



Affaire suivie par : R. Clédassou (DAT IN2P3)

E-mail : rodolphe.cledassou@admin.in2p3.fr

Tel. : +33 6 12 37 13 15

Réf. : ATRIUM- 668996

Paris, 7 juillet 2022

**Note d'organisation du point-clé  
du démonstrateur CALICE**

	Date	Signature
<b>Written by:</b> R. Clédassou (DAT IN2P3) D. Contardo (IP2I)	07/07/2022	
<b>Approved by:</b> Imad Laktineh (IP2I Lyon) Jean-Claude Brient (LLR)	29/06/2022	
<b>Validated by:</b> Anne Ealet (IP2I Lyon) Dominique Pallin (LP-Clermont) Marco Zito (LPNHE) Nathalie Seguin-Moreau (OMEGA) Yves Sirois (LLR) Achille Stocchi (IJCLab)  Laurent Vacavant (DAS Particule & Hadronique)	04/07/2022	

**CNRS**

3, rue Michel-Ange

75794 Paris Cedex 16

T. 01.44.96.40.00

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)



## 1. Introduction et contexte de la revue

L'initiative internationale CALICE visant à coordonner la R&D sur la calorimétrie ultra-granulaire dans l'objectif d'instrumenter le(s) détecteur(s) auprès d'un futur collisionneur linéaire d'électrons à l'échelle du TeV date de 2002, soit exactement 20 ans. À ce jour, la collaboration éponyme, initiée en 2004, compte environ 280 personnes issues de 57 laboratoires et 17 pays, et est présidée par Roman Poëschl (IN2P3/IJCLab).

À l'IN2P3, la R&D CALICE a débuté en 2006 et se poursuit à ce jour, selon deux grands axes : la calorimétrie électromagnétique avec une technologie SiW à lecture analogique, et la calorimétrie hadronique avec une technologie à lecture semi-digitale. Le premier prototype ECAL construit dans les laboratoires IN2P3 a été testé en faisceau au CERN en 2010. Les prototypes actuels ECAL et SDHCAL seront discutés plus avant ci-après. Aux activités purement instrumentales s'ajoute une activité importante de simulation, reconstruction et analyse, dans le but notamment de mettre en œuvre, comme estimateurs ultimes des performances, les techniques de « particle flow », qui sont consubstantielles au design ultra-granulaire et dont l'origine de l'invention est à l'institut (Henri Videau notamment). L'ensemble de l'activité à l'IN2P3 est organisé en un unique Master-Projet, le MP CALICE, dont le responsable scientifique à ce jour est Jean-Claude Brient (IN2P3/LLR). Les développements CALICE, ciblant dès l'origine la machine ILC, ont démarré fortement en 2008 avec en ligne de mire la mise à jour de la stratégie européenne en physique des particules de 2013 et un démarrage possible du projet ILC dans la foulée. À l'origine huit laboratoires de l'IN2P3 étaient impliqués (IP2I Lyon, IJCLab Orsay, LLR Palaiseau, LAPP Annecy, LPC Clermont, LPNHE Paris, LPSC Grenoble et OMEGA Orsay/Palaiseau). L'activité a ensuite quelque peu diminué, pâtissant des attermoissements sur la non-décision de construction de cette machine, ainsi que de l'implication croissante dans les jouvences pour les expériences LHC. Les laboratoires où l'activité se poursuit actuellement sont IP2I & LP-Clermont pour le SDHCAL, et IJCLab, LLR & le LPNHE pour SiW-ECAL. Il convient de rappeler que ces développements sont à l'origine de plusieurs projets réalisés ou à venir prochainement, le plus emblématique d'entre eux étant le calorimètre HGAL de CMS en préparation pour HL-LHC.

Les activités sur le démonstrateur CALICE (CD, CALICE Demonstrator) étant à la fois très avancées et non-bornées en temps pour le moment, la direction de l'IN2P3 a décidé de convoquer une revue (point-clé) dont les objectifs sont décrits ci-après. Cette revue permettra de préparer les décisions pour les R&D éventuelles à venir au-delà du démonstrateur CALICE actuel, dans le contexte revisité par la mise à jour de la stratégie européenne de physique des particules de 2020.

## 2. Périmètre de la revue

Le point-clé porte sur les deux prototypes construits, à savoir :

- Le SDHCAL : l'option poursuivie à l'IN2P3, à l'origine pour le détecteur ILD, est un calorimètre à échantillonnage avec des absorbeurs en acier inoxydable (assurant 6 longueurs d'interaction nucléaire) et comme détecteurs des chambres RPC en verre (GRPC). La lecture est assurée par une électronique intégrée à alimentation pulsée fournissant une information semi-digitale. L'ASIC spécifique développé par OMEGA est le HARDROC (v2 et v3), d'autres ASICs étant considérés pour certains développements récents (PETITROC2 pour une information de temps avec les MGRPC).



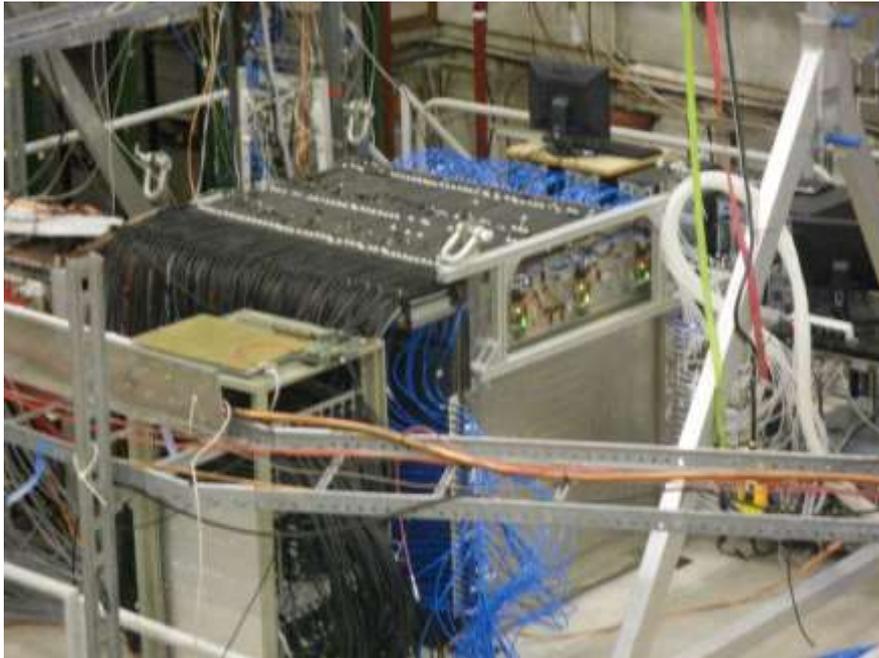


Photo du démonstrateur SDHCAL

- Le ECAL : ce calorimètre est également à échantillonnage, très compact avec des absorbeurs en tungstène et des détecteurs en silicium. L'électronique de lecture est intégrée également et fournit une information digitale pour les 10k canaux par couche, pour un total de 50-100 M de canaux. OMEGA a aussi développé l'ASIC correspondant (famille SKIROC), en technologie AMS 0.35  $\mu\text{m}$  comme pour les autres ROC. Le développement de HGCROC pour CMS peut être considéré comme une démonstration réussie d'un port partiel (mais aussi à plusieurs égards étendu) de SKIROC en technologie TSMC 130 nm.

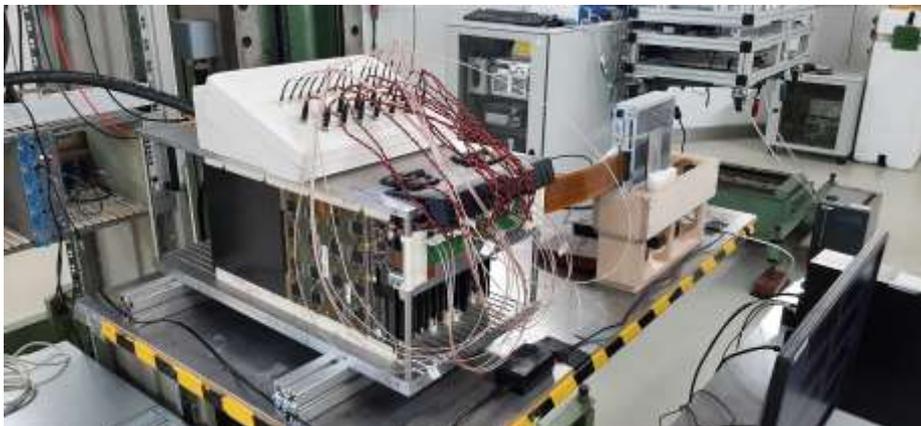


Photo du démonstrateur ECAL



### 3. Objectifs de la revue

L'IN2P3 a beaucoup investi sur le projet CALICE, des ressources financières et humaines très importantes ont été mobilisées. Sur les quinze dernières années, l'investissement (matériel, missions, etc) de l'institut représente 3,76 M€. S'y ajoutent une fraction substantielle de crédits venant d'autres sources (ANR, Labex/Idex, projets européens), obtenus par les équipes du projet et ayant servi pour du matériel ainsi que pour des contrats temporaires de personnel (CDD). En termes de personnel, l'effort global déclaré à l'institut sur quinze ans représente une quotité substantielle, avec ~500 ETPT dont une part prédominante (>85%) de personnel permanent de l'institut (chercheurs et IT), soit un investissement de l'ordre de 35 M€.

Ce projet a conduit au développement d'un démonstrateur technologique sur lequel ont été réalisés des tests en faisceau. Le démonstrateur a été développé avec pour objectif des contributions potentielles au détecteur ILD auprès de l'ILC. La mise à jour de 2020 de la Stratégie Européenne pour la Physique de Particules a recommandé en première priorité pour l'après HL-LHC la mise en œuvre d'un collisionneur électron-positron pour étudier finement les propriétés du boson de Higgs, et à plus long terme l'ambition de conserver en Europe l'exploration de la frontière en énergie. Dans ce cadre, le Conseil du CERN a initié l'étude de faisabilité d'un futur collisionneur circulaire (FCC) au CERN, dont une première étape pourrait consister en une usine à Higgs/électrofaible. D'autre part la décision de construire l'ILC au Japon n'a toujours pas été prise. Au-delà du bilan détaillé à réaliser compte tenu des investissements effectués, l'objectif de la revue sera donc d'évaluer les performances atteintes avec le démonstrateur en regard du cahier des charges des différentes options de collisionneurs, ainsi que d'identifier des pistes de solutions techniques qui pourraient améliorer ces performances, et/ou qui demanderaient de nouveaux développements pour s'adapter à des conditions de faisceaux différentes de l'ILC.

Le Point-Clé du Démonstrateur CALICE a donc pour objectifs :

- La compréhension et la synthèse du calendrier du projet jusqu'au Point-Clé
  - Considérant les objectifs initiaux, leurs ajustements avec les retards de décision de l'ILC et son niveau de maturité actuel pour entrer dans une phase de construction.
- La compréhension de l'état du démonstrateur CALICE tel qu'il existe aujourd'hui
  - Présentant les contributions spécifiques de l'IN2P3 dans le contexte de la collaboration internationale.
- L'analyse des exigences et des performances scientifiques et technologiques du démonstrateur
- L'analyse et la compréhension détaillée des ressources humaines et financières qui ont été investies dans le projet avec la consolidation du coût complet. On fera la part entre l'investissement IN2P3 et l'investissement des partenaires.
- La synthèse des briques technologiques pour lesquelles des investissements futurs pourraient être envisagés
  - Considérant l'amélioration globale de la performance avec des solutions techniques plus récentes, ou entrant dans le cadre de la feuille de route ECFA pour la R&D détecteurs.
  - Considérant l'adaptation à des luminosités plus élevées et des énergies différentes d'autres collisionneurs que l'ILC, en particulier le FCC-ee.

Les questions qui sont posées au groupe de revue sont donc les suivantes :

1. **Les objectifs de performance du démonstrateur CALICE ont-ils été atteints ?**
2. **Le coût complet du projet est-il correctement estimé ?**



3. Les performances du démonstrateur CALICE sont-elles en lignes avec les exigences du potentiel de physique du FCC-ee ? Pourront-elles être maintenues dans un environnement expérimental plus contraignant ? Quelles sont les briques technologiques qui justifieraient des investissements pour de futurs détecteurs, en particulier au FCC-ee ?

## 4. Organisation de la revue

### 4.1 Le groupe projet CALICE

Le groupe projet est constitué des personnes suivantes :

- **Responsables scientifiques** : Imad Laktineh (IP2I, SDHCAL), Jean-Claude Brient (LLR, ECAL)
- **Responsables techniques** : Christophe Combaret (IP2I, SDHCAL), Jérôme Nanni (LLR, ECAL), Dominique Breton (IJCLab)
- **Personnes additionnelles du groupe projet participant à la revue** :
  - SDHCAL : Laurent Mirabito (IP2I), Djamel Boumediene (LP-Clermont), Nathalie Seguin-Moreau, Stéphane Caillier (OMEGA), Gérald Grenier (IP2I)
  - ECAL : Vincent Boudry (LLR), Roman Poeschl (porte-parole CALICE, IJCLab), Dirk Zerwas (IJCLab), Didier Lacour (LPNHE), Stéphane Caillier (OMEGA)

### 4.2 Rôle et composition du groupe de revue

Le groupe de revue s'attachera à analyser le projet au travers des questions énoncées au chapitre 3. Les questions de compréhension et de précisions pourront être posées au fil des présentations.

Le groupe de revue pourra émettre un avis (éventuellement contradictoire) sur les performances annoncées, les niveaux de maturité des technologies utilisées et les développements à réaliser en vue d'une implémentation de certaines d'elles en vue d'une machine au FCC.

#### Composition

**2 co-chair du groupe de revue:** R. Clédassou (DAT IN2P3) et D. Contardo (IP2I, physicien).

5 membres apportant leurs expertises techniques et scientifiques :

- Philippe Bloch (CERN /Imperial College, [Philippe.Bloch@cern.ch](mailto:Philippe.Bloch@cern.ch))
- P. Verdier (IP2I, physicien, [patrice.verdier@in2p3.fr](mailto:patrice.verdier@in2p3.fr))
- J. Wurtz (IPHC, expert en électronique, [jacques.wurtz@iphc.cnrs.fr](mailto:jacques.wurtz@iphc.cnrs.fr))
- P. Barrillon (CPPM, expert instrument, [barrillon@cppm.in2p3.fr](mailto:barrillon@cppm.in2p3.fr))
- D. Reynet (IJCLab, expert en mécanique, [denis.reynet@ijclab.in2p3.fr](mailto:denis.reynet@ijclab.in2p3.fr))

#### Formalités pratiques :

Les missions des membres du groupe de revue seront prises en charge par la DAT (contact Valérie Haroutunian : [valerie.haroutunian@cnrs-dir.fr](mailto:valerie.haroutunian@cnrs-dir.fr))



#### 4.3 Rôle et composition du comité directeur

Le comité directeur de la revue analysera les conclusions et les recommandations du groupe de revue. Il pourra se prononcer sur les recommandations en les validant, les reformulant ou les refusant de façon motivée.

Les recommandations une fois validées seront applicables aux futurs travaux à mener.

#### Composition du comité directeur de la revue:

**Rapporteurs:** les deux co-chairs du groupe de revue

**Membres:** Laurent Vacavant (DAS IN2P3), Yves Sirois (LLR director), Anne Ealet (IP2I director), D. Pallin (LP-Clermont), N. Seguin-Moreau (OMEGA), Achille Stocchi (IJCLab), Marco Zito (LPNHE)

**Observateurs:** Arnaud Lucotte (DAS ADT), les représentants du groupe projet

#### 4.4 Processus et calendrier du point clé

**Le point clé se tiendra les 29 et 30 septembre 2022 au siège de l'IN2P3 à Michel-Ange**

Il se déroulera de la façon décrite dans l'indico <https://indico.in2p3.fr/event/27574>

Mot de passe : **KP-CALICE**

**Les présentations du groupe projet porteront sur les contributions françaises au projet.** Le groupe projet pourra étendre le périmètre de présentation au-delà des contributions françaises lorsque cela sera nécessaire pour la compréhension du sujet par le groupe de revue. A titre indicatif on cadrera le nombre de planches sur la base de 1 planche pour 2 minutes.

**Le comité directeur de la revue sera tenu à la suite de la revue le 21/10/2022 de 10h à 12h en visioconférence :**

<https://us02web.zoom.us/j/3354559472?pwd=ai9wVjBhUXhtWkNMRm9JSG1SUVhyQT09>

#### 4.5 Documents pour la revue

**Les présentations de la revue seront livrées et chargées sur l'indico le 23/09/2022 au plus tard.**

**Documents majeurs en entrée de la revue : livraison au plus tard le 16/09/2022 sur l'indico**

- ECFA Detector Review : <https://agenda.linearcollider.org/event/8059/> (access key "CALICEReview" )
- ECFA Detector R&D Panel - CALICE Review Report - December 7, 2018
- Revue globale CALICE (21 au 25 février 2022) : <https://indico.cern.ch/event/1044975/contributions/4663779/>
- Rapport EUDET (TDR)
- Rapport AIDA (2011-2015)
- Rapport AIDA (2015-2020) et livrables associés
- Photos de ECAL : <https://photos.app.goo.gl/fmCo5sjNUT6dtmu8>



## **Diffusion :**

R. Pain (DI IN2P3), B. Giebels (DAI IN2P3)

L. Vacavant (DAS IN2P3), A. Lucotte (DAS IN2P3)

Membres du groupe de revue

Membres du groupe projet

Directeurs d'Unités des laboratoires impliqués

Ph. Laborie (Chargé de Mission "Management de Projet")

S. Pavy (Chargée de Mission « Référentiel Projet »)

