des détecteurs Forward Micromegas Tracker (FMT) .....	30
Figure 15 – A gauche, éclaté d'un disque du FMT. A droite, plan .....	30
Figure 16 - Photo d'un prototype Forward V1 CIREA .....	31
Figure 17 - Schéma de la baie gaz barrel .....	34
Figure 18 - Planning général .....	35
Figure 19 - Planning Barrel .....	36
Figure 20 - Planning Forward & Mécanique.....	37
Figure 21 - Planning électronique .....	38
Figure 22 - Répartition des coûts complets par type d'objets (k€) .....	41
Figure 23 - Répartition des coûts complets dans le temps .....	41

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Responsabilités et coût par sous-système financé par DoE et NSF.....	7
Tableau 2 - Spécifications sur la reconstruction des trajectoires dans les parties avant et centrale .....	12
Tableau 3 - Spécifications sur le fonctionnement de l'électronique de lecture.....	12
Tableau 4 - Point de fonctionnement des détecteurs Micromegas pour CLAS12.....	13
Tableau 5 - Coûts de missions jusqu'à commissioning.....	39
Tableau 6 - Détail des coûts par poste.....	40
Tableau 7 - Tableau des jalons projet .....	42

## 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]. "SOCRAAT: 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 15/02/2013



## 2. CONTEXTE SCIENTIFIQUE

### 2.1 OBJECTIFS ET ENJEUX SCIENTIFIQUES

La sonde électromagnétique est un des outils privilégiés pour analyser le nucléon. Ce dernier a fini par devenir un laboratoire en soi quand on s'est intéressé à la dynamique de ses composants internes, les quarks et les gluons. En parallèle aux progrès technologiques, cette mise en abyme a vu l'émergence de nouveaux concepts théoriques pour comprendre la structure du nucléon à des niveaux de plus en plus profonds. Ainsi, les distributions de partons généralisées (GPDs) permettent une approche tridimensionnelle de la structure du nucléon, et plus généralement de l'appréhension du confinement des quarks dans les hadrons. La détermination de ces distributions passe par la mesure de réactions exclusives du type DVCS (Deeply Virtual Compton Scattering). Ceci constitue une des motivations principales de la montée en énergie à 12 GeV de l'accélérateur CEBAF au Jefferson Lab. En plus de la construction du nouveau Hall D dédié à un programme de spectroscopie gluonique, les équipements des trois autres halls expérimentaux sont en cours de modification pour tirer parti des nouvelles caractéristiques du faisceau et accéder à une augmentation sans précédent de la résolution au niveau des quarks.

Dans le Hall B, le spectromètre à grande acceptation CLAS est entièrement refondu pour devenir CLAS12, un nouveau spectromètre adapté à la mesure de réactions exclusives à grand  $Q^2$ , notamment le DVCS, les faibles sections efficaces étant compensées par une forte luminosité ( $L = 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). CLAS12 est également prévu pour des études sur les processus d'hadronisation, des mesures de fonctions de structure et de facteurs de forme élastique et de transition à grand moment transféré.

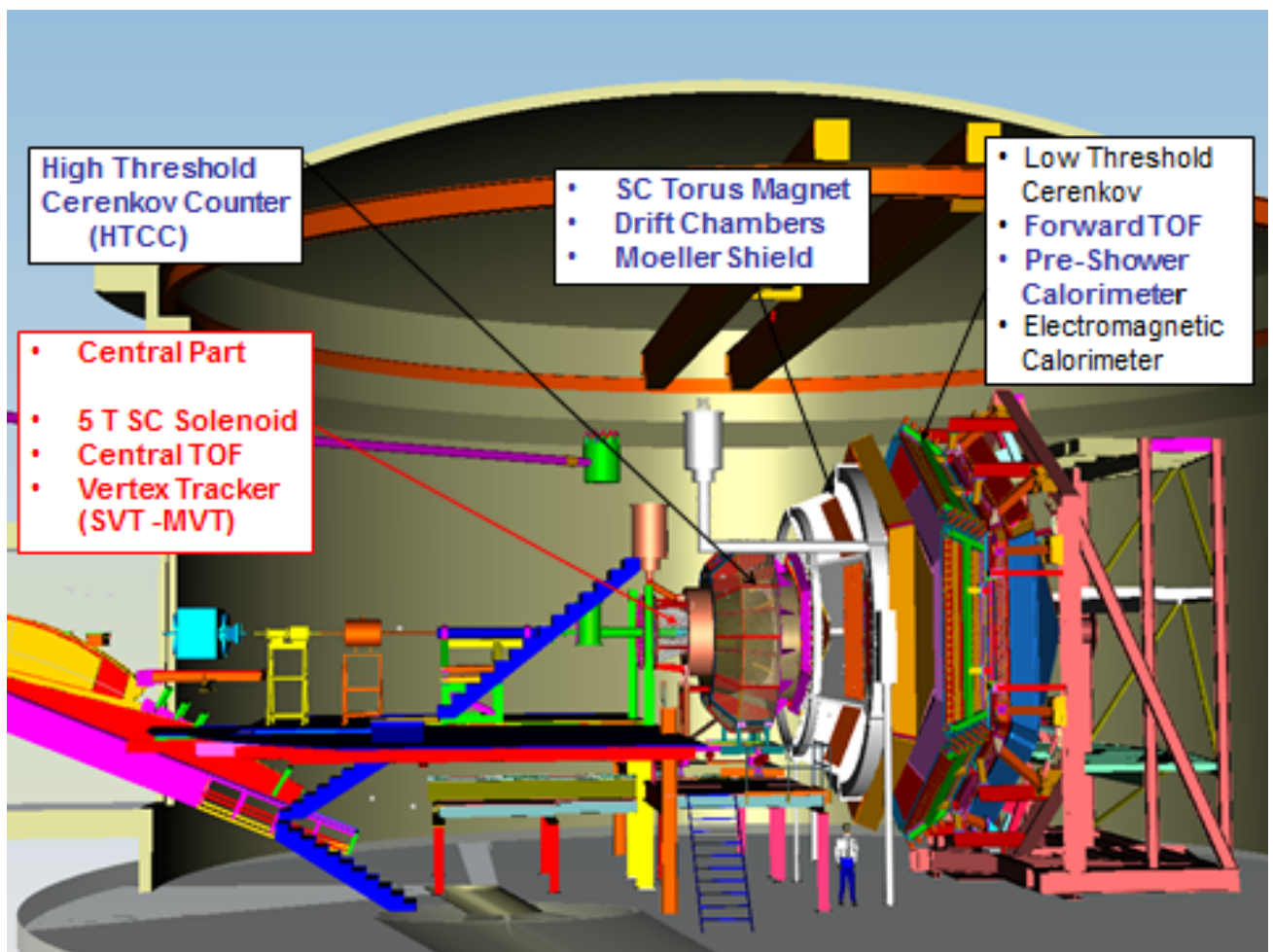


Figure 1 - CLAS12 dans le Hall B

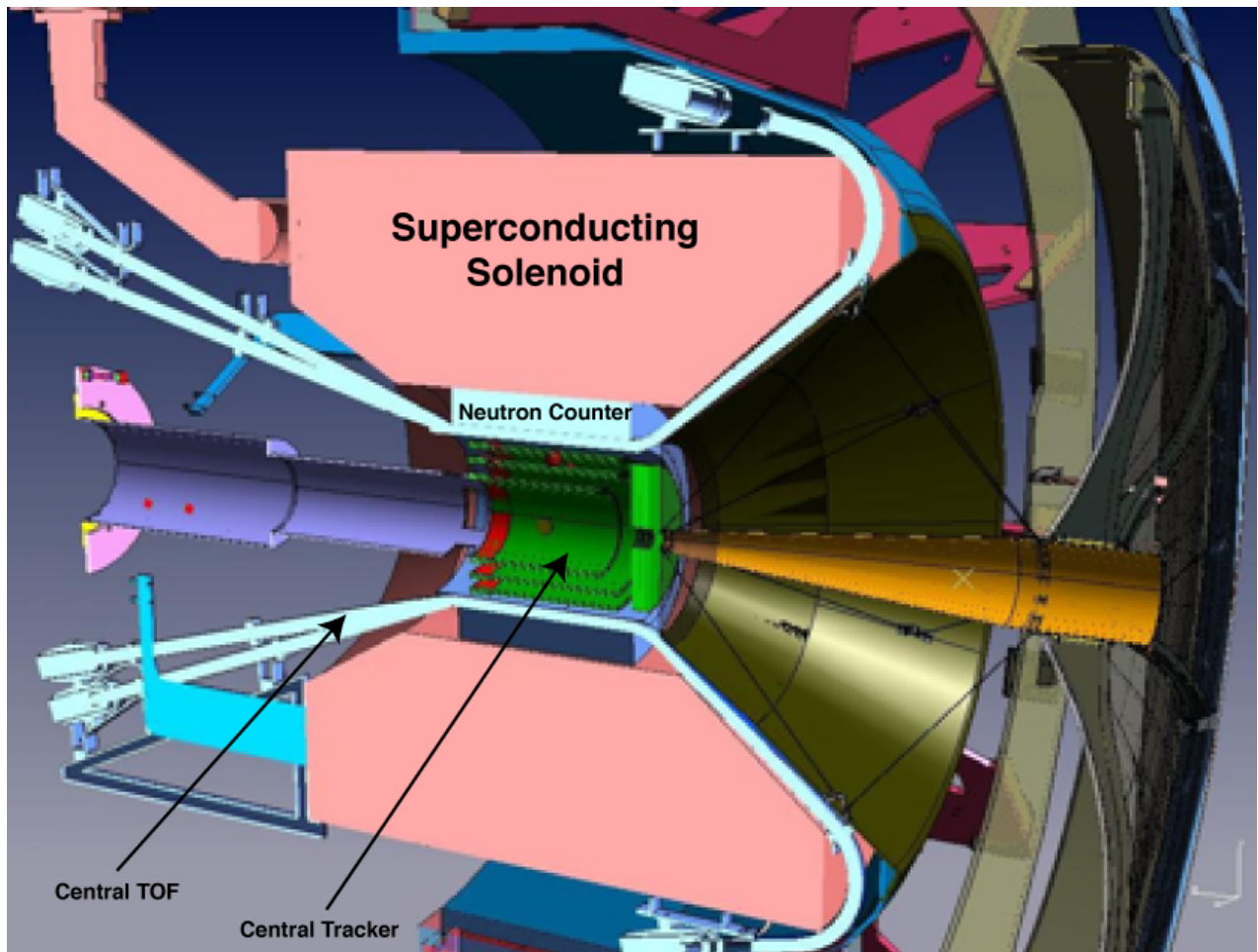


Figure 2 - Détail du Central Detector

CLAS12 présente une géométrie beaucoup plus orientée vers l'avant que CLAS et comprend deux ensembles : un Détecteur Central (CD) et un Détecteur Forward (FD). Le CD, entourant la cible et placé à l'intérieur d'un champ magnétique solénoïdal de 5 T, est destiné à détecter des particules à grand angle ( $35^\circ$  à  $125^\circ$ ) et de faible énergie (comme le nucléon de recul dans la réaction DVCS), essentielles pour signer l'exclusivité des réactions. Le CD comprend successivement à partir de la cible un tracker, un compteur de temps de vol (CTOF) et un compteur à neutrons (CND). Le FD est construit autour d'un aimant toroïdal et détecte, identifie et mesure les caractéristiques des particules émises à petit angle ( $5^\circ$  à  $35^\circ$ ). Il comporte des chambres à dérive, des calorimètres, des compteurs Čerenkov à haut et bas seuil et une mesure de temps de vol pour les petits angles.

Notre projet s'inscrit dans les deux ensembles et concerne le Central Tracker (CT) inclus dans le CD. Une première partie comporte un ensemble cylindrique de 3 doubles couches de Micromegas qui complètent des détecteurs Silicium développés par JLab et situés juste autour de la cible. Une deuxième partie, à la frontière du CD et du FD comporte 3 doubles couches de détecteurs Micromegas circulaires plans perpendiculaires à la direction du faisceau pour la reconstruction des traces des particules émises entre  $5^\circ$  et  $35^\circ$ .

L'achèvement de la construction des différents ensembles et sous-ensembles de CLAS12 était initialement prévu entre fin 2013 et le printemps 2014 et l'installation finale de tous les éléments dans CLAS12 terminée durant le 3e trimestre 2014. Les premiers tests en faisceau étaient programmés pour Octobre 2014. La mise en place et le commissioning du Détecteur Central devaient commencer après l'installation et les tests du solénoïde au printemps 2014.

En novembre 2011, JLab a mis fin à son contrat avec la société Wang en charge de la fabrication des aimants de CLAS12. La recherche d'un nouveau fournisseur et la révision des options de design se sont traduits par un délai dans le planning. En novembre 2012, la direction de CLAS a annoncé à la Collaboration un déplacement global du programme de l'ordre de 15 mois, le commissioning en faisceau étant reculé début 2016.

## 2.2 COLLABORATION

La Collaboration CLAS est une collaboration internationale regroupant 230 physiciens provenant d'une quarantaine d'Instituts et régie suivant une Charte

(<http://wwwold.jlab.org/Hall-B/general/charter/CLASdocs.htm>).

La liste des Instituts est la suivante :

Arménie	Yerevan Physics Institute, Yerevan
Chili	University Santa Maria, Valparaiso
France	IN2P3-LPSC, Grenoble ♦ IN2P3-IPNO, Orsay ♦ Irfu-SPhN, CEA-Saclay
Italie	INFN-LN Frascati-Rome ♦ INFN-Genova ♦ INFN-University Bari ♦ INFN-University Ferrara ♦ INFN-ISS-Rome ♦ INFN-Rome II-Tor Vergata
République de Corée	Kyungpook National University, Daegu
Royaume-Uni	Edinburgh University, Glasgow University
Russie	MSU, Skobeltsin Institute for Nuclear Physics, Institute for High Energy Physics, SiLab, Moscow ♦ Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow
USA	Argonne National Laboratory, Argonne, MI ♦ California State University, Dominguez Hills, CA ♦ Catholic University of America, Washington, DC ♦ College of William and Mary, Williamsburg, VA ♦ Christopher Newport University, Newport News, VA ♦ Fairfield University, Fairfield, CT ♦ Florida International University, Miami, FL ♦ Hampton University, Hampton, VA ♦ Idaho State University, Pocatella, ID ♦ James Madison University, Harrisonburg, VA ♦ Norfolk State University, Norfolk, VA ♦ Ohio University, Athens, OH ♦ Old Dominion University, Norfolk, VA ♦ Renselaer Polytechnic Institute, Troy, NY ♦ Temple University, Philadelphia, PA ♦ Jefferson Lab, Newport News, VA ♦ University of Connecticut, Storrs, CT ♦ University of New Hampshire, Durham, NH ♦ University, of Richmond, Richmond, VA ♦ University of South Carolina, Columbia, SC ♦ University of Virginia, Charlottesville, VA.

Le coût total de l'upgrade de JLab à 12 GeV est de 310M\$ et le projet CLAS12 du Hall B a un coût de 31.22 M\$ se répartissant comme suit :

CLAS12 Subsystems	INSTITUTES	Costs (M\$)
Magnets	Wang puis Everson/Tesla	7.1
HT Cerenkov Counter	JLab	0.8
Drift Chambers	Idaho State U., ODU, JLab	3.5
SVT	JLab, Fermilab, U. New Hampshire Moscow State U.	5.2
CTOF	JLab	0.32
FTOF	U. South Carolina	1.75
PCAL	William & Mary, James Madison U Ohio U, Norfolk State U	0.75
Computing	JLab, U Richmond	1.3
Electronics	JLab	2.4
Beamline	JLab	0.38
Infrastructure	JLab	1.52
<b>Total Equipment</b>		<b>25.02</b>
<i>Labor</i>		6.2
<b>TOTAL</b>		<b>31.22</b>

Tableau 1 - Responsabilités et coût par sous-système financé par DoE et NSF

Ces équipements font partie de ce qui est défini comme étant "baseline", financé par le Department of Energy (DoE) et par National Science Foundation (NSF). D'autres équipements avec d'autres subventions ne sont pas considérés comme baseline. Notre projet est dans ce cas ainsi que le Compteur à Neutrons (CND), projet de l'IPN Orsay dont le coût d'investissement est de 300 k€.

Le schéma du management de CLAS12 est présenté sur le tableau suivant :

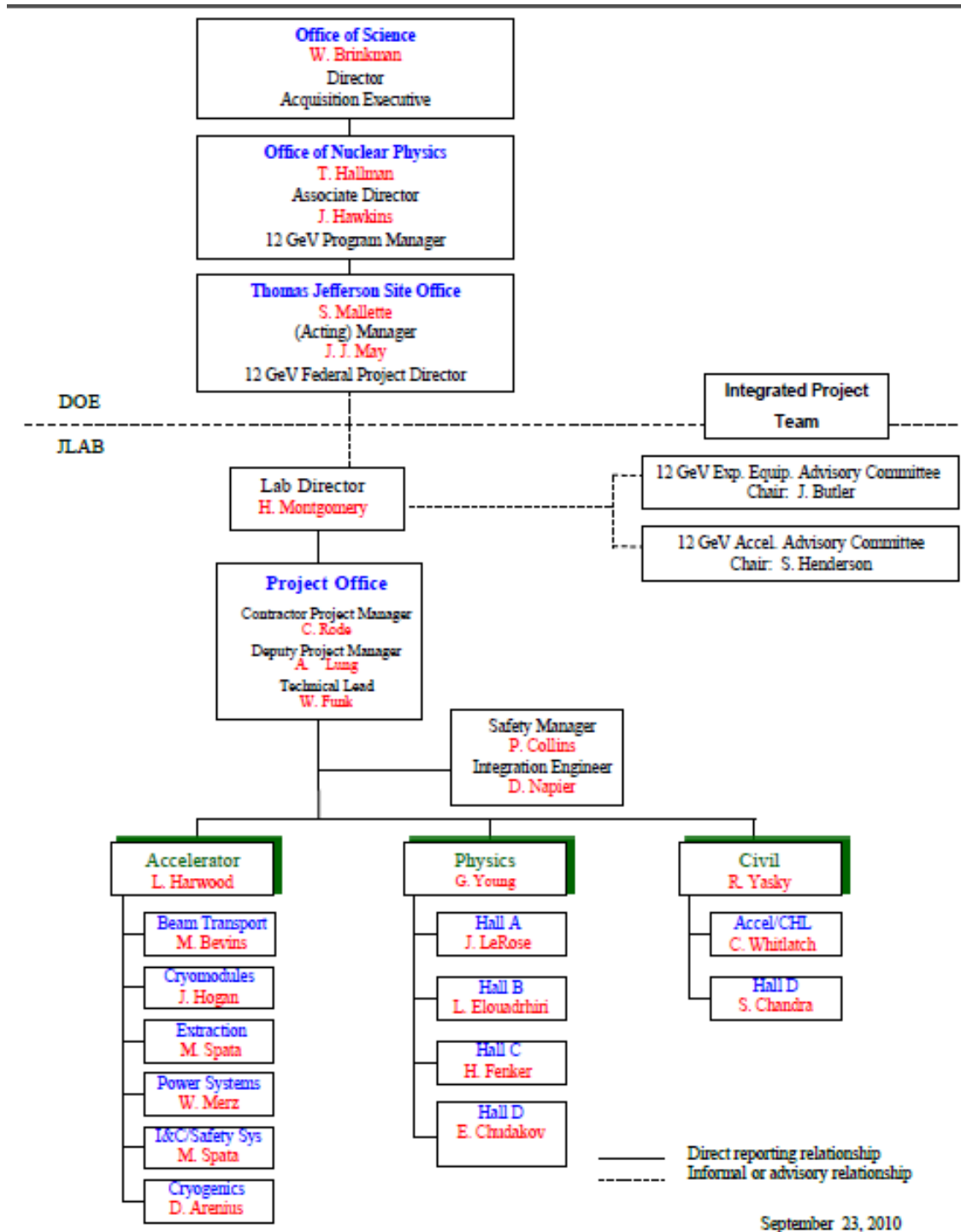


Figure 3 - Organigramme du management CLAS12

Le DoE et JLab gèrent le projet dans une structure mixte DoE-JLab, l'« Integrated Project Team ». Pour CLAS12 c'est L. Elouadrhiri qui est project manager au niveau du Hall B, sous la tutelle de G. Young en charge de la partie Physique de JLab 12 GeV. Le Management général pour l'ensemble du Projet 12 GeV est sous la direction de C. Rode.



### 3. PRESENTATION DU PROJET

#### 3.1 INSTRUMENT

##### 3.1.1 Description globale de l'instrument

###### 3.1.1.1 Description fonctionnelle

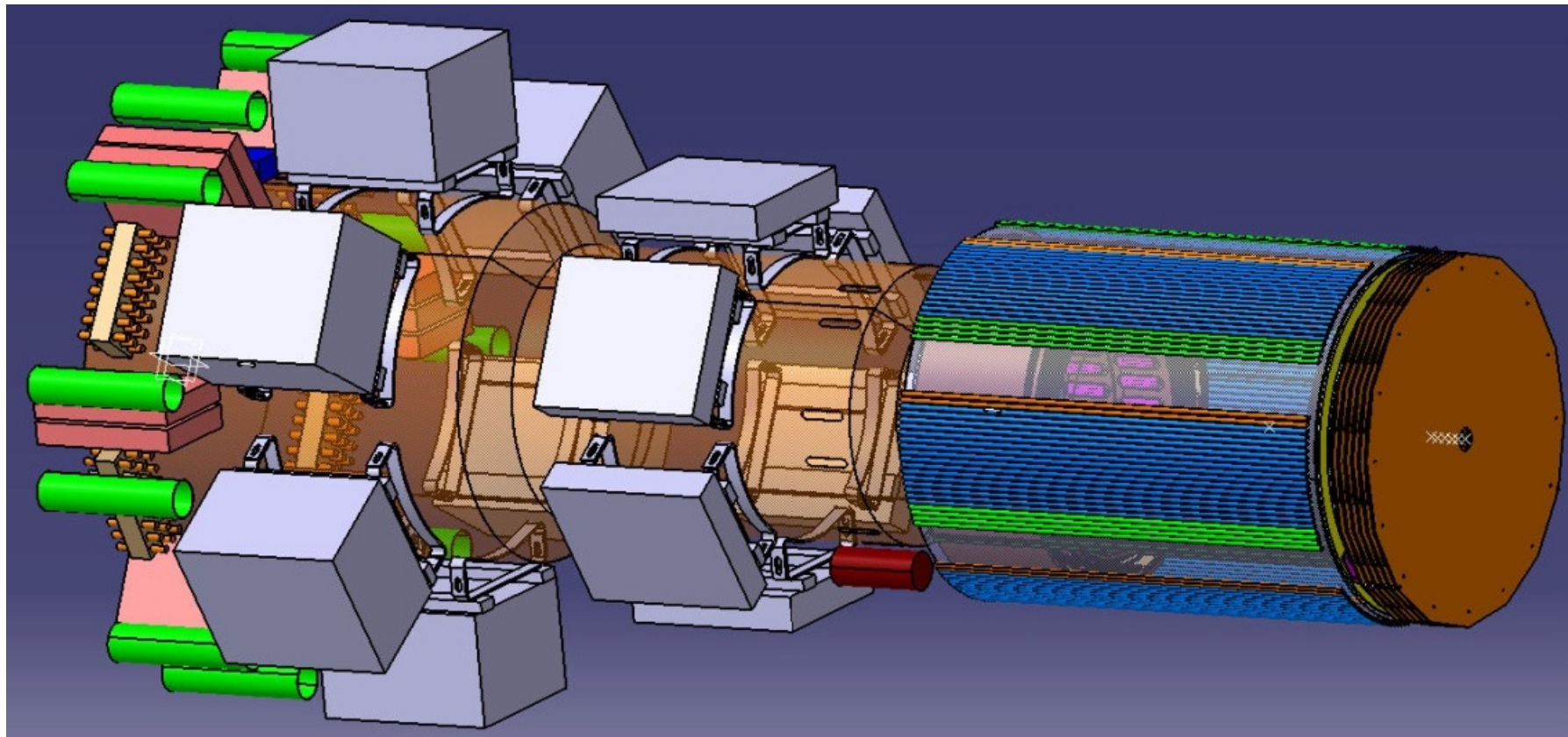


Figure 4 - Schéma de l'ensemble MVT

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

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

Le MVT est composé de 6 cylindres de diamètres différents. Il y a donc 6 détecteurs différents ; il en est de même pour les plans et les outillages. Le nombre de détecteurs de rechange à livrer est, lui aussi, multiple de 6. L'ensemble des lots présentés dans le schéma ci-dessous est sous la responsabilité de l'IRFU, sauf les outillages d'interface et d'intégration in situ.

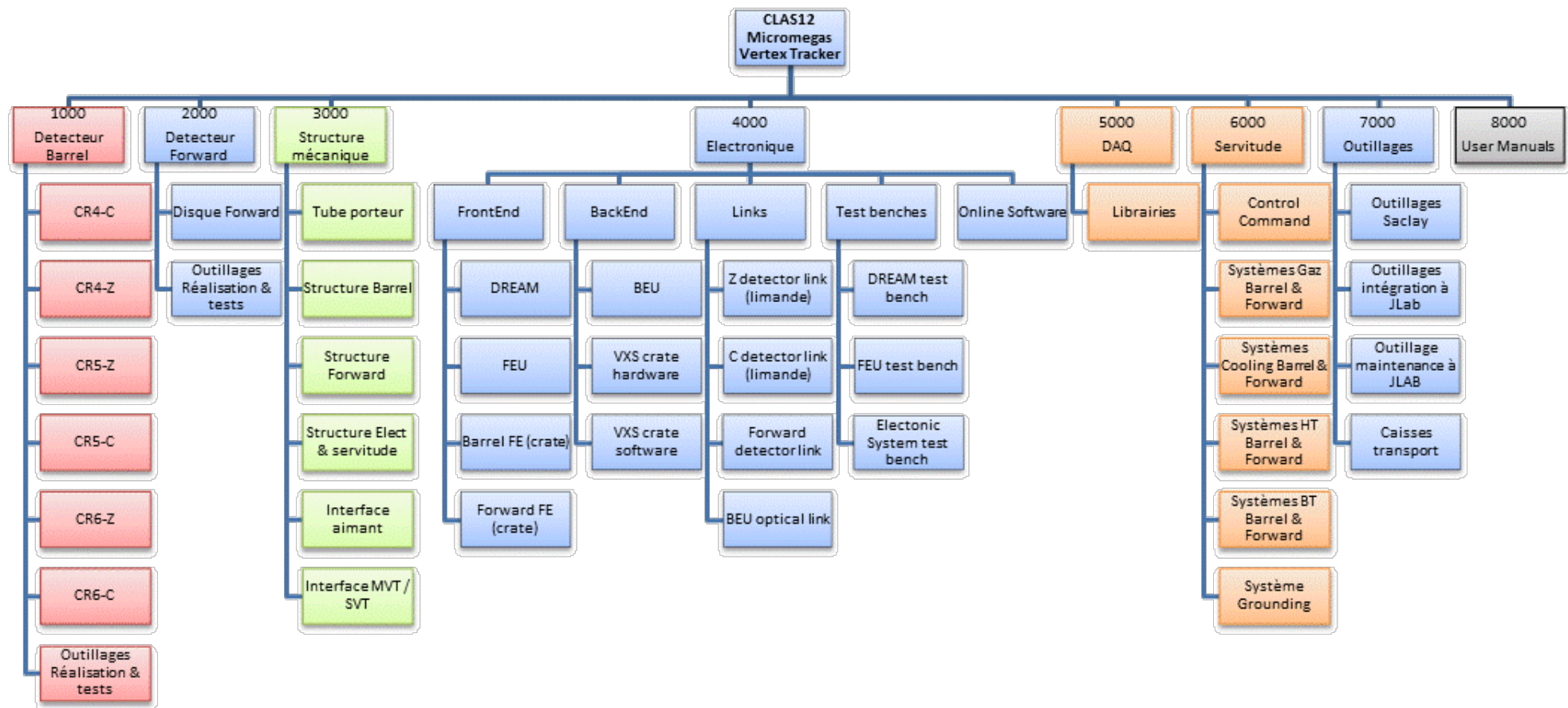


Figure 5 - Découpage Produit (PBS) (couleurs sans fonctions)



### 3.1.1.3 Configuration

Le trajectographe central est prévu pour fonctionner de façon nominale avec une cible d'hydrogène liquide – dite «*Saclay target*» - ou une cible polarisée  $\text{NH}_3$  et  $\text{ND}_3$ . La structure de support du système SVT+MVT sera donc adaptée pour accommoder les deux types de cible. De fait, une modification du rayon du SVT le plus interne a été apportée afin de pouvoir y glisser l'encainte de diffusion de la cible d'hydrogène liquide. Les tubes de support ont eux aussi été adaptés aux diamètres de ces cibles en amont du trajectographe.

La collaboration nous a en outre demandé d'étudier une configuration comprenant la TPC radiale BONUS12 en remplacement de tout le Barrel (SVT+MVT), tout en gardant le Forward MVT pour la trajectographie vers l'avant. Une telle configuration nous oblige à intégrer dans notre conception de la structure du MVT+FVT la possibilité de laisser le Forward MVT en l'absence du Barrel. Il n'y a pas de problème de principe à cela, même si on peut imaginer que la TPC radiale BONUS12 aura besoin d'une structure de support, du même type que celle développée pour le système Micromegas. Il sera alors à la charge de Jefferson Lab de concevoir une telle structure pouvant à la fois tenir la TPC radiale ainsi que le Forward.

## 3.1.2 Options techniques

### 3.1.2.1 Options et choix techniques

#### 3.1.2.1.1 Détecteur bulk mince

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

#### 3.1.2.1.2 Électronique

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 3.1.2.2 Spécifications

#### 3.1.2.2.1 Détecteurs

L'un des objectifs principaux du futur spectromètre CLAS12 est l'étude des Distributions de Partons Généralisées (GPD) via la réaction exclusive  $ep \rightarrow e\gamma$  dite DVCS. Le grand nombre de variables dont dépendent ces GPD, la faible section efficace de la réaction DVCS, mais aussi l'environnement général de CLAS12 impose plusieurs contraintes déterminantes sur les différents éléments du spectromètre :

- i) Fonctionnement à haut flux : la luminosité nominale de CLAS12 sera de  $10^{35}$  /cm<sup>2</sup>/s, représentant un flux d'environ 500 milliards d'électrons par seconde sur la cible. Dans ces conditions, des simulations GEANT4 ont montré que chaque couche de Micromegas (Barrel et Forward) fonctionnera sous un flux de particules d'environ 10 MHz. 10% de ce flux sera constitué de hadrons, susceptibles de provoquer des décharges dans les détecteurs par interactions nucléaires avec les différents matériaux du Micromegas.
- ii) Large acceptation angulaire : la détection simultanée de l'électron et du proton de DVCS nécessite de couvrir un domaine en angle polaire allant de 5 à 70° environ. D'autres programmes de physique de CLAS12, comme la spectroscopie de mésons, requiert une extension à grand angle, jusqu'à 125°. Dans ces conditions, le spectromètre sera composé de deux parties, l'une pour la détection des angles avant (5-35°), l'autre pour la détection à grand angle (35-125°). Du fait du large domaine angulaire à couvrir, des détecteurs de grande surface (jusqu'à 45x40 cm<sup>2</sup>) sont à prévoir.
- iii) Haute résolution : la présence d'un bruit de fond physique élevé requiert une excellente séparation des particules ainsi qu'une détermination précise de la position du vertex. Cela se traduit par des spécifications sur la reconstruction des trajectoires en termes d'impulsion, d'angles polaire et azimutal. Du fait de la cinématique de la réaction DVCS, ces spécifications sont différentes pour les parties avant et centrale, et sont résumées dans le Tableau 2.
- iv) Faible longueur de radiation : l'impulsion des particules produites dans CLAS12 étant modérée, les effets de diffusion multiple et de pertes d'énergies affectent de manière significative la résolution globale du spectromètre. Cette indétermination devient même supérieure à celle provenant de la résolution intrinsèque des détecteurs pour les protons DVCS de plus basse énergie. Dans ces conditions, la quantité de matière par couche de Micromegas ne doit pas excéder 0,3% de longueur de radiation.

- v) Efficacité de reconstruction : là encore, la faible section efficace du processus DVCS impose une excellente efficacité de reconstruction de trajectoires, au-delà de 95%. Cela se traduit par la nécessité d'une bonne efficacité individuelle, couplée à une redondance des plans de détections (3 doubles couches de Silicium et 3 doubles couches de Micromegas pour la partie centrale).
- vi) Présence d'un champ magnétique intense : les détecteurs seront en effet placés à l'intérieur d'un solénoïde fournissant un champ maximal de 5 T. Dans le cas du détecteur central, ce champ est perpendiculaire au champ électrique de dérive et modifie ainsi la trajectoire des électrons primaires qui dérivent avec un angle  $\theta$  dit de Lorentz le long des lignes de champs E. Cet angle doit être réduit à 20° afin de ne pas trop biaiser la localisation de la particule ou dégrader la résolution spatiale du détecteur. Dans le cas du Forward MVT au contraire, le champ magnétique focalise les électrons primaires autour des lignes de champs et diminue considérablement la diffusion transverse. Il en résulte une augmentation considérable de la densité locale de charges qui favorise l'apparition de claquages.

<b>Spécification</b>	<b>Partie avant</b>	<b>Partie centrale</b>
Acceptance angulaire	5-35°	35-125°
Résolution en impulsion, $\sigma_p/p$	< 1%	< 5%
Résolution en angle polaire $\sigma_\theta$	< 1 mrad	< 5-10 mrad
Résolution en angle azimutal $\sigma_\phi$	< 3 mrad	< 5 mrad

Tableau 2 - Spécifications sur la reconstruction des trajectoires dans les parties avant et centrale

### 3.1.2.2.2 Electronique

Les performances physiques du trajectographe MVT ainsi que les exigences du système trigger/DAQ CLAS12 imposent à l'électronique de lecture des spécifications qui sont énumérées dans le Tableau 3 ci-dessous. Un certain nombre de spécifications secondaires définissant son mode de fonctionnement en découlent.

<b>Spécifications principales</b>		
Nombre de canaux	~26 000	Barrel : ~20 000 Forward : ~6 000
Résolution temporelle	10 ns	
Taux de lecture	20 kHz	
Taux de comptage par piste	20 kHz (Barrel) – 60 kHz (Forward)	
Profondeur de temporisation	16 $\mu$ s	
Grande capacité des détecteurs	50-120 pF	
Champ magnétique résiduel	0,3 T – 2,2 T	
<b>Spécifications dérivées</b>		
S/B	~40	
Gamme dynamique de mesure des charges	9-10 bits	
Taux d'échantillonnage	20 MHz	
Nombre d'échantillons de lecture	Variable, 4 à 8	
Précision de distribution de l'horloge, du trigger et des commandes synchrones	~1 ns	
Traitement des données en ligne	soustraction du bruit commun, seuillage	

Tableau 3 - Spécifications sur le fonctionnement de l'électronique de lecture.

L'espace dédié à l'emplacement de l'électronique frontale est fortement réduit par le détecteur CTOF qui l'entoure. En particulier, l'électronique n'est pas accessible *in-situ*. Pour faciliter sa maintenance elle sera alimentée en basse tension par un dispositif déporté d'environ 10 m. Les mises à jour du progiciel des cartes FEU doivent se faire à distance. Le fort champ magnétique résiduel exclut l'utilisation de systèmes de refroidissement à base de ventilateurs intégrés au châssis. L'étude du système de refroidissement de l'électronique frontale est actuellement en cours. Indépendamment de l'option finale retenue (air pulsé, fluide caloporteur) le système de refroidissement comportera des parties déportées. Le système d'alimentation des détecteurs en haute tension, le système d'alimentation de l'électronique frontale en basse tension et le système de refroidissement doivent être imbriqués afin d'empêcher le fonctionnement dans des conditions anormales (défaillance du refroidissement, séquence de mises sur tension erronée, etc...).

### 3.1.2.3 Point de fonctionnement

Les différentes spécifications exposées précédemment posent des contraintes fortes sur les caractéristiques des détecteurs qui sont résumées dans le Tableau 4.

<b>Caractéristique</b>	<b>Barrel MVT</b>	<b>Forward MVT</b>
------------------------	-------------------	--------------------

Gain effectif	5000	3000
Mélange gazeux	Ar + 10% iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Ne + 10% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
Hauteur de dérive	3 mm	5 mm
Feuille de GEM	-	1 GEM à 3 mm
Champ de dérive	8 kV/cm (Z) et 4 kV/cm (C)	1 kV/cm
Angle de Lorentz	20° (Z) et 40° (C)	0°
Rapport des champs	5,5 (Z) et 9 (C)	~ 50
Transparence	40% (Z) et 50% (C)	100%
X <sub>0</sub>	0,3%	0,3%
Segmentation	Longitudinale en 3 parties	Annulaire en 3 parties
Taille maximale PCB (et capa)	45x43 cm <sup>2</sup> (16 nF / 3)	Diam. 43 cm (12 nF / 3)
Flux de particules / couche	4 MHz (dont 1 MHz hadrons)	12 MHz (dont 2 MHz hadrons)
Taux de claquages / mesh	1 Hz	1 Hz
Temps mort	< 2 %	< 2%
Efficacité de détection / détecteur	> 90%	> 95%
Pitch	540 μm (Z) et 270 μm (C)	500 μm
Résolution spatiale	250 μm (Z) et 100 μm (C)	145 μm
Résolution temporelle	10 ns	10 ns

Tableau 4 - Point de fonctionnement des détecteurs Micromegas pour CLAS12.

### 3.1.2.4 Justification des choix et des spécifications

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

## 3.2 ENJEUX TECHNOLOGIQUES

### 3.2.1 Développements innovants

Les choix techniques retenus pour CLAS12 ont amené le groupe à développer de nouvelles technologies. Les innovations portent soit directement sur les Micromegas, comme l'utilisation de détecteur minces courbes ou la segmentation de la micro-grille ou, soit indirectement par la mise au point de câbles pour déporter le signal des pistes à l'électronique ou de détecteurs pour le banc de test.

#### 3.2.1.1 Détecteurs

##### Technologie bulk mince

L'innovation sur les bulks minces et courbes est issue d'une R&D initiée en 2005 par le labo MPGD du SEDI. Elle a initié les études pour la réalisation d'un trajectographe et donnée naissance au projet CLAS12 Micromegas.

La technique bulk de fabrication des détecteurs Micromegas permet d'encapsuler la micro-grille du détecteur sur le PCB au moyen de méthodes standards de photolithographie déjà utilisées pour la réalisation des plots de Micromegas « classiques » (micro-grille tendue sur un cadre). La finesse du PCB (typiquement 100 à 200 microns) permet la courbure du détecteur et l'ajout de plots sous la micro-grille garantit un rayon de courbure constant. Une intense activité de R&D a permis de réaliser pour la première fois des détecteurs fins de grandes tailles (jusqu'à 50x60 cm<sup>2</sup>) à faibles zones mortes (5 mm de bordure). Cela a nécessité l'utilisation d'un matériau époxy spécifique et l'amélioration des procédures de fabrication.

Une R&D est actuellement en cours pour la réalisation de bulks minces et plans collés sur nid d'abeille. Cette R&D est financée par l'ANR SPLAM avec un partenariat industriel (société ELVIA ex CIREA).

##### Structure autoporteuse

Cette structure du détecteur courbe est formée d'éléments en composite carbone. Ce matériau a été choisi pour ses qualités en termes de performances mécanique et physique. En effet, ce matériau a une densité faible, un module d'Young et une longueur de radiation élevée. Ce choix permet donc de minimiser la matière à l'intérieur de la zone de détection. Le design a ainsi été conçu de telle manière à minimiser la matière mais aussi les coûts. Une recherche sur des produits standards et de grande consommation a permis d'obtenir des coûts faibles. La tuile est composé de deux tubes latéraux carrés (fortement utilisé en modélisme) de dimension 3 x 3 mm, d'une longueur de 658 mm et de trois arceaux d'épaisseur 3 mm et de rayon du détecteur voulu. Les arceaux sont réalisés par la technique du jet d'eau sur une plaque en composite fibres de carbone, ce qui permet d'obtenir plusieurs arceaux sur une même plaque donnant un produit fini précis. Ces arceaux sont reliés aux tubes carrés par collage sur le PCB bulk maintenu sur un mandrin de courbure. La dérive constituée d'un PCB de 200 μm est ensuite collée sur le dessus de la structure porteuse en carbone qui devient ainsi l'entretoise de dérive.

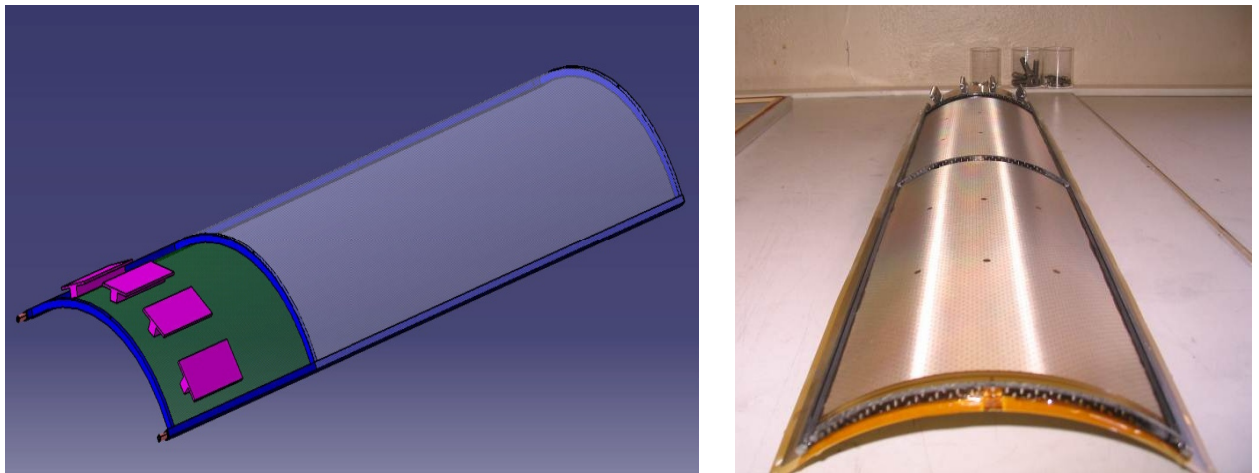


Figure 6 - Vue et image de détecteurs courbe

(à gauche) : vue en coupe de la structure carbonée ;  
 (à droite) : image 3D et photo du détecteur courbe PLV3 composé de sa tuile en composite fibres de carbone

### Circulation du gaz

La structure faisant partie intégrante du détecteur (entre PCB détection et PCB dérive), le gaz est acheminé par les tubes carrés qui sont percés pour la répartition du gaz. A chaque extrémité de ces tubes sont collés un bouchon et un raccord gaz pour la circulation du gaz.

### Segmentation de la micro-grille

La segmentation est une technique dont le but est de rendre le détecteur moins inefficace lors d'une décharge. En effet, lorsqu'un claquage se produit, la tension de la micro-grille baisse, ce qui diminue le gain pendant tout le temps de la remontée à la tension nominale. Pour réduire l'aire du détecteur impactée par la baisse de tension, la micro-grille est segmentée, c'est-à-dire divisée en plusieurs zones alimentées séparément, donc indépendantes et insensibles aux variations de tension des zones voisines. Des tests avec de petits prototypes ont montré que le gain pour une des micro-grilles reste stable même lorsque la micro-grille voisine est en claquage. La R&D menée à l'atelier MPGD a porté sur deux types de segmentations. Pour des bulks sur PCB rigide, on peut obtenir des zones mortes de 500  $\mu\text{m}$  par micro-segmentation avec une micro-fraise d'usinage (200  $\mu\text{m}$ ). Pour des bulks minces la macro-segmentation utilise les techniques d'insolation de mise en bulk pour créer une zone où la grille est coupée et retirée à la main (5 mm de zone morte).

### Détecteurs multiplexés

Pour le banc cosmique, les détecteurs CosMulti (*Cosmic Multiplexing*) ont été développés. Ces détecteurs permettent, avec un nombre réduit de voies d'électroniques, d'obtenir des résolutions comparables à un Micromegas ordinaire, en contrepartie d'un taux d'occupation maximum plus faible. Ces propriétés les rendent très utiles pour des tests de détecteurs en cosmiques mais ils pourraient également être utilisés pour des expériences à flux modérés. Le détecteur est composé d'un PCB sur lequel sont gravées des pistes de chaque côté. Sur une des faces, des pistes fines (pitch de 200  $\mu\text{m}$ ) sont réparties en 36 paquets de 36 pistes. Chaque piste  $n$  d'un paquet est reliée aux 35 autres  $n$  des 35 autres paquets, conduisant à seulement 36 pistes indépendantes. Sur la deuxième face sont gravées des pistes de largeur équivalente à 36 pistes fines (7,2 mm) de la première face. Les deux faces sont ensuite bulkées, aboutissant à un bulk double face. Lorsqu'une particule traverse le détecteur, des pistes fines et larges sont touchées, et la piste large permet de distinguer quelle piste fine ( $n$ ,  $n+36$ ,  $n+72$ , etc...) a été touchée. Ainsi, avec seulement 72 voies d'électroniques, le CosMulti permet d'obtenir la même résolution (50  $\mu\text{m}$ ) qu'un détecteur de 36x36, soit 1296 voies pour une surface active de 27 cm x 27 cm. Une version avec 50 cm x 50 cm de surface active est prévue pour le banc cosmique de CLAS12.

#### **3.2.1.2 Electronique**

### ASIC DREAM

Les étages d'entrée des préamplificateurs sont adaptés à une large gamme de capacités de détecteurs. La gestion de la matrice de mémoire analogique est conçue pour soutenir des taux de lecture élevés sans perturbation des opérations d'échantillonnage et de stockage des signaux d'entrée. La compétence particulière de l'Irfu dans ce domaine est mise à profit.

### Limande détecteur-ASIC

Electronique frontale déportée à environ 1,5 m des chambres Micromegas : Les limandes à base de câbles micro-coaxiaux à relativement faible capacité linéaire (50 et 63 pF/m) ont été validées en termes de rapport S / B, et de résistance à des taux de décharges élevés. Deux fournisseurs potentiels sont identifiés : Hitachi et Samtec. Les deux sociétés se déclarent aptes à produire des limandes à des capacités linéaires encore plus faibles : respectivement 40 et 50 pF/m. La séparation du détecteur et de son électronique par des limandes est une innovation importante permettant de réduire les contraintes sur les deux sous-systèmes. Cette innovation a été reprise par d'autres expériences (ILC, ACTAR, NEXT, MINOS, ForFire...).

#### **3.2.1.3 Mise à jour du banc cosmique CLAS12 à large acceptation**

Il existe deux alternatives à la caractérisation des détecteurs Micromegas, la première méthode utilise une source radioactive collimatée (ex :  $^{55}\text{Fe}$ ) en des points successifs sur toute la surface du détecteur. La seconde méthode consiste à soumettre le détecteur à un flux de particules cosmiques tout en déterminant la trajectoire de celui-ci. Le rayonnement cosmique qui arrive à la surface de la terre est composé d'une grande majorité de muons. Bien qu'ayant un flux très faible ( $\sim 1 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ ), les muons sont des particules relativistes ayant un taux moyen de perte d'énergie proche du minimum.

Dans l'objectif de caractériser les différents détecteurs du Barrel Micromegas mais aussi du Forward de façon automatique, un nouveau banc cosmique a été conçu et réalisé. L'ancien banc, appartenant aux travaux de laboratoire des étudiants de master NPA, avait une acceptation suffisante pour les tests des détecteurs prototypes de plus petite taille.

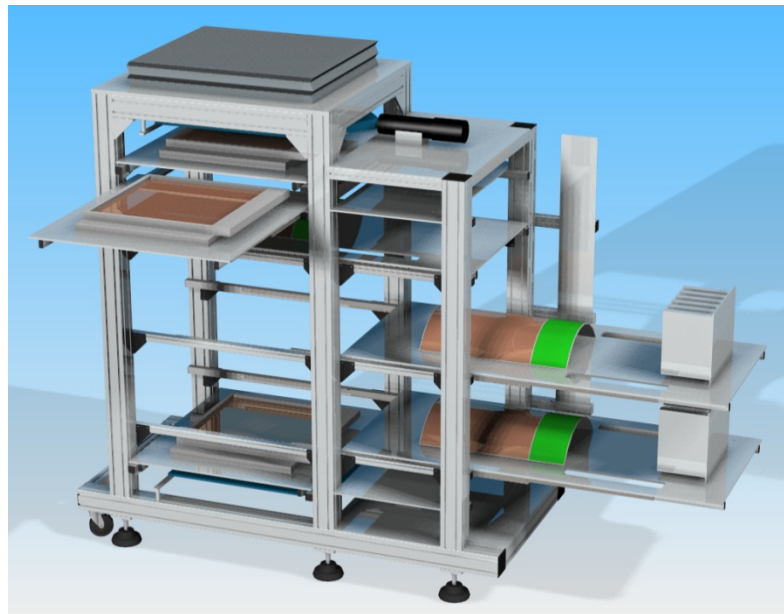


Figure 7 - Visualisation 3D du banc cosmique

Ce banc est composé d'une structure en profilé aluminium pouvant accueillir, dans sa version nominale, trois plans contenant chacun un détecteur et son électronique associée. La surface maximale d'un détecteur doit être inférieure à  $600 \times 600 \text{ mm}^2$ , surface correspondante aux deux scintillateurs et aux plans XY positionnés au-dessus et en-dessous des plans détecteurs (Figure BC1). Un plan XY est constitué de deux plans de détecteurs gazeux basés aussi sur Micromegas, appelés Cosmulti, et dont les pistes sont orthogonales entre elles. La résolution spatiale pouvant être atteinte dans le plan XY est inférieure à  $300 \mu\text{m}$ .

La structure a été conçue avec des poutres de chez NORCAN et validée par des simulations pouvant supporter jusqu'à une tonne de plomb. Les photomultiplicateurs proviennent de chez Electron Tube. Ces derniers ont été livrés. Le banc devrait être finalisé d'ici la fin novembre 2011 dès que les scintillateurs seront livrés et intégrés aux photomultiplicateurs.

L'électronique pourra être dans un premier temps l'électronique T2K basée sur les puces AFTER puis elle sera remplacée d'ici quelques mois par l'électronique basée les puces DREAM, conçues spécialement pour l'expérience. Les cartes seront connectées aux détecteurs et aux Cosmultis par des limandes de 1,5 m similaires à celles du détecteur final.



Ce banc permettra la mesure de l'efficacité des détecteurs CLAS12 en fonction du gain et de la position sur le détecteur (uniformité). L'énergie déposée par unité de longueur (dE/dx) pourra aussi être déterminée. Trois tuiles pourront être caractérisées en même temps. Il est aussi possible de retirer les trois plateaux accueillant des détecteurs individuels afin de disposer complètement le baril avec ses 3 doubles couches de Micromegas assemblées sur sa structure mécanique en carbone.

### 3.2.2 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.

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 3.2.3 Propriété intellectuelle (Brevets, copyright,...)

Deux brevets concernant les détecteurs ont été déposés en 2012. Le CEA garde la propriété intellectuelle des développements de l'ASIC DREAM et de la carte FEU.

Brevet « **DETECTEUR COURBE DE PARTICULES GAZEUX** »

- Inventeurs : Sandrine Cazaux, Stephan Aune et Thierry Lerch
- Déposé en 15 octobre 2012 (N°12 59799)
- l'idée brevetée est la courbure de de détecteurs avec structure autoportante intégrée.
- Le concept s'appuie sur la mise en courbure avec une structure intégrée en sandwich entre la cathode (dérive) et l'anode (bulk mince). Le brevet ne se limite pas aux Micromegas mais s'ouvre à d'autres systèmes de détection mince.

Brevet « **CIRCUIT DE CONNEXION MULTIPLEXE ET DISPOSITIF DE CONNEXION PERMETTANT NOTAMMENT DE REALISER UN MULTIPLEXAGE** »

- Inventeurs : Sébastien Procureur, Raphaël Dupré et Stephan Aune,
- Déposé le 27 décembre 2012 (N° 12 62815)

Idée brevetée : L'idée brevetée permet la reconstruction de la localisation de points de collection de charge sur un détecteur de grande surface active possédant des voies de lecture multiplexée. Le nombre de voies d'électronique est alors drastiquement réduit (60 voies d'électronique pour 1800 voies de lecture). Le brevet est applicable au Micromegas et aux autres systèmes de détection à grand nombre de canaux.

## 3.3 EXPLOITATION ET DEMANTELEMENT

### 3.3.1 Contraintes et modalités de livraison

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

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

A l'arrivée à Jefferson Lab, l'équipement sera installé et mis en œuvre dans une salle blanche de classe 10000 de 60m<sup>2</sup>, partagée avec l'équipe SVT. Une fois monté et testé en salle blanche, y compris dans sa configuration finale avec le détecteur SVT en son sein, le trajectographe dans son ensemble sera transporté et installé dans le Hall B par l'équipe des techniciens de Jefferson Lab. L'ingénieur responsable du Hall B, Dave Kashy, étudie à l'heure actuelle les modalités d'installation et de manutention une fois sur place.

Nous pensons proposer un contrat de maintenance sur site pendant environ 2 ans (durée mentionnée dans un MOU technique). Pendant ce temps, nous procéderons à un transfert du savoir minimal nécessaire à une maintenance légère par des ingénieurs ou techniciens sur site : changement d'une tuile, d'une carte électronique, etc. Vu l'impossibilité de fabriquer dans un temps relativement court de nouveaux détecteurs, ou de nouvelles cartes électroniques, nous prévoyons d'ores et déjà une quantité de détecteurs/cartes de rechange suffisante pour une réparation rapide, soit par nos techniciens (pendant la durée du contrat de maintenance), soit par les ingénieurs/techniciens de Jefferson Lab. Nous continuerons à fournir les pièces de



rechange nécessaire au-delà du contrat de maintenance, pendant la durée de vie de CLAS12 (environ 15 ans) mais sans déplacement des équipes techniques (à officialiser dans un MoU d'exploitation).

L'accès à l'électronique frontale nécessitera l'extraction de l'ensemble des trajectographes MVT et SVT. De ce fait, la maintenance de l'électronique frontale ne sera possible que durant des périodes planifiées en avance ou sur une demande exceptionnelle. L'état de fonctionnement de l'électronique devra être vérifié en permanence. Outre les dysfonctionnements liés à des tâches principales de lecture des données, qui seront naturellement détectés et notifiés avec la cadence de l'acquisition, les conditions de fonctionnement de l'électronique (température, valeurs de tensions) doivent être surveillées avec une périodicité raisonnable afin d'éviter des dommages non réparables à distance et nécessitant l'intervention *in-situ* sur l'électronique. Les mises à jour des logiciels des cartes FEU devront également se faire à distance.

Notons enfin que le détecteur Forward est amené à être activé, surtout en présence d'un faisceau dit « rasterisé » utilisé avec une cible polarisée. La maintenance sur site de ces détecteurs pourra poser des problèmes particuliers, et il sera sans doute nécessaire de remplacer des détecteurs (potentiellement plusieurs plans de détection, voire les 6 plans) plutôt que les réparer sur place. La réparation pourra se faire une fois les détecteurs désactivés, ce qui par expérience peut prendre 6 mois et plus.

### 3.3.3 Contraintes et modalités de démantèlement

Les détecteurs seront livrés en exportation définitive, il conviendra donc à Jefferson Lab de procéder à leur démantèlement.

## 3.4 STRATEGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

### 3.4.1 Organisation du traitement des données

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 3.4.2 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.

### 3.4.3 Développements logiciels

Responsable	Logiciels	Observation
Collaboration	Analyse des données à partir des fichiers bruts	
	Analyse des données de physique	Par le groupe d'analyse de l'expérience en cours
	Alignement software	
Saclay	Décodage et analyse des données Micromegas	
	Logiciel d'utilisation des Micromegas	

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

## 4. ELEMENTS PRINCIPAUX INTERVENUS DEPUIS RDL

### 4.1 EVOLUTION DE LA DEMANDE

→ Date de livraison

Suite au retard de JLab, la première prise de données du détecteur du Hall B est repoussée au 1<sup>er</sup> trimestre 2016 (+18 mois par rapport au planning initial). Les raisons invoquées sont : 1/ des contraintes budgétaires, 2/ le retard dans la réalisation des aimants du Hall B.

En conséquence, la date de livraison du matériel des lots Irfu à JLab est repoussée au 3<sup>ème</sup> trimestre 2015. Les activités d'intégration à JLab débiteront à cette date.

### 4.2 DIRECTION(S) PRISE(S) SUITE A L'EVOLUTION DE LA DEMANDE

Report/Décalage de la date de choix de la technologie des détecteurs Barrel.

Démarrage d'un test de développement de détecteur Barrel avec la technologie résistive pour la collecte des charges, en parallèle au développement de la solution de détecteur Barrel avec technologie standard de collecte des charges (sur piste cuivre).

Pour **diminuer l'occurrence du risque technique** associé à la limite de détection due à un taux de claquage élevé (1 Hz)

### 4.3 JALONS PASSES

- Réalisation d'un prototype de détecteur Barrel « Métallique » fonctionnel (CR6-Z) : 09/2012
- Réalisation d'un prototype de détecteur Barrel « Résistif » fonctionnel (CR6-C) : 12/2012
- Lancement de l'activité « Forward » : 05/2012
- Commande d'un prototype « Forward » à l'entreprise CIREA & au CERN : 09/2012
- Livraison d'un prototype « Forward » par l'entreprise CIREA en février 2013.
- Test concluant des DREAM V0 : 12/2011
- Fonderie des DREAM V1 réalisée en 2012
- Validation du câble micro-coaxiaux Hitachi après test des prototypes : 02/2013
- Consolidation du procédé de mise en courbure des bulks. : 09/2012

### 4.4 DIFFICULTES RENCONTREES

- Disponibilité de compétences de bureau d'étude significativement inférieure à la demande (départ en retraite ; congés maternité ; transfert de ressources vers projet à niveau de priorité plus élevé)
  - o Conséquences : L'activité des groupes « Mécanique » et « Outillages » a très peu avancé. En particulier, la partie architecture mécanique, nécessaire à la définition des limites pour les groupes « Barrel » et « Forward », n'a pas été menée
- Délai d'approvisionnement de tissu métallique (petite quantité → commande non prioritaire pour le fournisseur ; difficultés techniques du fournisseur)
  - o Conséquence : 6 mois d'attente et pendant cette période, impossibilité de valider les prototypes avec le tissu répondant à notre besoin
  - o Solution de repli : contact direct avec le fabricant, proposition d'une offre équivalente répondant à notre besoin avec un tissu plus facile à réaliser et d'un coût moindre (~50%)
- Disponibilité intermittente de l'équipe mécanique suite aux missions « accélérateur » confiées au SEDI
- Le plan de charge de l'atelier électronique du CERN est saturé, et le procédé de fabrication des couches résistives est artisanale. La livraison des 5 détecteurs résistifs commandés en juin 2012 n'est pas effective à la date de février 2013. Seulement deux détecteurs ont été reçus, dont un fonctionnel.
  - o Conséquences : la solution « résistive » devient un upgrade potentiel pour le Barrel. La solution bulk standard est retenue.

**La mise en bulk des tuiles Barrel non résistives sera effectuée à Saclay pour respecter les délais et minimiser les coûts.**

### 4.5 POINTS SPECIFIQUES

- Diminution du nombre de pistes nécessaires aux détecteurs Barrel de type C.
- Validation des performances du tissu métallique (Bopp SDS 60/18) finale pour le Barrel. Un détecteur type TF10 réalisé à l'atelier MPGD du SEDI a permis la validation de la transparence électronique du tissu, avec un gain de 30% d'électrons primaires en comparaison du tissu standard (Bopp SDS 45/18). Un bulk Barrel a été réalisé avec ce tissu, et la mise en courbure est nominale.

## 5. ORGANISATION DU PROJET (mise à jour au 11/02/2013)

### 5.1 PLAN DE MANAGEMENT DU PROJET A L'IRFU

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

Le projet CLAS12 Tracker en tant qu'instrument est en responsabilité unique de l'IRFU sans partage de tâches sauf avec Jlab pour les interfaces.

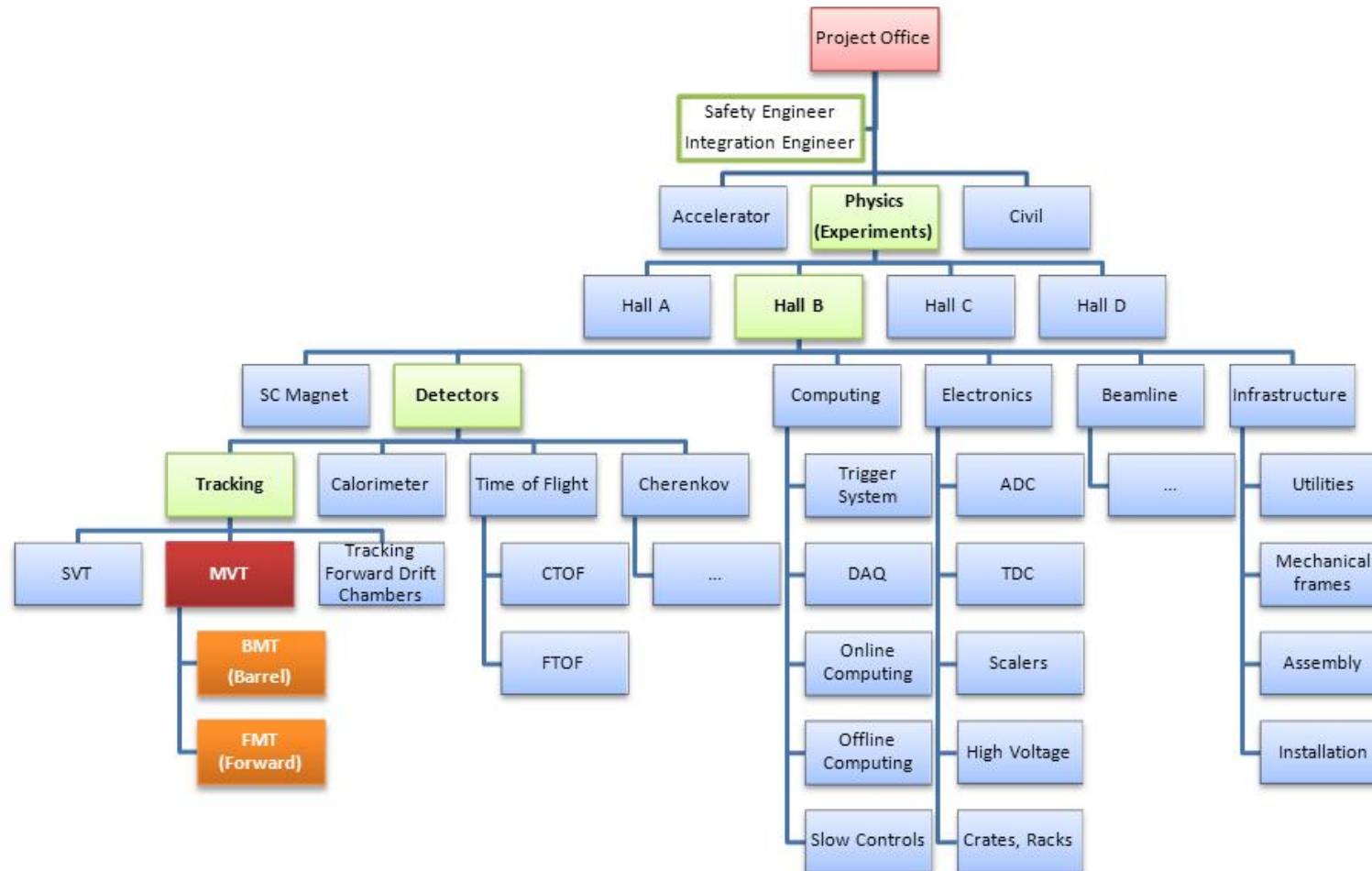


Figure 8 - Position du MVT dans l'organisation projet CLAS12 (en orange taches IRFU)

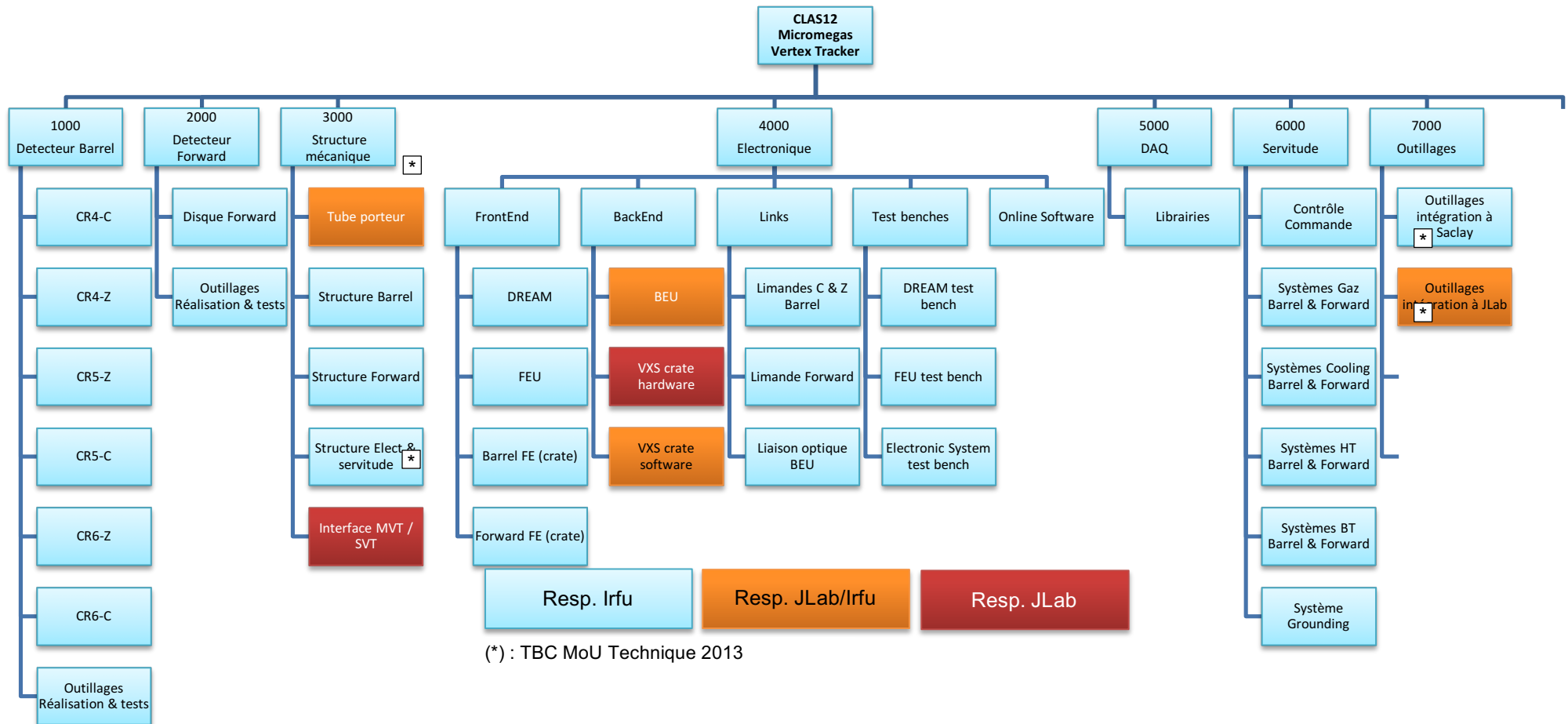


Figure 9 - Responsabilités au regard du PBS

5.1.2 Organisation à l'IRFU

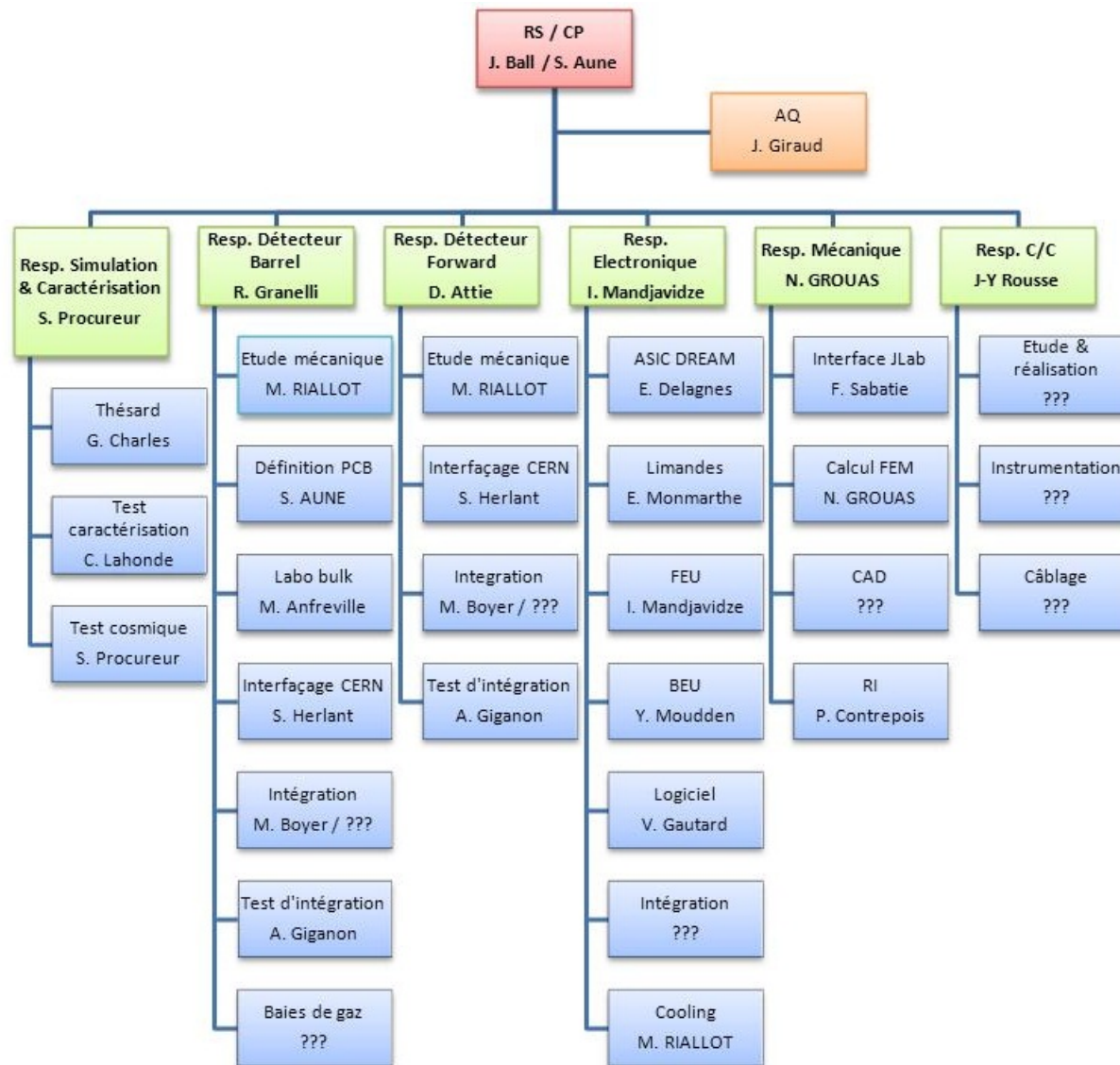


Figure 10 - Organigramme Projet CLAS12-Tracker

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

#### **5.1.2.1 Groupe détecteur Barrel**

Responsable « Détecteur Barrel » : Rémi GRANELLI

Les tâches 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,  $^{55}\text{Fe}$ )
- Intégration mécanique

Voir de détail des responsabilités dans l'Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

#### **5.1.2.2 Groupe détecteur Forward**

Responsable « Détecteur Forward » : David. ATTIE

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

- Réalisation et test des détecteurs :
  - Ajustement du dessin du PCB
  - Suivi de fabrication des PCB détecteurs par une société extérieure (Eltos ou Cirétec)
  - Réalisation du bulks résistifs : Cern ou ELVIA (ex Ciréa)
  - Réalisation des corps de chambres et des cathodes : Cern ou ELVIA (ex Ciréa)
  - Test des détecteurs
- Intégration détecteur (outillage, procédure, métrologie) : Saclay
- Validation détecteur (HT, gaz,  $^{55}\text{Fe}$ ) : Saclay
- Intégration mécanique au MVT : Saclay

Voir de détail des responsabilités dans l'Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])



### 5.1.2.3 Groupe électronique

Responsable : Irakli 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

Voir de détail des responsabilités dans l'Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 5.1.2.4 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

Voir de détail des responsabilités dans l'Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 5.1.2.5 Groupe contrôle commande

Responsable : J-Y Rousse.

Les tâches du groupe sont les suivantes:

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

### 5.1.2.6 Outillages

Plusieurs outillages sont nécessaires. Seul l'outillage d'intégration détecteur sera réalisé par l'IRFU

- 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)

### 5.1.2.7 Intégration et tests MVT complet

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.

### 5.1.2.8 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.

Voir de détail des responsabilités dans l'Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 5.1.2.9 Organisation projet, fréquence de réunion.

#### Réunions au niveau projet CLAS12

- Réunions de collaboration CLAS12 : environ 2 fois par an.
- Réunions téléphoniques d'interfaces techniques au niveau du Central Tracker : 1 fois par mois.

#### Réunions internes CLAS12 – MVT

- Réunion de groupe : environ 1 fois par mois.
- Réunion d'avancement : 2 fois par an. Réunions au cours desquelles des membres de la hiérarchie « Service » pourront être conviés

Le CdP se réserve le droit de demander la tenue de réunion avec la hiérarchie en fonction des évolutions particulières du projet.

De même, l'équipe projet se tient à la disposition de l'Irfu pour faire un état des lieux du projet.

### 5.1.2.10 Partage de l'information

En l'état actuel du projet, les informations sont partagées lors des réunions et par diffusion informatique via e-mail ou dépôt sur le répertoire « CLAS12 » de la zone « \\Dapnia\data\manip\ ».

Une réflexion sur un système de gestion documentaire dédié sera menée prochainement.

Par ailleurs, la collaboration a à sa disposition un espace dédié sur le réseau de JLab. Pour l'instant, l'accès à cet espace est restreint à un petit nombre.

#### Remarque : Espace de travail collaboratif « I2I »

*Afin d'offrir un espace de travail et d'archivage collaboratif plus adapté, le projet s'est inséré dans la démarche de développement de l'outil CEA « I2I », en tant que « projet pilote ». Toutefois, ce test initialement prévu au 4<sup>ème</sup> trimestre 2012 est reporté de 6 mois minimum suite à des difficultés rencontrées.*

### 5.1.3 Partenariats industriels envisagés

#### → ELVIA (ex CIREA)

Dans le cadre de l'ANR SPLAM, un partenariat industriel entre le CEA et la société CIREA est prévu pour la transmission du savoir-faire de la technologie bulk. La cellule valorisation de la DSM et le service juridique de Saclay participe à l'élaboration du contrat de transmission de savoir-faire. Le but de ce partenariat est d'avoir un partenaire capable pour fournir des PCB déjà équipé d'une micro-grille, des bulk.

CIREA a livré à partir de mai 2012 des détecteurs bulk de type PLV3, testés avec succès à Saclay.

CIREA a livré en septembre 2012 les premiers détecteurs bulk grande surface (600x600 mm<sup>2</sup>) de type COMPASS simplifié. Ils ont été testés avec succès sous faisceau au CERN.

A partir ce dernier test, les réalisations sont propres à chaque expérience. Les détecteurs Forward de CLAS12 ont été livrés en février 2013 ; des tests sont en cours. Une R&D technologie de dépôt de pâtes résistives va être menée au printemps 2013 par CIREA. Le but est d'avoir un process industriel de dépôt de pâte.

#### → CERN/TE-MPE-EM

Le CERN/TE-MPE-EM, représenté par Rui de Oliveira, est un partenaire privilégié de l'IRFU depuis l'invention du détecteur Micromegas en 1996. Ainsi, le développement de la technologie « bulk » Micromegas est le fruit de cette collaboration étroite initiée en 2004. Le développement d'une partie des prototypes a été fait en collaboration et leur réalisation a été prise en charge par le CERN.

Voir §4.4.

## 5.2 PLAN DE DEVELOPPEMENT / DEMARCHE LOGIQUE POUR FOURNIR LE LIVRABLE CONFORMEMENT AUX EXIGENCES

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

L'analyse de risque menée pour la Revue de Lancement en 2011 a été mise à jour le 05/02/2013. Par l'identification d'évènements redoutés, suivie de leur évaluation, cette analyse a pointé une série de risques hiérarchisés par « importance », ou « criticité » :

En annexe [23], seuls sont mentionnés les risques estimés « principaux » : risques inacceptables, et une sélection de risques à instruire.

Le détail complet de cette analyse de risques est donné dans le document [21].

### 5.2.1.1 Risques Programmatiques « significatifs »

<i>Evènement redouté</i>	<i>Actions en réduction de risques</i>
Absence de marges financières	Risque remonté à l'Irfu
Absence de marges de fabrication	Risque remonté à l'Irfu
Manque de ressources financières pour l'ensemble du projet	Risque remonté à l'Irfu Décalage de la livraison à JLab
Réalisation de l'aimant CT > 18 mois (date de début d'installation dans l'aimant à JLab reculée)	

### 5.2.1.2 Risques Techniques « significatifs »

<i>Evènement redouté</i>	<i>Actions en réduction de risques</i>
Fuite de gaz inflammable	En attente du système gaz complet

## 5.2.2 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>

En janvier 2012, lors d'une visite à JLab, des discussions relatives à la sécurité gaz ont eu lieu. A cette occasion, un compte-rendu a été rédigé par Saclay pour officialiser les conclusions de ces discussions. Malgré plusieurs relances, ce document n'a toujours pas été validé par les équipes de JLab.

### 5.2.3 Logique de déroulement

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

### 5.2.4 Politique des modèles ou prototypes

Une maquette de la structure globale « échelle 1 » sera réalisée à l'automne 2013 après la définition de l'architecture globale. Son but est de valider l'insertion des objets (détecteurs et électronique), leur câblage et la maintenabilité de l'ensemble.

A l'issue des tests sur la maquette et de la finalisation des interfaces avec JLab, les plans de définitions de la structure porteuse et des outillages pourront être réalisés.

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

## 5.3 PLAN ASSURANCE PRODUIT

Voir Annexes au référentiel projet du 15/02/2013 ([23])

## 5.4 LOTS DE TACHES IRFU : ETAT D'AVANCEMENT AU 11/02/2013

### 5.4.1 Simulations et caractérisation

#### 5.4.1.1 Design d'un pitch graduel pour les détecteurs C du Barrel Tracker

Suite à l'augmentation de l'acceptance vers l'avant et de la hauteur de dérive (de 2 à 3 mm), la taille de cluster aux extrémités des détecteurs C (pistes transversales à l'axe faisceau) atteint des valeurs largement supérieures à 5 (pistes touchées), simplement par effet géométrique. Non seulement le rapport S/B par piste est diminué, mais un pitch de 270 microns est inutile pour la résolution spatiale compte tenu de la dispersion statistique de la position des ionisations primaires. Il a donc été décidé d'utiliser un pitch graduel, afin de limiter la taille de cluster géométrique (i.e. sans prendre en compte la diffusion transverse) à 5 environ. Cela conduit à un pitch qui varie entre 270 microns vers le milieu des détecteurs, et qui augmente de part et d'autre (avant et arrière) jusqu'à 900 microns au maximum. Cette modification ne concerne que les détecteurs C du Barrel, et entraîne une diminution du nombre de voies.

En cas d'utilisation de détecteurs résistifs, il est envisageable de réduire le pitch, puisque les rapports S/B par piste seront plus favorables.

#### 5.4.1.2 R&D sur l'optimisation de la transparence des micro-grilles

En raison du champ magnétique élevé et de la nécessité d'augmenter le champ de dérive jusqu'à 10 kV/cm environ, la transparence électronique de la micro-grille des détecteurs Barrel est fortement dégradée. Des mesures sur les micro-grilles standards (Bopp SDS 45-18) ont établi que la transparence ne dépasserait pas 40%, et une R&D a été menée afin de trouver des micro-grilles de transparences plus élevées. La grille Bopp SDS 56-16 s'est révélée avoir un plateau de transparence beaucoup plus long à faible rapport de champ, comme indiqué sur la figure ci-dessous. Malheureusement des problèmes d'approvisionnement ne permettent pas d'assurer l'utilisation de cette grille à moyen terme. Une autre grille (Bopp SDS 60-18) a donc été étudiée, et ses performances sont très similaires à la « 56-16 ». Cette grille permet d'atteindre une transparence électronique de 60% pour les détecteurs Z, et 75% pour les détecteurs C. Son approvisionnement étant assuré, son utilisation pour les détecteurs de CLAS12 a été validée.

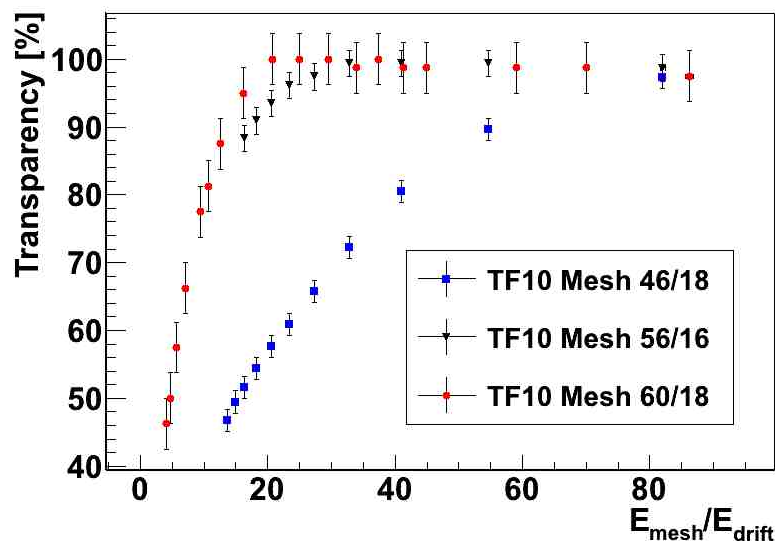


Figure 11 - Transparence optique pour différents tissus métalliques

### 5.4.2 Détecteurs Barrel

#### 5.4.2.1 Résultat fabrication & intégration « Dummy Metal »

Au cours de l'année 2012, les efforts sur la mise en œuvre de détecteur courbe de grande taille se sont poursuivis (fabrication de « tuile »).

Ces efforts ont permis d'aboutir à la sélection d'un process de mise en contraintes (tension/traction mécanique) des tissus métalliques utilisées pour la réalisation de la grille d'amplification. Ils ont également permis de sélectionner le type de grille à utiliser (voir § 5.4.1.2 R&D sur l'optimisation de la transparence).

Des tests sur un nouveau type de dérive ont également commencé et seront poursuivis sur le début de l'année 2013. Ces tests ont déjà permis de sélectionner le matériau qui sera utilisé pour leur réalisation, les prochains tests permettront de sélectionner le pattern optimal à implanter sur celles-ci.

Les procédures d'intégration ont été mise en œuvre, notamment concernant le process de segmentation de la zone active qui doit encore être finalisé.

La mise en œuvre des détecteurs a également permis de simplifier les outillages nécessaires (1 par rayon) à leur mise en courbe et donc de diminuer leur coût (4k€ → 1 k€).

Au total, 5 bulk « DM » ont été réalisés dont 1 ayant abouti à 1 tuile fonctionnelle, testée sous banc cosmique.

#### - Choix de la méthode de mise en tension des tissus métalliques

Deux séries de 2 détecteurs ont été réalisés pour déterminer l'adéquation entre la méthode de mise et de maintien sous « faible » traction mécanique du tissu métallique (dans le monde de la sérigraphie, les tractions mécaniques utilisées sont plus fortes). La 1<sup>ère</sup> méthode, dite « Saclay », consiste en un collage et une application, sans traction mécanique, sous bâche à vide sur un cadre métallique. La 2<sup>nd</sup> méthode, dite « Marabu » du nom de l'entreprise la mettant en œuvre, consiste en une mise sous faible traction à l'aide d'un appareil spécifique, puis application et collage sur un cadre métallique.

Après création de ces « tissus tendus sur cadre » et réalisation de 2 série de 2 détecteurs, nous avons sélectionné les tissus tendus par la méthode « Marabu » (au regard des défauts sur le tissu métallique, des défauts au cours du bulkage et des résultats bulk courbés). Cela offre l'avantage de pouvoir externaliser la tâche de mise sous « faible » traction mécanique pour une cinquantaine de pièces.

- **Segmentation de la zone active**

Sur le meilleur détecteur avec le tissu « Marabu », une segmentation de la zone active a été menée et à malheureusement échouée (l'opération de segmentation a été effectuée sur un détecteur déjà courbé et auto-porteur).

L'opération de segmentation a ensuite été menée avec succès sur le 2<sup>nd</sup> détecteur avec tissu « Marabu ». Le process de réalisation d'une tuile a alors pu se prolonger par intégration d'une dérive « kapton » à plusieurs patterns

A la suite de la décision d'utiliser une autre référence de tissu métallique (Bopp SDS 60/18 calandree), un 5<sup>ème</sup> détecteur a été mis en bulk avec un tissu Bopp 60/18 non calandree (le seul à disponible au moment du test). Ce dernier a été segmenté mais sans succès. Une R&D de segmentation a été effectuée sur des PCB plans pour valider la méthode de coupe.

- **Réalisation de la série barrel**

Les PCB de la série barrel seront réalisés chez ELTOS (ou ELVIA si meilleure offre). La mise en bulk des PCB aura lieu à Saclay dans l'atelier MPGD du Sédi. La mise en bulk à Saclay permet d'économiser environ 2 k€ par détecteur. Pour un ensemble de 18 détecteurs avec en plus 12 spare l'ordre de grandeur du cout est de 60 k€.

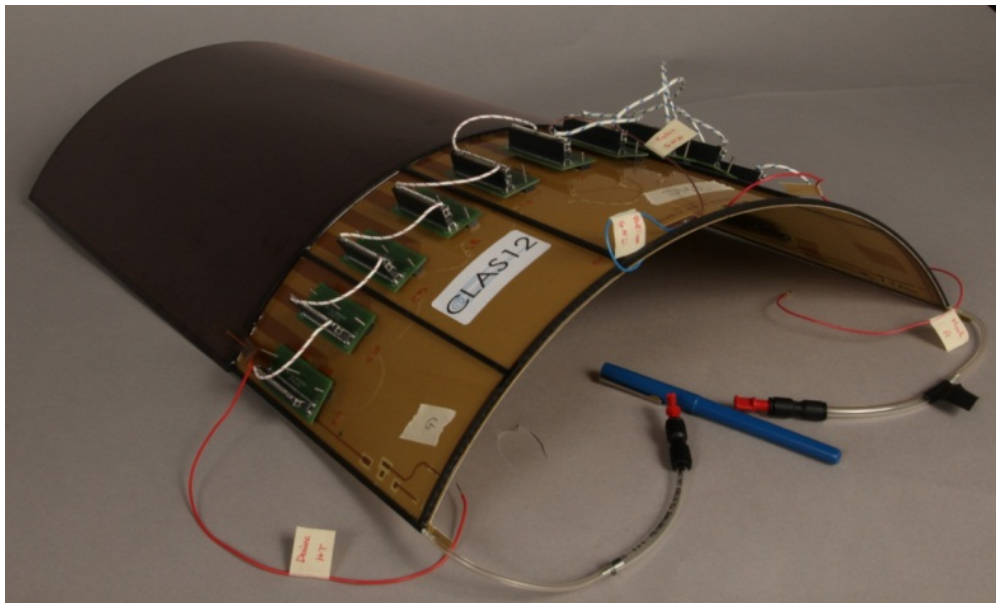


Figure 12 - Prototype de tuile Barrel

#### 5.4.2.2 Test d'un prototype non résistif en condition réaliste

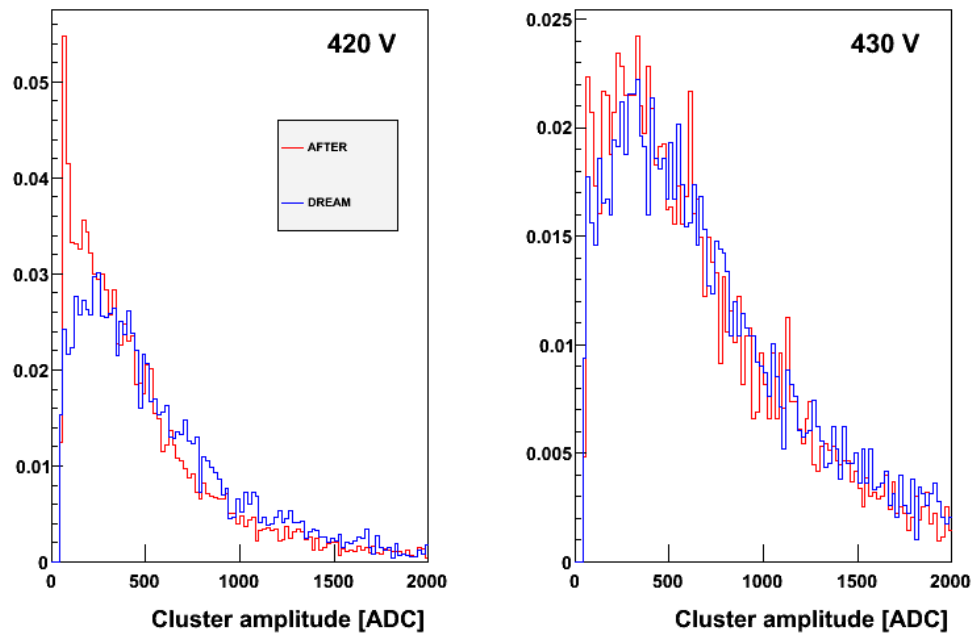
Le détecteur utilisé pour ces tests est le premier prototype de type **CR6-Z** (dernière tuile du Barrel Tracker), fabriqué au CERN sur un PCB de 200 microns. Sa surface active est de 45x42,7 cm<sup>2</sup> pour un total de 792 pistes (pitch de 540 microns) et 11 connecteurs. Il a été préalablement cuit électroniquement et testé à plat, puis **courbé** et collé en **structure autoporteuse en carbone**. Lors de cette opération, de la colle s'est déposée sur les deux parties latérales, rendant inutilisables les 2 connecteurs extrêmes. Un 3<sup>ème</sup> connecteur présentait des problèmes récurrents et a dû être retiré. La dérive (PCB de 100 microns) a ensuite été collée sur la structure en carbone afin d'assurer l'**étanchéité** du détecteur. Les **limandes** Samtec de 150 cm ont été utilisées pour la lecture des pistes, ainsi que les deux électroniques, AFTER et **DREAM**, pour comparaison. Ce test ne diffère donc de la configuration finale que par l'absence de champ magnétique externe, et sur le type de limandes.

Des problèmes sont apparus du fait de la conductivité des arceaux en carbone qui ne permettent pas d'isoler la micro-grille. La haute tension débite donc un courant de plusieurs dizaines de nA. Un effort reste donc à faire sur l'isolation de la structure. Pour éviter un contact entre des brins de tissu et la structure carbone la distance d'isolement a été par la suite portée de 1 à 3 mm pour les détecteurs de type « DM ».

La comparaison des deux électroniques a révélé une amélioration du rapport S/B de 23% avec DREAM. Cette amélioration est d'autant plus grande que la capacité d'entrée est élevée, ce qui était attendue. En revanche, cette amélioration n'est pas aussi grande que celle qui avait été anticipée (+40%).

Les tests en cosmiques n'ont pas permis d'établir le plateau d'efficacité, en l'absence de détecteurs de référence. Cependant, la distribution de l'amplitude des signaux montre que les cosmiques sortent raisonnablement du bruit, indiquant une efficacité supérieure à 90%, comme illustré sur la figure ci-dessous :





A terme, une meilleure isolation de la micro-grille permettra d'atteindre des gains plus élevés.

#### 5.4.2.3 Préparation des détecteurs : « cuisson électrique »

Les détecteurs de type Micromegas « métallique », nécessitent une phase dite de « cuisson » avant d'être opérationnel. Au regard du nombre de détecteurs à produire (présérie, série et spares), une automatisation de ce process est envisagée. Celle-ci nécessite la réalisation d'un software de pilotage en Labview ; le matériel nécessaire est déjà disponible (alimentation pilotable, PC et licence LabView). Le cahier des charges de ce software est en cours de rédaction.

#### 5.4.2.4 R&D restante

Au cours du premier semestre 2013, les opérations de R&D seront finalisées. Les points suivants doivent encore être validés avant de finaliser le design de l'ensemble des détecteurs :

- Optimisation de la circulation de gaz dans l'espace de dérive des détecteurs.
- Finalisation du process de segmentation de la zone active
- Mesure de la géométrie des « tuiles » (circularité)
- Tenue aux rayonnements, notamment des composants des structures mécaniques des tuiles

#### 5.4.2.5 Résultat fabrication & intégration « Dummy Resist »

En parallèle des développements sur les détecteurs de type « Métallique », des détecteurs de type résistifs ont été réalisés en partenariat avec l'équipe du laboratoire d'électronique du CERN.

5 détecteurs de ce type devaient être livrés fin juin 2012 pour être testés courant septembre 2012, mais à ce jour (janvier 2013), seuls 2 détecteurs ont pu être livrés (le premier comportait des dégradations mécaniques).

Les tests électriques sur ces détecteurs ont permis de mettre en évidence notre capacité à lire un signal malgré un fort courant de fuite entre la mesh et les pistes ; cela n'est pas possible avec un détecteur de type « métallique ». Néanmoins, nous manquons encore de statistique pour évaluer la maturité de cette technologie « résistive » pour des détecteurs de « grande taille » (aire de surface active) tels que ceux de CLAS12. De plus le process de réalisation est encore en cours de développement et d'amélioration au CERN (donc non figé).

#### 5.4.2.6 Test du détecteur « Dummy Resist » n°2

Afin d'investiguer la possible utilisation de la technologie résistive pour les détecteurs du Barrel, un premier prototype résistif sur PCB fin a été réalisé au CERN, puis mis sous forme de tuile auto-porteuse courbe à Saclay. Après un long processus de cuisson électronique et de chauffage/nettoyage, le courant résiduel sur la micro-grille a pu être ramené à quelques nA seulement. Ce courant est resté très faible pendant les plusieurs semaines d'utilisation de ce détecteur.

Des tests en source de  $^{55}\text{Fe}$  ont révélé des inhomogénéités assez importantes de gain. La structure de ces inhomogénéités semble indiquer une mauvaise circulation du gaz dans le détecteur. Une R&D, indépendante



de la technologie résistive, reste à faire quant à la position et au diamètre des trous de gaz dans les longerons en carbone. Le gain maximal de ce détecteur est de 20,000. Comme prévu, aucun claquage significatif (i.e. donnant lieu à une baisse visible de la tension de la micro-grille) n'a été observé.

Des tests en cosmiques ont été également réalisés, en utilisant les détecteurs CosMulti comme référence. L'analyse de ces données est en cours.

#### 5.4.2.7 Banc cosmique : avancement

Un banc de tests permettant d'acquérir les données des détecteurs sous rayonnement cosmique est en cours de réalisation. Ce banc est constitué de grands scintillateurs de 60x60 cm<sup>2</sup> surmontés d'une couche de Plomb, et dont la coïncidence permet de fournir un signal pour le trigger

Les détecteurs de référence utilisés sont les « CosMulti V2 », d'une surface de 50x50 cm<sup>2</sup> multiplexés. Ces derniers, fabriqués au sein de l'atelier MPGD du SEDI et caractérisés en cosmiques, sont maintenant opérationnels.

Leur intégration dans le banc ainsi que la métrologie de l'ensemble seront réalisés au cours du premier trimestre 2013.

La métrologie de chaque « paquet » de détecteurs nécessite la modification de l'installation de mesure du SIS bâtiment 472 (ajout d'une tête optique au dispositif 3D mécanique existant), actuellement en cours de commande avec une livraison pour fin Janvier 2013 (la date de mise à disposition est encore inconnue).

En l'état actuel, le banc cosmique permet de réaliser rapidement des courbes d'efficacités ainsi que des profils 2D d'efficacité d'un détecteur (ex : utilisation pour la prise de données avec le détecteur résistif courbe DR#2). A terme, après intégration, alignement et métrologie, il permettra de mesurer également des résolutions spatiales et éventuellement de vérifier la cylindricité des tuiles pour le Barrel.



Figure 13 - Schémas et photo du banc cosmique

#### 5.4.3 Détecteurs Forward

La définition du détecteur Clas12 *Micromegas Forward Tracker* (FMT) a commencé début 2012. Après six mois de discussion sur les spécifications et la définition d'une maquette a été faite. (Figure 1). Il s'agit de 6 disques identiques de Micromegas résistifs de 500 mm de diamètre comprenant ~1000 pistes de 500 μm pivoté de 60° chacun par rapport à l'autre.

Le tableau suivant résume les différentes étapes relatives au prototype échelle 1, le plus proche du détecteur final :

Actions	Etats	Livraison
Réalisation de la maquette 3D (Figure 1 et 2a)	✓	Mai 2012
Mise en plan (Figure 2b)	✓	Juin 2012
Conception du PCB détecteur avec le Cern	✓	Octobre 2012
Fabrication du PCB détecteur sociétés extérieures (Cirétec et Eltos)	✓	Janvier 2012
Fabrication du détecteur par le Cern	En cours	Février 2013
Fabrication du détecteur par CIREA	✓	Février 2013
Réalisation des corps de chambres et des cathodes : Cern	✓	Janvier 2013

L'intégration et les tests des prototypes de détecteurs se feront au courant du 1<sup>er</sup> trimestre 2013. Les deux premiers prototypes de CIREA ont été réceptionnés début février 2013. Un défaut sur la découpe faite avant la gravure a abimé les bords du détecteur, ce défaut ne sera pas présent par la suite. CIREA confirme son intention de changer le procédé de réalisation du PCB résistif pour passer d'une méthode de pose de la pâte manuelle à une méthode industrielle (par sérigraphie). La mise en bulk des prototypes est parfaite. Les premiers tests montrent un courant de fuite important ( $2 \mu\text{A}$  à  $550 \text{ V}$ ) typique d'un comportement résistif qui ne peut être soumis à la cuisson électrique. Des nettoyages et test sous gaz sont prévus.

La réalisation de la série de détecteurs forward sera faite par la société ELVIA. La mise en résistif des circuits imprimés sera faite par de procédés de sérigraphie. Le CERN reste une solution de repli si ELVIA ne peut pas fournir la série.

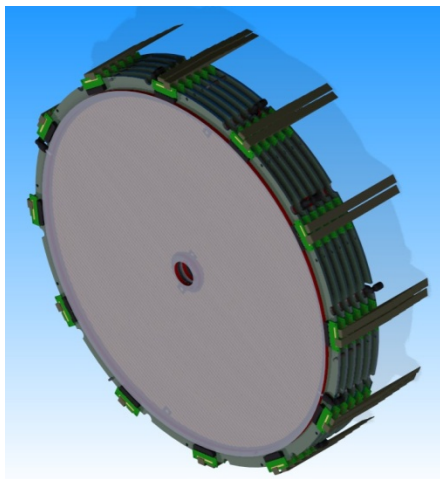


Figure 14 – Maquette 3D des détecteurs Forward Micromegas Tracker (FMT)

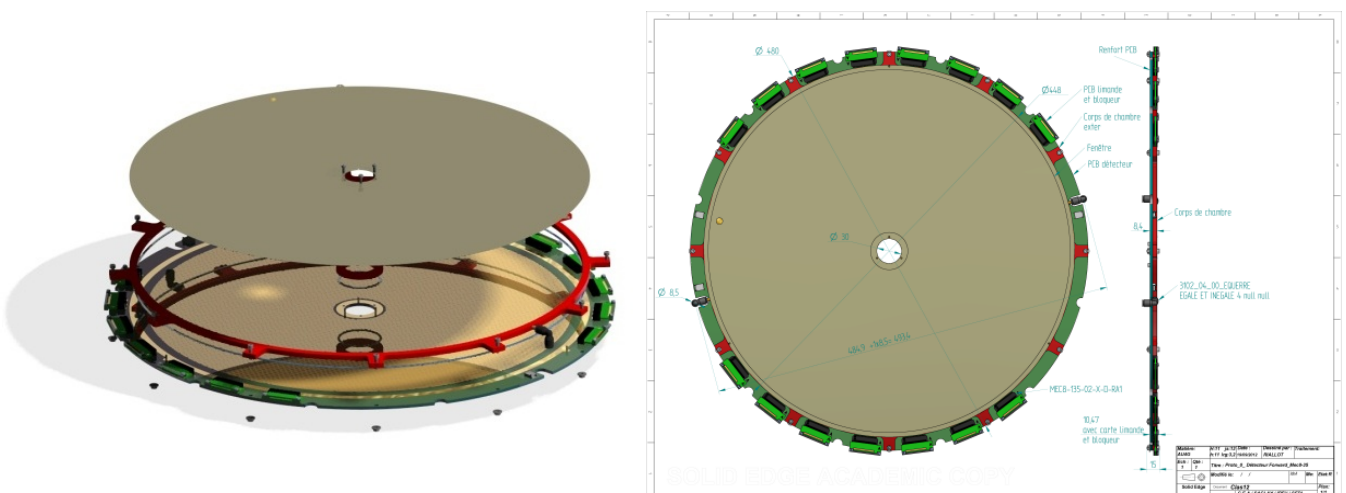


Figure 15 – À gauche, éclaté d'un disque du FMT. À droite, plan

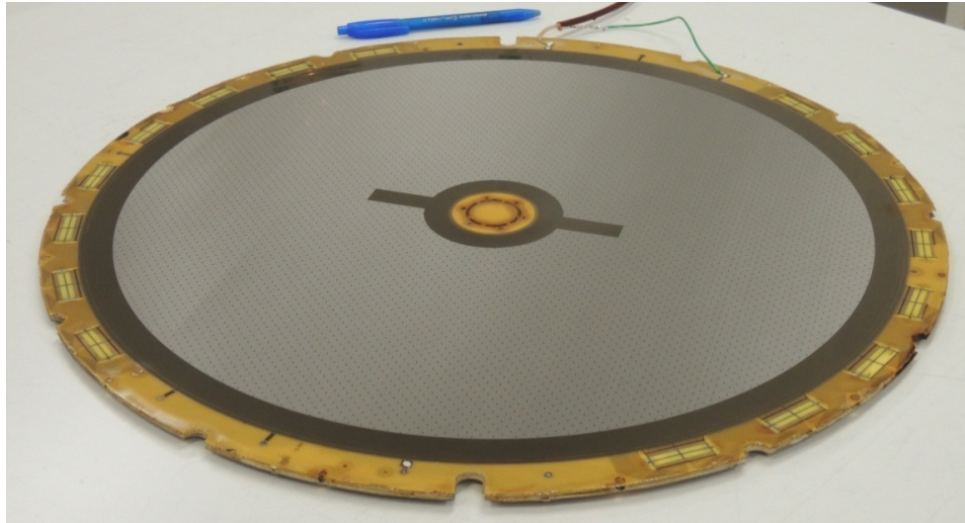


Figure 16 - Photo d'un prototype Forward V1 CIREA

#### 5.4.4 Electronique

##### → Résumé

Plusieurs études électroniques et mécaniques menées en parallèle ont validé les principes de lecture des détecteurs MVT. La définition d'organisation mécanique des châssis de l'électronique frontale et du système de refroidissement des cartes FEU, la validation du fonctionnement de l'ASIC DREAM et des liens des communications synchrones entre l'électronique frontale FEU et l'électronique de concentration BEU ont permis le démarrage du prototypage des cartes frontales FEU. Les activités en cours portent sur production en série des circuits intégrés DREAM, fabrication de 2 prototypes des cartes FEU suivie par production d'une présérie de 10 cartes, design d'un châssis définitif pour les cartes FEU, fabrication d'une présérie de 8 assemblage des câbles micro-coaxiaux, développement de l'électronique de concentration BEU sur la base des cartes électronique JLAB.

##### → Détails des différentes activités

##### **ASIC frontal DREAM**

Le premier lot de 380 ASICs a été reçu en Novembre 2011. Les tests effectués sur ces derniers ont été concluants. Le design fonctionnel du chip a été validé, notamment la gestion de la mémoire permettant les phases simultanées d'échantillonnage et de lecture, et la temporisation de données pendant 16 $\mu$ s pour un taux de lecture à 20 kHz. Pour des grands prototypes des détecteurs Clas12 équipés avec des longues limandes de 1.5m, l'amélioration de 15 à 20% du rapport signal sur bruit a été obtenue par rapport à l'utilisation de l'électronique de lecture basée sur le circuit intégré AFTER.

Les tests ont également révélé la nécessité d'apporter un certain nombre des modifications au design du DREAM afin d'élargir sa gamme de fonctionnement (e.g. ajout des temps de mise-en forme intermédiaires), de corriger quelques erreurs (e.g. codage de l'information numérique de synchronisation), d'améliorer l'immunité aux bruits (e.g. meilleur stabilité des sources de courant internes) et d'ajouter une nouvelle fonctionnalité (seuil programmable pour la circuiterie d'auto-déclenchement intégré). Le nouveau design a été soumis à la production fin 2012. Le lot de 360 puces avec la mise en boîtier est attendu vers mai 2013. La production d'environ 700 circuits intégrés du deuxième lot sera lancée en automne 2013.

##### **Châssis de l'électronique frontale**

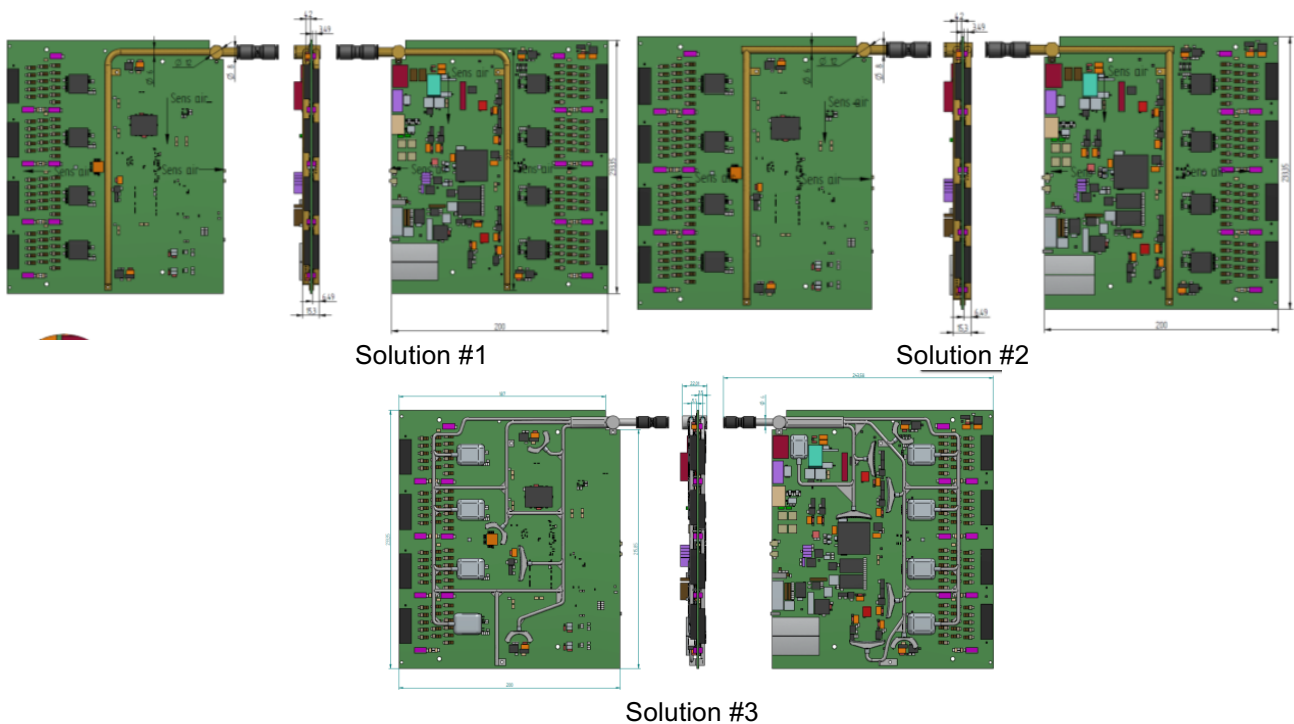
Les études menées en 2012 ont permis de définir l'organisation du châssis de l'électronique frontale. Leur emplacement au sein du dispositif Central Detector a été identifié. Afin de simplifier l'infrastructure mécanique du système et notamment celle du refroidissement, les cartes de l'électronique frontale seront déployées dans une unique rangée de 6 châssis. Ces châssis de 9 emplacements (266H x 235P x 230L) vont abriter les cartes des détecteurs Barrel et Forward. L'option des châssis avec des fonds de panier a été écartée car a) elle nécessite un nombre élevé de passages de connecteurs avec comme conséquence potentielle une dégradation du rapport S/B, b) elle est moins flexible car une solution robuste nécessite le déploiement sur les cartes frontales et les limandes de connecteurs différents et non compatibles entre eux, c) elle est plus onéreuse. Le refroidissement des cartes frontales sera effectué avec de l'air sous pression amené de l'extérieur vers les châssis puis distribué au sein de châssis vers chaque carte. L'air réchauffé sera extrait des châssis et relâché à l'extérieur du dispositif expérimental.



L'étude des châssis et du système de refroidissement est en cours. Un châssis de taille finale (9 emplacements) a été fabriqué avec des composants de commerce standards. Une carte émulateur thermique des FEU a été développée et deux autres sont en phase de fabrication. L'infrastructure mécanique distribuant l'air pulsé au sein de la carte FEU a été définie et sa fabrication est en cours. Les études thermiques vont permettre de valider le principe de refroidissement, ainsi que les moyens de distribution de la basse tension et du contrôle-commande de l'électronique frontale.

Le concept du système de refroidissement des boîtes électroniques situées sur le tube porteur du barrel repose sur l'apport d'air « frais » pulsé sur les cartes électroniques et extraite des boîtiers vers l'extérieur de la zone d'expérience. Aucun ventilateur ne sera mis en place dans ces boîtiers (incompatibilité avec le champ magnétique).

Plusieurs solutions techniques sont envisagées et doivent être évaluées financièrement. Des tests d'efficacité seront ensuite menés sur la version estimée la moins coûteuse. Ces tests auront lieu au cours du premier semestre 2013.



### **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).

Les cartes d'évaluation des composants ont été achetées ainsi que les contrôleurs d'accès à distance fabriqués par deux sociétés (Xilinx, Digilent). Ces contrôleurs sont pilotés par USB. Afin de déporter les contrôleurs et les cartes d'évaluation vers la zone à fort champ magnétique, un prolongateur optique USB de 30m a été acquis. Les tests sous le champ magnétique vont débiter prochainement. Une deuxième série de tests est à prévoir après la réception des prototypes des cartes frontales FEU et leur validation fonctionnelle.

### **Carte frontale FEU**

Le design de la carte frontale FEU est terminé. La fabrication de deux prototypes de la carte a été lancée en Janvier 2013. Les prototypes sont attendus en Mars 2013.

En attendant, la tenue en tension (550V) des composants (connecteurs, résistances, capacitances) des circuitries de protection à implanter sur les cartes FEU a été validée sur le banc de tests d'ASIC DREAM. De même, le développement du firmware FEU est bien avancé grâce au banc de tests. Une majeure partie du firmware est partagée entre les deux systèmes. Notamment, la lecture des DREAM-s à 20 kHz a été validée avec soustraction des bruits cohérents entre les canaux et avec la suppression des canaux non touchés.

Il est prévu de fabriquer 10 cartes de présérie à partir d'Octobre 2013.

### 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 Mars-Avril 2013 quand les cartes électroniques JLAB et un châssis VXS commercial seront livrés à l'Irfu par JLAB.

En attendant, des cartes commerciales FPGA ont été 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 a été accompli. Notamment, la possibilité de synchronisation des cartes FEU avec une précision supérieure à une nanoseconde a été démontrée sur un petit système comportant 3 émulateurs des cartes FEU et un émulateur BEU.

### 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 2009-2012. Les câbles des deux fournisseurs se montrent robustes envers les décharges des détecteurs.

Après la définition des interfaces du MVT avec les autres sous-systèmes du Central Tracker, les câbles plats de chez Hitachi ont été choisis pour leur faible capacité linéaire, encombrement et poids. Les assemblages de câbles de présérie sont attendus en Février 2013. Ces assemblages plats sont fabriqués sur la base des câbles micro-coaxiaux avec la capacité linéaire de 40 pF/m. Quatre assemblages de 1.5m et quatre assemblage de 2m ont été commandés. L'immunité des nouveaux câbles envers le bruit et leur robustesse envers les décharges seront testés.

## 5.4.5 Mécanique : Structure et Outillages

En octobre, 2012 il a été décidé de séparer les études détecteur des études structure et interface Central Tracker. Les études sur les détecteurs, tuiles de détection Barrel et disques Forward, seront réalisées par le SEDI.

→ Tâches pour le SEDI = Détecteur + outillage d'intégration de réalisation + mécanique gaz + outillage métrologie individuelle.

Les moyens SEDI : CAO mécanique détecteur sous Solid Edge,

Gestion de documentaire des plans et modèles : le SEDI aura besoin d'une aide du SIS.

→ Tâches pour SIS : structure porteuse, interface Jlab, outillage d'intégration et de métrologie Barrel et Forward,

La structure porteuse, tube porteur, pourra être conçue et réalisée à l'IRFU pour une intégration complète de l'instrument début 2015 avec test en banc cosmique. Le tube porteur réalisé en inox 316 ne nécessiterait pas de conception basse perméabilité magnétique. Une étude de validation en interne sera menée d'ici juin 2013. Une aide d'expertise sur la conception et l'utilisation de détecteurs en champs magnétique a été demandée au SACM. Le besoin porte sur une personne disponible une semaine par an.

L'étude de la structure porteuse du barrel est à l'état de concepts qui doivent être finalisés en 2013 avec notamment une maquette. L'étude doit aboutir à une solution simple pour l'intégration et la métrologie initiale mais aussi en termes de maintenance sur la durée de vie de l'instrument (démontage aisé).

Une mise en réserve de financement pour la sous-traitance de plans de détails est prévue. 4h.mois = dessins 2D barrel + outillage (~20 k€).

## 5.4.6 Servitude – Système Gaz

Le système de gaz a évolué d'un concept complètement automatisé à un système plus simple avec intervention humaine en cas dysfonctionnement. Les tâches d'approvisionnement du mélange gazeux et de pose de tuyauterie « en dur » dans le hall d'expérience ont été allouées à JLab. Ce nouveau découpage des tâches est officialisé dans le MoU technique.

L'IRFU est en charge de fournir une baie de distribution pour chaque sous-système (Barrel et Forward) et le câblage sur le tube porteur.

Chaque baies comportera deux mesures de débit (entrée et sortie) pour une détection de fuite, deux régulations de pression, un volume tampon et une série de 6 à 18 lignes équipées (TbD) de vannes, de régulateur de débit à bille et de bulleurs d'entrée et sortie.

Pour éviter les risques de détérioration des tuiles par suppression, des bulleurs en entrée limitent la pression relative entre chaque chambre et l'extérieur.

Pour le control-commande des baies de gaz un système en logique câblé en prévus. La simplification du système fait que l'utilisation d'un automate programmable (PLC et Anibus) n'est plus indispensable.



Le passage d'un système automatisé à un système manuel avec une logique câblé conduit à une forte réduction des coûts et des ressources nécessaires (165 k€ initial ramené à 60 k€).

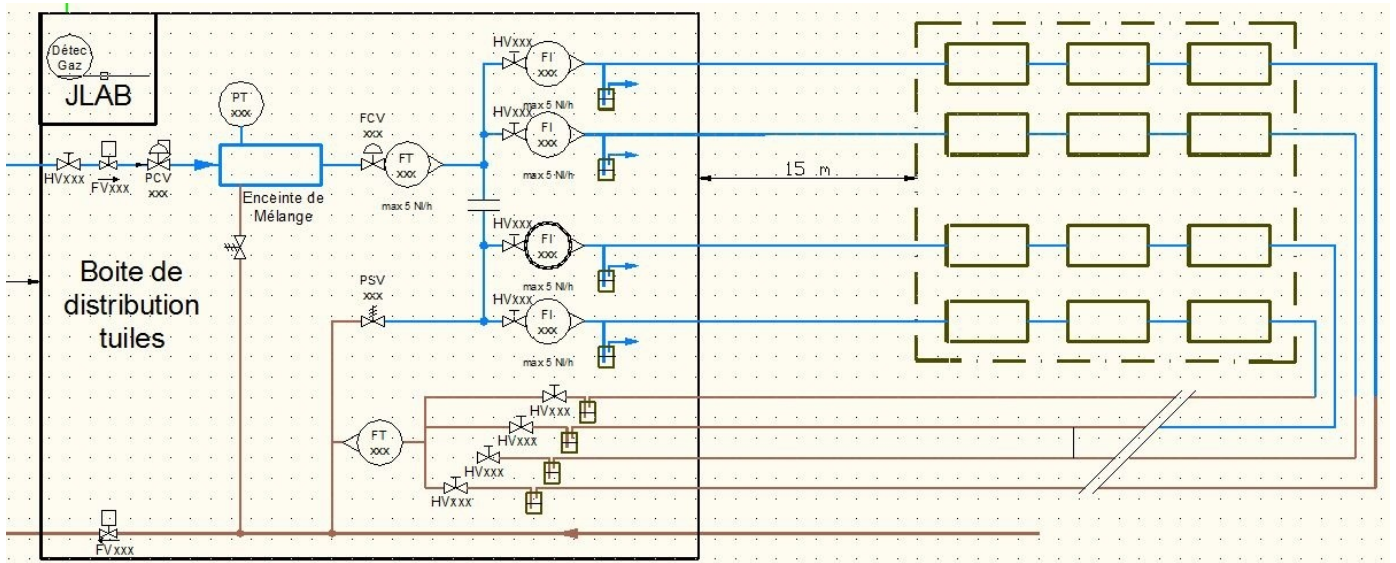


Figure 17 - Schéma de la baie gaz barrel

#### 5.4.7 Documentation utilisateur

Les documents à livrer sont :

- 1/ Le dossier résumant les caractéristiques des détecteurs
- 2/ Le manuel d'utilisation du MVT
- 3/ Le manuel de maintenance du MVT

L'activité associée à cette thématique n'a pas encore débutée.

### 5.5 PLANNING GENERAL

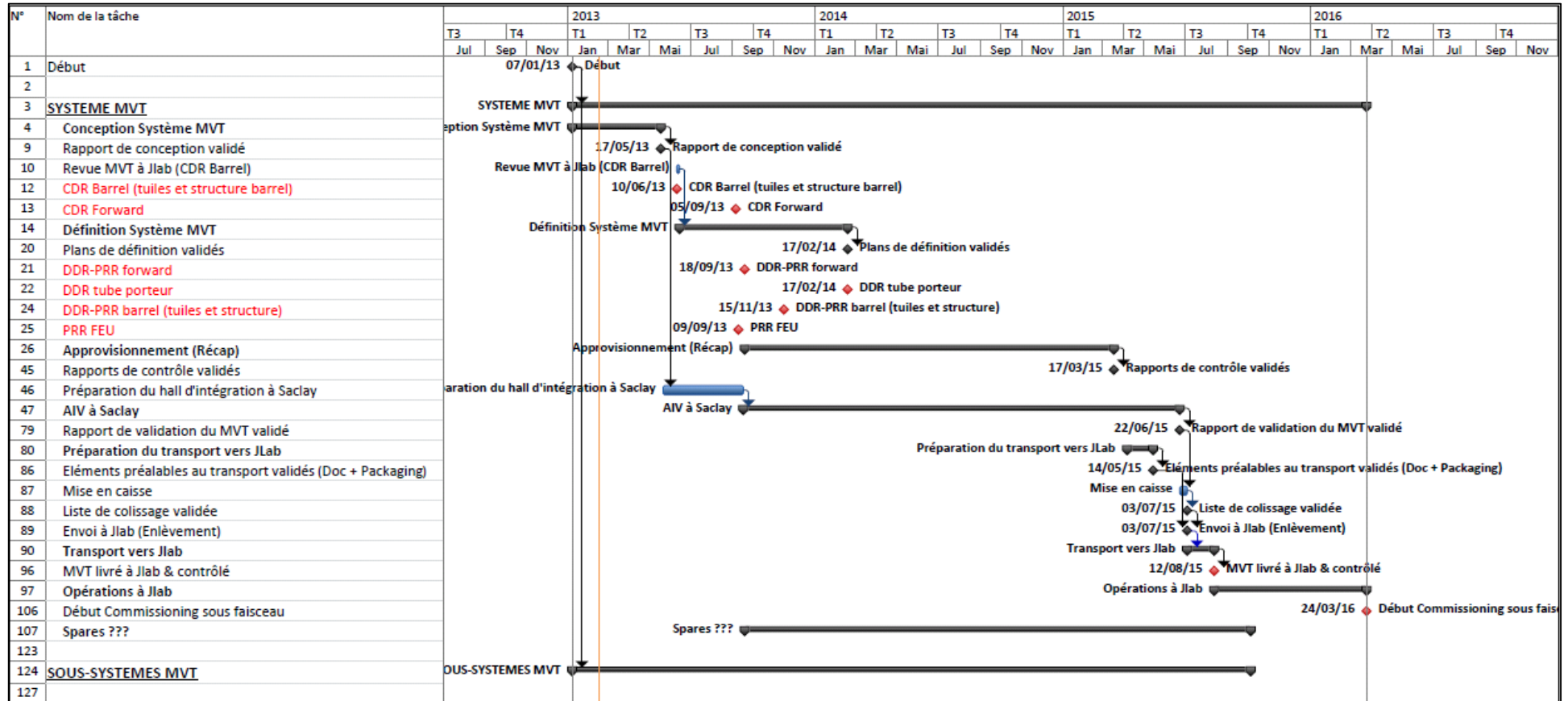


Figure 18 - Planning général

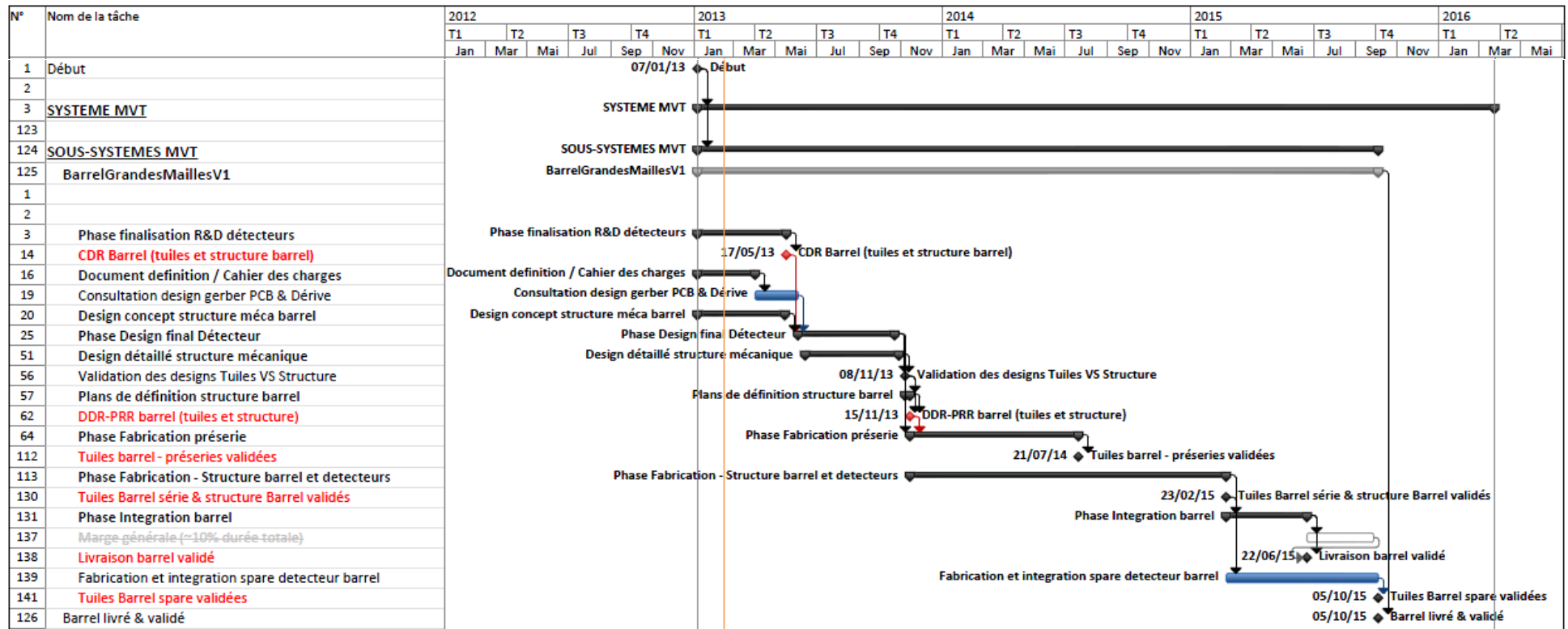


Figure 19 - Planning Barrel



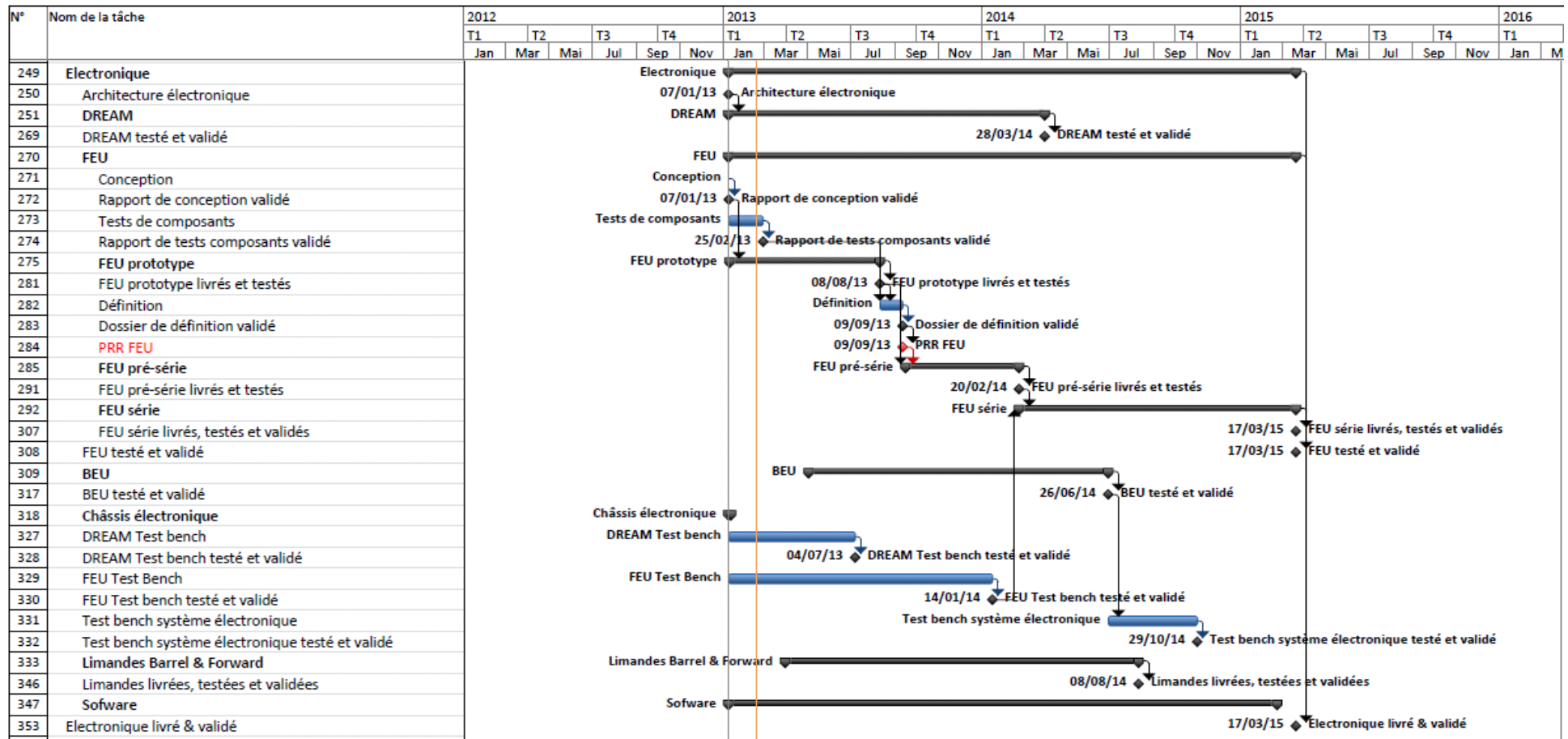


Figure 21 - Planning électronique



## 6. RESSOURCES

### 6.1 MISSIONS / DEPLACEMENTS PROFESSIONNELS

Trois types de missions sont prévus ; missions techniques, mission d'organisation projet et mission d'installation.

Lors des missions clas12 une contribution de Jalb est demandée pour les indemnités journalières (per diem 35 \$ / jours soit 20 % des indemnités) et pour le logement (60 \$/ jour soit 30 % des indemnités) seront assuré par le laboratoire d'accueil. La location des véhicules sur place est elle aussi prise en charge par Jlab.

#### Mission techniques

Deux missions d'une semaine par ans pour 2012 et 2013 avec chaque fois 3 personnes.

#### Mission management

Une mission de trois jours par ans pour 2012 et 2013 avec chaque fois 3 personnes.

#### Mission d'installation

Une mission en début 2014 étalée sur trois mois avec 3 ingénieurs, 3 techniciens et 3 physiciens.

Puis une mission de mise en route à l'automne 2014 avec 2 ingénieurs, 1 technicien et 3 physiciens.

Année →	2013		2014		2015		2016		total
Type de Mission ↓	RH Nb x (hxt)		RH Nb x (hxt)		RH Nb x (hxt)		RH Nb x (hxt)		
Mission technique	2 x (3h x 1s)	12	2 x (3h x 1s)	12					24
Mission organisation projet	1 x (2h x 1s)	3	1 x (2h x 1s)	3	1 x (2h x 1s)	3	1 x (2h x 1s)	3	9
Mission installation					1 x (9h x 3s)	36			36
Mission mise en route							1 x (5h x 3s)	20	20
Total		15		15		39		23	89
<b>Total Jlab</b>		<b>7,5</b>		<b>7,5</b>		<b>19,5</b>		<b>12</b>	<b>44,5</b>
<b>Total IRFU</b>		<b>7,5</b>		<b>7,5</b>		<b>19,5</b>		<b>11</b>	<b>44,5</b>

Tableau 5 - Coûts de missions jusqu'à commissioning

#### Mission maintenance

Une mission d'une semaine par an pour 2016 et 2017 avec chaque fois 3 personnes.

Le détail doit faire l'objet d'un accord dans le MoU technique, et sera mis en adéquation avec la politique de spare.

### 6.2 RESSOURCES FINANCIERES

Les coûts sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Il y a deux financements extérieurs :

ANR SPLAM où 40 k€ sont dédié à la R&D bulk mince plat pour le forward.

Financement de JLAB au forward et pour l'installation des servitudes (gaz, HT, ...) de 300 k\$ (~240 k€).

Ce financement sera utilisé via des commandes directes de Jlab (principalement pour les servitudes gaz) ou via des contrats émis par l'IRFU/Sédi (pour une partie du forward tracker).

item	prix unitaire	nb	spare	k€	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	total 13-16
R&D courbe (ex proto barrel)				20				20				20
R&D resist (ex proto forward)		2										0
banc cosmique (ex proto méca)				3				3				3
<b>total proto</b>							54	23	0			23
gerber (sous traitance)	2	6		12				12				12
bulk (Saclay)	2	24	6	60					42	18		60
meca & HT barrel	2	18	6	48				10	38			48
structure barrel	30	1		30					30			30
<b>total barrel</b>						63,5	33	22	110	18		150
prototype	3	2		6				6				6
bulk forward	3	9	3	36				11	25			36
meca & HT forward	1	6	3	9				3	6			9
structure forward	5	1		5					5			5
<b>total forward</b>						9	14	37				50
outillages intégration-métrolo.	4	3		12				4	8			12
outillages maintenance JLB (B	4	2		8						8		8
tube porteur & raccord	35	1		35					35			35
maquette tube-barrel	5	1		5				5				5
outillage chariot (BE+fab)	20	1		20					20			20
outillage transport	2	6		12						12		12
<b>total structure / outil</b>						22	27	9	63	20		92
HT	4	1		4						4		4
câble HT	0,35	96	9	37				7	7	22		37
baie gaz	25	2		50				10	20	20		50
gaz & consommable								3	5	5		13
contrôle commande	5	2		10				1	9			10
C/C sous traitance	3	2		6				1	2	2		6
<b>total servitude</b>						3,9	15	23	44	53		120
DREAM	0,05	500		25				25				25
FEU	2	58	12	145				25	120			145
BEU		1		8				7				7
servitude elec		1		30				30				30
<b>total elec</b>						16	41	87	120	0		207
limandes B	0,16	336	70	65				1	64			65
limandes F	0,18	96	28	22				1	21			22
<b>total limande</b>								2	85	0		87
<b>Total investissement</b>					80	105,4	179,3	178,45	459,33	91,45	0	1093,93

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	total 10-16	total 13-16
<b>Total investissement</b>	80	105	179,3	178	459	91	0	1093	729
HP3			34	10				44	
Subvetion Jlab				89	54	27		170	
ANR SPLAM				40				40	
<b>Total IRFU</b>	80	105	145	40	405	64	0	839	510

mission	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	total 10-16	total 13-16
transport	20	1				20		20	
mission (1h.mois = 2,5k)	5	4			8	20	12	47	
<b>total instalation</b>	8,9	3,3	10	8	8	40	12	67	

Tableau 6 - Détail des coûts par poste

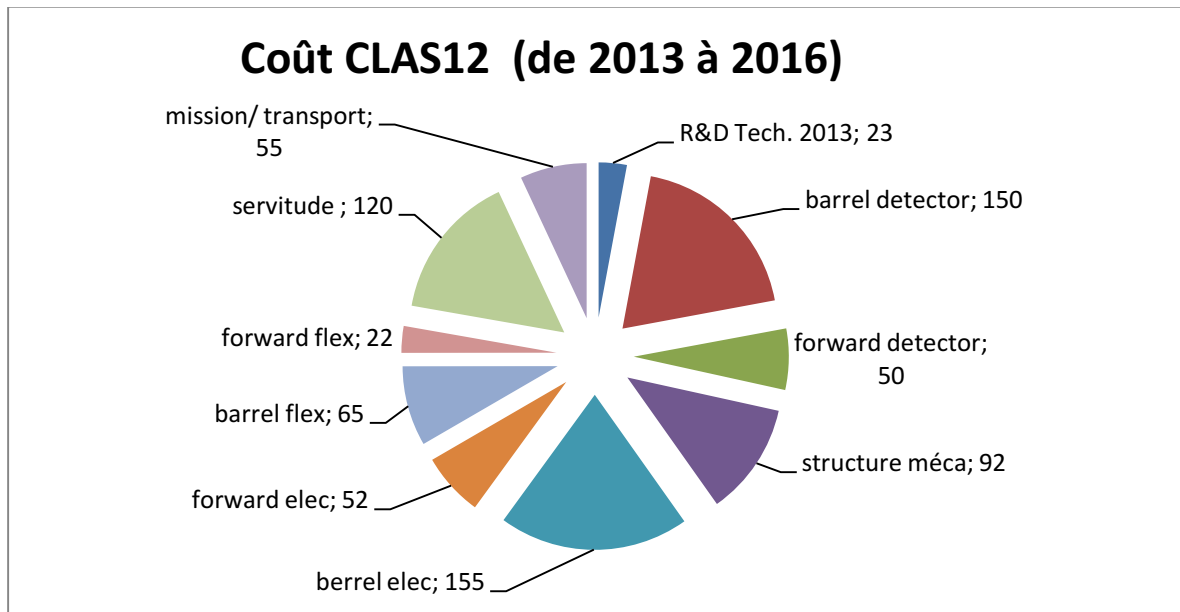


Figure 22 - Répartition des coûts complets par type d'objets (k€)

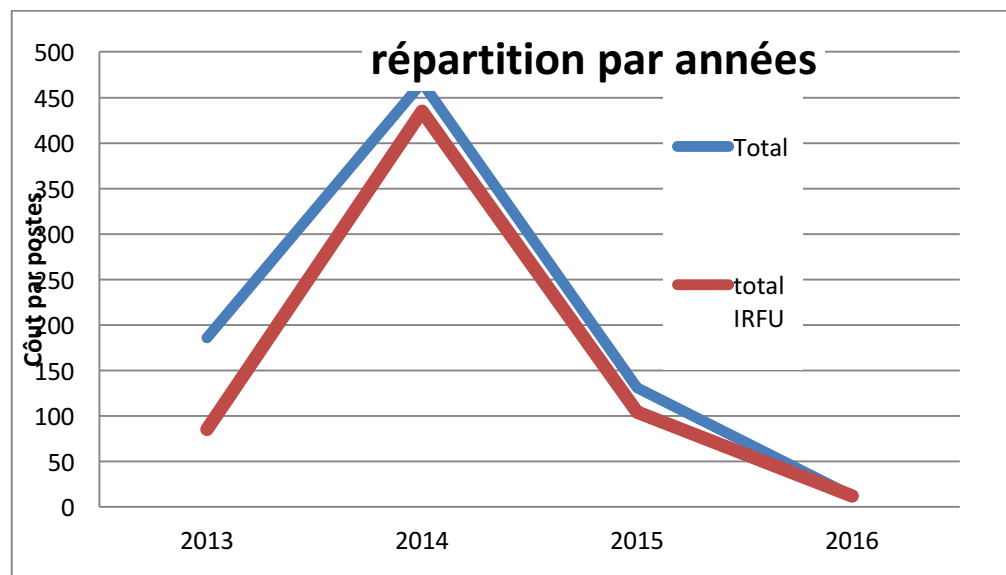


Figure 23 - Répartition des coûts complets dans le temps

## 6.3 RESSOURCES HUMAINES

Voir plan de charge

Difficulté rencontrée :

- Pour la partie mécanique CLAS12 le dessinateur n'est pas encore désigné. Il est demandé à 50% dans la phase de conception en 2013.
- Pour la partie mécanique intégration il manque un technicien identifié. L'intervention des techniciens du Laboratoire d'Intégration des Détecteurs et des Accélérateurs sur l'expérience SPIRAL rend la planification plus complexe.

## 6.4 UTILISATION DES MOYENS IRFU

### ➔ Locaux

- Salle blanche classe 100.000, (Bâtiment 546),
- Pièce d'intégration > 80 m<sup>2</sup>, (Bâtiment à **définir**)
- Atelier MPGD du SEDI (Bâtiment 546)

### ➔ Moyens de mesure mutualisés

- Machine de contrôle dimensionnel 3D du SIS (Bâtiment 472). L'expérience CLAS12 participera au financement de l'amélioration de la machine de contrôle dimensionnel avec une tête optique.
- Banc cosmique du SEDI (Bâtiment 546)

## 7. JALONS

### 7.1 REVUES JLAB

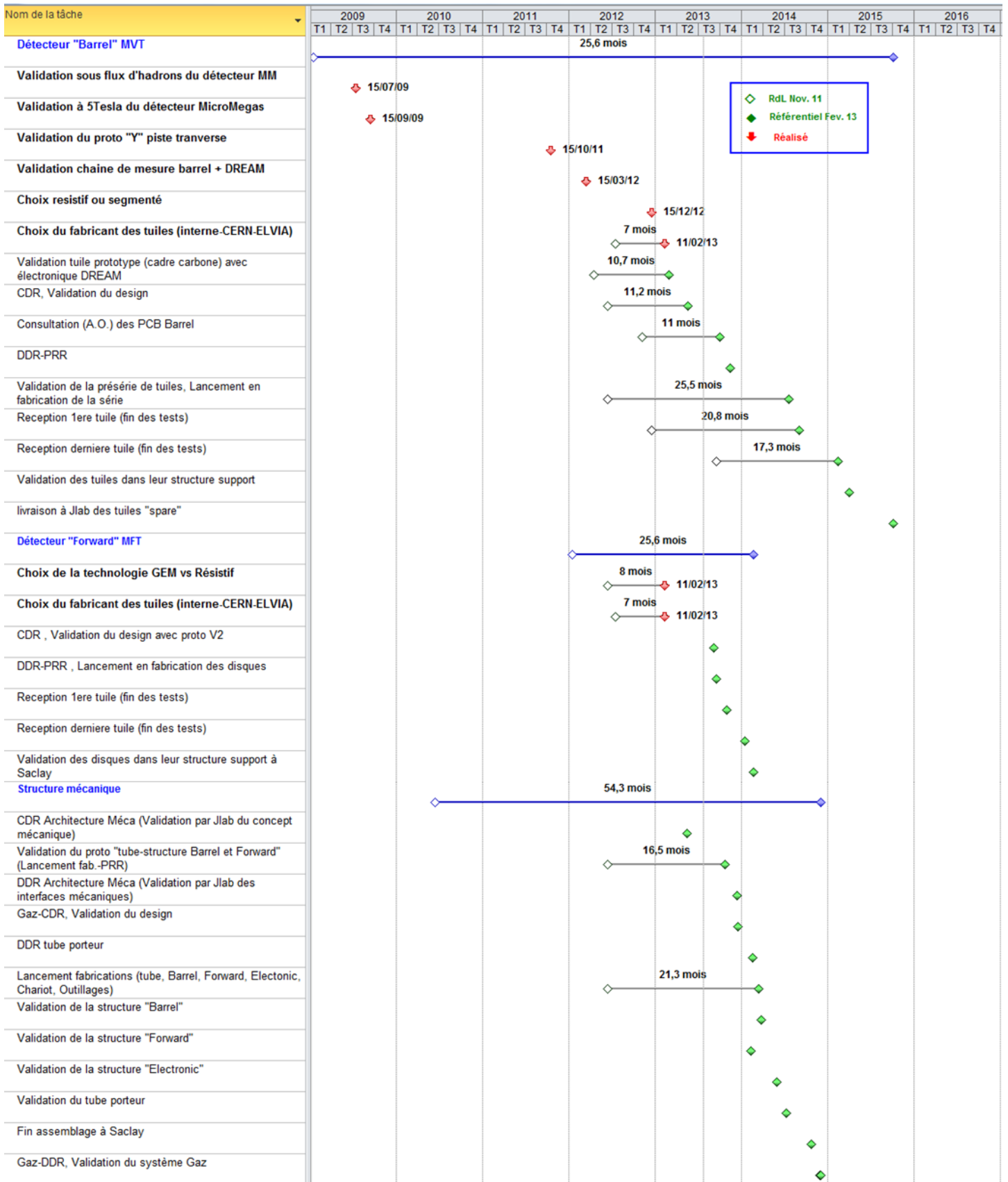
- Janvier 2012 revue technique interface Hall B et revue d'avancement CLAS12
- Juin 2013 : revue de design mécanique général
- Fin 2013 revue d'intégration

### 7.2 PRINCIPAUX JALONS

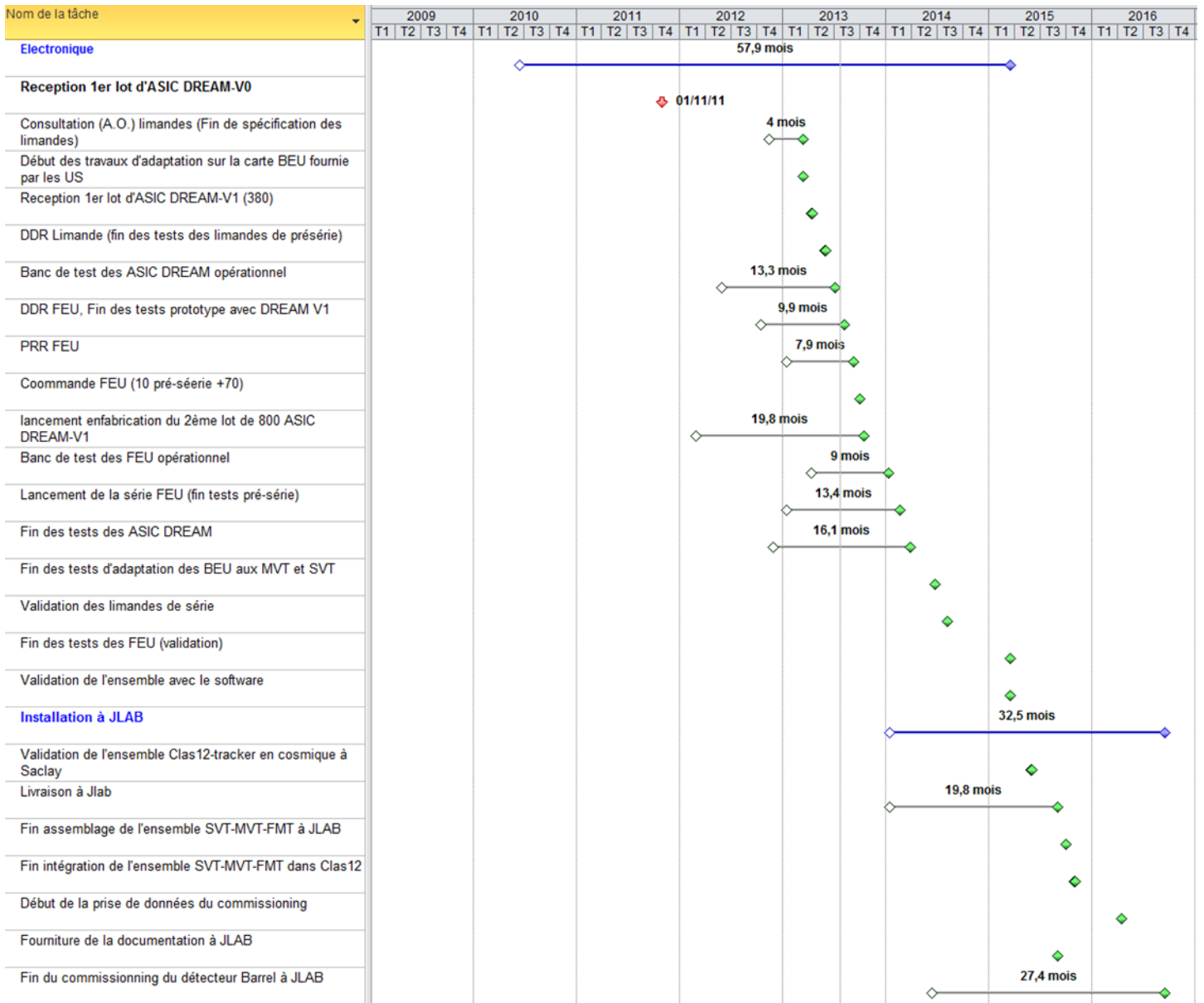
ITEM	RdL 18/11/11	RdA 11/02/13
<b>Détecteur "Barrel" MVT</b>	<b>15/01/2009</b>	<b>05/10/2015</b>
Validation sous flux d'hadrons du détecteur MM	15/07/2009	15/07/2009
Validation à 5Tesla du détecteur MicroMegas	15/09/2009	15/09/2009
Validation du proto "Y" piste transverse	15/10/2011	15/10/2011
Validation chaine de mesure barrel + DREAM	15/03/2012	15/03/2012
Choix resistif ou segmenté	15/12/2012	15/12/2012
Choix du fabricant des tuiles (interne-CERN-ELVIA)	15/07/2012	11/02/2013
Validation tuile prototype (cadre carbone) avec électronique DREAM	15/04/2012	01/03/2013
CDR, Validation du design	15/06/2012	17/05/2013
Consultation (A.O.) des PCB Barrel	06/11/2012	01/10/2013
DDR-PRR		15/11/2013
Validation de la présérie de tuiles, Lancement en fabrication de la série	15/06/2012	21/07/2014
Reception 1ere tuile (fin des tests)	15/12/2012	01/09/2014
Reception derniere tuile (fin des tests)	15/09/2013	15/02/2015
Validation des tuiles dans leur structure support		01/04/2015
livraison à Jlab des tuiles "spare"		05/10/2015
<b>Détecteur "Forward" MFT</b>	<b>15/01/2012</b>	<b>21/02/2014</b>
Choix de la technologie GEM vs Résistif	15/06/2012	11/02/2013
Choix du fabricant des tuiles (interne-CERN ou ELVIA)	15/07/2012	11/02/2013
CDR, Validation du design avec proto V2		05/09/2013
DDR-PRR, Lancement en fabrication des disques		18/09/2013
Reception 1ere tuile (fin des tests)		30/10/2013
Reception derniere tuile (fin des tests)		14/01/2014
Validation des disques dans leur structure support à Saclay		21/02/2014
<b>Structure mécanique</b>	<b>15/06/2010</b>	<b>01/12/2014</b>
CDR Architecture Méca (Validation par Jlab du concept mécanique)		15/05/2013
Validation du proto "tube-structure Barrel et Forward" (Lancement fab.-PRR)	15/06/2012	23/10/2013
DDR Architecture Méca (Validation par Jlab des interfaces mécaniques)		15/12/2013
Gaz-CDR, Validation du design		15/12/2013
DDR tube porteur		17/02/2014
Lancement fabrications (tube, Barrel, Forward, Electronic, Chariot, Outillages)	15/06/2012	15/03/2014
Validation de la structure "Barrel"		25/03/2014
Validation de la structure "Forward"		10/02/2014
Validation de la structure "Electronic"		30/05/2014
Validation du tube porteur		10/07/2014
Fin assemblage à Saclay		24/10/2014
Gaz-DDR, Validation du système Gaz		01/12/2014
<b>Électronique</b>	<b>15/06/2010</b>	<b>17/03/2015</b>
<b>Reception 1er lot d'ASIC DREAM-V0</b>	<b>01/11/2011</b>	<b>01/11/2011</b>
Consultation (A.O.) limandes (Fin de spécification des limandes)	16/11/2012	15/03/2013
Début des travaux d'adaptation sur la carte BEU fournie par les US		15/03/2013
Reception 1er lot d'ASIC DREAM-V1 (380)		15/04/2013
DDR Limande (fin des tests des limandes de présérie)		01/06/2013
Banc de test des ASIC DREAM opérationnel	30/05/2012	04/07/2013
DDR FEU, Fin des tests prototype avec DREAM V1	15/10/2012	08/08/2013
PRR FEU	15/01/2013	09/09/2013
Coommande FEU (10 pré-série +70)		01/10/2013
lancement enfabrication du 2ème lot de 800 ASIC DREAM-V1	29/02/2012	15/10/2013
Banc de test des FEU opérationnel	15/04/2013	10/01/2014
Lancement de la série FEU (fin tests pré-série)	15/01/2013	20/02/2014
Fin des tests des ASIC DREAM	30/11/2012	28/03/2014
Fin des tests d'adaptation des BEU aux MVT et SVT		26/06/2014
Validation des limandes de série		08/08/2014
Fin des tests des FEU (validation)		17/03/2015
Validation de l'ensemble avec le software		17/03/2015
<b>Installation à JLAB</b>	<b>15/01/2014</b>	<b>15/09/2016</b>
Validation de l'ensemble Clas12-tracker en cosmique à Saclay		01/06/2015
Livraison à Jlab	15/01/2014	01/09/2015
Fin assemblage de l'ensemble SVT-MVT-FMT à JLAB		01/10/2015
Fin intégration de l'ensemble SVT-MVT-FMT dans Clas12		01/11/2015
Début de la prise de données du commissioning		15/04/2016
Fourniture de la documentation à JLAB		01/09/2015
Fin du commissioning du détecteur Barrel à JLAB	15/06/2014	15/09/2016

Tableau 7 - Tableau des jalons projet

## 7.1 GRAPHE DES JALONS







## 8. TABLEAU DE BORD INITIAL

### 8.1 FICHE PROJET (A LA DATE DE LA REVUE DE LANCEMENT)

#### PROJET : CLAS12-Tracker

Resp. Scientifique: J BALL

Chef de Projet: S. AUNE

EOTP: A-HADRO-04-06

Ordre Statistique:

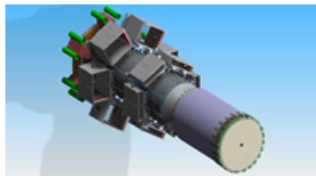
Thématique/Programme: Les constituants ultimes de la matière/ Structure des hadrons



#### 1- Enjeux scientifiques/Concurrences :

De nouveaux concepts théoriques, les distributions de partons généralisées (GPD), permettent une approche bien plus riche de la structure du nucléon, et plus généralement du confinement des quarks dans les hadrons. La détermination de ces distributions passe par la mesure de réactions exclusives du type DVCS (deeply virtual Compton scattering) et le Jefferson Lab entreprend une montée en énergie à 12 GeV de son accélérateur CEBAF en bonne partie dans ce but. Ce sont aussi les priorités scientifiques du groupe CLAS au SPhN.

A l'Irfu nous avons initié une R&D sur la faisabilité d'un nouveau trajectographe pour la version 12 GeV du spectromètre CLAS. Ce détecteur, placé autour de la cible et à l'intérieur d'un solénoïde de 5 T, doit couvrir les angles de 35 à 125° pour la partie centrale (Barrel) et de 5-40° pour la région vers l'avant (Forward). Les spécifications de la partie centrale sont les suivantes :



- détection des trajectoires de hadrons d'impulsion entre 0.2 et 1.5 GeV/c
- résolution en impulsion  $\leq 5\%$ , en angle  $\leq 10$  mrad
- fonctionnement avec une luminosité de  $L = 10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Le projet utilise la technologie récente de Micromégas « bulk » (MM). Le « Barrel » sera constitué de 3 doubles couches de MM cylindriques et concentriques en complément de 3 doubles couches de Silicium et le « Forward » de 3 doubles couches de MM plans annulaires. Les deux ensembles devront offrir peu de matière au passage des particules.

2- Localisation/Mise en service : JLAB/2015

#### 3- Collaboration/Management/Responsabilités Irfu:

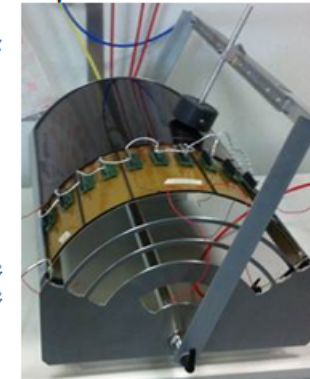
La collaboration internationale CLAS regroupe 250 physiciens de 38 instituts. Le SEDI, le SIS et le SPhN sont impliqués dans le projet.

Date de mise à jour : 10/08/2012

F. Sabatié est co-porte-parole de 2 expériences CLAS12 et coordonnateur du tracker central, S. Procurar est co-porte-parole d'une expérience CLAS12 et J. Ball est membre du CLAS12 Steering Committee de JLab.

#### 4- Instruments/Spécificités/Enjeux techniques

- Micromégas bulk mince (1/2 Si), 3 x 2 sous-détecteurs cylindriques (longueur max 600mm,  $\Phi_{\text{max}}$  500mm).
- Détecteur validé par un prototype de 2000 voies.
- Electronique déportée (limande de 1.5m) nouvel ASIC, DREAM.



#### 5- Risques majeurs identifiés

Comportement dans un champ magnétique perpendiculaire au champ électrique interne du détecteur.

#### 6- Documents de Référence

Dapnia	CSTS SphN	Oct. 2006
IN2P3-CEA-JLAB	Mou IN2P3-CEA-JLAB	2009
JLab	MM Tracker Review	Mai 2009
SPhN	Workshop CLAS12 Central Detector	Dec. 2009
Irfu	CSTS SphN	Juin 2010
Irfu	Revue de lancement de projet	Nov. 2011
NIM	A604 (2009) 53 ; A612 (2010) 274 A648 (2011) 174 ; A654 (2011) 135 A659 (2011) 91	2009 à 2011
Collaboration	Mou technique CLAS12 (en cours)	Fin 2012

#### 7- Faits Marquants du projet

- 2008 : Tests à 5 Teslas à JLab et au CERN (conformes aux simulations)
- 2009 : [Le détecteur Micromegas cultive son jardin dans un champ magnétique](#)
- 2010 : Tests en faisceau au CERN et à JLab, mesure des taux de décharges, de la résolution spatiale, reconstruction de traces.
- 2010 : [Une nouvelle étape dans l'aventure technologique des Micromegas](#)
- 2011 : Début R & D avec couche résistive
- 2012 : Validation ASIC DREAM

## 8.2 FICHE BILAN

FICHE BILAN: CLAS12 - TRACKER

Date Mise à jour	23 07 13
Resp. Scientifique	BALL Jacques
Chef de Projet	AUNE Stéphan
Prog/proj	CLAS12 - TRACKER 2007-2009
EOTP	A-HADRO-04-06 -04-03, -04-04, -04-05
Ordre Statistique	ANR376PDCLAS (R&D mi 2007-mi 2010)
Thématique	13
Libellé Thématique	Neutrinos

Phase	Début	Fin
O (Explo.)	T1 2005	
A (Faisa.)		T4 2009
B (Déf-Prél.)	T1 2010	
C (Déf-Dét.)		T2 2013
D (Réal.)	T3 2013	T4 2015
E (Exploit.)	T1 2016	
F (Démant.)		

Services impliqués (données PdC)

Services	Proj. (H.an)	Phys. (07-16) (H.an) (FTE/an)
DIR		
SACM	0,2	
Sap		
Sédi	50,4	
SIS	5,5	
SPHN	11,0	36
SPP		
CDD	2,5	
Total	69,6	36

Données SAP  
Données Projet

Dépense réelle (ordonnée)

PROFIL RESSOURCES:

ITEM	Réalisé						Reprévu					TOTAL Réalisé	TOTAL Présenta tion RdL	TOTAL Référer .	TOTAL reprévu	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017					
Phase	A						B-C									
												31/12/12	18/11/11	15/02/13	23/07/13	
Dépenses Irfu (hors Nat 10)	Nat30-90-80* SAP	73,0	94,3	40,3	80,0	105,4	179,1					572				
	N° Ecart (DiffSAP-Projetx0)	1														
	Dépenses (Nat30-90-80*)	73,0	94,3	40,3	79,5	105,4	179,1	180,0	459,0	111,0		571,6	1345,8	1321,6	1321,6	43%
	ANR376PDCLAS (R&D Détéc. Barrel)	73,0	94,3	40,3	56,5							264,1	264,1	264,1	264,1	100%
	Détecteur "Barrel"-cables (R&D suite)				23,0	63,5	64,0	46,0	174,0	18,0		150,5	303,0	388,5	388,5	39%
	Détecteur "Forward"-cables (R&D suite)						32,1	15,0	58,0			32,1	114,5	105,1	105,1	31%
	Structure-Outil-transport					22,0	27,0	9,0	63,0	40,0		49,0	93,0	161,0	161,0	30%
	Gaz-HT-SlowControl					3,9	15,0	23,0	44,0	53,0		18,9	247,5	138,9	138,9	14%
	Electronique					16,0	41,0	87,0	120,0			57,0	323,7	264,0	264,0	22%
	Missions (Nat60)	2,5	14,1	5,8	8,9	3,3	9,5	7,5	7,5	19,5	12,0	44,2	91,3	90,7	90,7	49%
CDD (Nat20)		34,8		49,4	33,2	0,4					148,0	147,6	148,0	148,0	100%	
Total Dépenses	75,5	143,2	76,3	137,8	141,9	189,1	187,5	466,5	130,5	12,0	763,8	1574,7	1560,3	1560,3	49%	
Res. Ex. k€			79,1	65,4			40,0	9,6			144,6	194,6	184,6	184,6	78%	
	HP3-WP23 (EUR732283286)					34,4	9,6				34,4	42,4	44,0	44,0	78%	
	JLAB (Forward & servitude)						89,0	54,0	27,0			200,0	170,0	170,0		
M.O. Irfu H.an	M.O. Total	1,9	3,3	2,6	4,8	8,3	10,7	11,5	12,6	9,1	1,1	31,6	59,8	65,9	65,9	48%
	A2 SAP	1,1	1,5	1,4	1,3	2,5	3,8	3,7	4,6	2,7		11,6	23,5	22,6	22,6	51%
	A1 SAP	0,8	1,8	1,2	3,5	5,8	6,9	7,8	8,0	6,4	1,1	20,0	36,3	43,3	43,3	46%
M.O. Irfu k€	M.O. Projet A1/A2 T1	117	225	174	369	639	819	892	960	713	96	2343	4175	5005	5005	47%
	M.O. Projet A1/A2 T3	191	367	286	592	1044	1283	1396	1504	1115	150	3763	6808	7927	7927	47%
	M.O. Projet moyen T3	198	361	290	538	960	1211	1300	1425	1029	124	3558	6501	7437	7437	48%
Bilan k€	Ressources Ext Irfu		79	65			34	139	54	27		179	437	399	399	45%
	M.O. Irfu (Nat 10)	117	225	174	369	639	819	892	960	713	96	2343	4175	5005	5005	47%
	Bilan autres natures	76	64	11	138	142	155	49	413	104	12	585	2712	1162	1162	50%
	Coût total T1	192	368	251	507	781	1008	1079	1427	843	108	3107	7324	6565	6565	47%
	Environnement CEA (T3-T1)	74	142	112	223	405	463	504	543	402	54	1419	2633	2922	2922	49%
	Coût global T3	266	510	362	729	1186	1472	1583	1970	1245	162	4527	9957	9487	9487	48%

hors les 20% de marge 200k€

DREAM en septembre 2012, 48 k€

-30k€ Gaz repris par JLAB

Valeur taux T1 en attendant réalisé SAP

Si négatif participation à la M.O. ou au coût d'environnement

RENDEZ-VOUS IRFU	Date	Commentaires
CSTS SPHN	01/10/06	Resp Scientifique: J. Ball
Réunion d'organisation de l'évaluation	01/01/07	Chargé d'Eval: S. Aune
Réunion Bilan d'Evaluation	25/01/09	
Revue de Lancement	18/11/11	Chef de Projet: S. Aune
Réunion d'avancement	11/02/13	MàJ Référentiel
xxx		
xxx		
Réunion de Clôture		
Prochain rendez-vous prévu		

réalisé	RdL	Référer.	reprévu	JALONS PROJETS:
sept.-09		sept-09		Validation à 5 Tesla du détecteur MicroMegs
oct.-11		oct-11		Validation du proto "Y" piste transverse
mars-12		mars-12		validation chaine de mesure barrel + DREAM
		mai-13	mai-13	CDR Architecture mécanique
		févr.-14	févr.-14	Fin tests à Saclay des disques Forward
	nov.-12	mars-14	mars-14	Fin fabrication et tests des ASIC DREAM
		oct-15	oct-15	Fin tests à Saclay des tuiles Barrel
		janv-15	janv-15	Validation de l'ensemble FEU - BEU - Software
		juin-15	juin-15	Validation de l'ensemble Clas12-tracker en cosmique à Saclay
	janv-14	sept-15	sept-15	livraison à Jlab
		oct-15	oct-15	Fin d'integration du MVT à JLAB
	juin-14	sept-16	sept-16	Fin de commissioning à JLAB

### 8.3 FICHE PLAN DE CHARGE

PLAN DE CHARGE PROJET: CLAS12 - TRACKER

Date (M.à.J)	15 02 13
réalisé par	Stephan AUNE
Prog/proj	CLAS12 - TRACKER
EOTP	A-HADRO-04-06
Ordre Statistique	ANR37GPDCLAS (R&D mi 2007-mi 2010)
Thématique	13
Libellé Thématique	Neutrinos

Bilan Ressources Humaines:

Projet	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
DIR												
SACM	0,0	0,2	0,0									0,2
SAP												
SEDI	1,6	2,4	2,8	3,0	6,2	9,2	8,3	9,6	6,8	0,8		50,4
SIS	0,5	0,6		0,3	0,4	0,3	1,5	1,3	0,6			5,5
SPHN				1,5	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	0,3		11,0
SPP												
CDD		0,8	0,6	0,5	0,7							2,5
<b>TOTAL PROJET</b>	<b>2,0</b>	<b>3,9</b>	<b>3,4</b>	<b>5,3</b>	<b>9,2</b>	<b>11,5</b>	<b>11,5</b>	<b>12,6</b>	<b>9,1</b>	<b>1,1</b>		<b>69,6</b>
Total A2	1,2	1,4	1,4	1,3	2,6	3,8	3,7	4,6	2,7			22,7
Total A1	0,8	1,8	1,4	3,5	6,0	7,7	7,8	8,0	6,4	1,1		44,5
<b>TOTAL (hors CDD)</b>	<b>2,0</b>	<b>3,2</b>	<b>2,8</b>	<b>4,8</b>	<b>8,6</b>	<b>11,5</b>	<b>11,5</b>	<b>12,6</b>	<b>9,1</b>	<b>1,1</b>		<b>67,1</b>
Valeurs SAP A2	1,1	1,5	1,4	1,3	2,5	3,8						
Valeurs SAP A1	0,8	1,8	1,2	3,5	5,8	6,9						
Total M.O. SAP	1,9	3,3	2,6	4,8	8,3	10,7						
N° Ecart (DifSAP-Projet#0)					2	3						

Physiciens	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
SAP												
SPHN	2,7	4,2	4,8	5,1	5,4	6,2	2,2	1,9	2,1	1,8		36,2
SPP												
<b>TOTAL PHYSIQUE</b>	<b>2,7</b>	<b>4,2</b>	<b>4,8</b>	<b>5,1</b>	<b>5,4</b>	<b>6,2</b>	<b>2,2</b>	<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>1,8</b>		<b>36,2</b>

Pas dans feuille d'heure

Plan de Charge:

Unité: Han

Tache/Sousensemble	SERVICE	LABO	NOM PRENOM	Domaine Profil	Annexe	Commentaires	Réalisé						Reprévu					
							2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Equipe Projet-Management	SPHN	CLAS	BALL Jacques	Exp Mng	1	RS				0,30	0,38	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30		1,4
	SEDI	LIDA	AUNE Stéphan	Det Mng	1	C.P.	0,05	0,10	0,10	0,30	0,40	0,60	0,40	0,40	0,20	0,10		1,1
	SEDI	LIDA	GIRAUD Julien	AQ	1	RAQ				0,05	0,22	0,69	0,40	0,40	0,20	0,10		1,1
							<b>Total</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>	<b>1,59</b>	<b>1,20</b>	<b>1,20</b>	<b>0,70</b>	<b>0,50</b>	
<b>ANR37GPDCLAS (R&amp;D détecteur Barrel mi-2007 à mi-2010)</b>							<b>1,97</b>	<b>3,81</b>	<b>2,38</b>	<b>1,31</b>								<b>9,5</b>
	SPHN	CLAS	BALL Jacques	Exp Mng	1	R&D détecteur							0,20	0,20	0,30			0,7
	SPHN	CLAS	MOUTARDE Hervé	A-S Th	1	R&D détecteur				0,15	0,37	0,41						
	SPHN	CLAS	PROCUREUR Sébastien	Exp A-S	1	R&D détecteur				0,26	0,56	0,23	0,46	0,46	0,46			1,4
	SPHN	CLAS	SABATIE Franck	A-S Exp	1	R&D détecteur				0,20	0,45	0,25	0,05	0,05	0,05			0,2
	SEDI	LIDA	AUNE Stéphan	Det Mng	1	R&D détecteur							0,10	0,10	0,10			0,3
	SEDI	LSEO	GRANELLI Rémi	M-P Det	1	<b>Resp. WP détecteur</b>				0,01	0,51		0,80	0,80	0,90			2,5
	SEDI	LDEF	ATTIE David	Det	1	banc de test					0,20	0,10						
	SEDI	LSEO	LAHONDE-HAMDOUN Caroline	M-P	2	caractérisation				0,23	0,34	0,71	0,40	0,70	0,80			1,9
	SEDI	LIDA	BOYER Michel	RIV-M	2	intégration + JEANNEY				0,16	0,27	0,29	0,20	0,40	0,40			1,0
	SEDI	LIDA	MEUNIER Olivier	RIV-M	2	intégration + Hervé, Zaffanella				0,17	0,35	0,57						
	SEDI	LSEO	<del>XXSEDI</del>	<del>CIV-E</del>	2	<del>intégartion</del>							0,60	0,40				1,0
	SEDI	LDEF	GIGANON Arnaud	M-P RIV-M	2	test bulk				0,25	0,22		0,10	0,50	0,40			1,0
	SEDI	LSEO	PIRET Yves	Acq M-P	2	Labview banc de test							0,30	0,20				0,5

Détecteur Barrel	SEDI	LIDA	RIALLOT Marc	RIV-M C-M	2	CAO Détecteur												0,30	0,20	0,10				0,6			
	SEDI	CERN	HERLANT Sébastien	M-P Mng	1	interface CERN (si bulk @cern)													0,20	0,40	0,20				0,8		
	SEDI	LIDA	ANFREVILLE marc	C-M Mng	1	labo bulk (si bulk @ Saclay)					0,02	0,17							0,10	0,40	0,20				0,7		
	SEDI	LIDA	DURAND Robert	RIV-M	2	labo bulk (si bulk @ Saclay)														0,10	0,40	0,20				0,7	
	CDD		MORENO Brahim			postDoc (09/09-08/11)					0,33	0,50	0,67														
						<b>Total</b>																				22,7	
Détecteur Forward	SEDI	LDEF	ATTIE David	Det	1	Resp forw ard (proto, série)													0,37	0,50	0,30	0,30	0,10		1,2		
	SEDI	LIDA	AUNE Stéphan	Det Mng	1	R&D forw ard (ANR)					0,10	0,10							0,10	0,10	0,10	0,10	0,10		0,4		
	SEDI	LIDA	BOYER Michel	RIV-M	2	intégration méca														0,20	0,20					0,4	
	SEDI	LIDA	MEUNIER Olivier	RIV-M	2	intégration méca																					
	SEDI	LDEF	GIGANON Arnaud	M-P RIV-M	2	test bulk							0,10							0,20	0,20					0,4	
	SEDI	LIDA	RIALLOT Marc	RIV-M C-M	2	CAO détecteur							0,07	0,31						0,20	0,20	0,10				0,5	
	SPhN	CLAS	BALL Jacques	Exp Mng	1	ANR SPLAM							0,03	0,12						0,10	0,10	0,10				0,3	
	SPhN	CLAS	PROCUREUR Sébastien	Exp A-S	1	ANR SPLAM							0,11	0,43						0,39	0,39	0,39				1,2	
	SPhN	CLAS	SABATIE Franck	A-S Exp	1	ANR SPLAM							0,07	0,25						0,15	0,15	0,15				0,5	
	SEDI	LIDA	BOYER Michel	RIV-M	2	ANR SPLAM								0,05													
							<b>Total</b>																				6,9
Electronique	SEDI	TRAPS	MANDJAVIDZE Irakli	Acq E	1	Resp. WP élect. + FEU + intégration				0,06	0,71			0,91	0,99					1,00	1,00	0,80	0,20			3,0	
	SEDI	LDEF	BARON Pascal	ME	1	Dream: concept. / prod =GUILLOUX									0,47	0,28					0,10	0,10				0,2	
	SEDI	LDEF	DELAGNES Eric	ME Mng	1	Dream: conception / prod				0,15				0,39	0,30						0,10	0,10				0,2	
	SEDI	LDEF	MONMARTHE Estelle	E Acq	2	Dream,FEU: bancs de tests +Cables									0,15	0,77					0,50	0,20				0,7	
	SIS	LEIGE	CHALEIL Thierry	CIV-E	2	Dream: tests															0,40	0,10				0,5	
	SEDI	TRAPS	MOUDDEN Yassir	Acq Inf-A	1	BEU + CALVET				0,05						0,41					0,80	0,60	0,30			1,7	
	SEDI	LSEO	REYMOND Jean-marc	CIV-E Mng	1	integration / servitude							0,04			0,07											
	SEDI	LIDA	RIALLOT Marc	RIV-M C-M	2	integration / servitude											0,30				0,20	0,10				0,3	
	SEDI	LSEO	BESIN Dominique	CIV-E	2	CAO: FEU, Cables...								0,69	0,28												
	SEDI	LILAS	ANVAR Shebli	Acq Mng	1	Logiciel en ligne															0,20	0,20	0,10				0,5
	SEDI	LILAS	GAUTARD Valérie	Acq Inf-A	1	Logiciel en ligne										0,79					0,55	0,55	0,55				1,7
	SEDI	TRAPS	LOUIS Frédéric	Acq AQ	1	Qualité															0,10	0,10					0,2
	SEDI	LDEF	ABBON Philippe	E CIV-E	1	Carte banc de test DREAM							0,21	0,04							0,10	0,10				0,2	
	SEDI	TRAPS	FLOUZAT Christophe	E Acq	1	DREAM / FEU firmw are										0,44											
	SEDI	TRAPS	LHENORET Sébastien	Acq	1	FEU firmw are					0,20	0,61			0,39												
							<b>Total</b>																				18,9
	Gaz-HT-SlowControl-Support Méca Elec	SIS	LCAP	GROUAS nathalie	Cal C-M	1	Resp. WP méca +Ponsot						0,08	0,05	0,06						0,30	0,20	0,10				0,6
SIS		LCAP	LERCH Thierry	C-M	2	Plan de détails				0,22		0,34	0,25														
SIS		LA	XXSIS1	CC-A	2	Plan de détails															0,50	0,20	0,10				0,8
SIS		LRI	CONTREPOIS Pascal	Rl-A	2	Rl						0,04	0,01								0,10	0,20	0,10				0,4
SIS		LDISC	ROUSSE Jean-Yves	CC-A Mng	1	Resp. WP C/C								0,01							0,10	0,20	0,10				0,4
SIS		LA	EPELLE Dominique	Ins	1	instrumentation																0,10	0,20	0,10			0,4
SIS		LEIGE	XXSIS2	Ins	2	cablage																0,20	0,10				0,3
						<b>Total</b>																				4,0	
Installation Commissioning à JLAB	SEDI	LIDA	AUNE Stéphan	Det Mng	1																	0,20	0,10			0,3	
	SEDI	TRAPS	MANDJAVIDZE Irakli	Acq E	1																	0,20	0,10			0,3	
						<b>Total</b>																	0,40	0,20			0,6
						<b>TOTAL Previsionnel</b>																					34,3
Physiciens impliqués	SPhN	CLAS	BALL Jacques	Exp Mng	1	Resp. Scient.	0,49	0,51	0,51	0,60	0,79	0,84								0,75	0,75	0,75	0,45			6,4	
	SPhN	CLAS	SABATIE Franck	A-S Exp	1	Porteur ANR	1,00	1,00	1,00	0,64	0,76	0,80								0,25	0,25	0,25	0,25			6,2	
	SPhN	CLAS	MOUTARDE Hervé	A-S Th	1				0,70	1,00	0,60	0,74	0,82													3,9	
	SPhN	CLAS	PROCUREUR Sébastien	Exp A-S	1		1,00	1,00	1,00	0,69	0,78	0,88								0,90	0,90	0,90	0,90			9,0	
	SPhN	DIR	GARCON Michel	Mng A-S	1		0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,90											0,20	0,20			2,4
	SPhN	CLAS	EL YAKOUBI Marouan		1	postDoc (04/08-03/09)				0,75	0,25																1,0
	SPhN	CLAS	MORENO Brahim		1	postDoc (09/09-08/11)				0,33	1,00	0,67															2,0
	SPhN	CLAS	CHARLES Gabriel	Exp	1	Thésard (10/10-9/13)					0,25	1,00	1,00								0,25						2,5
	SPhN	CLAS	DUPRE Raphael		1	postDoc (12/11-09/12)							0,08	0,75													0,8
	SPhN	CLAS	Stagiaires		1					0,50	1,08	0,25	0,17														2,0
						<b>Total</b>	2,69	4,16	4,79	5,06	5,37	6,16	2,15	1,90	2,10	1,80										36,2	



## 9. GLOSSAIRE

ADC	Analog-to-Digital Converter
AFTER	Asic For TPC Electronic Readout
AGET	Asic for General Electronics for TPC
APV	Analogue Pipeline Voltage (CMS silicon strip tracker amplifier chip series)
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
BEU	Back-End Unit
BMT	Barrel Micromegas Tracker
BNL	Brookhaven National Laboratory
BONUS	Barely Off-shell NUClear Structure (programme de physique à JLab)
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CD	Central Detector
CEBAF	Continuous Electron Beam Accelerator Facility
CLAS12	CEBAF Large Angle Spectrometer 12 GeV
CND	Central Neutron Detector
COMPASS	COMmon Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy
CPU	Central Processing Unit
CTOF	Central Time Of Flight
DoE	Department of Energy
DREAM	Deadtimeless Readout Electronics ASIC for Micromegas
DVCS	Deep Virtual Compton Scattering
EIC	Electron Ion Collider
EOTP	Élément d'Organigramme Technique de Projet (donné par le Groupe Budgétaire).
FD	Forward Detector
FDM	Fibre Distribution Module
FEU	Front-End Unit
FMT	Forward Micromegas Tracker
FPGA	Field-Programmable Gate Array
Garfield	Toolkit for the simulation of gaseous detectors
GEANT4	GEometry ANd Tracking (toolkit for the simulation of the passage of particles through matter)
GEM	Gas Electron Multiplier
GEMC	GEant4 Monte Carlo
GPD	Generalized Parton Distribution
HT	Haute Tension
HTCC	High Threshold Čerenkov Counter
INFN	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
JLab	Jefferson Laboratory
Magboltz	Toolkit for the transport of electrons in gas mixtures
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPGD	Micro-Pattern Gaseous Detector
MVT	Micromegas Vertex Tracker
Numéro de Projet	Numéro à 4 chiffres de la page web associée au projet (Utilisé au bureau d'étude, correspondant aux 4 premiers chiffres de l'ancien numéro de CANAL)
PCB	Printed Circuit Board
PYD3	Prototype de type Y Diamètre 3
ROOT	Object-oriented data analysis software package
SBC	Single Board Computer
SD	Signal Distribution
SOCRAT	SOftware for Clas12 Reconstruction And Tracking
SSP	Sub-System Processor
SVT	Silicon Vertex Tracker
T2K	Tokai to Kamioka
TI	Trigger Interface
TPC	Time Projection Chamber
VME	Versa Module Eurocard bus (Industrial bus system)
VXS	VMEbus Switched Serial